

Formulasi Intensitas Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) yang Sesuai pada Wilayah Hulu Kota Batu, Provinsi Jawa Timur

Formulation of Rainfall Intensity and Intensity Duration Curve (IDF) which Appropriate in The Upstream Side of Batu City, East Java Province

Donny Harisuseno¹, Widandi Soetopo², Febrina Lifatul Arsy³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pengairan-Fakultas Teknik-Universitas Brawijaya
Alamat korespondensi : Jl. MT. Haryono No.167 Kota Malang
email: donnyhari@ub.ac.id

Abstract

Rainfall intensity is an essential input in water resources projects, particularly flood, erosion, and landslide. Flash flood occurrence, which took place in the upstream side of study location (upstream side of Batu City), impacted by landcover change and high rainfall intensity. Flood mitigation needs the support of high quality of rainfall data. The study has an aim to obtain empirical formula to estimate rainfall intensity and Intensity Duration Frequency (IDF) curve. The empirical formula employed including, Sherman, Ishiguro, and Hasper formula, while rainfall intensity design was derived from frequency analysis with varying return periods. Selection of the appropriate formula was conducted by comparing the rainfall intensity from an empirical formula with the observed one based on relative error, mean deviation, and Nash Sutcliffe Efficiency (NSE). The result revealed that the Sherman formula was the most suitable formula for estimating rainfall intensity, indicated by the small of relative error 6,59%, mean deviation 2,56, and NSE coefficient 0,97. The validation process was carried out by examining the rainfall intensity obtained from the selected formula (Sherman) with the observed one derived from probability analysis. The result confirmed that the Sherman formula showed excellent reliability for estimating rainfall intensity in the study area.

Keywords: *Rainfall intensity; Intensity Duration Frequency curve; Sherman formula; Ishiguro formula; Hasper formula*

Abstrak

Intensitas hujan merupakan masukan yang sangat penting dalam pekerjaan sumber daya air terutama terkait dengan banjir, erosi, dan tanah longsor. Kejadian banjir bandang yang pernah terjadi di wilayah studi (hulu Kota Batu) merupakan dampak dari masifnya perubahan tutupan lahan dan tingginya intensitas hujan yang terjadi. Kegiatan yang bersifatantisipasi and mitigasi banjir membutuhkan dukungan data hujan yang berkualitas. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan rumus empiris yang sesuai untuk memperkirakan intensitas hujan serta kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF). Metode empiris yang digunakan meliputi Sherman, Ishiguro dan Haspers, sedangkan intensitas hujan rancangan diperoleh dari perhitungan analisa frekuensi dengan berbagai kala ulang. Penentuan metode terpilih dilakukan dengan membandingkan intensitas hujan pengamatan dengan hasil metode empiris berdasarkan nilai koefisien Nash Sutcliffe Efficiency (NSE), kesalahan relatif, dan nilai deviasi yang terjadi. Hasil studi menunjukkan bahwa metode Sherman memiliki kesesuaian yang paling tinggi yang diindikasikan dengan nilai NSE sebesar 0,97, nilai kesalahan relatif kecil 6,59% dan nilai deviasi sebesar 2,56. Untuk mengetahui keandalan metode terpilih, maka dilakukan validasi antara intensitas hujan berdasarkan peluang kala ulang dengan intensitas metode terpilih (Sherman). Hasil validasi menunjukkan metode Sherman memiliki keandalan yang baik dalam memperkirakan intensitas hujan sehingga dapat digunakan untuk mengestimasi intensitas hujan pada wilayah studi.

Kata kunci: Intensitas hujan; kurva Intensitas Durasi Frekuensi, rumus Sherman; rumus Ishiguro; rumus Hasper

Please cite this article as:

Harisuseno, D., Soetopo, W., & Arsy F. L. (2020). Formulasi Intensitas Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) yang Sesuai pada Wilayah Hulu Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. *Media Teknik Sipil*, 18(2) hal.83-93. doi:<https://doi.org/10.22219/jmts.v18i2.12625>

PENDAHULUAN

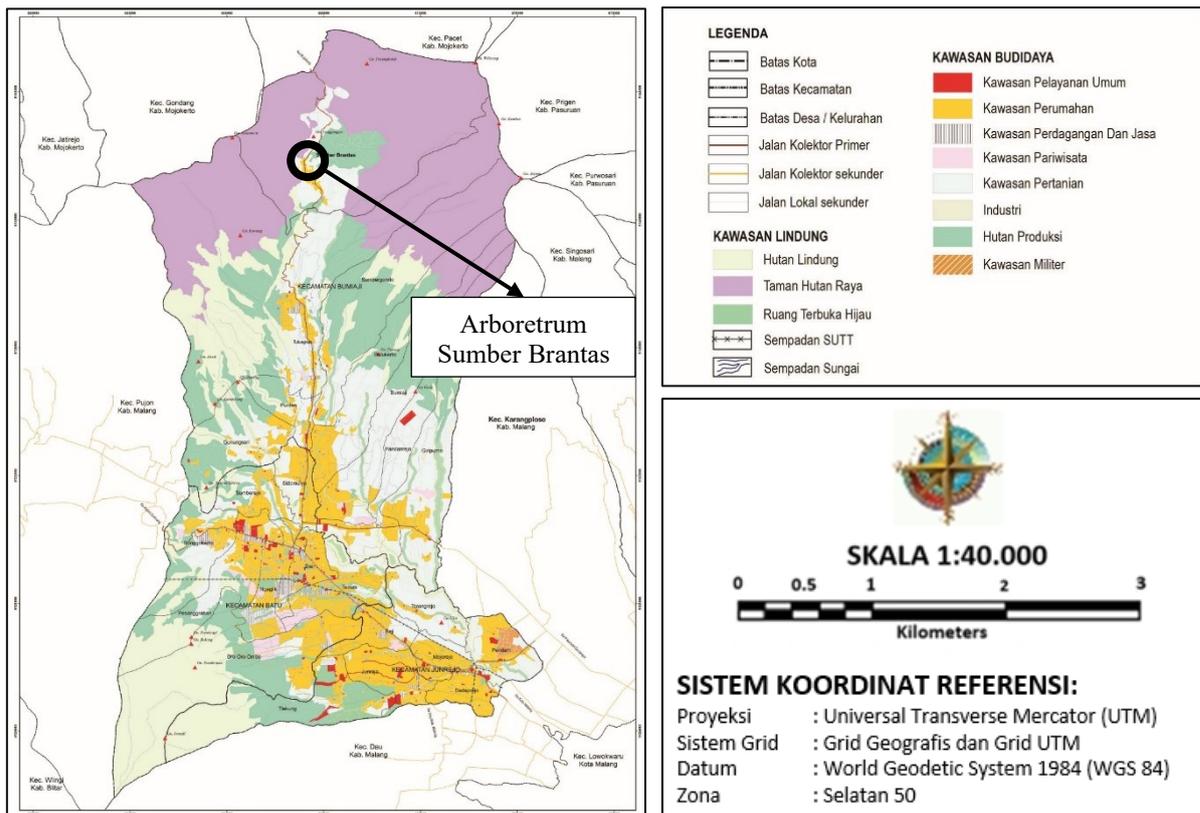
Global warming memberikan dampak gangguan yang signifikan terhadap stabilitas pola siklus hidrologi yang sudah berjalan sangat lama. Salah satu permasalahannya yaitu curah hujan yang semakin ekstrim setiap tahunnya dan mengakibatkan banjir serta kejadian kekeringan yang melanda beberapa wilayah di Indonesia (Harisuseno et al., 2020; Harisuseno, 2020). Mitigasi banjir memerlukan dukungan ketersediaan data hujan yang memiliki kualitas dan kuantitas yang memadai. Oleh sebab itu dibutuhkan rumus perhitungan tentang hujan yang sesuai dan akurat pada setiap daerah untuk menanggulangi banjir yang terjadi. Karakteristik hujan yang akurat dan terkini adalah alat terpenting untuk desain dan sistem manajemen bangunan air (Harisuseno, Suhartanto, et al., 2020; Khaerudin et al., 2017; Limantara et al., 2018). Pada saat perencanaan bangunan air, intensitas hujan maksimum yang terjadi pada kala ulang tertentu adalah parameter penting untuk dianalisis (Jahnvi et al., 2014; Harisuseno et al., 2020). Bangunan air yang dimaksud yaitu seperti drainase, gorong-gorong, bedung, bendungan dan lain sebagainya.

Infrastruktur seperti drainase dan jembatan umumnya dirancang menggunakan konsep kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) (Tfwala et al., 2017; Harisuseno et al., 2018). Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) merupakan masukan penting yang digunakan dalam perencanaan, desain, dan operasi proyek sumber daya air (Elsebaie, 2012). Beberapa penelitian terdahulu mengenai estimasi intensitas hujan dan pemanfaatan kurva IDF sudah banyak dilakukan. Nhat et al. (2006) melakukan penelitian di Nagoya dan memberikan hasil bahwa rumus Kimijima memiliki kesesuaian dalam memberikan estimasi intensitas hujan. Selanjutnya dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Dar et al., (2016) melakukan studi intensitas hujan berbagai durasi durasi 10 menit, 30 menit, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam. Yuce (2019) meneliti penerapan distribusi frekuensi Gumbel dan Normal untuk mengestimasi intensitas hujan dengan menggunakan beberapa rumus empiris intensitas hujan meliputi Sherman, Koutsoyiannis dan Alhassoun. Penelitian mengenai intensitas

hujan di wilayah Kolombo, Srilanka dilakukan oleh Suthakaran et al. (2014), dimana studi yang dilakukan untuk mendapatkan kurva IDF yang paling sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Log Pearson Tipe III memiliki kecocokan untuk durasi 4, 6 dan 8 jam. Nhat et al. (2006) melakukan penelitian di Vietnam untuk mendapatkan kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) yang sesuai dengan menggunakan rumus Talbot, Bernard, Kimijima dan Sherman. Dari keempat rumus tersebut yang dipilih sebagai rumus paling sesuai adalah rumus Sherman dan Kimijima. Harisuseno et al. (2020) membandingkan penerapan rumus empiris intensitas hujan Talbot, Mononobe, Hasper Der Weduwen, dan Van Breen di wilayah Malang dimana diketahui bahwa rumus Talbot merupakan rumus yang memiliki kesesuaian dengan pola hujan di wilayah studi.

Kota Batu bagian hulu merupakan wilayah dengan karakteristik topografi yang didominasi oleh kemiringan lereng yang curam dan intensitas hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun (Purnomo, 2017). Wilayah hulu diketahui mengalami perubahan tutupan lahan yang masif terjadi (Wirosoedarmo et al., 2015). Dengan kondisi tersebut, maka wilayah hulu Kota Batu sangat berpotensi untuk mengalami kejadian ekstrim meliputi banjir bandang, erosi dan tanah longsor. Oleh karena itu, studi mengenai penentuan metode intensitas hujan yang sesuai di wilayah hulu Batu sangat diperlukan untuk mendukung upaya antisipasi dan mitigasi terhadap kejadian banjir, erosi dan tanah longsor.

Berdasarkan studi-studi terdahulu yang telah disebutkan, maka dapat diketahui masih sedikit studi-studi yang membahas mengenai pemilihan formulasi empiris intensitas hujan di wilayah hulu Kota Batu. Lebih jauh lagi, dalam studi ini salah satu rumus intensitas hujan yang diteliti adalah rumus Haspers yang masih sangat jarang digunakan dalam studi-studi sebelumnya. Fokus studi ditekankan pada pemilihan formulasi intensitas hujan (Sherman, Ishiguro, dan Haspers) yang paling sesuai di wilayah studi. Dengan demikian, studi ini bertujuan untuk mendapatkan rumus empiris yang sesuai untuk memperkirakan intensitas hujan serta kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF).



Gambar 1. Peta administrasi beserta lokasi studi Arboretum Sumber Brantas di wilayah hulu Kota Batu

METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi yang digunakan berada di wilayah hulu Kota Batu, tepatnya di desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu pada koordinat 112°31'18" Bujur Timur dan 7°42'40" Lintang Selatan. Gambar 1 menyajikan lokasi studi.

Data

Data yang diperlukan terdiri dari:

1. Peta DAS beserta lokasi Stasiun Hujan
2. Data curah hujan jam-jaman selama 8 tahun (2012-2019)

Tahapan Studi

Tahapan studi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data hujan, pengelompokan, dan penentuan seri data yang digunakan.

2. Uji *Outlier* untuk menyeleksi data hujan yang memiliki nilai yang terlalu ekstrem.
3. Pengujian data (RAPS, Ketidakadaan Trend, Stasioner dan Persistensi).
4. Perhitungan intensitas hujan rancangan dengan berbagai durasi dan kala ulang menggunakan analisa frekuensi.
5. Uji kecocokan distribusi frekuensi.
6. Perhitungan konstanta rumus intensitas hujan empiris.
7. Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus empiris.
8. Analisa pemilihan rumus intensitas hujan melalui penilaian kesesuaian hasil intensitas masing-masing rumus empiris dengan intensitas pengamatan.
9. Penggambaran kurva IDF paling sesuai.

Penentuan Seri Data

Dalam studi ini, penetapan "seri data hujan yang digunakan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Partial Series* atau juga disebut *peak over threshold* (POT) untuk menambah jumlah data hujan yang mengingat data hujan yang tersedia kurang 10 tahun pengamatan (Montesarchio et al., 2015) Pengambilan batas bawah dapat dilakukan dengan sistem peringkat. Caranya adalah dengan mengambil semua besaran data yang cukup besar kemudian diurut dari besar ke kecil. Data yang diambil untuk kepentingan analisis adalah sesuai dengan panjang data dan diambil dari besaran yang paling besar. Akibat dari metode pengambilan seri data parsial adalah dimungkinkannya dalam satu tahun diambil data lebih dari satu, sementara pada tahun yang lain tidak ada data yang diambil karena data yang tersedia di bawah batas bawah (Patra, 2008).

Intensitas Hujan

Dalam studi ini, rumus intensitas hujan yang digunakan meliputi:

1. Intensitas dari hujan pengamatan

Penentuan intensitas hujan pengamatan membutuhkan data tinggi hujan jam-jaman beserta durasinya. Rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan pengamatan (Singh et al., 2016):

$$I = \frac{R}{t} \quad (1)$$

Dengan I = intensitas curah hujan (mm/jam), t = lamanya curah hujan (jam), R = tinggi hujan (mm).

2. Rumus Sherman

Rumus ini dikemukakan oleh Prof. Sherman pada tahun 1905 (Gutierrez-Lopez et al., 2019). Rumus empiris metode Sherman dijelaskan sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2)$$

Dengan I = intensitas curah hujan (mm/jam), t = lamanya hujan (jam), a = konstanta dan n = konstanta.

3. Rumus Ishiguro

Rumus ini dikemukakan oleh Dr. Ishiguro pada tahun 1953. Berikut merupakan rumus

empiris metode Ishiguro (Soekarno & Rohmat, 2005):

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (3)$$

Dengan I = intensitas curah hujan (mm/jam), t = lamanya hujan (jam), a , b = konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan,

4. Metode Hasper

Intensitas hujan dengan rumus Hasper memerlukan data durasi hujan kritis (Susilowati, 2012). Dalam studi ini, durasi hujan ditetapkan sesuai dengan data lama hujan yang menyebabkan banjir di lokasi studi (durasi > 2 jam). Untuk mendapatkan I yaitu dengan rumus:

$$Rt = \frac{t \cdot Rt}{t+1-0,0008 \cdot (260-R_{24}) \cdot (2-t)^2} \quad (4)$$

$$I = \frac{Rt}{t} \quad (5)$$

Dengan R_{24} = hujan harian (mm), Rt = hujan dengan tahun berulang (mm) t (untuk < 19 jam) = durasi (jam), t (untuk ≥ 19 jam) = durasi (hari), I = intensitas hujan (mm/jam).

Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) merupakan kurva yang memberikan hubungan antara intensitas hujan sebagai ordinat, durasi hujan sebagai absis dan beberapa grafik yang menunjukkan frekuensi atau periode ulang (Chow et al., 1988). Kurva IDF ini digunakan untuk memperkirakan debit puncak pada daerah tangkapan hujan pada jam atau waktu tertentu selama terjadinya hujan untuk perencanaan debit banjir bangunan pengendali air (Harisuseno & Bisri, 2017).

Uji Kesesuaian Metode

Penilaian kualitas perbandingan hasil intensitas hujan dari rumus empiris dan intensitas pengamatan dari analisa frekuensi dilakukan dengan menggunakan parameter kesalahan relatif (Kr), penyimpangan rata-rata (mean deviation), dan koefisien Nash Sutcliffe (Nash Sutcliffe Efficiency) (Bharti et al., 2017; Hirose & Masuda, 2018; Komi et al., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hujan yang tersedia pada penelitian ini merupakan data hujan jam-jaman selama

8 tahun (2010-2017) yang diperoleh dari stasiun hujan milik Perum Jasa Tirta 1 di Arboretum Sumber Brantas (ASB). Dengan mempertimbangkan bahwa panjang data hujan yang tersedia kurang dari 10 tahun, maka pendekatan seri parsial (*partial series*) dilakukan untuk menambah panjang data hujan sesuai dengan persyaratan minimum data. Dalam studi ini variasi durasi hujan yang digunakan meliputi durasi 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam dengan pertimbangan bahwa durasi hujan lebat di Indonesia umumnya terjadi pada waktu yang pendek (4 atau 5 jam). Untuk mendapatkan intensitas hujan dengan menggunakan beberapa rumus empiris (Sherman dan Ishiguro) maka tinggi curah hujan jam-jaman harus diubah menjadi intensitas hujan (I) yaitu dalam mm/jam. Sedangkan untuk curah hujan harian tidak perlu diubah dan tetap dalam satuan mm karena curah hujan harian untuk *input* data pada rumus Hasper. Tabel 1 menyajikan intensitas hujan jam-jaman yang digunakan dalam studi ini yang diperoleh berdasarkan persamaan (1). Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa intensitas hujan jam-jaman memiliki nilai yang bervariasi untuk setiap durasi hujan. Nilai intensitas hujan menurun dengan bertambahnya durasi hujan dimana pada durasi 1 jam memiliki nilai intensitas hujan tertinggi.

Tabel 1. Intensitas hujan jam-jaman dengan berbagai durasi hujan

No	Durasi (jam)				
	Intensitas Hujan Jam-jaman (mm/jam)				
	1	2	3	4	5
1	56,0	30,0	20,0	10,3	10,0
2	51,0	28,5	18,7	15,5	12,6
3	70,0	50,5	47,0	12,0	35,0
4	63,0	39,0	35,3	43,0	17,4
5	46,0	41,0	31,3	24,5	10,8
6	71,0	36,5	33,3	23,0	26,0
7	73,0	35,5	24,7	13,3	12,2
8	41,0	31,0	40,0	21,3	19,2
9	72,0	31,5	21,3	18,5	15,6
10	53,0	40,5	13,7	34,5	12,0
11	50,0	27,5	15,7	14,5	9,6
12	65,0	25,0	26,3	14,0	7,8
13	55,0	28,0	21,7	21,0	18,2
14	43,0	18,5	38,3	17,0	14,2
15	42,0	51,5	22,3	29,0	23,4
16	61,0	34,0	24,3	14,8	15,4

Dari pengujian *outlier* didapatkan data *outlier* pada durasi 4 jam (2 data *outlier*) dan 5 jam (1 data *outlier*), sehingga data yang *outlier* harus dihilangkan untuk perhitungan selanjutnya. Dengan demikian maka jumlah data yang akan diolah selanjutnya yaitu sebanyak 77 data, yang terdiri atas data hujan jam-jaman durasi 1 jam (16 data), 2 jam (16 data), 3 jam (16 data), 4 jam (14 data), 5 jam (15 data) dan harian (16 data).

Perhitungan Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan rumus empiris dilakukan dengan menggunakan intensitas hujan rancangan dari distribusi frekuensi Log Pearson III (Bhat et al., 2019). Dalam studi ini, kala ulang yang dipertimbangkan dalam perhitungan intensitas hujan rancangan Log Pearson III meliputi kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun. Selanjutnya, hasil perhitungan intensitas berbagai kala ulang ($I_{rancangan}$) digunakan sebagai pembandingan dan sebagai dasar perhitungan konstanta-konstanta yang ada dalam rumus empiris selanjutnya. Tabel 2 menampilkan hasil perhitungan intensitas hujan rancangan dengan menggunakan analisa frekuensi Log Pearson Tipe III. Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa nilai intensitas hujan rancangan yang tinggi ditunjukkan pada hujan durasi singkat dan kala ulang yang besar. Hal ini beralasan mengingat kala ulang yang besar memiliki peluang terjadi yang kecil, sehingga nilai intensitas hujan yang terjadi cenderung besar.

Tabel 2. Intensitas hujan berbagai kala ulang dan durasi hujan

T_r	Durasi (jam)				
	$I_{rancangan}$ (mm/jam)				
	1	2	3	4	5
2	56,23	33,56	25,62	16,94	14,10
5	65,92	41,19	34,05	21,63	18,63
10	71,44	45,60	39,53	24,66	21,63
25	77,70	50,62	46,36	28,43	25,42

1. Konstanta rumus Empiris

Nilai konstanta pada rumus empiris ditentukan berdasarkan nilai intensitas hujan berbagai durasi ($I_{rancangan}$) yang dihasilkan dari Log Pearson Tipe III pada kala ulang

tertentu. Tabel 3 menunjukkan nilai konstanta pada rumus Sherman dan Ishiguro.

Tabel 3. Rekapitulasi konstanta pada rumus Sherman dan Ishiguro

<i>Tr</i> (tahun)	Sherman		Ishiguro	
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
2	2002,27	0,86	199,92	-4,46
5	1736,90	0,79	270,56	-3,99
10	1574,12	0,74	318,40	-3,69
25	1391,82	0,69	379,87	-3,32

2. Sherman

Berdasarkan nilai konstanta pada tabel 3, maka dilakukan perhitungan intensitas hujan rumus Sherman dengan menggunakan persamaan (2). Tabel 4 menampilkan intensitas hujan pada berbagai durasi hujan pada berbagai kala ulang berdasarkan rumus Sherman.

Tabel 4. Rekapitulasi *I* rumus Sherman

<i>t (jam)</i>	<i>Tr (tahun), I (mm/jam)</i>			
	2	5	10	25
1	58,95	69,39	75,21	81,67
2	32,45	40,23	44,94	50,52
3	22,89	29,24	33,25	38,15
4	17,87	23,32	26,86	31,26
5	14,75	19,57	22,75	26,78

Berdasar tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai intensitas hujan memiliki besaran yang semakin besar untuk durasi hujan pendek dan kala ulang yang besar.

3. Ishiguro

Setelah konstanta *a* dan *b* rumus Ishiguro dihitung maka selanjutnya dilakukan perhitungan intensitas hujan dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan intensitas hujan rumus Ishiguro ditampilkan pada tabel 5. Pola yang sama dihasilkan untuk intensitas hujan Ishiguro dimana nilai intensitas hujan yang tinggi ditemui pada hujan dengan durasi pendek dan kala ulang yang besar.

Tabel 5. Rekapitulasi *I* rumus Ishiguro

<i>t (jam)</i>	<i>Tr (tahun), I (mm/jam)</i>			
	2	5	10	25
1	60,92	72,01	78,44	85,92
2	30,80	38,84	43,81	49,79
3	22,33	28,69	32,73	37,64
4	18,12	23,52	26,97	31,22
5	15,55	20,29	23,35	27,14

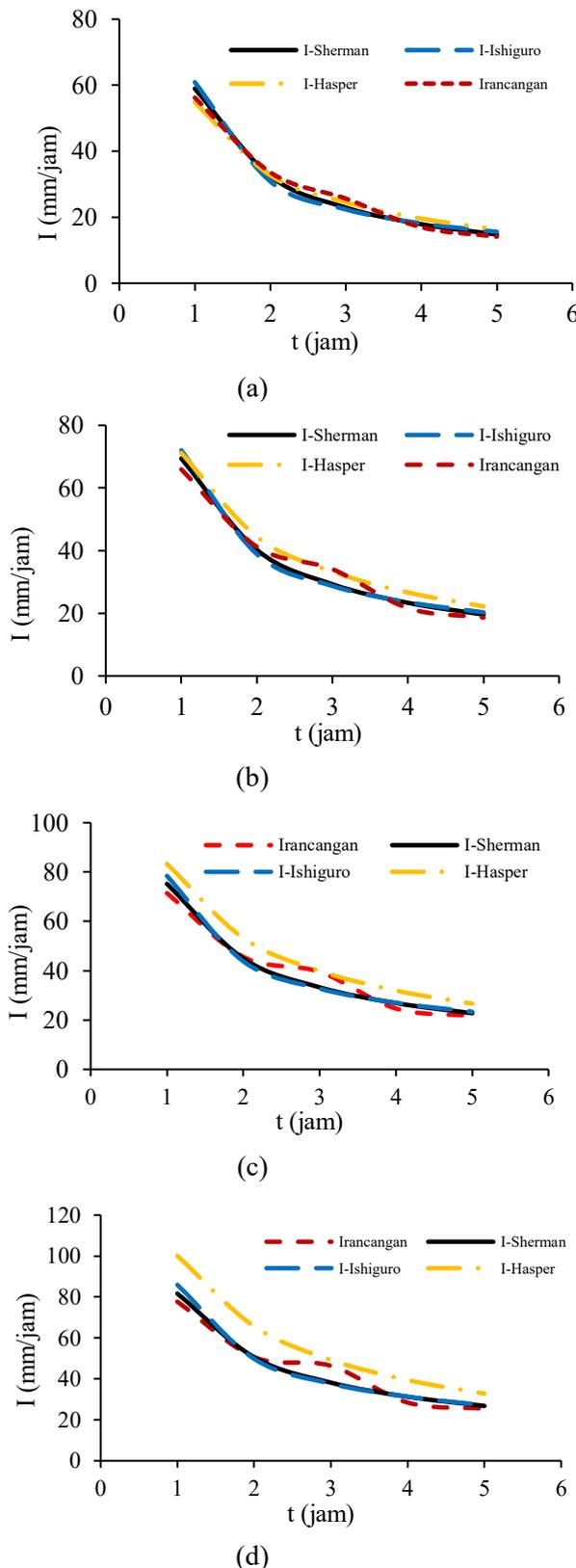
4. Hasper

Intensitas hujan rumus Hasper pada berbagai kala ulang dihitung menggunakan persamaan (5) dimana data hujan harian sebagai masukan dalam perhitungannya. Tabel 6 menampilkan nilai intensitas hujan rumus Hasper.

Tabel 6. Rekapitulasi *I* rumus Hasper

<i>t (jam)</i>	<i>Tr (tahun), I (mm/jam)</i>			
	2	5	10	25
1	54,79	71,18	83,32	100,09
2	32,64	44,38	53,22	65,65
3	24,48	33,29	39,91	49,24
4	19,58	26,63	31,93	39,39
5	16,32	22,19	26,61	32,83

Gambar 2 (a) – (d) menyajikan grafik kurva intensitas hujan pada berbagai durasi hujan (*t*) dan kala ulang (*Tr*) untuk masing-masing rumus empiris. Dapat dilihat bahwa nilai intensitas yang dihasilkan rumus Sherman dan Ishiguro memiliki nilai yang relatif tidak berbeda. Sebaliknya, intensitas hujan yang dihasilkan rumus Hasper menunjukkan besaran yang cukup berbeda dibandingkan dengan kedua rumus empiris lainnya.



Gambar 2. Kurva intensitas hujan pada berbagai durasi hujan (t) dan kala ulang (Tr) untuk masing-masing rumus empiris: (a) $Tr = 2$ th; (b) $Tr = 5$ th; (c) $Tr = 10$ th; (d) $Tr = 25$ th

Analisa Kesesuaian Rumus Intensitas Hujan

Analisa kesesuaian rumus intensitas hujan ini dilakukan dengan menilai hasil perbandingan antara $I_{rancangan}$ dengan $I_{empiris}$ dengan menggunakan Kesalahan Relatif, Koefisien NSE, dan Penyimpangan Rata-Rata. Tabel 7 menyajikan rekapitulasi hasil analisa kesesuaian masing-masing rumus empiris. Mengacu ke hasil yang ditunjukkan pada tabel 7, dapat diketahui bahwa rumus Sherman karena memiliki kriteria yang paling baik diantara seluruh rumus empiris yang ada. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penyimpangan rata-rata dan kesalahan relatif terkecil diantara rumus yang lainnya, serta nilai koefisien NSE mendekati 1 yang mengindikasikan bahwa rumus Sherman memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengestimasi nilai intensitas hujan di lokasi studi. Kesesuaian rumus Sherman ini secara langsung mengindikasikan bahwa karakteristik konstanta rumus Sherman memiliki kesesuaian dengan sifat hujan di lokasi studi mengingat nilai konstanta empiris berhubungan dengan sifat hujan.

Analisa Validasi Rumus Intensitas Hujan Terpilih

Proses validasi bertujuan untuk mengetahui validitas dari rumus empiris terpilih dalam mengestimasi intensitas hujan di lokasi studi. Analisa dilakukan dengan membandingkan intensitas hujan empiris dengan intensitas hujan pengamatan menggunakan kriteria statistik. Dengan pertimbangan bahwa panjang data hujan yang tersedia hanya 8 tahun, maka kala ulang panjang data (Soewarno, 1995). Dengan demikian, dalam studi ini kala ulang yang diperhitungkan dalam perhitungan intensitas hujan pengamatan ($I_{pengamatan}$) meliputi 2, 5, dan 10 tahun. $I_{pengamatan}$ pada berbagai kala ulang yang ditinjau didapatkan dengan mengurutkan data intensitas hujan berbagai durasi dari kecil ke besar lalu menghitung nilai peluangnya (P) dengan persamaan Weibull (Eris et al., 2019). Nilai peluang terjadi $I_{pengamatan}$ pada kala ulang tertentu (Tr) diperoleh dengan rumus $P = I/Tr$, yang selanjutnya berdasarkan nilai P , besar intensitas hujan pengamatan dengan kala ulang tertentu dapat ditentukan dari nilai

ranking data yang sudah diurutkan sesuai peluang (P) masing-masing kala ulang (Harisuseno, Wahyuni, et al., 2020). Tabel 8 menampilkan besar $I_{\text{pengamatan}}$ pada berbagai kala ulang.

Dengan memperhatikan hasil pada tabel 8, maka dapat diketahui bahwa nilai intensitas hujan menunjukkan kecenderungan yang sama dimana intensitas hujan yang tinggi ditunjukkan oleh hujan dengan durasi pendek dan kala ulang yang besar. Analisa validasi rumus Sherman dengan intensitas hujan pengamatan dilakukan berdasarkan kriteria statistika yang meliputi kesalahan relatif, koefisien *Nash-Sutcliffe* dan deviasi. Rekapitulasi hasil kesesuaian rumus Sherman terhadap intensitas pengamatan ditunjukkan pada tabel 9.

Mengacu pada tabel 9, terlihat bahwa nilai kriteria statistika menunjukkan nilai yang merepresentasikan tingkat akurasi yang baik.

Dengan nilai kesalahan relatif rata-rata (Kr) dan penyimpangan rata-rata yang relatif rendah sebesar 6,79% dan 2,56 serta besar koefisien *NSE* yang mendekati 1 (0,96) maka dapat disimpulkan bahwa rumus Sherman

memiliki keandalan dan tingkat akurasi yang baik dalam mengestimasi intensitas hujan di lokasi studi.

Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) yang telah digambarkan menunjukkan bahwa semakin besar durasi maka intensitasnya akan semakin turun namun semakin besar kala ulangnya maka intensitas hujan yang terjadi akan semakin besar. Begitu pula dengan penyimpangan yang terjadi, semakin besar kala ulangnya (Tr) maka akan semakin besar pula penyimpangan yang terjadi. Gambar 3 (a) – (c) menyajikan perbandingan kurva IDF yang dihasilkan dari rumus Sherman dan intensitas hujan pengamatan pada berbagai kala ulang. Seperti ditunjukkan pada gambar 3, kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) rumus Sherman dengan pengamatan memiliki kecocokan dan kesesuaian dalam memprediksi intensitas hujan di lokasi studi karena dalam penggambaran yang telah dilakukan kedua kurva memiliki pola yang sama dan saling berhimpitan satu sama lain.

Tabel 7. Rekapitulasi hasil analisa kesesuaian masing-masing rumus empiris pada berbagai kala ulang

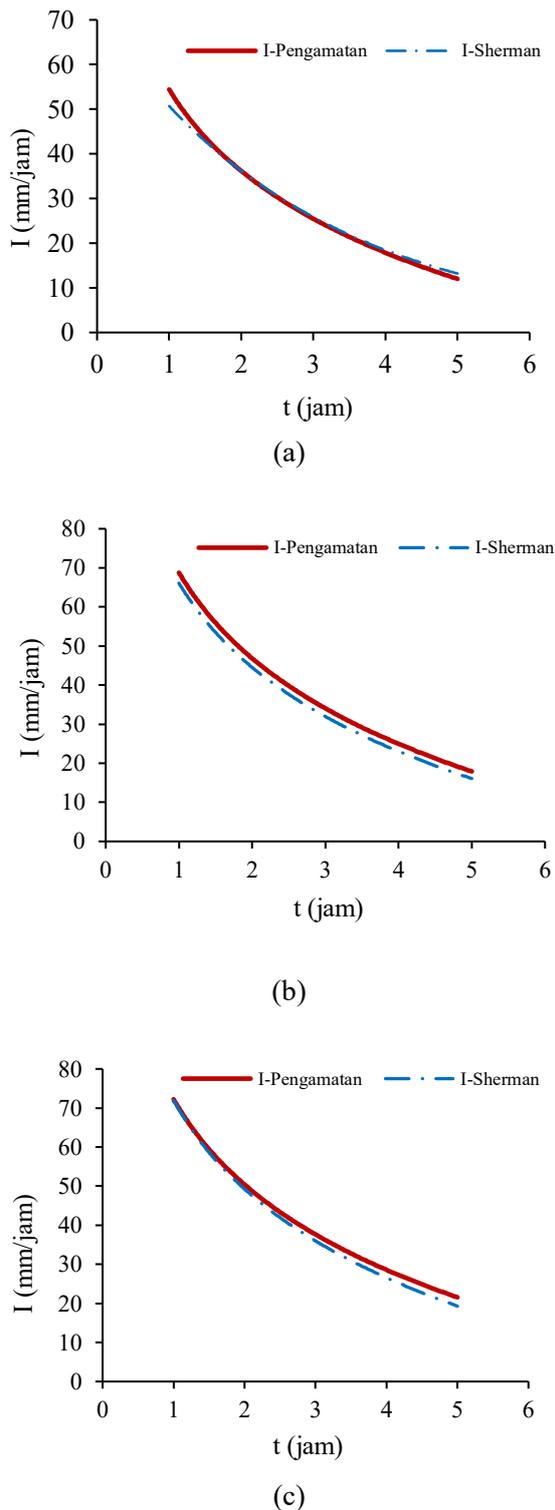
Tr (tahun)	Sherman			Ishiguro			Hasper		
	Kr (%)	NSE	Deviasi	Kr (%)	NSE	Deviasi	Kr (%)	NSE	Deviasi
2	5,77	0,98	1,63	9,35	0,96	2,68	8,23	0,99	1,67
5	6,92	0,97	2,38	9,67	0,95	3,47	12,04	0,95	3,56
10	7,34	0,96	2,81	9,66	0,93	3,93	17,36	0,83	6,42
25	7,66	0,95	3,29	9,52	0,91	4,46	40,54	0,15	11,73
Rerata	6,92	0,97	2,53	9,55	0,94	3,64	19,54	0,73	5,85

Tabel 8. Rekapitulasi $I_{\text{pengamatan}}$ berdasarkan peluang kala ulang

t (jam)	Tr (tahun), I (mm/jam)			
	2	5	10	25
1	54,79	71,18	83,32	100,09
2	32,66	44,38	53,22	65,65
3	24,48	33,29	39,92	49,24
4	19,58	26,63	31,93	39,39
5	16,32	22,19	26,61	32,83

Tabel 9. Rekapitulasi hasil validasi rumus Sherman

Tr (tahun)	Kr (%)	I_{sherman}	
		NSE	Deviasi
2	5,19	0,99	1,54
5	6,24	0,95	2,43
10	8,94	0,94	3,70
Rerata	6,79	0,96	2,56



Gambar 3. Perbandingan Kurva IDF Metode Sherman dengan kurva IDF dari intensitas hujan pengamatan untuk: (a) T_r 2 tahun; (b) T_r 5 tahun; (c) T_r 10 tahun

KESIMPULAN

Berdasarkan penyajian pada bagian-bagian sebelumnya maka dapat diketahui bahwa nilai intensitas hujan yang dihasilkan oleh semua rumus empiris memiliki nilai yang tinggi untuk hujan-hujan dengan durasi pendek dan kala ulang yang besar. Pada durasi dan kala ulang yang sama, nilai konstanta masing-masing rumus empiris memiliki nilai yang berbeda-beda yang berdampak pada nilai intensitas hujan yang bervariasi. Namun demikian, nilai intensitas hujan yang dihasilkan rumus empiris Sherman dan Ishiguro memiliki nilai yang relatif tidak berbeda. Sebaliknya, intensitas hujan yang dihasilkan rumus Hasper menunjukkan besaran yang cukup berbeda dibandingkan dengan kedua rumus empiris lainnya. Hasil analisa kesesuaian menunjukkan bahwa rumus Sherman memiliki kesesuaian yang paling baik diantara rumus empiris lainnya. Lebih jauh, proses validasi yang dilakukan menegaskan bahwa rumus Sherman memiliki keandalan dan tingkat akurasi yang baik dalam mengestimasi intensitas hujan yang ditunjukkan dengan nilai kesalahan relatif rata-rata (K_r) dan penyimpangan rata-rata yang relatif rendah sebesar 6,59% dan 2,56 serta besar koefisien NSE yang mendekati 1 (0,97). Hal yang sama ditunjukkan dengan hasil analisa kesesuaian kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) dimana kurva IDF rumus Sherman dengan kurva IDF pengamatan memiliki kesesuaian yang diindikasikan dengan pola yang sama dan saling berhimpitan satu sama lain. Hasil validasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa rumus Sherman memiliki tingkat keandalan yang baik dalam mengestimasi intensitas hujan dan kurva IDF di lokasi studi sehingga dapat digunakan untuk mengestimasi intensitas hujan pada wilayah studi.

DAFTAR PUSTAKA

Bharti, B., Pandey, A., Tripathi, S. K., & Kumar, D. (2017). Modelling of runoff and sediment yield using ANN, LS-SVR, REPTree and M5 models. *Hydrology Research*, 48(6), 1489–1507.

Bhat, M. S., Alam, A., Ahmad, B., Kotlia, B. S., Farooq, H., Taloor, A. K., & Ahmad,

- S. (2019). Flood frequency analysis of river Jhelum in Kashmir basin. *Quaternary International*, 507(June 2018), 288–294.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Dar, A. Q., Maqbool, H., & Raazia, S. (2016). An empirical formula to estimate rainfall intensity in Kupwara region of Kashmir valley, J and K, India. *MATEC Web of Conferences*, 57.
- Dourte, D., Shukla, S., Singh, P., & Haman, D. (2013). Rainfall intensity-duration-frequency relationships for Andhra Pradesh, India: Changing rainfall patterns and implications for runoff and groundwater recharge. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(3), 324–330.
- Elsebaie, I. H. (2012). Developing rainfall intensity–duration–frequency relationship for two regions in Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 24(2), 131–140.
- Eris, E., Aksoy, H., Onoz, B., Cetin, M., Yuce, M. I., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H. I., Esit, M., Yildirim, I., & Karakus, E. U. (2019). Frequency analysis of low flows in intermittent and non-intermittent rivers from hydrological basins in Turkey. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(1), 30–39.
- Gutierrez-Lopez, A., Hernandez, S. B. J., & Sandoval, C. E. (2019). Physical parameterization of IDF curves based on short-duration storms. *Water (Switzerland)*, 11(9), 1–14.
- Harisuseno, D., & Bisri, M. (2017). *Limasan permukaan secara keruangan (Spatial Runoff)* (First). UB Press.
- Harisuseno, D., Khaeruddin, D. N., & Haribowo, R. (2018). Time of concentration based infiltration under different soil density, water content, and slope during a steady rainfall. *Journal of Water and Land Development*. 41 (IV–VI), 61–68.
- Harisuseno D., Bisri M., & Haji T.S. (2020). Inundation controlling practice in urban area: Case study in residential area of Malang, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 46 (VII–IX), 112–120.
- Harisuseno, D., Wahyuni, S., & Dwirani, Y. (2020). Penentuan formulasi empiris yang sesuai untuk mengestimasi kurva intensitas durasi frekuensi. *Jurnal Teknik Pengairan*, 11(1), 38–48.
- Harisuseno, D. (2020). Comparative study of meteorological and hydrological drought characteristics in the Pekalen River basin, East Java, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*. 45 (IV–VI), 29–41.
- Harisuseno, D. (2020). Meteorological Drought and its Relationship with Southern Oscillation Index (SOI). *Civil Engineering Journal*, 6 (10), 1864-1875.
- Harisuseno, D., Suhartanto, E., & Cipta, D. M. (2020). Rainfall-Streamflow Relationship using Stepwise Method as a Basis for Rationalization of Rain Gauge Network Density. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(5), 3814–3821.
- Hirose, K., & Masuda, H. (2018). Robust relative error estimation. *Entropy*, 20(9), 1–24.
- Jahnvi, M., Bhatt, P., Gandhi, H. M., & Gohil, K. B. (2014). Generation of Intensity Duration Frequency Curve Using Daily. *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*, 2(2), 717–722.
- Khaeruddin, D. N., Rispiningtati, R., Suharyanto, A., & Harisuseno, D. (2017). Infiltration Rate for Rainfall and Runoff Process with Bulk Density Soil and Slope Variation in Laboratory Experiment. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(1), 219-224.
- Komi, K., Neal, J., Trigg, M. A., & Diekkrüger, B. (2017). Modelling of flood hazard extent in data sparse areas: a case study of the Oti River basin, West Africa. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 10, 122–132.
- Limantara, L. M., Harisuseno, D., & Dewi, V. A. K. (2018). Modelling of rainfall intensity in a watershed: A case study in Amprong watershed, Kedungkandang, Malang, East Java of Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 38, 75–84.
- Montesarchio, V., Napolitano, F., Rianna, M., Ridolfi, E., Russo, F., & Sebastianelli, S. (2015). Comparison of methodologies

- for flood rainfall thresholds estimation. *Natural Hazards*, 75(1), 909–934.
- Nhat, L. minh, Tachikawa, Y., & Takara, K. (2006). Establishment of Intensity-Duration-Frequency Curves for Precipitation in the Monsoon Area of Vietnam. *Annual Od Disaster Prevention Research Institute*, 49B, 93–103.
- Patra, K. (2008). *Hydrology and Water Resources Engineering* (Second). Alpha Science International.
- Purnomo, N. H. (2017). Penyebab dan sebaran longsor lahan di kompleks gunungapi kuarter Arjuno Jawa Timur. *Geographical Journal*, 11(21), 24–35.
- Singh, R., Arya, D. S., Taxak, A. K., & Vojinovic, Z. (2016). Potential Impact of Climate Change on Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves in Roorkee, India. *Water Resources Management*, 30(13), 4603–4616.
- Soekarno, I., & Rohmat, D. (2005). Perbandingan Metoda Formulasi Intensitas Hujan untuk Kawasan Hulu Daerah Aliran Sungai. *Journal Geografi GEA*, 5(2), 1–9.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I*. Nova.
- Susilowati. (2012). Analyze the characteristic of rainfall and Intensity Duration Frequency (IDF) curve at Lampung Province. *1st International Conference on Enginering and Technology Development*, 161–173.
- Suthakaran, R., Perera, K., & Wikramanayake, N. (2014). Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationship for Colombo Region in Sri Lanka. *SAITM Research Symphosium on Engineering Advancements*, April, 101–104.
- Tfwala, C. M., van Rensburg, L. D., Schall, R., Mosia, S. M., & Dlamini, P. (2017). Precipitation intensity-duration-frequency curves and their uncertainties for Ghaap plateau. *Climate Risk Management*, 16(April), 1–9.
- Wirosoedarmo, R., Tunggul, A., Haji, S., Zulfikar, F. (2015). Analisa Perubahan Tata Guna Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Pencemaran di Brantas Hulu, Kota Batu , Jawa Timur. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 33–39.
- Yuce, M. I. (2019). Rainfall Intensity-Duration-Frequency Equations for the City of Cizre. *6th International Mulidiciplinary Studies Congress*, July, 317–326.