JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 4, No. 1, Juni 2019, Hal. 85-92
Terakreditasi "**Peringkat 3"** oleh Kemenristekdikti, Nomor SK: 30/E/KPT/2018
DOI: 10.31544/jtera.v4.i1.2019.85-92
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Analisis Intensitas, Durasi, dan Frekuensi Kejadian Hujan di Wilayah Sukabumi

Dewi Ayu Sofia, Noneng Nursila
Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
dewiayusofia@polteksmi.ac.id

Abstrak

Intensitas dan durasi merupakan parameter penting dalam proses pengalihragaman hujan menjadi aliran. Kedua parameter ini secara statistik dapat dihubungkan dengan suatu frekuensi kejadiannya dan menghasilkan grafik hubungan Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF). Kurva IDF dapat digunakan untuk menghitung limpasan dan debit puncak bila menggunakan rumus rasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis intensitas curah hujan dan menggambarkan kurva IDF pada stasiun hujan yang tersebar di wilayah Sukabumi. Metode perhitungan intensitas hujan yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus pendekatan empirik, yakni Haspers dan Mononobe. Hasil penelitian kurva IDF untuk semua stasiun hujan menunjukan hujan deras terjadi pada durasi pendek dan terdapat perbedaan nilai intensitas hasil perhitungan dengan menggukan Rumus Haspers dan Mononobe. Namun demikian, penelitian ini belum dapat memutuskan rumus empirik yang paling cocok untuk menghitung intensitas curah hujan di wilayah Sukabumi.

Kata kunci: intensitas hujan, durasi, kurva IDF, Rumus Haspers, Rumus Mononobe

Abstract

Intensity and duration are important parameters in the rainfall-runoff transformation process. These two parameters can be statistically linked to a frequency occurrence and produce Intensity-Duration-Frequency curve. The IDF curve can be used to calculated runoff and peak discharge when using rational formula. The purpose of this study is to analyze rainfall intensity and describe the IDF curve at rainfall stations spread accross Sukabumi area. Rainfall intensity calculation methode uses empirical approach formula, such as Haspers and Mononobe. The results of the IDF curve research for all rain stations show heavy rainfall occurs in short duration and there are difference in the rainfall intensity value of the calculation results by using Haspers and Mononobe formulas. However, this study has not been able to decide which empirical formula is most suitable for calculating the rainfall intensity in Sukabumi region.

Keywords: *rainfall intensity, duration, IDF curve, Hasper Formula, Mononobe Formula*

I. PENDAHULUAN

Salah satu peranan hidrologi di dunia Teknik Sipil, khususnya di bidang keairan adalah sebagai dasar atau acuan desain hidraulis. Hasil analisis hidrologi yang diperlukan dalam kegiatan tersebut adalah banjir rancangan. Banjir rancangan adalah salah satu besaran rancangan untuk suatu rencana pembuatan bangunan air atau bangunan yang keberadaannya (fungsi operasi dan stabilitas) dipengaruhi oleh karakteritik aliran banjir [1]. Idealnya banjir rancangan dapat diperoleh dari analisis frekuensi debit banjir maksimum, namun masalahnya adalah sulit ditemukan data debit dengan rentang waktu yang panjang. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan melakukan analisis pengalihragaman hujan menjadi aliran, karena ketersediaan data hujan yang lebih mudah untuk diperoleh. Dalam pengalihragaman hujan menjadi aliran ada beberapa sifat hujan yang penting untuk diperhatikan, antara lain intensitas hujan (I), lama waktu hujan (t), kedalaman hujan (d), frekuensi (f), dan luas daerah pengaruh hujan (A) [2]. Analisis hubungan dua parameter hujan yang penting berupa intensitas dan durasi dapat dihubungkan secara statistik dengan suatu frekuensi kejadiannya. Penyajian secara grafik hubungan ini adalah berupa kurva *Intesity-Duration-Frequency*

Diterima: 27 Februari 2019; Direvisi: 11 Mei 2019; Disetujui: 15 Mei 2019
JTERA, Vol. 4, No. 1, Juni 2019

© 2019 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

(IDF) [3]. Kurva ini dapat digunakan untuk perhitungan limpasan (*runoff*) dan debit puncak bila waktu konsentrasi. Kurva ini juga menunjukkan besarnya kemungkinan terjadinya intensitas curah hujan yang berlaku untuk lamanya curah hujan sembarangan [4].

Beberapa penelitian mengenai analisis intensitas hujan dan kurva IDF telah dilakukan sebelumnya. Penggambaran kurva IDF berdasarkan hasil analisis intensitas hujan menggunakan Metode Van Breen dan Hasper der Weduwen dengan pendekatan persamaan Talbot, Sherman dan Ishiguro telah dilakukan [4]. Kurva IDF dari hujan harian digambarkan berdasarkan intensitas hujan dengan menggunakan Rumus Mononobe [5]. Kurva IDF juga dibuat untuk wilayah Lereng Gunung Merapi dengan menggunakan beberapa rumus intensitas, seperti Rumus Sherman, Kimijima, Haspers dan Mononobe [6]. Selain itu, penelitian [7] juga melakukan analisis kurva IDF untuk wilayah Kota Surakarta. Kurva IDF dibuat dengan menggunakan beberapa rumus pendekatan, seperti Talbot, Sherman, Ishiguro dan SDR-IDF.

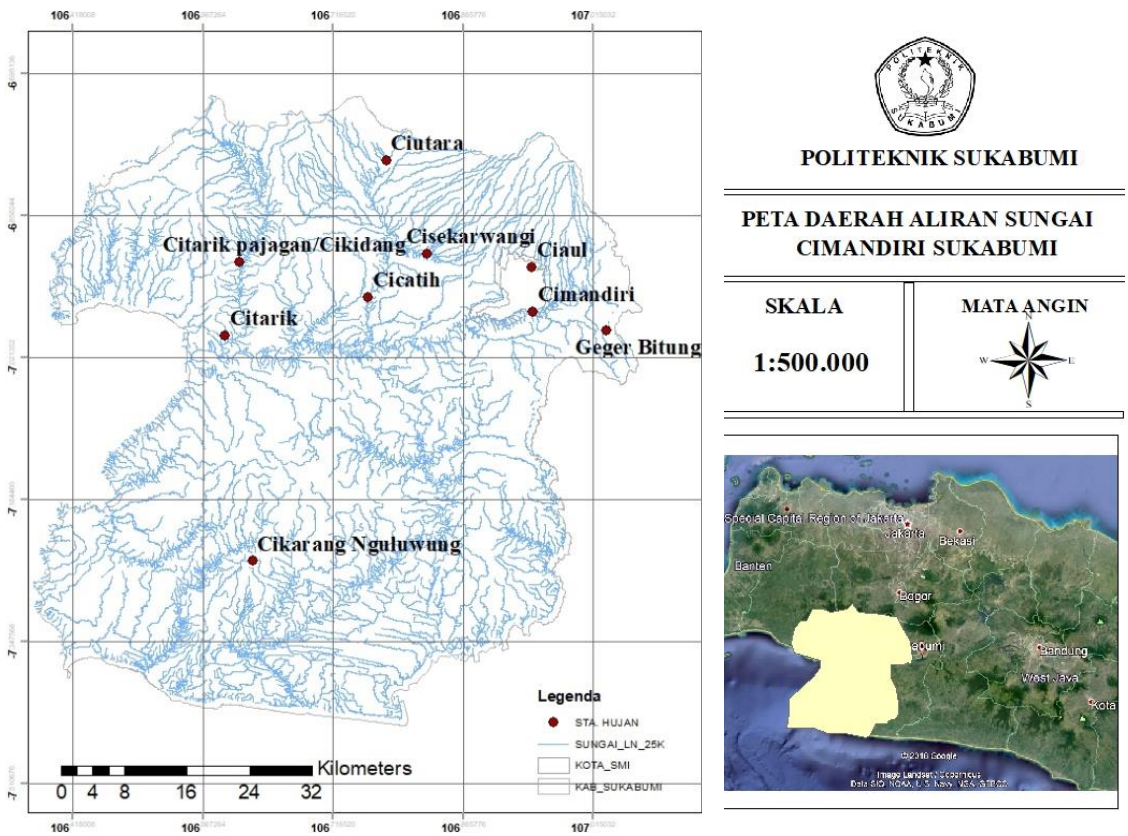
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis intensitas hujan dan penggambaran kurva IDF di Wilayah Sukabumi. Penelitian ini memiliki tujuan yang sama dengan penelitian [4]-[7], namun objek penelitian dan pemilihan rumus analisis intensitas yang dipilih berbeda, yang menggunakan Rumus Rasional dengan memilih intensitas curah hujan yang sebanding dengan dimana digunakan Rumus Haspers dan Mononobe. Pemilihan rumus ini, dikarenakan data yang tersedia di lokasi penelitian hanya data hujan harian. Umumnya kurva IDF dibentuk dengan menggunakan data hujan durasi pendek (menitan dan jam-jaman). Namun bila data hujan periode pendek tidak tersedia, maka kurva IDF masih dapat dibuat dengan data hujan harian menggunakan rumus pendekatan, yakni Rumus Mononobe dan Haspers [8].

II. METODE PENELITIAN

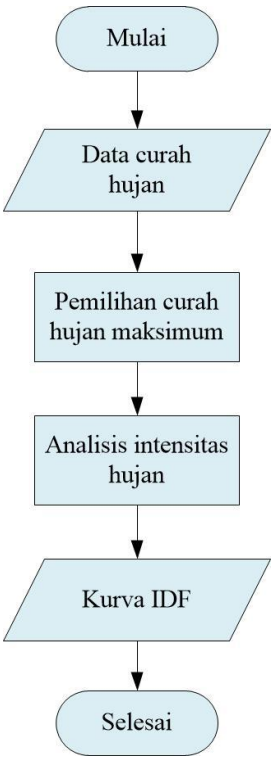
A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan lokasi stasiun pencatat curah hujan yang digunakan. Secara administratif lokasi tersebut terletak di wilayah Kota dan Kabupaten Sukabumi. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

Data yang digunakan merupakan data curah hujan harian dari 9 stasiun pencatat curah hujan dengan rentang waktu dari tahun 2003-2017. Stasiun curah hujan yang dianalisis antara lain Stasiun Geger Bitung, Cicatih, Cikarang Nguluwung, Cimandiri, Cisekarwangi, Citarik, Ciaul, Ciutara dan Citarik Pajagan/Cikidang.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Tahapan penelitian

B. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh tujuan akhir dari penelitian dilakukan seperti pada [9] sebagai berikut .

1. Melakukan pengumpulan data curah hujan yang ada di lokasi penelitian.
2. Melakukan pemilihan data curah hujan harian maksimum di masing-masing stasiun untuk setiap tahun.
3. Melakukan analisis frekuensi data curah hujan maksimum untuk memperoleh hujan rancangan di tiap stasiun hujan menggunakan parameter statistik distribusi probabilitas Metode Momen dengan bantuan *software* MS-Excel.
4. Melakukan analisis intensitas curah hujan dari hujan rancangan dengan menggunakan rumus pendekatan empirik, yakni Rumus Haspers dan Mononobe.
5. Melakukan penggambaran kurva IDF untuk masing-masing stasiun berdasarkan analisis intensitas curah hujan.

Tahapan penelitian yang diuraikan di atas dapat digambarkan dalam bagan alir pada Gambar 2.

C. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan hujan rancangan dalam berbagai kala ulang berdasarkan distribusi yang paling sesuai antara distribusi hujan secara teoritik dengan distribusi hujan empirik [5]. Pada penelitian ini dihitung hujan rancangan harian dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

Adapun langkah-langkah analisis frekuensi adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan hujan harian maksimum di stasiun untuk setiap tahun.
2. Mengurutkan data hujan maksimum dari yang terbesar hingga yang terkecil.
3. Menentukan parameter statitisk data seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi (Cv), koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck).
   a. Rerata
   $$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \quad (1)$$
   b. Standar Deviasi
   $$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2)$$
   c. Koefisien Variasi
   $$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3)$$
   d. Koefisien Kemencengan
   $$C_s = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (4)$$
   e. Koefisien Kurtosis
   $$C_k = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^3} \quad (5)$$
   dimana:
   n = jumlah data yang dianalisis
4. Menentukan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan parameter statistik yang ada. Syarat parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi probabilitas disajikan pada Tabel 1, sedangkan persamaan garis teoritik untuk masing-masing perobabilitas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi probabilitas

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$
Log Normal	$Cs \cong 3Cv$ $Cs \cong 0$
Gumbel	$Cs \cong 1{,}396$ $Ck \cong 5{,}4002$
Log Pearson	Jika tidak ada uji parameter yang memenuhi

Tabel 2. Persamaan garis teoritik untuk setiap jenis distribusi probabilitas

Jenis Distribusi	Persamaan Garis Teoritik
Normal	$X_T = \bar{x} + K_T s$ (6)
Log Normal	$Log\ X_T = Log\ \bar{x} + K_T Log\ s$ (7)
Gumbel	$X_T = \bar{x} + \frac{s}{\sigma n}(Y - Yn)$ (8)
Log Pearson	Garis lengkung

Dimana:
X_T = hujan rancangan dengan kala ulang T tahun (mm),
K_T = variabel reduksi,
s = standar deviasi,
Y = variabel reduksi untuk distribusi Gumbel,
Y_n = rerata variabel reduksi distribusi Gumbel,
σ_n = standar deviasi dari variabel reduksi.

5. Melakukan uji kesesuaian distribusi yang dipilih dengan menggunakan Uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.
   a. Uji Chi-Kuadrat
   Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dilakukan dengan rumus berikut:

$$x^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(Ef_i - Of_i)^2}{Ef_i} \quad (9)$$

dengan:
x^2 = harga Chi-Kuadrat,
Ef_i = frekuensi diharapkan untuk kelas *i*,
Of_i = frekuensi yang terbaca untuk kelas *i*,
K = jumlah kelas.
Syarat uji Chi Kuadrat adalah nilai x^2 harus lebih kecil dari $x^2{}_{kritik}$ yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata (α). Pada analisis frekuensi pada umumnya digunakan $\alpha = 5\%$, sedangkan DK diperoleh dari rumus di bawah ini.

$$DK = K - (P + 1) \quad (10)$$

dengan:
DK = derajat kebebasan,
K = jumlah kelas,
P = jumlah parameter distribusi yang dipilih.

   b. Uji Smirnov Kolmogorov
   Pada uji ini dicari nilai selisih probabilitas tiap varian X_T menurut distribusi empirik dan teoritik (Δ). Nilai Δ maksimum harus lebih kecil dari Δ kritik.

D. Analisis Intensitas dan Durasi Hujan

Intensitas hujan merupakan ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi [3]. Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya terjadi dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak terlalu luas.

Hubungan intensitas hujan dan durasi kejadian dapat dicari dengan menggunakan rumus pendekatan secara empiris, seperti rumus Sherman, Kimijima, Haspers dan Mononobe [8]. Seandainya data curah hujan yang tersedia merupakan data curah hujan harian, maka untuk menghitung intensitas hujan dapat digunakan rumus Mononobe dan Haspers.

1. Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (11)$$

dimana:
I = intensitas curah hujan (mm/jam),
R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm),
t = lamanya curah hujan (mm).

2. Rumus Haspers
Untuk durasi hujan ($0 < t < 2$ jam)

$$\frac{R}{q} = 0{,}06\left\{t + 60 + 0{,}0008\frac{(120-t)^2}{60}(260 - R)\right\} \quad (12)$$

Untuk durasi hujan ($2 \leq t \leq 19$ jam)

$$q = \frac{R}{(3{,}6 - 1)} \quad (13)$$

dimana:
q = intensitas hujan (mm),
R = hujan harian rancangan dengan kala ulang T tahun.

E. Kurva IDF

Kurva IDF merupakan kurva yang menyajikan hubungan antara frekuensi, intensitas dan lamanya hujan yang dinyatakan dalam bentuk lengkung intensitas hujan dengan kala ulang tertentu. Pembuatan kurva IDF dapat dilakukan dari hasil analisis frekuensi data hujan otomatik (durasi menit dan jam). Jika data otomatik tidak tersedia, IDF dapat diturunkan berdasarkan ananlisis data harian dan dengan rumus pendekatan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Frekuensi Hujan

Seri data yang digunakan dalam analisis frekuensi untuk menentukan nilai intensitas curah hujan adalah dengan menggunakan data hujan harian maksimum (P_{maks}) tahunan. Data hujan

maksimum ini selanjutnya diurutkan dari yang terbesar sampai dengan yang terkecil. Sebagai contoh, hasil pengelompokan data hujan harian maksimum ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hujan harian maksimum di Stasiun Cimandiri

Tahun	P_{maks} (mm)
2003	52
2004	83
2005	81
2006	72
2007	69
2008	84
2009	87
2010	79
2011	68
2012	90
2013	69
2014	71
2015	74
2016	76
2017	96

Setelah data hujan disusun dari yang terbesar sampai dengan yang terkecil, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter statistik. Berdasarkan perhitungan parameter statistik ini, dapat dipilih jenis distribusi yang sesuai untuk menghitung hujan rancangan dengan beberapa kala ulang, yakni 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Untuk menguji kecocokan distrbusi probabilitas curah hujan yang dipilih, kemudian dilakukan uji statistik dengan menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Hasil analisis frekuensi curah hujan harian di seluruh stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.

B. Analisis Intensitas Hujan

Hasil analisis intensitas hujan jam-jaman denganberbagai durasi dari data hujan harian dengan menggunakan pendekatan Rumus Haspers untuk Stasiun Cimandiri ditampilkan pada Tabel 5. Kemudian, untuk intensitas hujan yang diperoleh dari hasil pendekatan dengan Rumus Mononobe ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 4. Hasil analisis frekuensi hujan harian

Stasiun	Hujan Rancangan dengan Kala Ulang						Distribusi
	2 tahunan	5 tahunan	10 tahunan	25 tahunan	50 tahunan	100 tahunan	
Ciaul	56,11	98,62	129,63	170,81	202,43	234,56	Log Pearson III
Cikidang	135,02	191,69	227,05	269,23	298,93	327,28	Log Pearson III
Cicatih	97,35	112,36	121,10	131,18	138,13	144,69	Log Normal
Cikarang Nguluwung	129,60	171,63	199,23	233,98	259,85	285,73	Log Pearson III
Cimandiri	76,73	85,84	90,60	95,68	98,95	101,90	Normal
Cisekarwangi	88,47	102,43	109,72	117,51	122,53	127,05	Normal
Citarik	63,77	101,18	135,27	191,92	246,25	313,20	Log Pearson III
Ciutara	96,23	117,19	128,74	141,38	149,68	157,20	Log Pearson III
Gegerbitung	82,848	101,379	112,660	126,078	135,584	144,744	Log Normal

Tabel 5. Hasil analisis intensitas curah hujan dengan Rumus Haspers di Stasiun Cimandiri

Durasi (jam)	Intensitas hujan dengan kala ulang (mm/jam)					
	2 tahunan	5 tahunan	10 tahunan	25 tahunan	50 tahunan	100 tahunan
1	41,40	46,13	48,59	51,20	52,88	54,39
2	21,31	23,84	25,17	26,58	27,49	28,31
3	10,66	11,92	12,58	13,29	13,74	14,15
4	7,10	7,95	8,39	8,86	9,16	9,44
5	5,33	5,96	6,29	6,64	6,87	7,08
6	4,26	4,77	5,03	5,32	5,50	5,66
7	3,55	3,97	4,19	4,43	4,58	4,72
8	3,04	3,41	3,60	3,80	3,93	4,04

Tabel 6. Hasil analisis intensitas curah hujan dengan Rumus Mononobe di Stasiun Cimandiri

Durasi (jam)	Intensitas hujan dengan kala ulang (mm/jam)					
	2 tahunan	5 tahunan	10 tahunan	25 tahunan	50 tahunan	100 tahunan
1	26,60	29,76	31,41	33,17	34,31	35,33
2	16,76	18,75	19,79	20,90	21,61	22,26
3	12,79	14,31	15,10	15,95	16,49	16,98
4	10,56	11,81	12,46	13,16	13,61	14,02
5	9,10	10,18	10,74	11,34	11,73	12,08
6	8,06	9,01	9,51	10,05	10,39	10,70
7	7,27	8,13	8,58	9,06	9,37	9,65
8	6,65	7,44	7,85	8,29	8,58	8,83

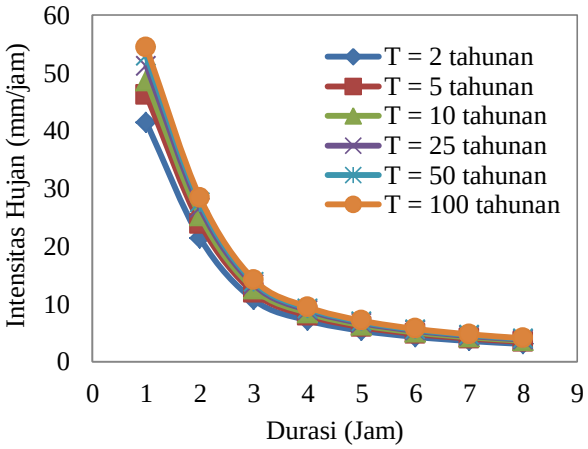
C. Analisis Kurva IDF

Durasi dan hasil analisis intensitas curah hujan untuk setiap kala ulang dengan menggunakan pendekatan Rumus Mononobe dan Haspers selanjtnya digambarkan pada koordinat kartesius. Sumbu absis (x) menyatakan durasi, sedangkan sumbu ordinat (y) menyatakan intensitas. Hasil penggambaran data tersebut, selanjutnya dinamakan dengan Kurva IDF.

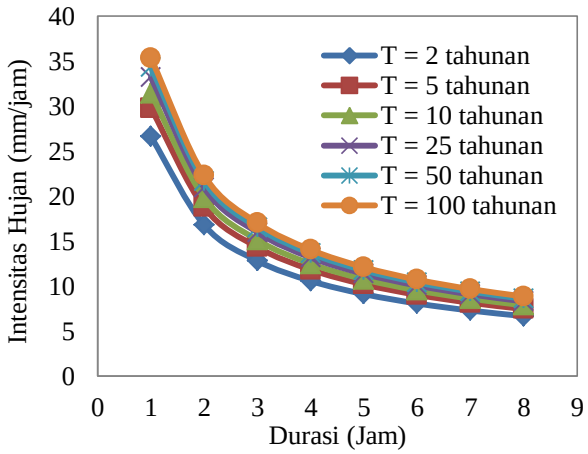
Kurva IDF dari hasil analisis intensitas curah hujan di Stasiun Cimandiri dengan Rumus Haspers ditampilkan pada Gambar 3, sedangkan dengan Rumus Mononobe ditampilkan pada Gambar 4. Dari kedua kurva IDF tersebut dapat terlihat bahwa intensitas curah hujan yang tinggi berlangsung pada durasi pendek, sebaliknya curah hujan dengan intesitas yang rendah cenderung terjadi pada durasi yang relatif panjang. Hasil seperti ini juga terjadi pada stasiun hujan yang lain yang dijadikan sebagai objek penelitian. Interpretasi kurva IDF sangat penting untuk menentukan debit banjir rencana dengan Metode Rasional untuk kegiatan perancangan drainase.

Pada Gambar 5, jika dilakukan perbandingan kurva IDF dengan kala ulang 5 tahunan di Stasiun Cimandiri dengan hasil analisis Rumus Mononobe dan Haspers. Dari perbandingan tersebut diperoleh hasil perhitungan intensitas curah hujan yang berbeda. Hal ini mungkin disebabkan oleh tetapan konstanta (n) yang perlu dikoreksi. Kondisi ini terjadi pada [6], dimana nilai konstanta yang ditetapkan bukan yang biasa digunakan $\left(\frac{2}{3}\right)$, melainkan tetapan baru senilai 0,83. Hasil dari penelitian tersebut menunjukan bahwa nilai intensitas hujan untuk beberapa rumus empiris, termasuk Mononobe dan Haspers memiliki selisih nilai yang relatif kecil.

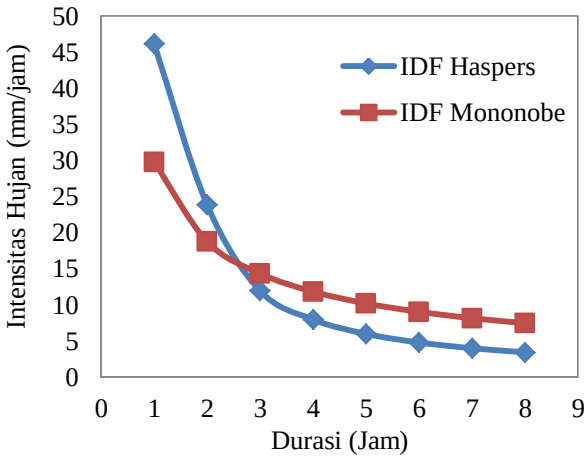
Pada penelitian ini belum dapat ditentukan rumus pendekatan empirik terbaik untuk menghitung intensitas curah hujan di setiap stasiun yang tersebar di wilayah Sukabumi. Hal ini dikarenakan oleh ketidaktersediaan data hujan jam-jaman untuk memvalidasi intensitas hujan hasil perhitungan.



Gambar 3. Kurva IDF dengan Rumus Haspers di Stasiun Cimandiri



Gambar 4. Kurva IDF dengan Rumus Mononobe di Stasiun Cimandiri



Gambar 5. Perbandingan kurva IDF dengan Rumus Haspers dan Mononobe di Stasiun Cimandiri

IV. KESIMPULAN

Intensitas hujan dan penggambaran kurva IDF di Wilayah Sukabumi dengan metode Haspers dan Mononobe telah berhasil dianalisis pada penelitian ini. Analisis dilakukan terhadap intensitas, durasi, dan frekuensi kejadian hujan dari tahun 2003-2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hujan dengan intensitas tinggi terjadi pada durasi pendek. Terdapat perbedaan nilai intensitas hujan antara hasil perhitungan dengan rumus Haspers dan Mononobe. Namun demikian, penelitian ini belum dapat memutuskan intensitas mana yang paling sesuai digunakan di wilayah Sukabumi. Hal ini dikarenakan keterbatasan data hujan yang ada. Penelitian selanjutnya yaitu melakukan validasi hasil hitungan intensitas curah hujan dengan pendekatan, jika tersedia data rekaman curah hujan jam-jaman. Dengan demikian, kita bisa menentukan rumus pendekatan intensitas curah hujan yang paling sesuai untuk wilayah Sukabumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada P3M Politeknik Sukabumi yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui hibah internal Penelitian Terapan Unggulan Program Studi tahun 2018.

REFERENSI

[1] R. Jayadi, "Banjir Rancangan (*Design Flood*)", Handout Kuliah Hidrologi Terapan, Universitas Gadjah Mada, 2013.

[2] C. D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional, 1987.

[3] J. Loebis, *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1992.

[4] Susilowati and D. I. Kusumastuti, "Analisa Karakteristik Curah Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) di Propinsi Lampung, *Jurnal Rekayasa*, vol 14, pp. 47-56, April 2010.

[5] Suroso, "*Analisis Intensity-Duration-Frequency* Kejadian Hujan di Kabupaten Banjarnegara", *Dinamika Rekayasa*, vol 2, pp. 1-7, Februari 2006.

[6] D. D. Prayuda, "Analisis Karakterikstik Intensitas Hujan di Wilayah Lereng Gunung Merapi", *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, vol 1, pp. 14-19, Juni 2015.

[7] S. Fauziyah, Sobriyah, and Susilowati, "Analisis Karakteristik dan Intensitas Hujan Kota Surakarta", *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, pp. 82-89, Juni 2013.

[8] J. Sujono, "Hujan", Handout Kuliah Hidrologi Lanjut, Universitas Gadjah Mada, 2013.

[9] D. A. Sofia, "Analisis durasi hujan dominan dan pola distribusi curah hujan jam-jaman di wilayah gunung Merapi," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 1 no. 1, pp. 7-14, 2016.