

POLA DISTRIBUSI HUJAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENYIMPANGAN HIDROGRAF BANJIR DAS JANGKOK

HUMAIRO SAIDAH¹⁾, M. BAGUS BUDIANTO²⁾, I WAYAN YASA³⁾, ERY SETIAWAN⁴⁾

Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

h.saidah@unram.ac.id

ABSTRAK

Penentuan pola distribusi hujan diyakini mempengaruhi hasil perhitungan debit banjir rancangan. Se jauh data hujan jam-jaman observasi dapat diperoleh, maka distribusi pola hujan jam-jaman dapat ditentukan. Namun pada daerah yang tidak memiliki data hujan jam-jaman perhitungan debit banjir dilakukan dengan mendistribusikan hujan harian menggunakan metode empirik. Penelitian ini mendistribusikan hujan harian menjadi jam-jaman pada DAS Jangkok menggunakan metode empirik ABM dan Mononobe sekaligus menghitung hidrograf banjirnya menggunakan metode Nakayasu. Hidrograf satuan sintetik dari input hujan berdistribusi nyata dibandingkan dengan hidrograf satuan dari input hujan berdistribusi empirik, dan diukur penyimpangannya. Hasil memperlihatkan bahwa pendistribusian hujan dengan Mononobe dan ABM memberikan bentuk hidrograf yang sama dengan hidrograf dari hujan observasi hanya pada hujan berdurasi 2jam. Pada hujan berdurasi 3-6jam, nilai debit puncak banjir (Q_p) keduanya cenderung lebih rendah. Mononobe memberikan debit puncak banjir lebih rendah 7-20% sedangkan ABM 2-7%, lalu menjadi lebih tinggi sekitar 5-12% pada durasi hujan >6jam. Mononobe memberikan waktu puncak banjir (T_p) yang sama dengan hujan observasi untuk hujan berdurasi 1-5jam dan menjadi lebih awal 1jam pada hujan berdurasi >6jam, sedangkan waktu puncak banjir dari ABM cenderung lebih lama 1jam. Secara umum kedua metode memberikan penyimpangan bentuk hidrograf yang makin besar untuk durasi hujan yang makin lama.

Kata kunci: *Distribusi hujan jam-jaman, Mononobe, Alternating Block Method, Hidrograf, Nakayasu*

ABSTRACT

Determining the rain pattern distribution is believed to affect the design flood. Providing hourly rainfall observations can be obtained, and the distribution patterns can be determined. However, in areas that do not have one, flood discharge calculations are carried out by distributing daily rainfall using empirical methods. This study distributes daily rainfall into hourly rainfall in the Jangkok watershed using ABM and Mononobe methods and calculates the flood hydrograph using the Nakayasu model. The synthetic unit hydrograph obtained from the actual rain distribution is then compared with the unit hydrograph generated from the empirical distribution, then the deviation is measured. The results showed that the Mononobe and ABM rain distribution gave the same hydrograph shape as the observation one, only for 2 hours of rain duration. As long as the rain lasts 3-6 hours, the peak flood discharge (Q_p) tends to be lower, 7-20% for Mononobe and 2-7% for ABM. Then the Q_p becomes overestimated (5-12%) for a rain duration of >6 hours. Mononobe gives the same flood peak time (T_p) as observation rain for 1-5 hours rain duration and becomes 1 hour earlier for >6 hours. In contrast, ABM produces peak times 1 hour longer than hydrographs with observation rain. Generally, the two methods provide a more significant hydrograph deviation for a longer duration of rain.

Kata kunci: *Hourly Rainfall distribution, Mononobe, Alternating Block Method, Hydrograph, Nakayasu*

PENDAHULUAN

Debit banjir rancangan merupakan salah satu analisis terpenting dalam bidang hidrologi karena besaran debit ini akan menjadi dasar dalam penentuan dimensi bangunan berikut uji stabilitasnya. Metode hidrograf satuan baik sintetik maupun hasil pengamatan, merupakan salah satu teknik yang sangat populer

digunakan dalam analisis ini. Analisis hidrograf membutuhkan data masukan berupa intensitas hujan yang terdistribusi jam-jaman. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris dan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek.

Dalam analisis banjir rancangan menggunakan metode hidrograf, masukan utama yang dibutuhkan adalah intensitas hujan dalam bentuk hujan jam-jaman. Kenyataannya di sebagian besar wilayah Indonesia data hujan jam-jaman termasuk data yang sangat sulit diperoleh, karena keterbatasan alat ukur hujan otomatis ataupun masalah administratif lain. Kalaupun ada biasanya data pencatatannya tidak cukup panjang dan sebaran stasiun pencatatnya tidak merata. Sehingga dalam berbagai studi yang dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah mendistribusikan data hujan harian menjadi data hujan jam-jaman dengan teknik yang lazim, diantaranya adalah Mononobe, *Alternating Block Method (ABM)*, *Triangular Hyetograph Method (THM)*, Tadashi Tanimoto, dan sebagainya.

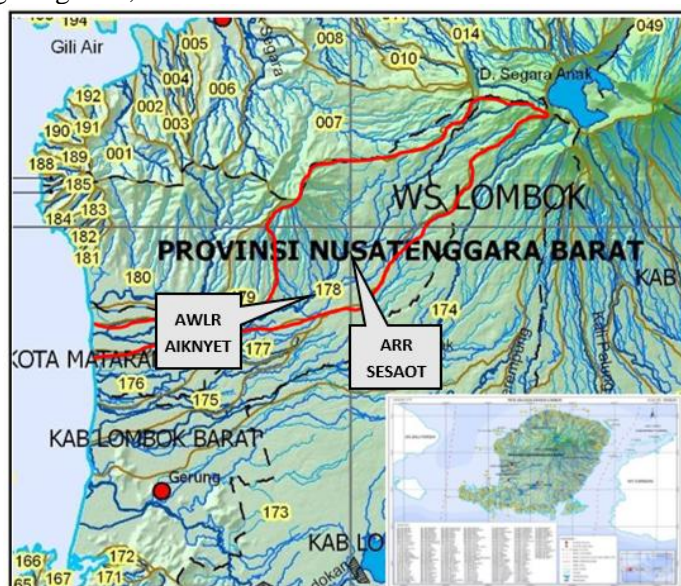
Pendistribusian hujan harian menjadi jam-jaman untuk wilayah Indonesia menggunakan metode tersebut telah banyak mendapat perhatian Peneliti Indonesia, mulai dari pengujian kesesuaian teknik transformasi hujan harian menjadi jam-jaman terhadap hujan pengamatan, seperti dilakukan di Pekanbaru (Saragi et al., 2014), di Lombok Tengah (Yani et al., 2021), di Manado (Sumarauw, 2017), di Bolaang Mongondow (Kairupan, 2017), pengujian distribusi hujan satelit (Farhan et al., 2021, 2021; Zaki et al., 2018) hingga uji coba kalibrasi hasil distribusi hujan harian dari metode empirik tersebut di Sungai Tirtomoyo di Wonogiri (Rahmani et al., 2018). Selain digunakan dalam menganalisis besaran hidrograf banjir, analisis distribusi hujan jam-jaman juga dimanfaatkan untuk keperluan lain seperti untuk mengetahui durasi dan distribusi hujan yang menjadi pemicu aliran lahar dingin di lereng Gunung Merapi (Sofia, 2017). Peneliti lain menggunakannya untuk menentukan daerah genangan untuk suatu intensitas hujan dan mendapatkan bahwa analisis hujan dengan kala ulang tertentu dapat secara baik menentukan daerah genangan (Suharyanto, 2016) serta masih banyak lagi.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi kesesuaian teknik pendistribusian hujan harian menjadi hujan jam-jaman di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Jangkok serta menguji pengaruhnya terhadap parameter utama hidrograf satuan yang dihasilkan. Hal ini ditujukan sebagai salah satu upaya mendapatkan debit banjir rancangan dengan bantuan metode Hidrograf Satuan Sintetik yang lebih sesuai di Sungai Jangkok khususnya dan di wilayah sungai lain yang tidak memiliki data hujan jam-jaman sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian serupa.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Studi dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jangkok yang membentang antara Kabupaten Lombok Tengah, Lombok Barat dan Kota Mataram. Secara keseluruhan luas tangkapan DAS Jangkok sebesar 167,92 km² dengan panjang sungai 47,106 km. Penelitian ini menggunakan AWLR Aik Nyet yang berada pada 8° 32' 06" LS dan 116° 14' 21" BT sebagai titik outlet, dimana luas tangkapan airnya sebesar 140,9787 km² dan panjang sungai 27,102 km.



Gambar 1. Peta DAS Jangkok

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini melakukan pengujian pemakaian dua metode perhitungan distribusi hujan jam-jaman, yaitu metode Mononobe dan *Alternating Block Method (ABM)*, dan membandingkan hasil perolehan bentuk hidrograf melalui pembuatan HSS Nakayasu. Berikut ini tahapan yang dilalui dalam penelitian:

- a. Analisis diawali dengan perhitungan pola distribusi hujan observasi dengan cara merata-ratakan data hujan jam-jaman dari hasil pencatatan *Automatic Rainfall Recorder (ARR)* menurut urutan jam kejadiannya menggunakan persamaan (Harto, 1993):

$$\bar{X}_t = \frac{1}{n} \sum X_t \quad (1)$$

Dimana \bar{X}_t = Rata-rata kedalaman hujan pada jam ke-t; n = banyaknya kejadian hujan; X_t = kedalaman hujan pada jam ke-t. Nilai rata-rata

$$BM_t = \bar{X} - \bar{X}_{t-1} \quad (2)$$

$$P_t = \frac{BM_t}{BM_{TOTAL}} 100\% \quad (3)$$

dengan : \bar{X}_{t-1} = rata-rata kedalaman hujan sebelum jam ke-t; BMt = bobot massa jam ke-t; BM_{TOTAL} = total bobot massa seluruh jam; Pt(%) = persentase kedalaman hujan pada jam ke-t.

- b. Analisis pola distribusi hujan menggunakan metode Mononobe dan ABM. Distribusi hujan jam-jaman metode Mononobe dihitung menggunakan persamaan berikut (Sosrodarsono and Takeda, 1976):

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

Dengan: I = intensitas hujan dengan kala ulang T untuk durasi t (mm/jam); R_{24} = intensitas hujan harian untuk kala ulang T (mm/jam); t = durasi hujan (jam). Metode Mononobe menghitung intensitas hujan dan menyusun hyetograph hujannya sesuai urutan yang diperoleh. Pada distribusi hujan metode *Alternating Block Method (ABM)*, intensitas hujan dihitung dengan persamaan Mononobe namun berbeda cara pendistribusiannya.

Hyetograph dibuat untuk hujan yang terjadi dalam durasi Td yang memiliki jumlah kejadian hujan sebanyak n dalam selang waktu Δt yang berurutan. Sehingga dapat dikatakan bahwa $T_d = n\Delta t$. Perbedaan intensitas hujan pada jam yang berurutan dalam interval waktu Δt , pada cara Mononobe dibiarkan seperti adanya, dimana hujan pada t1 akan diletakkan pada urutan jam pertama, t2 pada urutan jam kedua, dan seterusnya. Namun pada metode ABM, intensitas hujan yang diperoleh tersebut kemudian diurutkan kembali dimana intensitas maksimum diposisikan di paling tengah durasi hujan Td, lalu menyusun hujan dengan intensitas terbesar kedua di sebelah kanannya lalu intensitas hujan terbesar berikutnya disusun di sebelah kirinya dan seterusnya. Penyusunan dilakukan dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari posisi tengah dan seterusnya hingga Td yang ada, dan hyetograph menurut metode ABM terbentuk.

- c. Pola distribusi hujan yang diperoleh dari kedua metode empirik tersebut lalu digunakan untuk mendapatkan hidrograf satuan dengan metode HSS Nakayasu. Hidrograf satuan yang dihasilkan oleh hujan yang mengikuti pola mononobe dan ABM lalu dibandingkan dengan hidrograf satuan yang dihasilkan oleh distribusi hujan pola observasi.
- d. Dilanjutkan dengan analisis hidrograf satuan, dimana debit Puncak Banjir (*Peak Discharge*) dihitung dengan metode HSS Nakayasu menggunakan persamaan berikut:

$$Qp = \frac{c.A.Ro}{3,6(0,3Tp+T_{0,3})} \quad (5)$$

Dimana Qp = Qmaks, merupakan debit puncak banjir (m^3/dt); c = koefisien aliran (< 1); A = luas DAS sampai ke outlet (km^2); Ro = hujan satuan (mm); Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam); $T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30 % dari debit puncak (jam).

Lengkung naik, pada $0 \leq t < Tp$, dibangun dengan persamaan $Qt = Qp \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4}$

Lengkung turun,

$$Qt = Qp * 0,3^{t-Tp/T_{0,3}} ; \text{ untuk } Tp \leq t < (Tp + T_{0,3})$$

$$Qt = Qp * 0,3^{t-Tp+0,5T_{0,3}/1,5T_{0,3}} ; \text{ untuk } (Tp + T_{0,3}) \leq t < (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Qt = Qp * 0,3^{t-Tp+0,5T_{0,3}/2T_{0,3}} ; \text{ untuk } t \geq (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

- e. Penyimpangan diukur dengan melihat seberapa jauh hidrograf satuan berbeda nilai debit puncak (Qp) dan waktu mencapai puncaknya (Tp) terhadap nilai Qp dan Tp yang dihasilkan oleh hujan berdistribusi observasi, menggunakan nilai kesalahan relatif/*Relative Errors (RE)* (Jose, 2017). Dilanjutkan dengan pengukuran nilai efisiensi untuk membandingkan bentuk hidrograf yang dihasilkan dari distribusi hujan

empirik terhadap observasi menggunakan nilai *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) (Gupta and Kling, 2011; McCuen et al., 2006)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=0}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=0}^n (O_i - \bar{O})^2} \tag{6}$$

Dimana: NSE = nilai efisiensi *Nash Sutcliffe*; O_i = nilai observasi periode ke- i ; E_i = nilai empiris periode ke- i ; \bar{O}_i = Rata-rata nilai observasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola distribusi hujan observasi adalah gambaran pola dan besaran distribusi hujan nyata di lokasi penelitian. Data yang digunakan dalam menentukan pola distribusi hujan jam-jaman ini adalah data hujan jam-jaman yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai NT1 Nusa Tenggara Barat. Penelitian dilakukan pada DAS Jangkok dengan mengambil lokasi AWLR Aik Nyet sebagai titik outlet. Namun pada daerah aliran sungai hingga outlet AWLR Aik Nyet ini hanya memiliki 1 ARR yakni ARR Sesaot. Maka dalam penelitian ini pola distribusi hujan jam-jaman ditentukan berdasarkan distribusi hujan jam-jaman stasiun hujan ARR Sesaot.

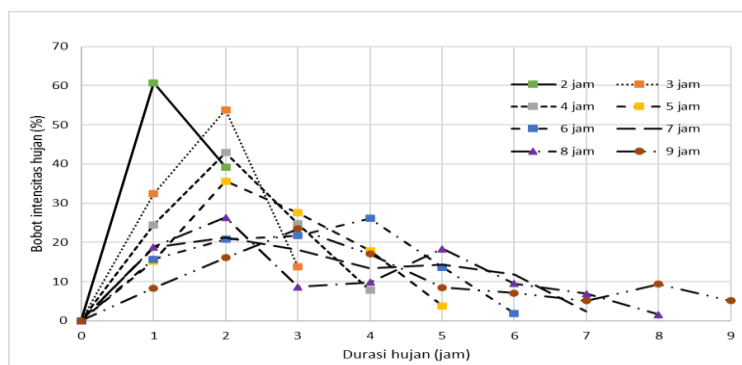
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan jam-jaman dengan panjang data 3 tahun yaitu dari tahun 2016 – 2018. Data hujan jam-jaman dikelompokkan berdasarkan durasinya, yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam hingga 9 jam. Hasil rekapitulasi data durasi dan jumlah kejadian hujan disajikan pada Tabel 1. Sedangkan distribusi hujan jam-jamannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah kejadian hujan dalam berbagai durasi

Durasi	Jumlah Kejadian (kali)
1	352
2	296
3	147
4	81
5	58
6	31
7	18
8	11
9	16

Tabel 2. Distribusi hujan pada stasiun ARR Sesaot pada berbagai durasi hujan (%)

jam ke-	Distribusi hujan (%)							
	2 jam	3 jam	4 jam	5 jam	6 jam	7 jam	8 jam	9 jam
1	60.73	32.42	24.50	15.20	13.98	18.71	18.85	8.32
2	39.27	53.85	42.96	35.60	18.47	21.21	26.41	16.07
3		13.73	24.74	27.53	19.34	18.14	8.60	23.48
4			7.80	17.87	23.26	13.43	9.83	17.05
5				3.81	23.26	14.27	18.36	8.48
6					1.69	11.80	9.48	7.07
7						2.44	6.89	5.12
8							1.57	9.33
9								5.08



Gambar 2. Pola distribusi hujan jam-jaman observasi

Seperti terlihat pada Gambar 2, distribusi hujan jam-jaman dari hasil observasi di wilayah studi menunjukkan kecenderungan penurunan intensitas hujan seiring pertambahan durasinya. Selain semakin lama durasi hujan semakin rendah intensitasnya, pola hujan observasi juga menunjukkan pada durasi hujan yang semakin panjang memiliki kecenderungan intensitas hujan yang fluktuatif dan tidak membentuk pola khusus. Hal ini jika digunakan dalam perhitungan debit banjir dengan metode hidrograf satuan, maka diyakini akan berpengaruh pada bentuk hidrograf yang dihasilkan. Sehingga perhatian pada studi ini adalah melihat sejauh mana alihragam hujan harian menjadi jam-jaman dengan metode empirik mempengaruhi nilai unsur utama pembentuk hidrograf yaitu debit puncak dan waktu mencapai puncak.

Pengamatan pengaruh pendistribusian hujan dilakukan pada hidrograf satuan. Hal ini untuk mengeliminasi variabilitas hujan rancangan yang tinggi akibat variasi panjang rentang data atau pemilihan stasiun hujan yang berbeda. Maka distribusi hujan jam-jaman di DAS Jangkok menggunakan hujan satuan (1mm). Pola distribusi hujan yang diperoleh berupa hubungan antara waktu (jam) dengan prosentase (%) dari nilai hujannya. Karena menggunakan hujan satuan, maka jika hendak mendistribusikan hujan rancangan menggunakan pola observasi, dapat langsung didistribusikan dengan cara mengalikan dengan pola observasi seperti disajikan pada Tabel 2.

Analisis distribusi hujan jam-jaman dengan metode empirik Mononobe dan ABM dilakukan dengan persamaan (4) dan menghasilkan pola distribusi hujan pada berbagai durasi yang disajikan pada Tabel 3-4.

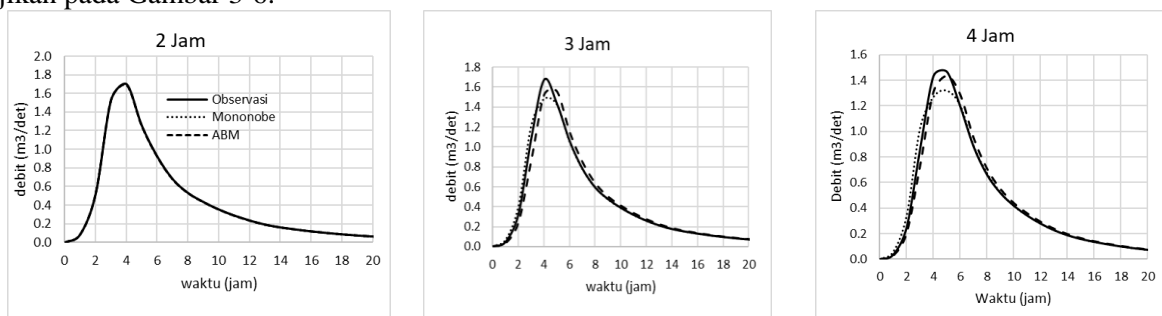
Tabel 3. Rekapitulasi distribusi hujan jam-jaman metode Mononobe

Jam ke-	Distribusi hujan pada berbagai durasi (%)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
1	61.35	47.38	39.88	35.09	31.72	29.19	27.21	25.60
2	38.65	29.85	25.12	22.11	19.98	18.39	17.14	16.12
3		22.78	19.17	16.87	15.25	14.03	13.08	12.31
4			15.83	13.93	12.59	11.58	10.80	10.16
5				12.00	10.85	9.98	9.30	8.75
6					9.61	8.84	8.24	7.75
7						7.98	7.43	6.99
8							6.80	6.40
9								5.92

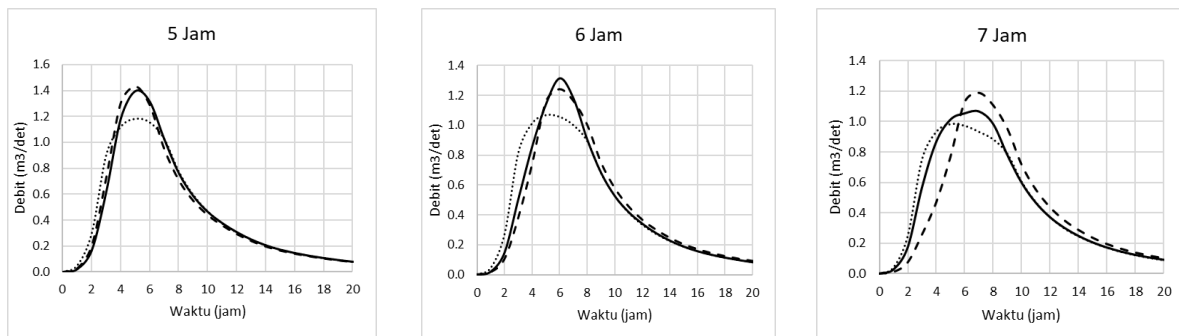
Tabel 4. Rekapitulasi distribusi hujan jam-jaman metode ABM

Jam ke-	Distribusi hujan pada berbagai durasi (%)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
1	61.35	22.78	19.17	12.00	10.85	7.98	7.43	5.92
2	38.65	47.38	39.88	16.87	15.25	9.98	9.30	6.99
3		29.85	25.12	35.09	31.72	14.03	13.08	8.75
4			15.83	22.11	19.98	29.19	27.21	12.31
5				13.93	12.59	18.39	17.14	25.60
6					9.61	11.58	10.80	16.12
7						8.84	8.24	10.16
8							6.80	7.75
9								6.40

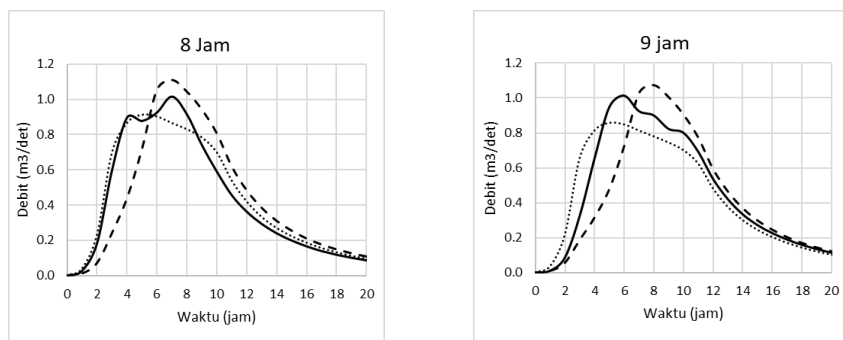
Dalam mendeteksi pengaruh pendistribusian hujan dengan metode empirik terhadap penyimpangan hidrograf banjir rancangan, maka dilakukan substitusi hujan yang telah terdistribusi menjadi hujan jam-jaman ke dalam model hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Baik hujan yang mengikuti pola observasi maupun pola empirik, keduanya dijadikan masukan dalam pembuatan hidrograf satuan banjir. Hasil pembuatan hidrograf satuan tersebut lalu dibandingkan untuk mengukur seberapa jauh hidrograf yang dihasilkan oleh hujan berdistribusi empirik menyimpang dari hidrograf yang dihasilkan dari hujan berdistribusi observasi. Hasilnya disajikan pada Gambar 3-6.



Gambar 3. Hidrograf banjir untuk distribusi hujan 2, 3 dan 4 jam



Gambar 4. Hidrograf banjir untuk distribusi hujan 5,6, dan 7 jam



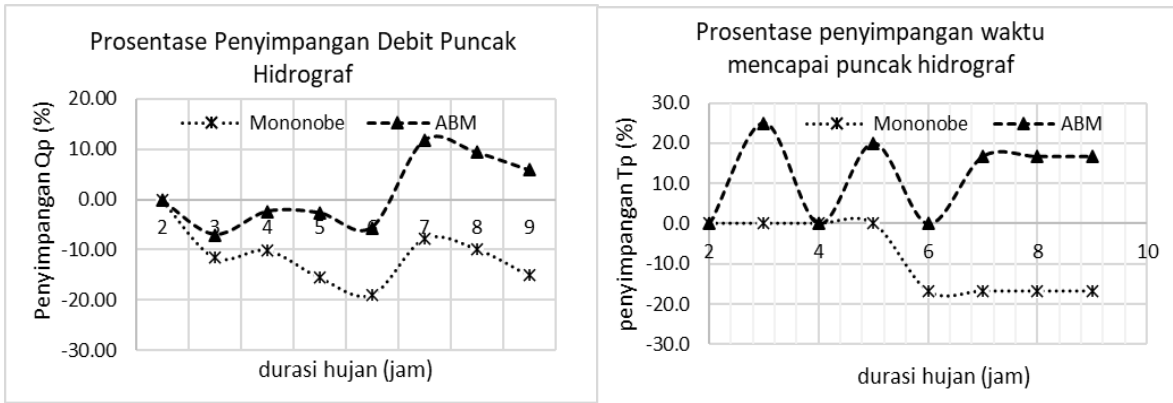
Gambar 5. Hidrograf banjir untuk distribusi hujan 8 dan 9 jam

Berdasarkan gambar 3-5 secara visual dapat dilihat bahwa pada hujan yang didistribusikan secara empirik memiliki bentuk hidrograf yang hampir sama dengan hidrograf dari hujan observasi hanya pada hujan berdurasi 2 jam (Gambar 3). Hujan dengan durasi yang lebih dari 2 jam secara konsisten memberikan penyimpangan bentuk hidrograf yang semakin besar seiring dengan kenaikan lama durasi hujannya. Pada hujan berdurasi pendek (3-6 jam) pola distribusi metode ABM memperlihatkan kinerja yang lebih baik dari Mononobe dalam menghasilkan bentuk hidrograf. Hidrograf yang dihasilkan oleh metode ABM memiliki bentuk yang mendekati hidrograf acuan. Sedangkan pada hujan berdurasi panjang (6-9 jam) metode Mononobe menghasilkan bentuk hidrograf yang lebih mendekati hidrograf acuan. Pada hujan berdurasi panjang ini metode ABM selain menghasilkan bentuk hidrograf yang berbeda jauh dari hidrograf acuan, nilai debit puncak yang dihasilkan juga cenderung *overestimate*, dibandingkan debit puncak acuan (Gambar 4-5). Sedangkan secara keseluruhan hujan yang didistribusikan menurut cara Mononobe menghasilkan debit puncak yang selalu lebih rendah (*underestimate*) dari nilai debit banjir acuan.

Besar penyimpangan nilai debit puncak (Q_p) dan waktu mencapai puncak (T_p) hidrograf satuan dan kemudian rekapitulasinya disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil evaluasi debit puncak dan waktu mencapai puncak hidrograf

Durasi (jam)	Nilai yang diuji	Metode distribusi			Relative Errors (%)	
		Observasi	Mononobe	ABM	Mononobe	ABM
2	Q_p (m^3/det)	1.70	1.69	1.69	-0.1950	-0.19
	T_p (jam)	4	4	4	0.00	0.00
3	Q_p (m^3/det)	1.68	1.48	1.56	-11.53	-6.99
	T_p (jam)	4	4	5	0.00	25.00
4	Q_p (m^3/det)	1.47	1.32	1.43	-10.09	-2.41
	T_p (jam)	5	5	5	0.00	0.00
5	Q_p (m^3/det)	1.40	1.18	1.36	-15.50	-2.67
	T_p (jam)	5	5	6	0.00	20.00
6	Q_p (m^3/det)	1.32	1.07	1.24	-18.97	-5.61
	T_p (jam)	6	5	6	-16.67	0.00
7	Q_p (m^3/det)	1.06	0.98	1.19	-7.84	11.82
	T_p (jam)	6	5	7	-16.67	16.67
8	Q_p (m^3/det)	1.01	0.91	1.11	-9.83	9.40
	T_p (jam)	6	5	7	-16.67	16.67
9	Q_p (m^3/det)	1.01	0.86	1.07	-15.09	5.88
	T_p (jam)	6	5	7	-16.67	16.67



Gambar 6. Prosentase penyimpangan Qp dan Tp

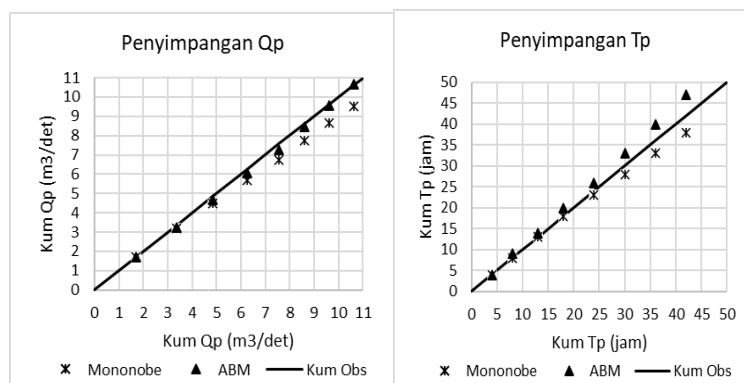
Penyimpangan nilai debit puncak yang dihasilkan metode Mononobe menunjukkan angka yang konsisten underestimate dibandingkan debit dari hujan yang didistribusikan dengan pola observasi, dengan penyimpangan bervariasi antara 7% hingga 18,97%. Sehingga pada perhitungan debit banjir rancangan yang menggunakan input hujan rancangan yang didistribusikan dengan metode Mononobe perlu ditambah sekitar 8 – 20% dari besaran debit yang diperoleh.

Penyimpangan nilai debit puncak yang diperlihatkan pada metode ABM adalah pada hujan di atas 2 jam, yaitu mulai 3 jam hingga 6 jam debit banjir yang dihasilkan juga terlalu kecil (*underestimate*) sekitar 2 – 7% dibandingkan debit yang diperoleh dari hujan yang terdistribusi sesuai observasi. Namun pada hujan berdurasi panjang yang lebih dari 7 jam, metode ABM memberikan nilai debit puncak yang terlalu besar (*overestimate*) sebesar 5-12%. Sehingga perhitungan debit yang menggunakan distribusi hujan metode ABM, untuk hujan yang kurang dari 6 jam sebaiknya ditambah sebesar 2-7% sebaliknya jika hendak didistribusikan dengan durasi lebih dari 7 jam sebaiknya dikurangi sebesar 5 – 12%.

Evaluasi terhadap parameter utama hidrograf berikutnya dilakukan pada nilai waktu puncak (*Time peak/Tp*). Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa waktu puncak hidrograf yang dihasilkan oleh kedua metode pendistribusian hujan secara empirik memberikan hasil yang berbeda.

Hujan yang didistribusikan dengan metode Mononobe dengan durasi 2 hingga 5 jam, memberikan nilai waktu puncak banjir (*Tp*) yang sama dengan waktu puncak banjir yang dihasilkan dari hujan yang terdistribusi secara aktual. Perbedaan terjadi pada durasi hujan ke 6 hingga 9, dimana metode Mononobe konsisten memberikan angka waktu puncak banjir 1 jam lebih cepat dibandingkan hujan yang terdistribusi aktual. Sedangkan pada metode ABM, nilai waktu puncak banjir yang dihasilkan selalu lebih cepat dari waktu puncak banjir yang dihasilkan distribusi hujan aktual. Pada metode ABM ini waktu mencapai puncak banjir pada hujan berdurasi 2, 4, dan 6 jam memberikan waktu puncak yang sama, sedangkan pada durasi hujan yang lain lebih lama 1 jam dibandingkan waktu puncak banjir yang dihasilkan oleh distribusi hujan aktual (Gambar 6).

Berdasarkan Tabel 5, dapat dibuat perbandingan untuk melihat secara umum penyimpangan kedua metode empirik dalam menghasilkan nilai debit puncak banjir (*Qp*) dan waktu mencapai puncak banjir (*Tp*) untuk keseluruhan durasi hujan dan disajikan dalam nilai kumulatif (Gambar 6).



Gambar 6. Penyimpangan nilai Qp dan Tp

Gambar 6 memberikan gambaran bahwa secara umum, debit puncak banjir yang dihasilkan oleh metode ABM memiliki kedekatan yang lebih baik dibandingkan metode Mononobe. Hal ini terlihat dari

sebaran nilai Q_p ABM cenderung berimpit pada nilai Q_p observasi. Hal ini berbeda dengan nilai Q_p yang dihasilkan dari hujan yang didistribusikan dengan metode Mononobe yang memberikan hasil Q_p yang lebih jauh dari nilai acuan. Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa pendistribusian hujan menggunakan metode Mononobe juga memberikan nilai estimasi Q_p yang lebih rendah dibandingkan nilai Q_p acuan.

Hal berbeda ditunjukkan pada analisis penyimpangan nilai T_p , dimana metode ABM menghasilkan kecenderungan nilai T_p lebih lama dan metode Mononobe menghasilkan nilai T_p yang lebih pendek. Namun penyimpangan ini tidak terlihat pada hujan berdurasi pendek (kurang dari 6 jam). Sedangkan pada hujan dengan durasi panjang ABM memberikan nilai T_p yang cenderung *overestimate* sementara Mononobe memberikan nilai T_p yang cenderung *underestimate* (Gambar 6).

Melihat nilai unsur utama pada hidrograf menjadi hal yang sangat esensial dalam analisis hidrograf banjir, mengingat besaran nilai puncak akan digunakan dalam berbagai keperluan dalam perancangan infrastruktur keairan. Dalam kegiatan rancang bangun bangunan sipil keairan nilai debit puncak banjir akan digunakan untuk menentukan dimensi dari bangunan, sedangkan besaran waktu mencapai puncak digunakan dalam analisis dan perancangan system peringatan dini banjir/*early flood warning system*. Dimana jika debit puncak banjir rancangan terlalu besar hal ini akan berdampak pada dimensi bangunan yang terlalu besar sehingga tidak efisien dan tidak ekonomis, namun jika debit puncak banjir rancangan terlalu kecil dari seharusnya maka akan menghasilkan bangunan yang tidak aman dan bahkan membahayakan keselamatan.

Selain dua parameter utama tersebut, studi ini juga melakukan analisis bentuk hidrograf. Bentuk hidrograf banjir yang dihasilkan oleh metode Mononobe dan ABM, dalam studi ini dibandingkan dengan bentuk hidrograf yang dihasilkan oleh hujan yang didistribusikan secara riil. Demikian juga dengan hidrograf yang dihasilkan juga merupakan hidrograf satuan. Sehingga jika hendak digunakan untuk analisis debit banjir rancangan, masih perlu dikalikan dengan besaran hujan rancangannya.

sesuai hasil observasi di DAS Jangkok. Kajian bentuk hidrograf ini jarang dibuat secara terpisah karena biasanya secara tidak langsung akan tetap dibahas pada analisis nilai puncak banjir. Namun karena hidrograf suatu sungai tertentu akan memiliki bentuk yang khas dan terkait langsung dengan besaran debit puncak maupun waktu mencapai puncak banjir rancangan, maka hal ini menjadi menarik untuk diperhatikan.

Evaluasi kedekatan bentuk hidrograf dalam studi ini menggunakan pendekatan nilai efisiensi Nash Sutcliffe (NSE), karena metode NSE memungkinkan untuk mengamati ketepatan setiap titik dalam menyusun bentuk lengkung hidrograf secara keseluruhan.

Tabel 6. Hasil pengujian NSE

Durasi hujan (jam)	NSE	
	Mononobe	ABM
2	1.00	1.00
3	0.99	0.98
4	0.98	0.99
5	0.96	0.94
6	0.94	0.99
7	0.98	0.87
8	0.97	0.80
9	0.91	0.81
Rata-rata	0.97	0.92

Hasil evaluasi terhadap seluruh nilai ordinat hidrograf memperlihatkan bahwa pada hujan yang berdurasi 2 jam hidrograf dari hujan yang terdistribusi dengan metode Mononobe dan ABM memiliki bentuk yang sepenuhnya baik dan akurat jika dibandingkan dengan hidrograf dari hujan terdistribusi actual. Hal ini dapat dijelaskan dengan nilai koefisien Nash Sutcliffe keduanya yang memberikan nilai sempurna ($NSE = 1$). Hasil evaluasi ini dibuktikan dengan tampilan hidrograf yang memiliki titik-titik yang tepat sama sehingga memberikan bentuk hidrograf yang sama. Pada hidrograf dari hujan berdurasi 3 jam, mulai terdapat perbedaan bentuk hidrograf, dimana makin lama durasi hujan, makin jauh perubahan bentuk hidrografnya (Gambar 5). Sedangkan secara bentuk, hidrograf yang dihasilkan dari pendistribusian dengan cara Mononobe lebih mendekati bentuk hidrograf acuan.

PENUTUP

Simpulan

Distribusi hujan menggunakan cara Mononobe dan ABM keduanya menghasilkan debit puncak banjir yang lebih rendah di semua durasi hujan, dimana metode ABM menghasilkan besaran debit puncak banjir yang lebih baik dibanding Mononobe. Untuk parameter waktu mencapai puncak, Mononobe menghasilkan nilai waktu puncak yang sama dengan hujan observasi untuk hujan berdurasi 1-5jam dan menjadi lebih awal 1jam pada hujan berdurasi >6jam, sedangkan waktu puncak banjir dari ABM cenderung lebih lama 1jam. Secara umum kedua metode memberikan penyimpangan bentuk hidrograf yang makin besar untuk durasi hujan yang makin lama

Saran

Pengujian yang dilakukan masih sebatas melihat penyimpangan dan belum sampai tahap kalibrasinya. Maka penelitian selanjutnya dapat dilanjutkan dengan kalibrasi kedua metode agar menghasilkan hidrograf yang lebih mendekati hidrograf acuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Farhan, A., Saidah, H., Supriyadi, A., (2021). Analisis Perbandingan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) Kota Bima Menggunakan Data Hujan Terukur dan Data Hujan Dari Satelit Japan Aerospace Exploration Agency. *Spektrum Sipil* 8, 105–116. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i2.213>
- Gupta, H.V., Kling, H., (2011). On typical range, sensitivity, and normalization of Mean Squared Error and Nash-Sutcliffe Efficiency type metrics. *Water Resources Research* 47. <https://doi.org/10.1029/2011WR010962>
- Harto, S., BR, (1993). Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jose, V.R.R., (2017). Percentage and Relative Error Measures in Forecast Evaluation. *Operations Research* 65, 200–211. <https://doi.org/10.1287/opre.2016.1550>
- Kairupan, R., (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Wilayah Bolaang Mongondow. *TEKNO* 15.
- McCuen, R.H., Knight, Z., Cutter, A.G., (2006). Evaluation of the Nash–Sutcliffe Efficiency Index. *Journal of Hydrologic Engineering* 11, 597–602. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2006\)11:6\(597\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2006)11:6(597))
- Rahmani, R.N., Sobriyah, S., Wahyudi, A.H., (2018). Transformasi Hujan Harian Ke Hujan Jam-Jaman Menggunakan Metode Mononobe Dan Pengalihragaman Hujan Aliran (Studi Kasus Di Das Tirtomoyo). *Matriks Teknik Sipil* 4. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v4i1.37126>
- Saragi, S., Handayani, Y.L., Hendri, A., (2014). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman (Studi Kasus Stasiun Hujan Kecamatan Senapelan). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains* 1, 1–8.
- Sofia, D., (2017). Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi. *Jurnal Teknologi Rekayasa* 1, 7. <https://doi.org/10.31544/jtera.v1.i1.2016.7-14>
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1976. Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suharyanto, A., (2016). Prediction of Flood Area Based on the Occurrence of Rainfall Intensity. *GMSARN International Journal* 10, 129–136.
- Sumarauw, J.S.F., (2017). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara Dan Minahasa. *JSS* 5, 669–678.
- 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* 8, 41–54. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i1.199>
- Zaki, B.R., Handayani, Y.L., Fauzi, M., (2018). Pola Distribusi Hujan Kota Pekanbaru Berdasarkan Data Satelit TRMM Jaxa | Zaki |. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains* 5, 1–9.