

Analisis Tren Perubahan Intensitas Hujan (Studi Kasus: Jakarta dan Bogor)

Tias Ravena Maitsa

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Indonesia, E-mail: tiasravena@gmail.com

Arno Adi Kuntoro^(*)

Pusat Pengembangan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, Indonesia, E-mail: arnoak@ftsl.itb.ac.id

Deni Septiadi

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)
Tangerang Selatan, Indonesia, E-mail: deni.septiadi@bmk.go.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji perbedaan Kurva Intensity-Duration-Frequency (IDF) di wilayah Jakarta dan Bogor yang dihitung berdasarkan data Stasiun Kemayoran dan Citeko, terhadap pendekatan Metode Alternating Block Method (ABM), Modified Mononobe, Standar Nasional Indonesia (SNI) Tata Cara Perhitungan Debit Banjir (SNI 2415-2016), dan SNI Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994). Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan di wilayah kajian didominasi oleh kejadian ≤ 4 jam dengan rata-rata persentase volume hujan tertinggi pada dua jam pertama yakni 24,9% di Citeko dan 29,9% di Kemayoran. Rata-rata selisih besaran intensitas hujan berdasarkan data observasi dibandingkan dengan pendekatan Metode ABM serta Modified Mononobe mencapai $>14\%$. Intensitas hujan yang dihitung berdasarkan SNI 03-3424-1994 memberikan hasil rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan intensitas hujan observasi. Pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun, rata-rata perbedaan intensitas hujan berturut-turut sebesar 26,8 mm/jam, 17,6 mm/jam, dan 11,6 mm/jam di Citeko, serta 36,3 mm/jam, 24,7 mm/jam, dan 17,3 mm/jam di Kemayoran. Perhitungan yang sama menggunakan Modified Mononobe memberikan rata-rata intensitas yang lebih rendah yakni 17 mm/jam, 11,4 mm/jam, dan 8,9 mm/jam di Citeko, namun lebih tinggi sebesar 24,1 mm/jam, 47 mm/jam, dan 49,1 mm/jam di Kemayoran. Kajian ini menggarisbawahi perlunya pengembangan standar desain secara kontinu untuk menghadapi tantangan perubahan iklim.

Kata-kata Kunci: Distribusi hujan, intensity-duration-frequency, intensitas hujan, alternating block method, modified mononobe.

Abstract

This study examines differences between Intensity Duration Curve (IDF) in Jakarta and Bogor Area, represented by Kemayoran and Citeko Rainfall Station, with the Alternating Block Method (ABM), Modified Mononobe, Indonesian National Standard (SNI) for Calculating Flood Discharge, and SNI for Road Surface Drainage Design. The results showed that the rainfall in Jakarta and Bogor mainly was less than 4 hours, with the highest percentage of rainfall volume at the first two hours, about 24.9% at Citeko and 29.9% at Kemayoran. The average bias of rainfall intensity calculated from observation data compared with ABM and Modified Mononobe was $>14\%$. Average rainfall intensity, which was computed using SNI 03-3424-1994 was higher than rainfall intensity calculated from observation data. For the return period of 2, 5, and 10 years, the bias was about 26.8 mm/h, 17.6 mm/h, and 11.6 mm/h, respectively, at Citeko, and 36.3 mm/h, 24.7 mm/h, and 17.3 mm/h, respectively at Kemayoran. Same comparison using Modified Mononobe resulted in lower rainfall intensity about 17 mm/h, 11.4 mm/h, and 8.9 mm/h, respectively at Citeko, and 24.1 mm/h, 47 mm/h, and 49.1 mm/h, respectively, at Kemayoran. This study underlined the importance of continuous development of design standards to cope with climate change.

Keywords: Intensity-duration-frequency, rainfall distribution, rainfall intensity, alternating block method, modified mononobe.

1. Pendahuluan

Frekuensi banjir sebagai akibat dari kejadian hujan ekstrem mengalami peningkatan di beberapa wilayah dunia pada beberapa tahun terakhir (Jayawardena,

2015). Upaya-upaya pencegahan banjir perlu untuk dilakukan untuk mengurangi dampak atau kerusakan yang dapat terjadi akibat banjir. Kejadian hujan ekstrem dan kapasitas jaringan drainase menjadi faktor penting untuk mempertimbangkan upaya pencegahan

**Penulis Korespondensi*

tersebut. Hal ini tentu cukup penting untuk dikaji sejalan dengan pengembangan wilayah perkotaan dan perubahan iklim yang terjadi (Duan dkk., 2016).

Kurva *Intensity-Duration-Frequency* (IDF) merupakan komponen yang penting dalam pertimbangan desain infrastruktur Sumber Daya Air (SDA). Kurva ini dapat dikembangkan berdasarkan data historis curah hujan (Peck dkk., 2012) yang merepresentasikan probabilitas intensitas dan durasi hujan yang mungkin terjadi di lokasi tertentu (Mirhosseini dkk., 2013). Indonesia memiliki beberapa panduan dalam perhitungan intensitas hujan untuk pembuatan kurva IDF seperti yang tercantum dalam SNI 2415-2016 tentang Perencanaan Debit Banjir dan SNI 03-3424-1994 tentang Tata Cara Desain Drainase Permukaan Jalan. Selain panduan mengenai perhitungan intensitas hujan tersebut, terdapat pula panduan mengenai pola distribusi temporal hujan (distribusi hujan jam-jaman) yang juga digunakan dalam penentuan debit banjir rencana untuk mendesain infrastruktur SDA.

Intensitas hujan maupun pola distribusi temporal hujan memiliki karakteristik yang berbeda-beda di setiap wilayah. Data hujan hasil observasi lapangan diperlukan agar hasil perhitungan intensitas hujan dan distribusi temporal hujan tersebut sesuai dengan kondisi wilayah tersebut (Back, 2011). Berbagai studi terkait pola distribusi hujan maupun kurva intensitas durasi frekuensi hujan di Indonesia telah banyak dilakukan. Di antara studi-studi terkait terdapat beberapa studi yang menggunakan data curah hujan harian maksimum dalam proses perhitungan intensitas hujan (Aziz dan Sa'ud, 2016; Destania, 2020; Fajriyah dan Wardhani, 2020; Permatasari dkk., 2019; Susilowati dan Kusumastuti, 2010). Selain itu, dari beberapa studi yang telah dilakukan belum menyinggung evaluasi kurva basis yang terdapat pada SNI 03-3424-1994. Keterbatasan data juga menjadi kendala yang sering dijumpai di lapangan, sehingga data yang digunakan tidak kontinu (data pada beberapa tahun tidak tersedia) (Susilowati dan Kusumastuti, 2010) maupun periode data kurang dari 10 tahun sehingga kurang representatif dalam perhitungan secara statistik (Asfa dkk., 2014; Astuti dkk., 2015; Harisuseno dkk., 2020; Kartin dan Jumarang, 2015).

Stasiun Hujan Kemayoran dan Citeko merupakan stasiun hujan yang berada di kawasan DAS Ciliwung. Kedua stasiun ini memiliki pencatatan data hujan yang cukup baik dalam periode pengamatan yang cukup panjang. Penggunaan data kedua stasiun tersebut diharapkan dapat mewakili kondisi umum Jakarta dan Bogor bagi analisis intensitas hujan dan distribusi temporal hujan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana probabilitas kejadian hujan lebat dan sangat

lebat ditinjau dari jumlah kejadian dan distribusi curah hujan yang turun pada masing-masing jam. Studi ini juga bertujuan untuk mengevaluasi pendekatan durasi hujan desain dan intensitas hujan yang banyak digunakan di Indonesia melalui studi kasus hujan di Jakarta dan Bogor.

2. Data dan Metodologi

2.1 Pembagian periode analisis data

Analisis jumlah kejadian dan proporsi hujan dilakukan berdasarkan data hujan jam-jaman pada Stasiun Citeko (1992-2017) dan Kemayoran (2000-2018). Data dari kedua stasiun dibagi menjadi beberapa periode analisis (*sequence*) data untuk meninjau tren perubahan kejadian hujan yang terjadi. Pembagian periode analisis ini dilakukan dengan membagi data di Stasiun Citeko menjadi dua bagian, yakni periode 1992-2005 dan 2005-2017. Data dari masing-masing periode tersebut kemudian dianalisis untuk melihat jumlah kejadian, durasi hujan, dan identifikasi tren perubahan yang terjadi.

Pembagian periode analisis menjadi dua bagian juga dipertimbangkan terhadap jumlah kejadian tahun kering, normal, dan basah. Adapun pembagian kriteria tahun kering, normal, dan basah dilakukan berdasarkan probabilitas curah hujan tahunan seperti disajikan pada **Tabel 1** (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pengoperasian Waduk Tunggal, 2004).

2.2 Pembagian curah hujan berdasarkan intensitas

Secara umum, proses pengolahan data terbagi menjadi dua bagian yaitu: 1) analisis jumlah kejadian hujan dengan durasi tertentu, serta 2) analisis proporsi tinggi hujan yang turun pada durasi tertentu. Analisis jumlah kejadian dan proporsi tinggi hujan dilakukan untuk kategori hujan dengan intensitas lebat dan sangat lebat. Berdasarkan kriteria dari BMKG (2010), kategori hujan lebat meliputi hujan dengan intensitas 50-100 mm/hari, atau 10-20 mm/jam. Adapun kategori hujan sangat lebat meliputi hujan dengan intensitas lebih dari 100 mm/hari atau lebih dari 20mm/jam. Durasi hujan yang dianalisis meliputi hujan jam-jaman dari jam ke-1 hingga ke-8.

2.3 Perbandingan durasi dan intensitas hujan berdasarkan data historis dan pendekatan empiris

Hasil analisis distribusi hujan jam-jaman berdasarkan data observasi kemudian dibandingkan dengan distribusi hujan jam-jaman berdasarkan pendekatan Metode ABM (*Alternating Block Method*) dan Metode *Modified Mononobe*. Perhitungan intensitas hujan dan pembuatan kurva IDF dilakukan dengan menggunakan pendekatan langsung yakni berdasarkan data hujan menitan, dan tidak langsung yakni menggunakan data curah hujan harian. Pendekatan langsung menggunakan data hujan menitan kemudian dibuat persamaan pendekatannya menggunakan metode yang terdapat dalam SNI 2415-2016, antara lain Talbot, Sherman, dan Ishiguro. Pendekatan tidak langsung menggunakan data curah hujan harian dilakukan

Tabel 1. Kriteria untuk kategori pengelompokan data

Kategori Tahun	Kriteria
Kering	$R < R_{65\%}$
Normal	$R_{35\%} > R \geq R_{65\%}$
Basah	$R \geq R_{35\%}$

menggunakan Persamaan Mononobe sesuai SNI 2415-2016, serta menggunakan kurva basis sesuai SNI 03-3424-1994. Intensitas hujan yang diperoleh dari kelima metode perhitungan tersebut kemudian dikomparasi dengan data intensitas hujan harian di Stasiun Citeko dan Kemayoran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembagian periode analisis

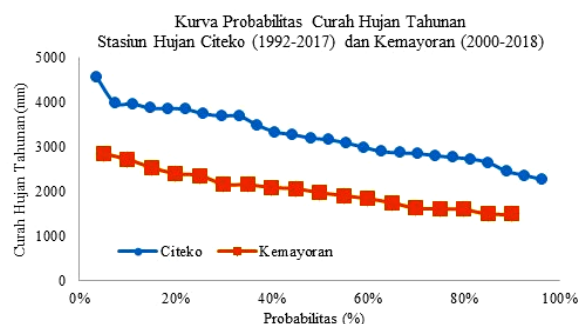
Berdasarkan probabilitas curah hujan tahunan (**Gambar 1**) dilakukan pembagian periode analisis data sesuai dengan pertimbangan pada **Tabel 1**. Pembagian periode analisis data ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana tren perubahan durasi maupun curah hujan. Pada periode 1992-2005 didapatkan jumlah kejadian tahun kering, normal, dan basah berturut-turut sebanyak 5, 4, dan 5 kejadian. Adapun pada periode 2005-2017 didapatkan kejadian tahun kering, normal, dan basah berturut-turut 4, 5, dan 4 kejadian. Jika dilihat dari jumlah tahun kering, normal, dan basah, kejadian pada tahun 1992-2005 (periode analisis 1) dan tahun 2005-2017 (periode analisis 2) di Stasiun Hujan Citeko menunjukkan jumlah kejadian yang relatif merata. Berdasarkan kemiripan jumlah kejadian tersebut, diasumsikan terdapat kesamaan kondisi variabilitas iklim pada periode analisis 1 dan 2 di atas.

Adapun ketersediaan data jam-jaman yang didapatkan untuk Stasiun Kemayoran tidak sepanjang data di Stasiun Citeko, yaitu hanya tersedia data dari tahun 2000-2018 (19 tahun). Selain itu hasil perhitungan jumlah kejadian tahun kering, normal, dan basah pada Stasiun Kemayoran memiliki hasil yang relatif tidak merata apabila dilakukan pembagian menjadi 2 periode sama panjang. Pada tahun 2000-2009 terdapat jumlah kejadian tahun kering, normal, dan basah secara berturut-turut sebanyak 3, 5, dan 2 kejadian. Sedangkan untuk tahun 2009-2018 jumlah kejadian tahun kering, normal, dan basah secara berturut-turut adalah 3, 2, dan 5 kejadian. Dengan demikian, pembagian periode analisis untuk Stasiun Kemayoran dilakukan dengan membagi dua

tanpa mempertimbangkan jumlah kejadian tahun kering, normal, dan basah. Pembagian periode analisis menjadi dua periode sama panjang bertujuan agar hasil periode analisis 1 dapat dibandingkan dengan hasil pada periode analisis 2. Pembagian periode analisis data disajikan pada **Tabel 2**.

3.2 Analisis durasi dan tinggi hujan pada kategori hujan lebat dan sangat lebat

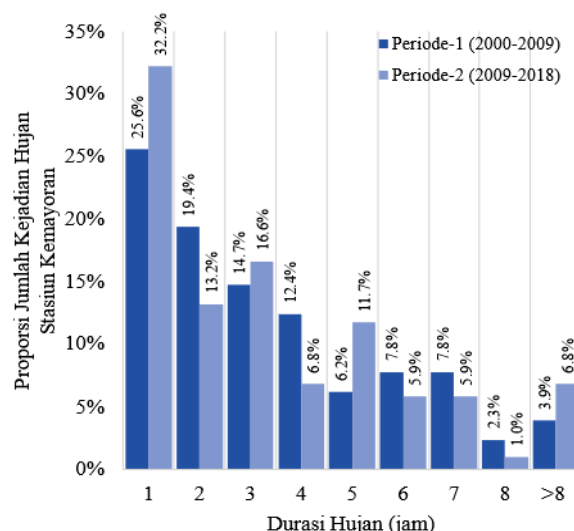
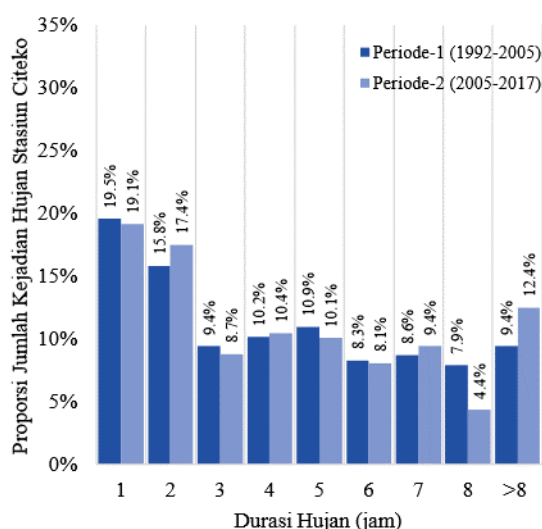
Proporsi jumlah kejadian hujan lebat dan sangat lebat untuk Stasiun Citeko dan Stasiun Kemayoran disajikan pada **Gambar 2**. Dari **Gambar 2** terlihat bahwa baik di Stasiun Citeko maupun Kemayoran kejadian hujan lebat dan sangat lebat dominan terjadi dengan durasi 1-2 jam. Ditinjau dari jumlah kejadian pada periode 1 dan 2, rata-rata kejadian hujan dengan durasi 1 dan 2 jam di Citeko dan Kemayoran masing-masing mencapai rata-rata sebesar 36% dan 45,2%. Hal ini menunjukkan bahwa hujan konvektif dengan periode singkat masih dominan terjadi di Bogor dan Jakarta, dengan jumlah



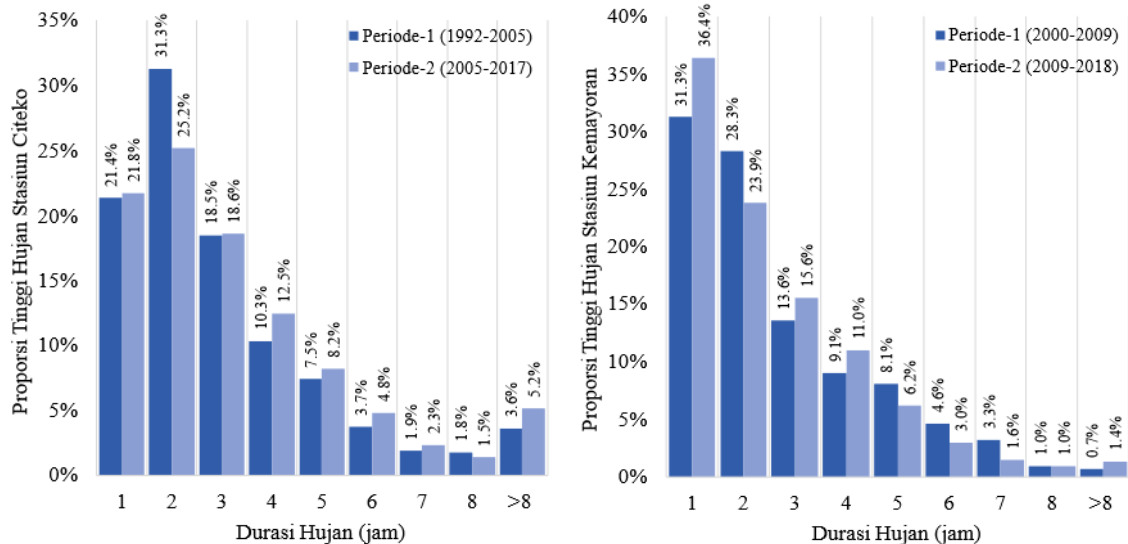
Gambar 1. Kurva probabilitas curah hujan tahunan

Tabel 2. Pembagian periode analisis data Stasiun Citeko dan Kemayoran

Periode analisis	Citeko	Kemayoran
1	1992-2005	2000-2009
2	2005-2017	2009-2018



Gambar 2. Proporsi jumlah kejadian (*number of event*) lebat dan sangat lebat di Stasiun Citeko dan Kemayoran



Gambar 3. Proporsi tinggi hujan lebat dan sangat lebat di Stasiun Citeko dan Kemayoran

Tabel 3. Kejadian hujan lebat dan sangat lebat ≤ 4 jam Stasiun Citeko

Durasi Hujan (jam)	jumlah kejadian hujan		Persentase terhadap total kejadian hujan lebat dan sangat lebat	
	Periode analisis 1	Periode analisis 2	Periode analisis 1	Periode analisis 2
1	52	57	19,5%	19,1%
2	42	52	15,8%	17,4%
3	25	26	9,.	8,7%
4	27	31	10,2%	10,4%
Jumlah	146	166	54,9%	55,7%

Tabel 4. Kejadian hujan lebat dan sangat lebat ≤ 4 jam Stasiun Kemayoran

Durasi Hujan (jam)	jumlah kejadian hujan		Persentase terhadap total kejadian hujan lebat dan sangat lebat	
	Periode analisis 1	Periode analisis 2	Periode analisis 1	Periode analisis 2
1	33	66	25,6%	32,2%
2	25	27	19,4%	13,2%
3	19	34	14,7%	16,6%
4	16	14	12,4%	6,8%
Jumlah	93	141	72,1%	68,8%

kejadian di Jakarta yang lebih banyak dibandingkan dengan Bogor. Jika dihitung hingga durasi 4 jam, kejadian di Citeko dan Kemayoran masing-masing mencapai rata-rata sebesar 55,3% dan 70,4%.

Proporsi tinggi hujan untuk kedua lokasi studi disajikan pada **Gambar 3**. Dari **Gambar 3** terlihat bahwa curah hujan tertinggi pada Stasiun Citeko rata-rata terjadi pada jam ke-2 sedangkan untuk Stasiun Kemayoran terjadi pada jam pertama. Hasil di atas pun menunjukkan bahwa pola distribusi jam-jaman untuk kategori hujan lebat dan sangat lebat di Stasiun Citeko dan Kemayoran dominan terjadi pada jam-jam awal, yakni dari jam ke-1 hingga ke-4.

Pada **Tabel 3** sampai dengan **Tabel 6** disajikan frekuensi kejadian hujan dengan durasi ≤ 4 jam serta

curah hujan yang terjadi pada jam ke-1 hingga jam ke-4.

Pada **Tabel 3** terlihat bahwa pada wilayah Stasiun Citeko frekuensi kejadian hujan lebat dan sangat lebat pada periode analisis 1 dan 2 jumlahnya melebihi 50% dari total kejadian hujan lebat dan sangat lebat. Data Stasiun Citeko menunjukkan jumlah kejadian hujan lebat dengan durasi 1-4 jam pada periode analisis 1 dan 2 mencapai 54,9% dan 55,7% dari total kejadian hujan lebat. Pada kategori yang sama seperti disajikan pada **Tabel 4**, data curah hujan di Stasiun Kemayoran menunjukkan nilai 72,1% dan 68,8%.

Pada **Tabel 5** dan **Tabel 6** disajikan persentase volume hujan dengan kategori lebat dan sangat lebat dengan durasi 1-4 jam. Data Stasiun Citeko menunjukkan persentase volume hujan lebat dan sangat

Tabel 5. Curah hujan lebat dan sangat lebat jam ke-1 sampai 4 Stasiun Citeko

Jam Ke	Total tinggi hujan seluruh kejadian hujan lebat dan sangat lebat (mm)		Persentase volume terhadap total curah hujan (%)	
	Periode analisis 1	Periode analisis 2	Periode analisis 1	Periode analisis 2
1	2093,2	2225,3	21,4%	21,8%
2	3059,2	2574,2	31,3%	25,2%
3	1811,8	1905,9	18,5%	18,6%
4	1010,4	1274,3	10,3%	12,5%
Jumlah	7974,6	7979,7	81,5%	78,0%

Tabel 6. Curah hujan lebat dan sangat lebat jam ke-1 sampai 4 Stasiun Kemayoran

Jam Ke	Total tinggi hujan seluruh kejadian hujan lebat dan sangat lebat (mm)		Persentase volume terhadap total curah hujan	
	Periode analisis 1	Periode analisis 2	Periode analisis 1	Periode analisis 2
1	1931,4	3297,9	31,3%	36,4%
2	1746,7	2160,4	28,3%	23,9%
3	840,2	1411,8	13,6%	15,6%
4	560,3	998,3	9,1%	11,0%
Jumlah	5078,6	7868,4	82,3%	86,9%

lebat yang jatuh dari jam ke-1 hingga ke-4 pada periode analisis 1 dan 2 mencapai 81,5% dan 78,0%. Pada kategori yang sama, data Stasiun Kemayoran menunjukkan nilai 82,3% dan 86,9%. Persentase hujan tertinggi terjadi pada jam pertama dan kedua. Persentase rata-rata curah hujan pada jam pertama dan kedua di Stasiun Citeko untuk periode analisis 1 dan 2 adalah 26,3% dan 23,5%. Adapun persentase rata-rata kategori tersebut di Stasiun Kemayoran untuk periode analisis 1 dan 2 adalah 29,8% dan 30%.

Pada SNI 03-3424-1994 disebutkan bahwa penyelidikan Van Breen menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan di Jakarta terkonsentrasi selama 4 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan Van Breen yang dicantumkan pada SNI SNI 03-3424-1994 masih cukup relevan dengan kondisi saat ini, dimana sebagian besar kejadian hujan lebat dan sangat lebat memiliki durasi yang tidak lebih dari 4 jam.

3.3 Analisis tren perubahan distribusi hujan

Perbedaan frekuensi kejadian hujan durasi 1-4 jam antara periode analisis 1 dan 2 pada Stasiun Citeko tidak begitu signifikan. Adapun pada Stasiun Kemayoran, terdapat peningkatan frekuensi kejadian hujan durasi 1 jam sekitar 6,6%, serta penurunan frekuensi kejadian hujan durasi 2 jam sekitar 4,7% dari periode analisis 1 ke periode analisis 2. Jika ditinjau dari tinggi hujan yang jatuh pada jam ke-1 hingga ke-4, terdapat penurunan persentase tinggi hujan yang jatuh pada jam ke-2 di Stasiun Citeko sekitar 6,1%. Adapun di Stasiun Kemayoran, terdapat peningkatan persentase hujan yang jatuh di jam pertama sekitar 5,1%.

Ditinjau dari jumlah kejadian hujan dengan durasi lebih dari 8 jam, data Stasiun Citeko maupun Kemayoran menunjukkan peningkatan jumlah kejadian sekitar 3% dari periode analisis 1 ke periode analisis 2. Namun jika

ditinjau dari persentase tinggi hujan yang jatuh setelah jam ke-8, peningkatan yang terjadi hanya sekitar 0,7% di Stasiun Citeko, dan 1,4% di Stasiun Kemayoran.

Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa secara umum belum terdapat indikasi peningkatan atau penurunan jumlah kejadian maupun persentase tinggi hujan yang jatuh pada hujan deras dan sangat deras dengan durasi 1-4 jam, dan durasi >8 jam baik di Stasiun Citeko maupun Kemayoran.

3.4 Analisis pola hujan jam-jaman

Apabila pola distribusi hujan ditinjau secara keseluruhan (tidak ditinjau per periode analisis) maka dihasilkan persentase curah hujan untuk masing-masing durasi hujan seperti disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Pada Tabel 7 dan Tabel 8 terlihat untuk durasi hujan 2 hingga 4 jam, puncak hujan terjadi pada jam ke-1 atau jam ke-2. Adapun pada hujan durasi lebih dari 4 jam, puncak hujan umumnya terjadi pada jam ke-2 atau jam ke-3. Hasil analisis data di atas kemudian dibandingkan dengan distribusi hujan jam-jaman yang dihitung menggunakan Metode ABM dan *Modified Mononobe*.

Pada Metode ABM, curah hujan tertinggi terjadi pada pertengahan kejadian hujan. Sedangkan untuk Metode *Modified Mononobe* curah hujan tertinggi terjadi di awal kejadian hujan. Modifikasi Persamaan Mononobe dilakukan dengan menggunakan nilai t_c (*time concentration*) dalam perhitungan intensitas hujan yang terjadi.

Hasil perhitungan distribusi temporal hujan menggunakan Metode ABM dan *Modified Mononobe* disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10. Rata-rata selisih perhitungan distribusi temporal hujan Metode ABM dan *Modified Mononobe* terhadap data mencapai >14%.

Tabel 7. Distribusi hujan jam-jaman kategori hujan lebat dan sangat lebat Stasiun Citeko (1992-2017)

Durasi Hujan (Jam)	Proporsi Volume								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	62,1%	37,9%							100%
3	39,1%	42,8%	18,2%						100%
4	18,8%	38,9%	24,3%	18,0%					100%
5	23,2%	32,8%	25,0%	12,7%	6,2%				100%
6	18,4%	23,1%	20,7%	20,6%	12,9%	4,2%			100%
7	20,4%	17,8%	18,1%	17,7%	14,2%	8,5%	3,3%		100%
8	13,4%	17,1%	25,7%	13,7%	10,7%	8,7%	7,4%	3,3%	100%

Tabel 8. Distribusi hujan jam-jaman kategori hujan lebat dan sangat lebat Stasiun Kemayoran (2000-2018)

Durasi Hujan (Jam)	Proporsi Volume								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	54,5%	45,5%							100%
3	33,0%	41,2%	25,7%						100%
4	36,5%	27,9%	22,0%	13,7%					100%
5	28,6%	20,9%	18,2%	24,8%	7,6%				100%
6	22,9%	25,7%	15,5%	13,8%	14,5%	7,6%			100%
7	13,5%	20,1%	13,0%	16,8%	19,9%	12,0%	4,8%		100%
8	13,6%	24,2%	13,5%	10,5%	13,2%	6,0%	13,8%	5,1%	100%

Tabel 9. Distribusi hujan menggunakan metode ABM

Durasi Hujan (jam)	Proporsi Volume Metode ABM								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	20,6%	79,4%							100%
3	12,6%	69,3%	18,0%						100%
4	11,5%	63,0%	16,4%	9,1%					100%
5	7,2%	10,7%	58,5%	15,2%	8,5%				100%
6	5,9%	6,7%	10,0%	55,0%	14,3%	8,0%			100%
7	5,0%	6,4%	9,5%	52,3%	13,6%	7,6%	5,6%		100%
8	4,8%	6,1%	9,1%	50,0%	13,0%	7,3%	5,4%	4,4%	100%

Tabel 10. Distribusi hujan menggunakan metode *modified mononobe*

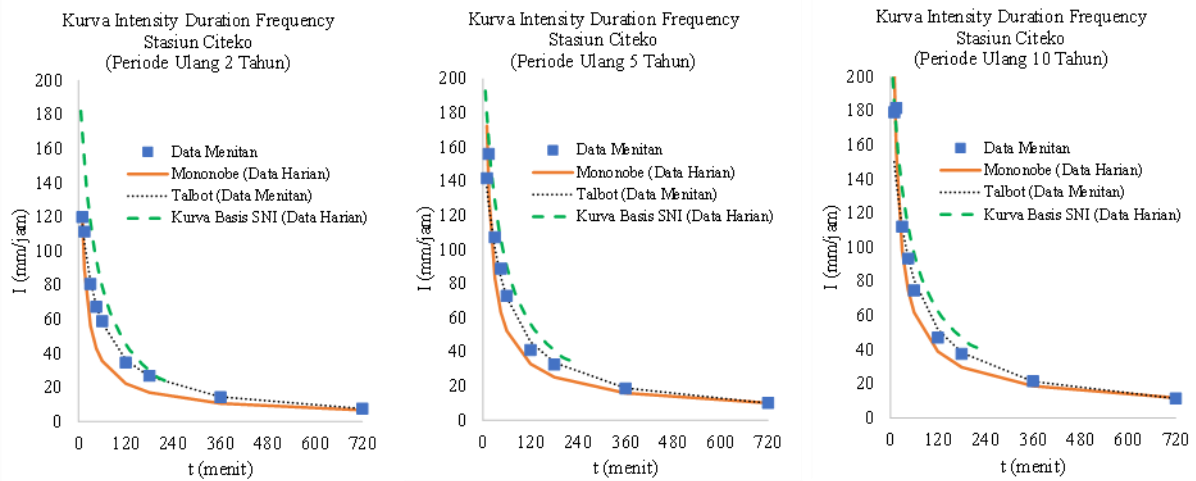
Durasi Hujan (jam)	Proporsi Volume Metode <i>Modified Mononobe</i>								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	79,4%	20,6%							100%
3	69,3%	18,0%	12,6%						100%
4	63,0%	16,4%	11,5%	9,1%					100%
5	58,5%	15,2%	10,7%	8,5%	7,2%				100%
6	55,0%	14,3%	10,0%	8,0%	6,7%	5,9%			100%
7	52,3%	13,6%	9,5%	7,6%	6,4%	5,6%	5,0%		100%
8	50,0%	13,0%	9,1%	7,3%	6,1%	5,4%	4,8%	4,4%	100%

Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan nisbah hujan jam-jaman menggunakan Metode ABM dan *Modified Mononobe* memberikan deviasi yang cukup besar dibandingkan dengan data observasi. Perbedaan yang cukup signifikan ini menunjukkan bahwa metode yang umum digunakan dalam penentuan distribusi temporal hujan jam-jaman belum tentu dapat digunakan di semua wilayah.

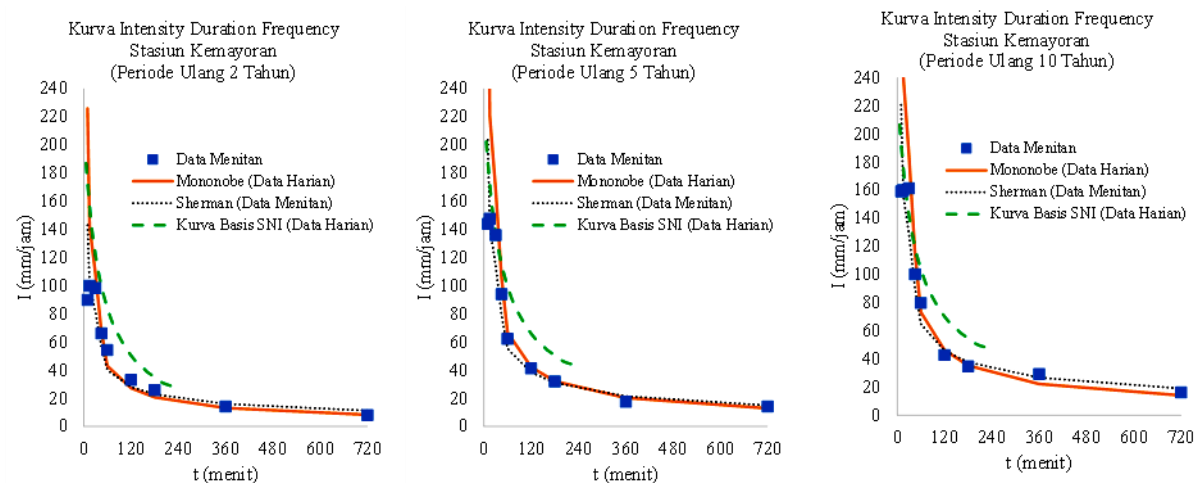
3.5 Kurva *intensity-duration-frequency* (IDF)

Intensitas hujan dihitung untuk periode ulang hujan 2, 5, dan 10 tahun. Pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** disajikan perbandingan kurva IDF yang diperoleh dari

data menit-menitan dengan kurva IDF pendekatan yang dihitung menggunakan Persamaan Mononobe dan Kurva Basis SNI 03-3424-1994. Kurva IDF data menit-menitan didekati menggunakan Persamaan Talbot, Sherman, dan Ishiguro. Analisis persamaan pendekatan IDF menggunakan ketiga persamaan di atas disajikan pada **Tabel 11** dan **Tabel 12**. Hasil analisis menunjukkan bahwa persamaan pendekatan kurva intensitas hujan yang paling mendekati pola intensitas data untuk Stasiun Citeko adalah Persamaan Talbot. Adapun untuk Stasiun Kemayoran persamaan yang paling mendekati adalah Persamaan Sherman.



Gambar 4. Kurva IDF Stasiun Citeko periode ulang 2, 5, dan 10 Tahun



Gambar 5. Kurva IDF Stasiun Kemayoran periode ulang 2, 5, dan 10 Tahun

Tabel 11. Koefisien korelasi dan mean absolute error perhitungan intensitas hujan dengan pendekatan langsung (Stasiun Citeko)

Periode Ulang (Tahun)	Koefisien Korelasi			Mean Absolute Error		
	Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
2	0,997	0,947	0,905	1,925	8,480	11,366
5	0,978	0,899	0,687	6,111	11,378	23,593
10	0,963	0,953	0,793	9,424	8,958	20,998

Tabel 12. Koefisien korelasi dan mean absolute error perhitungan intensitas hujan dengan pendekatan langsung (Stasiun Kemayoran)

Periode Ulang (Tahun)	Koefisien Korelasi			Mean Absolute Error		
	Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
2	0,968	0,792	0,756	4,502	11,806	13,931
5	0,935	0,872	0,844	20,253	13,076	14,325
10	0,921	0,862	0,849	20,128	14,846	15,870

Untuk kasus Stasiun Citeko, **Gambar 4** menunjukkan bahwa pendekatan kurva IDF yang dihitung menggunakan Metode Mononobe cenderung memberikan nilai intensitas hujan yang lebih kecil bila dibandingkan dengan IDF data khususnya pada waktu

konsentrasi di atas 10 menit. Untuk waktu konsentrasi di bawah 10 menit, Persamaan Mononobe relatif memberikan hasil yang mirip dengan data. Berkebalikan dengan Persamaan Mononobe, persamaan IDF yang dihitung menggunakan Kurva Basis (SNI)

cenderung memberikan nilai intensitas yang lebih besar dibandingkan dengan data khususnya pada waktu konsentrasi di atas 10 menit. Adapun untuk waktu konsentrasi di bawah 10 menit, Kurva Basis memberikan hasil yang juga mirip dengan data. Untuk waktu konsentrasi di bawah 10 menit, Persamaan Mononobe dan Kurva Basis memberikan hasil yang lebih baik untuk periode ulang 5 dan 10 tahun dibandingkan dengan periode ulang 2 tahun.

Untuk kasus Stasiun Kemayoran, **Gambar 5** menunjukkan bahwa pendekatan kurva IDF yang dihitung menggunakan Metode Mononobe cenderung memberikan nilai intensitas hujan yang lebih besar pada waktu konsentrasi di bawah 10 menit, namun memberikan hasil yang cenderung mendekati data untuk waktu konsentrasi di atas 10 menit. Adapun persamaan IDF yang dihitung menggunakan Kurva Basis memberikan hasil yang serupa dengan Stasiun Citeko, yakni relatif mendekati data untuk waktu konsentrasi di bawah 10 menit, namun memberikan hasil yang lebih tinggi dari data untuk waktu konsentrasi di atas 10 menit. Serupa dengan hasil analisis pada Stasiun Citeko, Persamaan Mononobe dan Kurva Basis memberikan hasil yang lebih baik untuk periode ulang 5 dan 10 tahun dibandingkan dengan periode ulang 2 tahun pada kasus Stasiun Kemayoran.

Apabila ditinjau untuk setiap nilai t (waktu) dalam menit, kurva IDF yang diperoleh dari Kurva Basis pada SNI 03-3424-1994 memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan kurva IDF data observasi (nilai error negatif). Sedangkan kurva IDF yang

dihitung menggunakan Persamaan Mononobe pada Stasiun Citeko memberikan hasil yang lebih rendah (nilai *error* positif) bila dibandingkan dengan data observasi, namun lebih tinggi untuk kasus Stasiun Kemayoran (**Tabel 13** dan **Tabel 14**). Pada Stasiun Citeko, untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun rata-rata lebih tinggi sebesar 26,8 mm/jam, 17,6 mm/jam, dan 11,6 mm/jam, adapun pada Stasiun Kemayoran rata-rata lebih tinggi sebesar 36,3 mm/jam, 24,7 mm/jam, dan 17,3 mm/jam. Sedangkan kurva IDF yang dihitung menggunakan Persamaan Mononobe pada Stasiun Citeko memberikan hasil yang lebih rendah bila dibandingkan dengan data observasi. Pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun rata-rata lebih rendah sebesar 17 mm/jam, 11,4 mm/jam, dan 8,9 mm/jam sedangkan pada Stasiun Kemayoran rata-rata memiliki hasil yang lebih tinggi sebesar 24,1 mm/jam, 47 mm/jam, dan 49,1 mm/jam. Nilai *Mean Absolute Error* (MAE) pada masing-masing stasiun juga untuk memberikan gambaran kesesuaian antara hasil perhitungan dengan data disajikan pula pada **Tabel 13** dan **Tabel 14**.

Pada kasus Stasiun Citeko (**Tabel 13**), perbandingan antara IDF data dengan IDF Persamaan Mononobe dan Kurva Basis (SNI) untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun memberikan MAE yang tidak berbeda jauh. Perbedaan adalah Persamaan Mononobe cenderung memberikan nilai intensitas yang lebih rendah, sedangkan Persamaan Kurva Basis cenderung memberikan nilai intensitas yang lebih tinggi. Adapun untuk kasus Stasiun Kemayoran (**Tabel 14**), Persamaan Mononobe cenderung memberikan MAE yang lebih tinggi dibandingkan dengan Persamaan Kurva Basis. Nilai MAE yang besar ini diperoleh dari besarnya nilai

Tabel 13. Nilai *error*, koefisien korelasi dan *mean absolute error* perhitungan intensitas hujan (mm/jam) dengan pendekatan tidak langsung (Stasiun Citeko)

Periode Ulang	t (menit)	Error terhadap data		Koefisien Korelasi		Mean Absolute Error	
		Mononobe	SNI	Mononobe	SNI	Mononobe	SNI
2 Tahun	10	-2,8	48,0	0,942	0,998	13,725	12,742
	15	-21,9	41,2				
	30	-24,4	36,3				
	45	-24,3	27,8				
	60	-23,4	20,1				
	120	-12,3	10,9				
	180	-9,8	3,2				
Rata-rata		-17,0	26,8				
5 Tahun	10	30,7	37,2	0,895	0,993	15,970	12,424
	15	-24,3	7,5				
	30	-24,3	20,7				
	45	-25,5	17,2				
	60	-20,5	17,2				
	120	-8,2	15,3				
	180	-7,5	8,3				
Rata-rata		-11,4	17,6				
10 Tahun	10	24,8	6,0	0,952	0,989	12,826	12,420
	15	-25,9	-12,0				
	30	-14,0	22,1				
	45	-18,5	18,7				
	60	-13,0	21,4				
	120	-8,2	15,5				
	180	-7,9	9,5				
Rata-rata		-8,9	11,6				

Tabel 14. Nilai *error*, koefisien korelasi dan *mean absolute error* perhitungan intensitas hujan (mm/jam) dengan pendekatan tidak langsung (Stasiun Kemayoran)

Periode Ulang	t (menit)	Error terhadap data		Koefisien Korelasi		Mean Absolute Error	
		Mononobe	SNI	Mononobe	SNI	Mononobe	SNI
2 Tahun	10	135,8	83,0	0,722	0,995	23,766	21,851
	15	42,4	57,5				
	30	10,2	23,6				
	45	2,4	33,9				
	60	-11,2	29,7				
	120	-5,8	17,5				
	180	-5,1	9,2				
Rata-rata		24,1	36,3				
5 Tahun	10	206,2	44,4	0,820	0,992	37,038	26,101
	15	73,0	25,3				
	30	32,3	1,4				
	45	12,0	21,4				
	60	4,6	37,2				
	120	0,8	24,6				
	180	0,2	18,5				
Rata-rata		47,0	24,7				
10 Tahun	10	224,9	33,4	0,797	0,992	40,659	22,809
	15	82,0	17,1				
	30	23,3	-19,8				
	45	16,1	19,4				
	60	-6,5	23,8				
	120	3,3	27,2				
	180	0,6	20,0				
Rata-rata		49,1	17,3				

error antara IDF data dengan IDF Persamaan Mononobe untuk waktu konsentrasi kecil di bawah 10 menit. Berdasarkan informasi tersebut, baik kurva IDF dari Persamaan Mononobe maupun Kurva Basis masih memiliki perbedaan yang cukup besar dengan IDF data observasi.

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan kejadian hujan di wilayah Jakarta dan Bogor dominan terjadi selama ≤ 4 jam dengan distribusi temporal hujan yang cenderung memiliki persentase curah hujan tertinggi pada awal kejadian hujan (jam pertama atau kedua) dan menurun pada jam-jam selanjutnya.
2. Distribusi hujan jam-jaman hasil perhitungan menggunakan Metode ABM dan *Modified Mononobe* cenderung memiliki perbedaan persentase curah hujan yang cukup tinggi pada setiap jam dengan hasil persentase curah hujan per jam berdasarkan data observasi.
3. Secara umum kurva basis SNI cenderung memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan kurva IDF berdasarkan data observasi. Adapun Persamaan Mononobe memberikan hasil yang bervariasi untuk kasus yang berbeda. Pada kasus Stasiun Citeko, Persamaan Mononobe cenderung memberikan hasil yang mendekati data pada waktu konsentrasi di bawah 10 menit. Adapun untuk kasus

Stasiun Kemayoran, Persamaan Mononobe cenderung memberikan hasil yang mendekati data untuk waktu konsentrasi di atas 10 menit.

4. Contoh kasus analisis durasi dan intensitas hujan pada Stasiun Citeko dan Kemayoran ini menunjukkan bahwa dalam menentukan intensitas hujan di suatu lokasi diperlukan adanya metode perhitungan yang representatif. Pada studi ini, analisis dibatasi pada satu stasiun hujan di wilayah Jakarta dan satu stasiun di wilayah Bogor. Studi ini dapat dikembangkan dengan menggunakan data hujan jam-jaman di stasiun hujan lainnya untuk meningkatkan akurasi dari studi yang dilakukan. Selain itu, metode yang umum digunakan untuk menentukan intensitas hujan di suatu wilayah, belum tentu sesuai jika digunakan di wilayah lain. Maka analisis serupa juga perlu dilakukan di wilayah lainnya untuk mengetahui karakteristik intensitas hujan di wilayah tertentu.
5. Durasi dan intensitas hujan yang digunakan sebagai pedoman perencanaan infrastruktur drainase dan penanganan banjir perlu terus dikembangkan berdasarkan data observasi terbaru dengan resolusi temporal dan spasial yang lebih baik. Upaya pengembangan standar desain perlu terus dilakukan untuk menjawab tantangan perubahan iklim, perkembangan wilayah yang dinamis, serta tren kejadian banjir yang terus meningkat di Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Studi ini didukung oleh Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional (Kemenristek/BRIN) melalui Penelitian Kompetitif Nasional dengan skema Penelitian Tesis Magister pada tahun 2020.

Daftar Pustaka

- Asfa, A. F., Handayani, Y. L., dan Hendri, A. (2014): Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman pada Stasiun Hujan Pasar Kampar, *1*(2), 6.
- Astuti, F. U., Hendri, A., dan Handayani, Y. L. (2015): Pemilihan Metode Intensitas Hujan yang Sesuai dengan Stasiun Hujan Pekanbaru, *2*(1), 9.
- Aziz, S. K., dan Sa'ud, I. (2016): Pola Distribusi Hujan Kota Surabaya, *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, *14* (1), 9. <https://doi.org/10.12962/j2579-891X.v14i1.3046>
- Back, Á. J. (2011): Time Distribution of Heavy Rainfall Events in Urussanga, Santa Catarina State, Brazil, *Acta Scientiarum. Agronomy*, *33* (4), 583–588. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i4.6664>
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2010): *Press Release Kondisi Cuaca Ekstrem dan Iklim Tahun 2010-2011*. BMKG, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2004): *Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Pengoperasian Waduk Tunggal (Pd T-25-2204-A)*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Destania, H. R. (2020): Analisis Intensitas Hujan Menggunakan IDF Curve dan WR Plot pada Stasiun di DAS Buah, *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, *15*(1), 5.
- Duan, W., He, B., Nover, D., Fan, J., Yang, G., Chen, W., Meng, H., dan Liu, C. (2016): Floods and associated socioeconomic damages in China over the last century, *Natural Hazards*, *82*(1), 401–413. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2207-2>
- Fajriyah, S. A., dan Wardhani, E. (2020): Analisis Hidrologi untuk Penentuan Metode Intensitas Hujan di Wilayah Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor, *Jurnal Serambi Engineering*, *5*(2). <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1917>
- Harisuseno, D., Wahyuni, S., dan Dwirani, Y. (2020): Penentuan Formulasi Empiris Yang Sesuai Untuk Mengestimasi Kurva Intensitas Durasi Frekuensi, *Jurnal Teknik Pengairan*, *11*(1), 47–60. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2020.011.01.06>
- Jayawardena, A. W. (2015): Hydro-meteorological Disasters: Causes, Effects and Mitigation Measures with Special Reference to Early Warning with Data Driven Approaches of Forecasting, *Procedia IUTAM*, *17*, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2015.06.003>
- Kartin, A., dan Jumarang, M. I. (2015): Kesesuaian Persamaan Pola Intensitas Curah Hujan Sebagai Fungsi dari Durasi Hujan di Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak, (02), 5.
- Mirhosseini, G., Srivastava, P., dan Stefanova, L. (2013): The impact of climate change on rainfall Intensity–Duration–Frequency (IDF) curves in Alabama, *Regional Environmental Change*, *13*(S1), 25–33. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0375-5>
- Peck, A., Prodanovic, P., dan Simonovic, S. P. P. (2012): Rainfall Intensity Duration Frequency Curves Under Climate Change: City of London, Ontario, Canada, *Canadian Water Resources Journal / Revue Canadienne Des Ressources Hydriques*, *37*(3), 177–189. <https://doi.org/10.4296/cwrj2011-935>
- Permatasari, M., Nugraha, M. C., dan Hartati, E. (2019): Penentuan Metode Intensitas Hujan Berdasarkan Karakteristik Hujan dari Stasiun Pengamat Hujan Disekitar Kecamatan Karawang Timur, *Jurnal Serambi Engineering*, *5*(1). <https://doi.org/10.32672/jse.v5i1.1603>
- SNI 03-3424-1994, Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan
- SNI 2415-2016, Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana