

PERBANDINGAN POLA DISTRIBUSI HUJAN TERUKUR DAN METODE EMPIRIS DALAM PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA DAS JURUG

Destiana Wahyu Pratiwi^{1*} dan Arlendenovega Satria Negara²

¹ BBWS Bengawan Solo, Direktorat Jenderal SDA, Kementerian PUPR

² BWS Sumatera V Padang, Direktorat Jenderal SDA, Kementerian PUPR

*dwp1@pu.go.id

Pemasukan: 9 Desember 2022 Perbaikan: 20 Februari 2023 Diterima: 19 Mei 2023

Intisari

Setiap perencanaan infrastruktur sumber daya air terutama bangunan sungai membutuhkan debit banjir rencana. Debit banjir rencana diperoleh dari transformasi data hujan rencana yang didistribusikan menjadi hujan jam-jaman menggunakan pola distribusi hujan berdasarkan data pencatatan hujan jam-jaman dari stasiun hujan otomatis/*Automatic Rainfall Recorder* (ARR). Permasalahannya, beberapa stasiun hujan hanya menyediakan data hujan harian dan tidak tersedia data hujan jam-jaman. Metode empiris seperti *Alternating Block Method* (ABM) dan Mononobe mampu mengatasi permasalahan ketersediaan data tersebut. Tujuan penelitian ini untuk melakukan evaluasi apakah debit rencana dengan pola distribusi hujan metode empiris dapat menggambarkan debit banjir rencana dengan pola distribusi hujan terukur. Analisis diawali dengan mencari distribusi hujan dominan dan pola distribusi hujan terukur untuk kejadian hujan lebat berdasarkan data ARR Jurug tahun 2018-2021. Hujan rencana hasil analisis frekuensi tahun 1997-2021 didistribusikan menjadi hujan jam-jaman dengan pola distribusi hujan terukur, metode ABM dan metode Mononobe selanjutnya ditransformasikan dengan hidrograf satuan terukur rata-rata untuk mendapatkan besaran banjir rencana. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan antara debit rencana dengan metode distribusi hujan terukur dan dengan metode distribusi hujan metode empiris. Penelitian menunjukkan bahwa metode distribusi hujan empiris dapat digunakan dalam analisa debit banjir rencana apabila tidak tersedia data hujan jam-jaman dengan dengan nilai korelasi, RMSE, NSE dan BIAS sebesar 1,000; 22,30; 1,000; 1,00 % untuk metode ABM dan 1,000; 7,85; 1,000; -0,37 % untuk metode Mononobe. Berdasarkan nilai statistik dan pola distribusi hujan jam-jaman menunjukkan metode Mononobe menunjukkan kesesuaian yang lebih baik dibandingkan dengan metode ABM.

Kata Kunci: debit banjir rencana, hidrograf satuan, distribusi hujan terukur, ABM, Mononobe.

Latar Belakang

Banjir merupakan permasalahan rutin yang sering terjadi di Sungai Bengawan Solo. Upaya mengurangi resiko dan dampak banjir sejak awal salah satunya dengan

membuat infrastruktur pengendalian banjir seperti tanggul, perkuatan tebing sungai, tampungan air baik berupa embung, danau maupun bendungan. Dalam perencanaan infrastruktur diperlukan data debit banjir rencana yang tepat dengan tujuan infrastruktur yang dibuat dapat efisien namun mampu mengendalikan banjir secara efektif. Berdasarkan SNI 2451: 2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, debit banjir rencana dapat dianalisis menggunakan data pencatatan debit banjir sesaat maksimum tahunan atau menggunakan data hujan yang ditransformasikan dengan hidrograf satuan baik hidrograf satuan terukur maupun hidrograf santuan sintesis seperti *Soil Conservation Service (SCS)*, Snyder, Gama I, ITB dan Limantara.

Data hujan yang terukur merupakan data hujan titik sehingga perlu dianalisis data hujan wilayah kemudian dilakukan analisis frekuensi untuk mendapatkan hujan rencana. Hujan rencana tersebut perlu didistribusikan menjadi hujan jam-jaman menggunakan pola distribusi hujan berdasarkan data pencatatan hujan jam-jaman dari stasiun hujan otomatis. Permasalahan yang terjadi adalah beberapa stasiun hujan hanya menyediakan data hujan harian dan tidak tersedia data hujan jam-jaman, sehingga membutuhkan alternatif metode perhitungan lain yang diantaranya adalah metode ABM dan Mononobe.

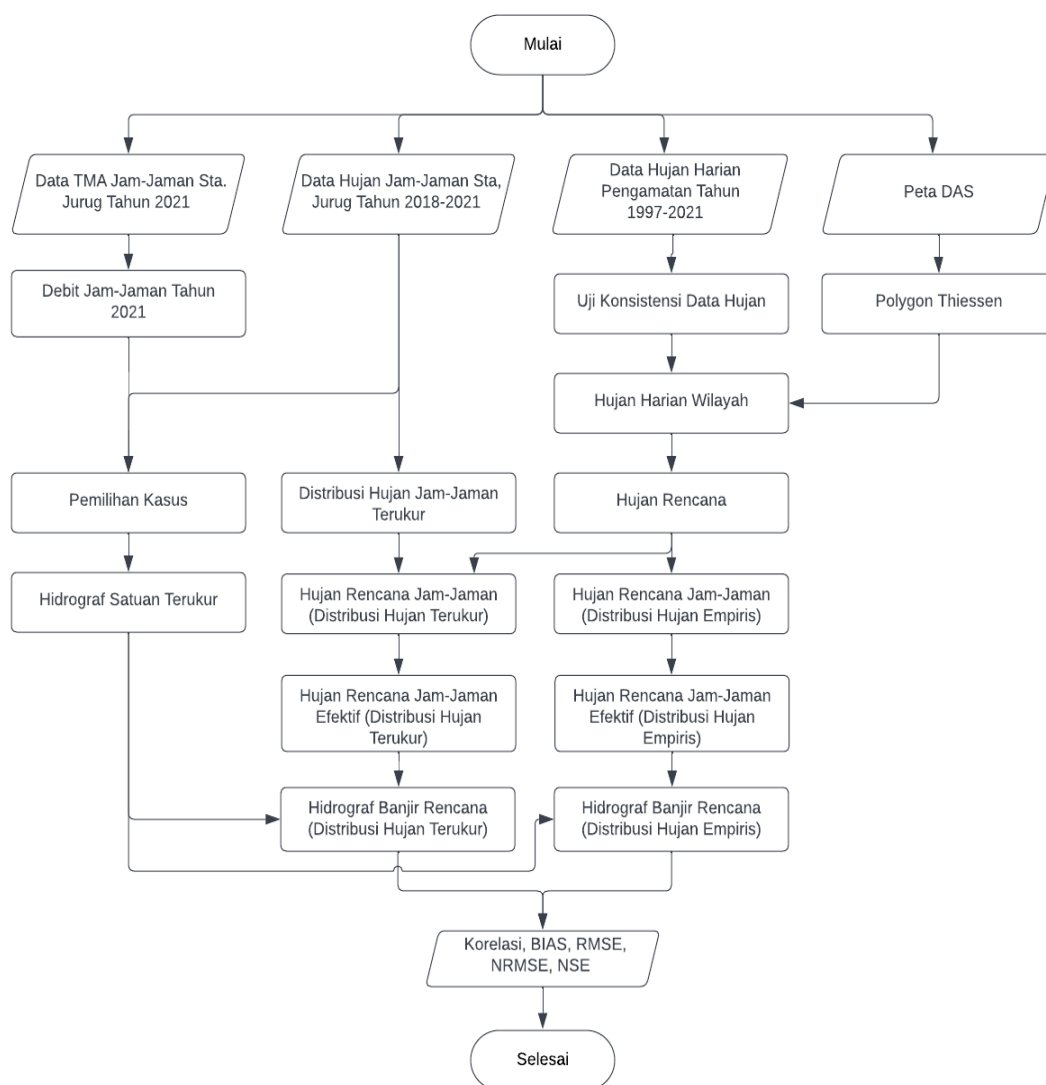
Distribusi hujan jam-jaman dipengaruhi dari durasi hujan yang terjadi. Menurut Gustoro (2022), durasi hujan dominan untuk kejadian hujan lebih dari 50 mm yang terukur di DAS Progo selama 5 jam dan 7 jam. Menurut Sofia (2016), durasi hujan dominan untuk kejadian hujan lebih dari 50 mm yang terukur di 20 stasiun hujan Wilayah Merapi bervariasi selama 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 7 jam. Menurut Pratama (2021) durasi hujan dominan untuk kejadian hujan lebih dari 50 mm yang terukur di DAS Ciliwung bervariasi selama 4 jam – 6 jam.

Selain durasi, pemilihan metode distribusi hujan juga sangat mempengaruhi kesesuaian hasil analisis. Menurut Annaji (2021), pola distribusi hujan pada DAS Opak Yogyakarta dengan durasi hujan 2 jam metode ABM memiliki kesesuaian yang lebih baik, durasi hujan 3 jam dan 4 jam metode Mononobe memiliki kesesuaian yang lebih baik sedangkan durasi lama hujan 5,6,7 dan 8 jam tidak dapat didekati dengan metode empiris karena penyimpangan terlalu besar. Menurut Hardianti (2021), pola distribusi hujan pada DAS Reak Lombok Utara dengan durasi hujan 2 dan 3 jam metode ABM memiliki kesesuaian yang lebih baik dan durasi hujan 5, 6, 7, dan 8 jam tidak dapat menggunakan metode empiris karena penyimpangan yang besar. Menurut Rahmani (2016) metode distribusi hujan Mononobe tidak bisa diterima untuk mengubah hujan jam-jaman di DAS Tirtomoyo karena selisih hujan tiap jam, volume, debit puncak dan waktu puncak hidrograf pada satu kejadian banjir melebihi 20%.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi apakah debit rencana dengan pola distribusi hujan metode empiris dapat menggambarkan debit banjir rencana dengan pola distribusi hujan terukur dan metode empiris yang lebih memadai apabila tidak ada data hujan jam-jaman.

Metodologi Studi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan pengumpulan data, analisis data dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan. Data yang dikumpulkan berupa data sekunder yaitu data peta DAS, data hujan dan data tinggi muka air pengamatan yang diperoleh dari BBWS Bengawan Solo. Data hujan pengamatan yang diperoleh berupa data hujan harian dari Stasiun Hujan Colo, Pabelan, Tritis, Manyaran, Waduk Delingan, Baturetno, Nepen dan Tawangmangu tahun 1997 s.d 2021 serta data hujan jam-jaman *ARR* Jurug pada tahun 2018 s/d 2021. Sedangkan data tinggi muka air yang diperoleh berupa data tinggi muka air *AWLR* Jurug pada tahun 2021. Berdasarkan data *AWLR* dan data *ARR* jam-jaman dilakukan pemilihan kasus, dalam penelitian ini dipilih tiga kasus kejadian hujan-debit untuk selanjutnya dianalisis hidrograf satuan terukur. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



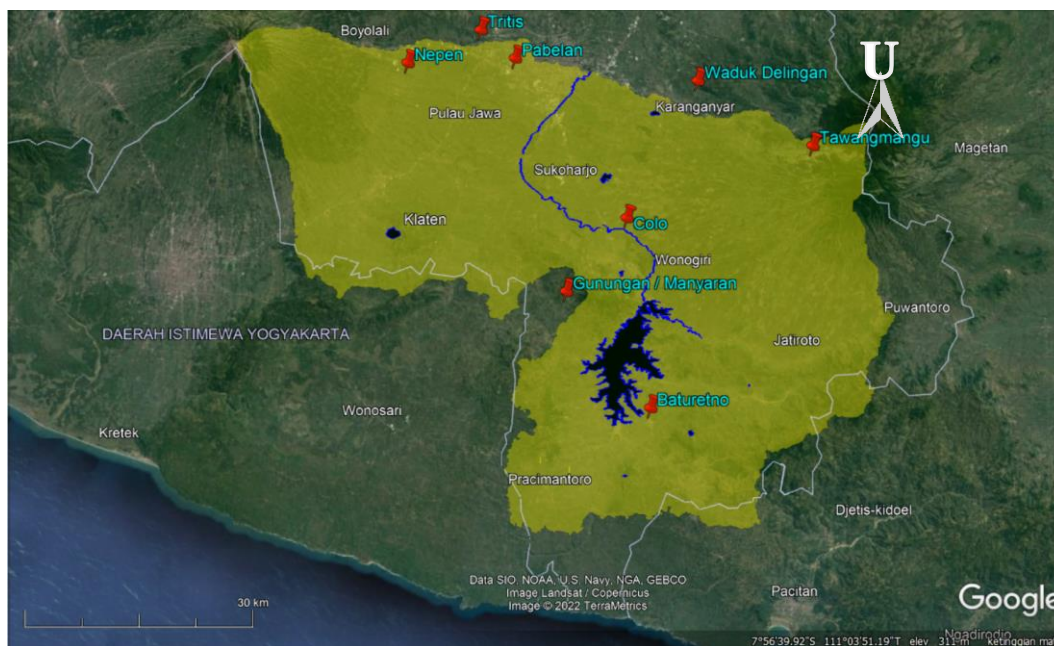
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Uji Konsistensi Data Hujan

Analisis diawali dengan melakukan uji konsistensi data hujan. Menurut Sri Harto (2009), kepenggahan data hujan dapat diuji dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*) atau dengan *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Metode RAPS (Buishand, 1982) lebih dipercaya karena cara ini menguji kepenggahan data hujan stasiun dari data stasiun itu sendiri.

Hujan Harian Wilayah

DAS Jurug memiliki luas sebesar 2029,95 km² dengan hujan wilayah ditentukan dengan metode *Polygon Thiessen* sesuai dengan ketersediaan data hujan pada 8 pos hujan sebagaimana ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi stasiun hujan pada DAS Jurug

Hujan Rencana

Hujan rencana dianalisis menggunakan analisis frekuensi. Menurut Triatmodjo (2015), jenis distribusi statistik yang sering dipakai dalam analisis frekuensi untuk hidrologi adalah: distribusi normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel. Pengujian *Chi Kuadrat* dan *Smirnov Kolmogorov* perlu dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada.

Distribusi Hujan Jam-jaman

Menurut Triatmodjo (2015), distribusi hujan dapat diturunkan dari pengamatan data hujan jam-jaman dari kejadian-kejadian hujan lebat. Pola distribusi rerata yang diperoleh dengan mereratakan pola distribusi hujan hasil pengamatan dianggap mewakili kondisi hujan dan dipakai untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi besaran hujan jam-jaman. Untuk metode distribusi hujan Mononobe, intensitas hujan dapat dicari dengan rumus berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \quad (1)$$

dengan keterangan:

I : intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} : Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

t_c : waktu konsentrasi (jam)

Metode distribusi hujan ABM memiliki sedikit perbedaan dengan Mononobe yaitu mencari selisih ketebalan hujan yang kemudian diurutkan kembali dengan intensitas maksimum berada pada tengah-tengah total durasi hujan (T_d) dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah.

Hujan Jam-jaman Efektif

Menurut Triatmodjo (2015), hujan efektif/*excess rainfall* adalah bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. Hujan efektif ini adalah sama dengan hujan total yang jatuh ke permukaan tanah dikurangi dengan kehilangan air. Kehilangan air yang juga sering disebut sebagai abstraksi (*abstraction*) meliputi air yang hilang karena terinfiltrasi, tertahan dicekungan-cekungan di permukaan tanah (tampung permukaan, *depression storage*) dan karena penguapan. Untuk hujan deras yang terjadi dalam waktu singkat, penguapan dapat diabaikan.

The Soil Conservation Service (SCS, 1972, dalam Chow 1988) telah mengembangkan metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dalam bentuk persamaan berikut:

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25.4 \quad (2)$$

$$I_a = 0.2 S \quad (3)$$

$$\sum Pe = \frac{(\sum P - I_a)^2}{(\sum P - I_a + S)} \quad (4)$$

dengan keterangan:

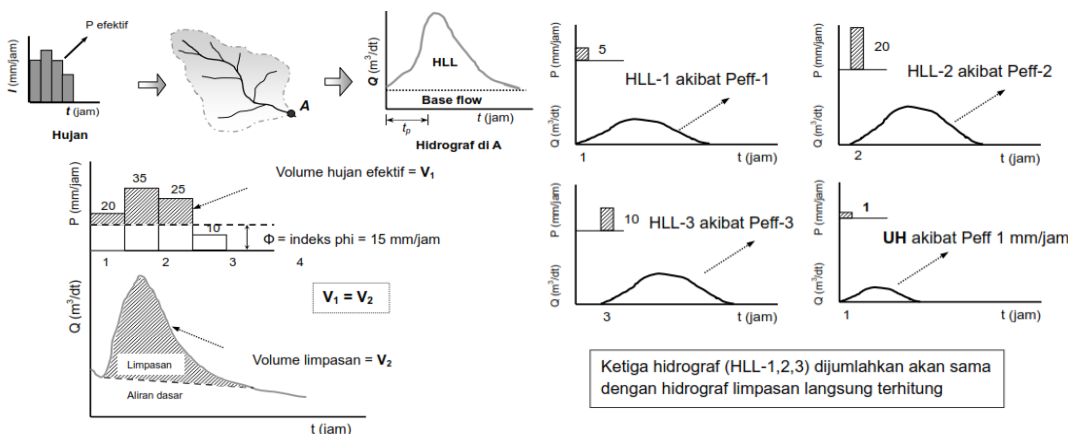
S : *potential maximum storage* (mm),

I_a : *Initial Abstraction* (mm) dan

Pe : *Rainfall Excess* (mm).

Debit Banjir Rencana

Menurut Sujono dan Jayadi (2007), debit banjir rancangan dihitung dengan mentransformasikan hujan rancangan dengan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau. Menurut Jayadi dan Sujono (2008), prosedur analisis hidrologi untuk masalah banjir rancangan dapat dikelompokkan berdasarkan kasus yang dijumpai. Untuk mendapatkan hidrograf banjir bila tersedia data hujan jam-jaman dan hidrograf banjir, maka tahapan analisis yang dipakai adalah analisis frekuensi data hujan dan pengalihragaman hujan-aliran (*Unit hydrograph*). Hidrograf satuan dapat ditentukan dengan cara analitis yang memiliki skema seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.



(Sumber: Jayadi dan Sujono, 2008)

Gambar 3. Skema hitungan hidrograf satuan cara analitis

Keakuratan Metode Empiris

Annaji (2021), Hardianti (2021) dan Anggraheni (2019) melakukan analisis kesesuaian pola distribusi hujan metode empiris dengan metode terukur berdasarkan penyimpangan yang terlihat pada grafik perbandingan pola distribusi hujan. Sedangkan Rahmani (2016) dan Christian (2017) menganalisis kesesuaian pola distribusi hujan dengan membandingkan hasil hidrograf banjir menggunakan pola distribusi hujan terukur dan menggunakan pola distribusi hujan empiris.

Gustoro (2022) melakukan melakukan analisis hubungan metode empiris dengan metode terukur dengan nilai korelasi sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n (E_i O_i) - \sum_{i=1}^n (E_i) \sum_{i=1}^n (O_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n (E_i^2) - (\sum_{i=1}^n E_i)^2\} \{n \sum_{i=1}^n (O_i^2) - (\sum_{i=1}^n O_i)^2\}}} \tag{5}$$

dengan keterangan:

\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,

O_i : data debit dengan distribusi hujan terukur.

Selain menggunakan nilai korelasi, Na dan Yoo (2018) menguji metode empiris dengan metode terukur dengan nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*) sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2} \tag{6}$$

Yani dkk. (2021) melakukan perbandingan pola distribusi hujan empiris dengan pola distribusi hujan terukur berdasarkan nilai RMSE dan nilai NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*) sebagai berikut:

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \right] \tag{7}$$

Pratama dkk. (2021) melakukan perbandingan hasil simulasi dengan observasi berdasarkan nilai RMSE, NSE dan BIAS.

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100\% \tag{8}$$

Hasil Studi dan Pembahasan

Uji konsistensi data hujan menyatakan data hujan semua stasiun pangkah dan dapat dilanjutkan untuk perhitungan hujan wilayah menggunakan *Polygon Thiessen*. Variasi *Polygon Thiessen* didasarkan ketersediaan data hujan pada tahun terkait. Adapun salah satu variasi bobot polygon ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hujan rencana

No	Nama Stasiun	Luas (km ²)	Bobot Thiesen
1	Colo	420,81	0,21
2	Pabelan	261,28	0,13
3	Tritis	32,28	0,02
4	Manyaran/Gunungan	262,09	0,13
5	Waduk Delingan	145,54	0,07
6	Nepen	674,88	0,33
7	Tawangmangu	232,75	0,11
	Total	2029,63	1,00

Distribusi hujan Log Pearson III dipilih berdasarkan hasil analisis uji frekuensi Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Hasil analisis hujan rencana dengan metode log person disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hujan rencana

Distribusi Log Pearson III		
T	Prob (%)	P _{rencana} (mm)
20	4	134,55
50	2	141,51

Durasi hujan dan pola distribusi hujan dominan dihitung berdasarkan data hujan jam-jaman *ARR* Jurug tahun 2018 s/d 2021. Jumlah total kejadian hujan yang terukur sebanyak 2078 kali kejadian dengan durasi hujan dan pola distribusi hujan dominan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Durasi hujan dominan

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan (mm)		Durasi dominan	Jumlah Kejadian (Kali)
	1 jam	24 jam		
Hujan sangat ringan	<1	<5	1	521
Hujan ringan	1-5	5-20	2	205
Hujan normal	5-10	20-50	3	92
Hujan lebat	10-20	50-100	6	30
Hujan sangat lebat	>20	>100		

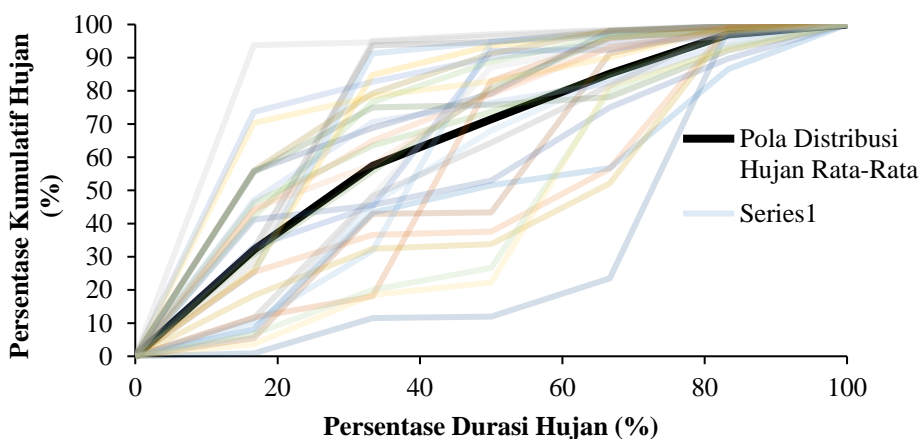
Durasi hujan dominan untuk hujan lebat selama 6 jam, hujan normal selama 3 jam dan hujan ringan selama 2 jam. Prosentase hujan tiap jam untuk masing-masing

durasi dominan dirata-rata untuk mendapatkan distribusi hujan jam-jaman terukur masing-masing keadaan hujan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Prosentase distribusi hujan jam-jaman masing-masing keadaan hujan

Keadaan Hujan	Hujan sangat ringan	Hujan ringan	Hujan normal	Hujan lebat
Intensitas Hujan (mm) 24 jam	<5	5-20	20-50	50-100
Jam Ke	% P untuk hujan dengan durasi			
	1 jam	2 jam	3 jam	6 jam
1	100,00%	60,34%	38,45%	32,06%
2		39,66%	43,64%	25,33%
3			17,91%	14,07%
4				13,72%
5				11,86%
6				2,97%

Berdasarkan data pengamatan, untuk keadaan hujan lebat cenderung tinggi pada jam pertama dan akan menurun pada jam berikutnya. Adapun pola distribusi hujan rerata jam-jaman untuk hujan lebat (durasi dominan 6 jam) ditunjukkan pada Gambar 4



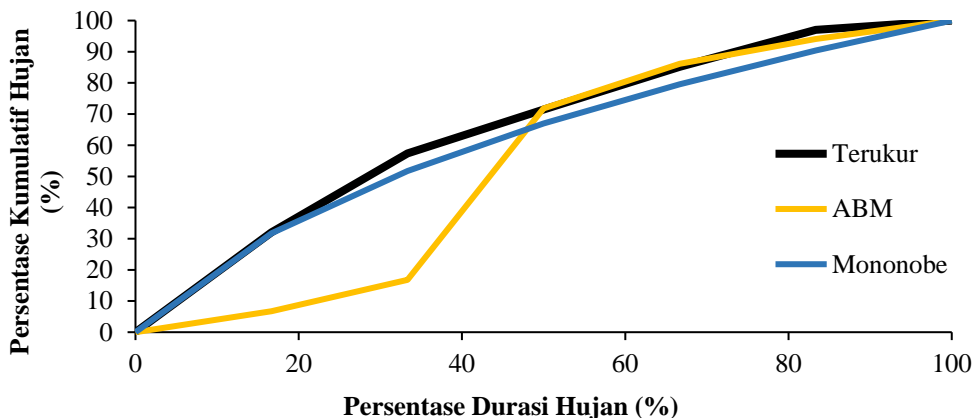
Gambar 4. Pola distribusi hujan rerata durasi 6 jam

Durasi hujan dominan untuk kejadian hujan lebat 6 jam sehingga untuk analisis distribusi hujan ABM dan Mononobe menggunakan asumsi durasi hujan 6 jam sehingga diperoleh Persentase Distribusi Hujan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 5. Persentase distribusi hujan jam-jaman metode empiris

Jam ke-	0	1	2	3	4	5	6
P ABM (%)	0,00	6,75	10,03	55,03	14,30	7,99	5,90
P Mononobe (%)	0,00	31,72	19,98	15,25	12,59	10,85	9,61

Adapun perbandingan pola distribusi hujan terukur dan metode empiris ditunjukkan pada Gambar 5.

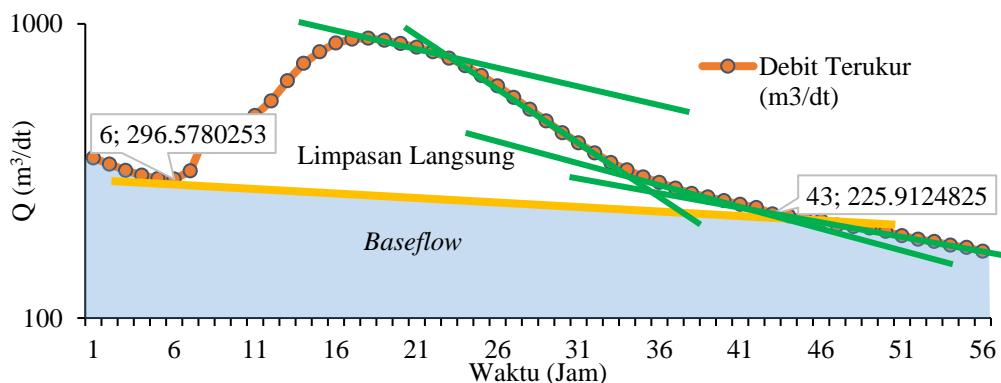


Gambar 5. Perbandingan pola distribusi hujan rerata durasi 6 jam

Gambar 5 menunjukkan hasil penelitian sesuai dengan penelitian Annaji (2021) dan Anggraheni (2019) yang menyatakan distribusi Mononobe memiliki kesesuaian yang lebih baik dari metode ABM. Namun berbeda dengan Hardianti (2011) yang menyatakan untuk durasi hujan 6 jam, metode ABM memiliki kesesuaian yang lebih baik dari metode Mononobe. Persentase distribusi hujan masing-masing metode selanjutnya digunakan untuk transformasi hujan harian rencana menjadi hujan jam-jaman. Hujan jam-jaman dicari besaran hujan efektif yang menyebabkan limpasan dengan metode *Curve Number* (CN). Berdasarkan analisis data tata guna lahan, DAS Jurug memiliki nilai CN sebesar 69,77.

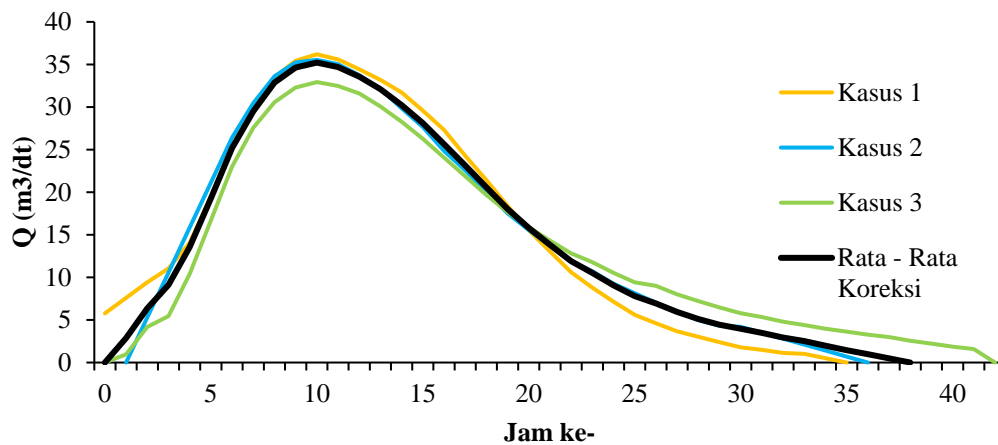
Transformasi hujan-aliran menggunakan metode hidrograf satuan terukur rata-rata dari tiga pasangan hujan-debit yang terjadi pada 15-17 April 2021 (kasus 1), 16-18 Juni 2021 (kasus 2) dan 23-25 Desember 2021 (kasus 3).

Untuk menghitung hidrograf satuan, hidrograf limpasan langsung dan *baseflow* harus dipisahkan. Cara pemisahan *baseflow* yang dipakai adalah metode *Straight Line Method* dengan cara menarik garis lurus dari awal naiknya hidrograf terukur sampai titik awal *baseflow* di kertas semi logaritmik dengan sumbu debit (Q) dalam skala logaritmik seperti contoh yang ditunjukkan pada Gambar 6.



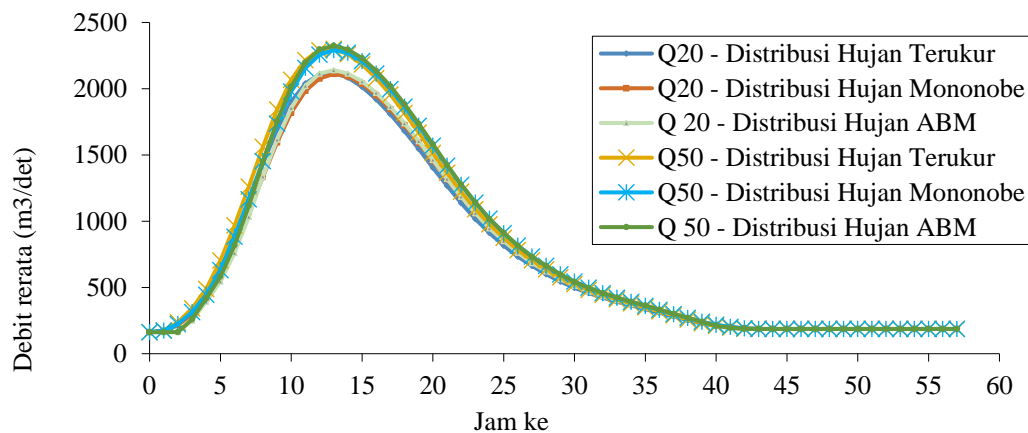
Gambar 6. Contoh pemisahan hidrograf limpasan langsung dan *baseflow* pada Kasus 1

Ordinat hidrograf satuan rata-rata diperoleh dari ordinat hidrograf satuan terukur dari 3 kasus sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan hidrograf masing-masing kasus dengan hidrograf satuan rata-rata

Selanjutnya Hidrograf Satuan Terukur (HST) digunakan untuk melakukan transformasi hujan rencana jam-jaman pola distribusi hujan terukur dan metode empiris menjadi hidrograf banjir rencana. Adapun perbandingan hidrograf banjir pada masing-masing metode distribusi hujan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan hidrograf banjir pada masing-masing metode distribusi hujan

Sedangkan perbandingan banjir rencana pada masing-masing metode distribusi hujan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan debit banjir rencana masing-masing metode pola distribusi hujan

Periode Kala Ulang	Hujan Rencana (mm)	Debit Banjir Rencana (m ³ /dt)		
		Mononobe	ABM	Terukur
2	106,55	1.426	1.441	1.431
5	120,88	1.768	1.790	1.775
10	128,37	1.954	1.980	1.962
20	134,55	2.111	2.140	2.119
50	141,51	2.292	2.324	2.300
100	146,16	2.414	2.449	2.422
1000	159,16	2.763	2.805	2.772

Gambar 8 dan Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan hidrograf banjir metode distribusi hujan ABM dan Mononobe memiliki kesesuaian yang baik dengan hidrograf banjir distribusi hujan terukur. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Rahmani (2016) yang menyatakan metode Mononobe untuk mengubah hujan jam-jaman tidak bisa diterima karena perbedaan selisih melebihi 20%.

Untuk menguji kesesuaian metode pola distribusi hujan empiris dengan metode pola distribusi hujan terukur dalam perhitungan debit banjir, hasil debit banjir rencana pada masing-masing periode kala ulang dianalisis menggunakan parameter statistik dan didapatkan hasil pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai statistik debit rencana metode pola distribusi hujan metode empiris dan metode terukur

Parameter Statistik	Korelasi	RMSE	NSE	BIAS
ABM	1,000	22,30	1,000	1,00 %
Mononobe	1,000	7,85	1,000	-0,37 %

Tabel 7 menunjukkan metode distribusi hujan ABM dan Mononobe memiliki hasil debit banjir rencana dengan korelasi 1 atau hubungan yang sangat kuat terhadap hasil debit banjir rencana metode distribusi hujan terukur. Selain itu debit banjir rencana kedua metode distribusi hujan empiris juga memiliki nilai NSE 1 terhadap debit banjir rencana metode distribusi hujan terukur sehingga penyimpangan perhitungan relatif kecil. Sehingga dapat disimpulkan metode distribusi hujan empiris ABM dan Mononobe dapat digunakan untuk transformasi hujan harian menjadi jam-jaman apabila tidak ada data hujan terukur jam-jaman khususnya dalam perhitungan banjir rencana.

Menurut Pratama dkk. (2021), semakin kecil nilai RMSE dan nilai BIAS pada metode empiris menunjukkan nilai perhitungan yang mendekati dengan metode terukur. Tabel 6 menunjukkan metode Mononobe memiliki hasil yang lebih memadai dibandingkan dengan metode ABM.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perbandingan pola distribusi hujan, Mononobe memiliki kesesuaian yang lebih baik dari metode ABM.
2. Perhitungan hidrograf banjir metode distribusi hujan ABM dan Mononobe memiliki kesesuaian yang baik dengan hidrograf banjir distribusi hujan terukur.
3. Metode distribusi hujan empiris dapat digunakan dalam analisis debit banjir rencana apabila tidak tersedia data hujan jam-jaman dengan nilai korelasi, RMSE, NSE dan BIAS sebesar 1,000; 22,30; 1,000; 1,00 % untuk metode ABM dan 1,000; 7,85; 1,000; -0,37 % untuk metode Mononobe.
4. Berdasarkan nilai statistik, metode Mononobe menunjukkan kesesuaian yang lebih baik dibandingkan dengan metode ABM.

Saran

1. Penelitian ini menggunakan data debit rencana untuk melihat kesesuaian metode distribusi hujan empiris, sehingga selanjutnya memungkinkan untuk dikembangkan dengan penggunaan data pembanding lain.
2. Penelitian tentang pola distribusi hujan akan mendapatkan hasil yang lebih tepat apabila memiliki data jam-jaman dengan periode yang lebih panjang dengan beberapa stasiun hujan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, Direktorat Jenderal SDA, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atas dukungan sehingga tulisan ilmiah ini dapat berhasil diselesaikan. Penulis juga berterima kasih pada Ali Rahmat, S.T., M.T., selaku Kepala Bidang Keterpaduan Pembangunan Infrastruktur Sumber Daya Air BBWS Bengawan Solo.

Daftar Referensi

- Annaji, F. F., 2021. Analisis Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Daerah Aliran Sungai Serayu Opak. *Skripsi*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Christian, K., Yudianto, D., Rusli, S.R., 2017. Analisis Pola Distribusi Hujan Terhadap Perhitungan Debit Banjir Das Cikapundung Hulu. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*: Vol. 3 No. 3 - Oktober 2017, 153 – 160
- Gustoro, D., Sujono, J., Karlina., 2022. Perbandingan Pola Distribusi Hujan Terukur dan Hujan Satelit PERSIANN di DAS Progo. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 2022, 13(1) pp. 23-35.

- Hardianti, D., 2021. Analisis Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Daerah Aliran Sungai (DAS) Reak di Kabupaten Lombok Utara. *Skripsi*, Universitas Mataram, Kota Mataram.
- Jayadi, R., dan Sujono, J. 2008. *Pelatihan Analisis Hidrologi: Design Flood*. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Na, W., Yoo, C., 2018. Evaluation of Rainfall Temporal Distribution Models with Annual Maximum Rainfall Events in Seoul, Korea. *Water* 2018, 10, 1468. <https://doi.org/10.3390/w10101468>
- Nasional, B. S., 2016. SNI-03-2415 tahun 2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Pratama, M.I., Rohmat, F.I.W., Farid, M., Adityawan, M.B., Kuntoro, A.A., Moc, I.R., 2021. Flood hydrograph simulation to estimate peak discharge in Ciliwung river basin. *2nd International Conference on Disaster and Management. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 708. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/708/1/012028>
- Rahmani, R. N., 2016. Transformasi Hujan Harian ke Hujan Jam-Jaman Menggunakan Metode Mononobe dan Pengalihragaman Hujan Aliran (Studi Kasus di DAS Tirtomoyo). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*: Maret 2016/176.
- Sofia, D.A., 2016. Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi. *JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa*, Vol. 1, No. 1, Desember 2016, Hal. 7-14. <https://doi.org/10.31544/jtera.v1.i1.2016.7-14>
- Sri Harto Br., 2009. *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*. Nafiri Offset. Yogyakarta.
- Sujono, J., Jayadi, R., 2007. Hidrograf Satuan: Permasalahan dan Alternative Penyelesaian. *Forum Teknik Sipil* No. XVII/2-Mei 2007
- Triatmodjo, B., 2015. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yani, P. R. Y., Saidah, H., Wirahman, L., 2021. Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Stasiun Hujan Jurang Sate dan Stasiun Hujan Lingkok Lime pada Wilayah Lombok Tengah. *Spektrum Sipil*: Vol. 8, No. 1 : 41 - 54, Maret 2021. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i1.199>

[Halaman ini sengaja dibiarkan kosong/*This page is intentionally left blank*]