

PENGEMBANGAN HIETOGRAF HUJAN RENCANA DI KOTA BEKASI

THE DEVELOPMENT OF PLANNING RAINFALL HYETOGRAPH IN BEKASI CITY

Segel Ginting

Balai Teknik Irigasi, Direktorat Irigasi dan Rawa, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air
gintingsegel@gmail.com

Abstrak

Hietograf hujan rencana memiliki pengaruh signifikan dalam menentukan besarnya puncak dan volume banjir. Umumnya, prediksi banjir berdasarkan hujan rencana dibutuhkan hietograf hujan, dan biasanya dipenuhi dengan menggunakan pola yang dihasilkan dari wilayah lain, sehingga memberikan hasil yang kurang tepat. Untuk itu, maka dibutuhkan pola hietograf yang sesuai dengan kondisi setempat, khususnya di Kota Bekasi. Kajian ini bertujuan untuk mengembangkan pola hietograf hujan rencana di Kota Bekasi, supaya membantu perencana dalam merencanakan dimensi saluran drainase yang tepat. Berbagai variasi tipe data hujan dibutuhkan untuk kajian. Data hujan durasi pendek dengan interval pencatatan 5 menit berhasil dikumpulkan. Data tersebut diolah menjadi data hujan durasi 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 1 jam sampai dengan 3 jam. Metode menggunakan analisis statistik terhadap data historis dengan membentuk grafik yang menghubungkan antara persentase akumulasi hujan ($\frac{P}{P_x}$) dengan persentase durasi hujan ($\frac{t}{t_d}$). Hasilnya, telah terbentuk pola hietograf di Kota Bekasi untuk durasi 60 menit sampai 180 menit. Pola hietograf yang dihasilkan memiliki bentuk early peak dan berbeda dengan pola distribusi hujan yang telah banyak digunakan seperti metode Mononobe, metode Chicago, metode SCS dan metode Huff.

Kata Kunci: *hietograf hujan rencana, distribusi waktu hujan, drainase perkotaan, lengkung intensitas*

Abstract

The design storm hyetograph has a significant influence in determining the peak and volume of floods. Generally, time distribution (synthetic hyetograph) is necessary for flood and it is usually fulfilled using patterns generated from other areas, thus giving imprecise results. For this reason, a hyetograph pattern is needed that is in accordance with local conditions, especially in Bekasi City. This study aims to develop a design storm hyetograph pattern in Bekasi City, to help planners in planning the proper drainage dimensions. Various types of rainfall data are required for the study. Short duration rainfall data with a recording interval of 5 minutes were collected. The data is processed into rainfall data for 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 30 minutes, and 1 to 3 hours in duration. The method uses statistical analysis of historical data by created graphical that connects the percentage of accumulated rainfall (P/P_x) with the percentage of rainfall duration (t/t_d). As a result, a hyetograph pattern has been formed in Bekasi City for 60 to 180 minutes in duration. The resulting hyetograph pattern has an early peak shape and is different from the rainfall distribution patterns that have been widely used such as the Mononobe method, Chicago method, SCS method and Huff method.

Keywords: *design storm hyetograph, time distribution, urban drainage, intensity duration frequency*

PENDAHULUAN

Distribusi waktu hujan (hietograf) memiliki pengaruh signifikan terhadap proses hidrologi dalam menentukan besarnya puncak banjir dan volume banjir. Umumnya, dalam rangka untuk melakukan prediksi debit banjir berdasarkan hujan rencana, diterapkan distribusi waktu hujan yang dihasilkan dari wilayah lain. Genovez (2003) dan Mello, *et.al.* (2003) dalam Back (2011) menyatakan bahwa distribusi waktu hujan rencana harus diperoleh dari data yang diamati di lokasi setempat.

Masalah umum yang terkait dengan pemilihan distribusi waktu hujan rencana adalah rangkaian data observasi yang tersedia terbatas untuk menurunkan lengkung intensitas (Back, 2011). Oleh karena hal tersebut, maka sering menggunakan pendekatan dari daerah lain. Seperti yang didiskusikan oleh Pilgrim dan Cordery (1975) bahwa pendekatan untuk menurunkan pola distribusi waktu hujan dapat dibagi dalam 3 kategori yaitu (i) pola distribusi yang sewenang-wenang (*arbitrary temporal patterns*), (ii) berdasarkan kurva lengkung intensitas (IDF) dan (iii) berdasarkan data historis kejadian hujan ekstrim.

Pendekatan berdasarkan kurva IDF telah banyak dikritisi oleh para investigator investigator karena pola yang dihasilkan tersebut tidak realistis dan tidak menggambarkan karakteristik kejadian hujan yang sebenarnya. Pendekatan yang lebih rasional dan salah satu yang diistimewakan oleh para investigator adalah mendefinisikan pola distribusi waktu hujan berdasarkan kejadian hujan historis, namun prosedur untuk menentukan informasi yang relevan dari kejadian hujan historis belum dapat ditentukan secara baik. Menurut Marsalek and Watt (1984) terdapat 11 pendekatan yang dapat digunakan untuk menurunkan distribusi hujan rencana dan mengusulkan untuk perencanaan drainase di Kanada dengan menggunakan 2 tipe yaitu: pendekatan *uniform intensity storm* yang digunakan dalam metode rasional dan

variasi intensitas hujan (*varying rainfall intensity*).

Di daerah Slovenia, Dolšak, *et.al* (2016) telah melakukan analisis berdasarkan pada kurva Huff (1967) dan menunjukkan hasilnya bahwa variabilitas kurva Huff (1967) menurun seiring dengan meningkatnya durasi curah hujan. Sementara, Back (2011) melakukan kajian terhadap hujan ekstrim di Urussanga, Santa Catarina dan menunjukkan hasil dimana tipe distribusi hujan (berhubungan dengan kurva Huff) yang terjadi lebih sering Tipe I sekitar 42 % dan selanjutnya diikuti tipe II sekitar 31,1 %, tipe III sekitar 18% dan tipe IV sekitar 17,6%. Kejadian hujan ekstrim untuk tipe I dan tipe II lebih sering terjadi pada musim panas dan tipe III dan tipe IV terjadi sepanjang tahun.

Melihat kondisi di atas, maka pola distribusi waktu hujan rencana (hietograf) lebih baik menggunakan data kejadian hujan historis. Oleh karena itu, maka dilakukan pengembangan pola hietograf hujan rencana di Kota Bekasi, supaya dapat membantu para perencana dalam menentukan dimensi drainase perkotaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Kajian ini memerlukan berbagai variasi tipe data hujan agar dapat memberikan gambaran terkait dengan pola hietograf di Kota Bekasi. Data hujan yang dikumpulkan adalah data hujan durasi pendek dengan periode pencatatan 5 menit yang bersumber dari pos hujan otomatis. Kejadian hujan ekstrim yang dipilih tidak mengikuti kriteria yang didefinisikan oleh Huff (1967) yaitu suatu kejadian hujan ekstrem yang idenpenden memiliki distribusi hujan yang kontinu dan dipisahkan dengan minimal 6 jam sebelum dan sesudah kejadian hujan yang lainnya. Definisi yang dikemukakan oleh Huff ini belum dapat diadopsi dalam kajian ini karena pola distribusi waktu hujan yang dikembangkan hanya maksimal sampai dengan 3 jam. Dengan

demikian, maka kejadian hujan ekstrim yang didefinisikan dalam kajian ini adalah kejadian hujan yang terpisah minimal 60 menit sebelum dan sesudah kejadian hujan lainnya. Sementara total kedalaman hujan minimal yang dipilih menggunakan persamaan berikut (Back., 2011):

$$P_{min} = 8.9914D^{0.2466} \quad (1)$$

dengan keterangan:

P_{min} : curah hujan minimal (mm)

D : durasi hujan (menit)

Desain Hietograf Hujan Rencana

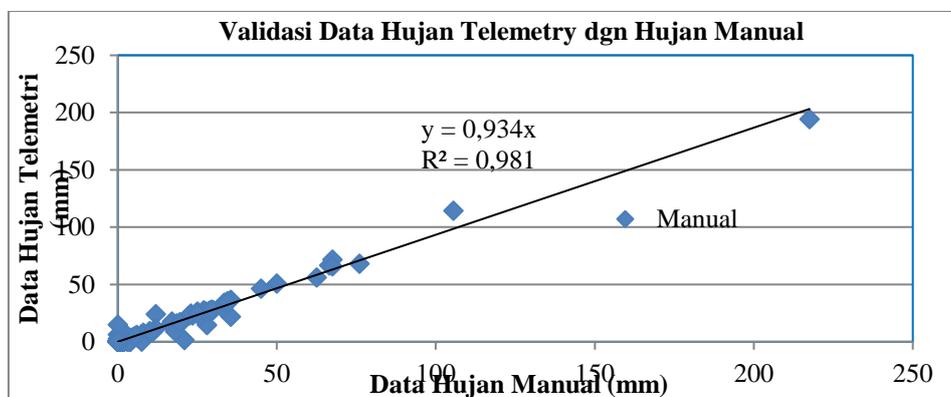
Distribusi waktu hujan atau desain hietograf dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu diturunkan dari Kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) dan dari analisis data kejadian hujan historis. Distribusi Waktu Hujan atau Desain Hietograf berdasarkan IDF dapat menggunakan metode ABM (*Alternating Block Method*). Metode ini banyak digunakan di Indonesia karena keterbatasan data. Metode IDF yang sering digunakan adalah Metode Mononobe karena penggunaannya lebih praktis dan kebutuhan data yang mudah tersedia. Desain hietograf berdasarkan analisis data kejadian hujan historis jarang digunakan karena membutuhkan data kejadian hujan interval kecil (minimum jam-jaman). Metode ini lebih sesuai karena berdasarkan data yang diamati. Hasil Studi Hershfield (1962) dan Huff (1967)

merupakan salah satu hasil pendekatan yang dilakukan berdasarkan kejadian data hujan historis. Dalam rangka untuk mendesain hietograf hujan atau distribusi waktu kejadian hujan, maka akan dikonstruksi berdasarkan data historis kejadian hujan ekstrim dan selanjutnya akan dikomparasi dengan metode-metode yang telah tersedia yang bersumber dari kajian dari daerah lain. **Distribusi waktu hujan** atau **hietograf** dinyatakan dalam bentuk grafik yang menghubungkan antara *persentase akumulasi hujan* ($\frac{P}{P_{max}}$) dengan *persentase durasi hujan* ($\frac{t}{t_d}$) sehingga penggunaannya dapat lebih luas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketersediaan dan *Screening* Data

Data hujan yang dikumpulkan adalah data hujan durasi pendek dengan periode pencatatan 5 menit yang bersumber dari pos hujan otomatis. Data hujan otomatis dengan periode pencatatan 5 menit dikumpulkan dari pos hujan di Kantor Balai Litbang Irigasi, Bekasi dari tahun 2008 s/d 2020. Sebelum data otomatis tersebut diolah, terlebih dahulu dipilih (*screening*) untuk mendapatkan data hujan dengan kualitas yang baik. *Screening* data dilakukan dengan membandingkan data hujan otomatis harian dengan pengamatan data hujan manual. Hasil perbandingan kedua data tersebut menunjukkan hasil seperti pada Gambar 1.

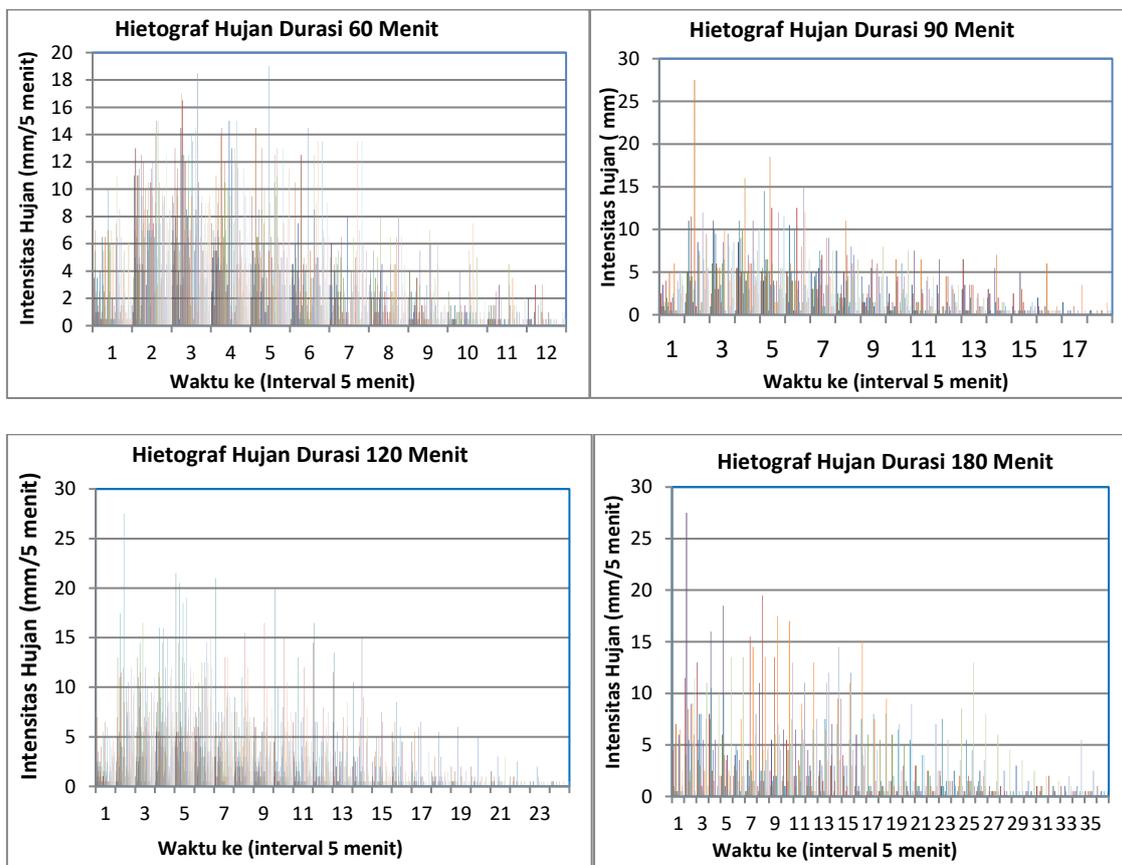


Gambar 1. Hasil validasi data antara hujan manual dengan hujan otomatis (telemetri).

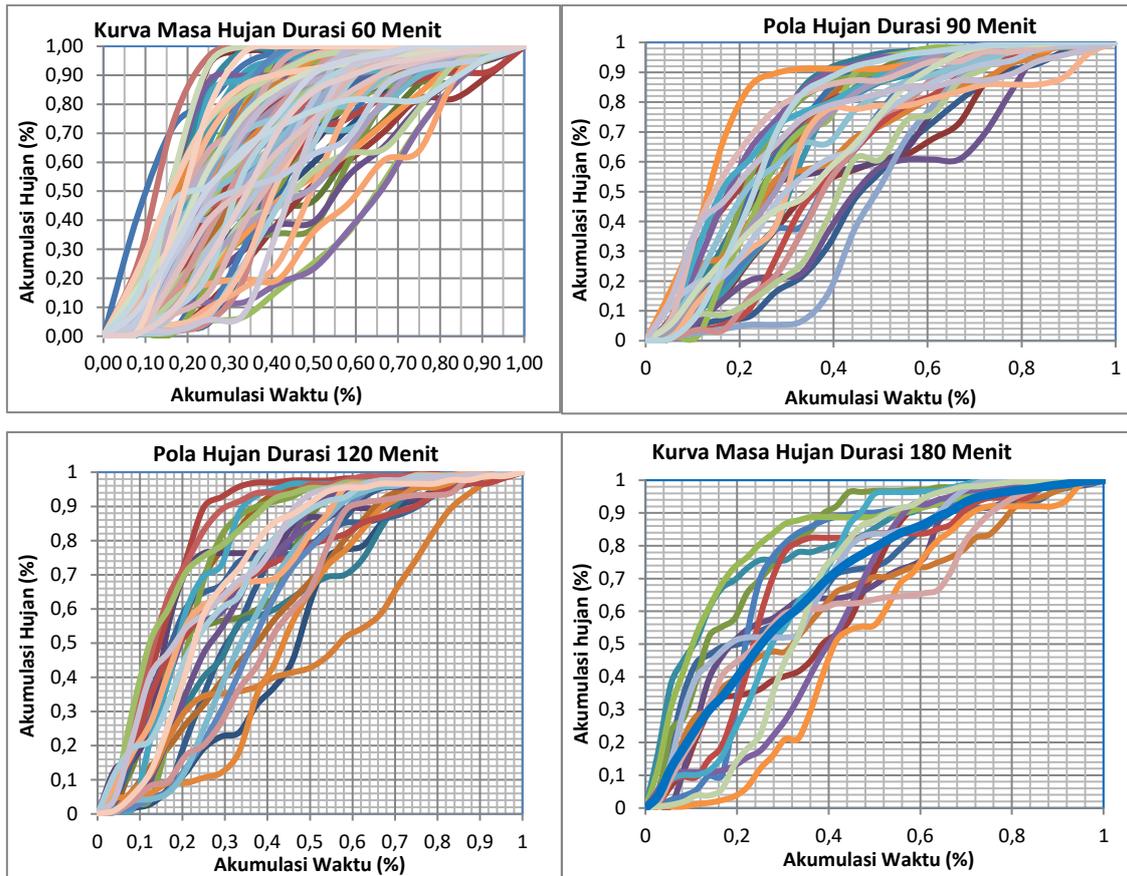
Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi data hujan otomatis tersebut memiliki kualitas yang baik karena memiliki grafik lurus dengan korelasi yang baik. Dari data hujan tersebut, selanjutnya diolah untuk mendapatkan data hujan periode 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 1 jam sampai dengan 3 jam. Rentang waktu periode 5 menit sampai dengan 3 jam menggunakan sistem *floating time*, yaitu mencari jumlah hujan termaksimum untuk lama waktu 5 menit sampai 3 jam. Sebagai contoh, curah hujan maksimum 3 jam, dapat dihasilkan dari akumulasi hujan mulai dari jam 1 s/d jam 3 atau jam 2 s/d jam 4, dan seterusnya. Kejadian hujan yang dipilih adalah kejadian hujan yang terpisah minimal 60 menit sebelum dan sesudah kejadian hujan lainnya dengan total hujan selama 1 jam (60 menit) sekitar 20 mm dan atau 50 mm per hari. Berdasarkan kriteria tersebut, maka diperoleh sekitar 147 data

kejadian hujan dengan durasi hujan mulai 60 menit sampai dengan 180 menit.

Kejadian hujan durasi 60 menit diperoleh sekitar 78 kejadian yang selanjutnya digunakan untuk membentuk pola hietograf hujan rencana dengan durasi 60 menit. Data kejadian hujan yang telah dikumpulkan dapat dilihat pada Gambar 2. Kejadian hujan dengan durasi 60 menit merupakan yang paling dominan terjadi di Kota Bekasi yaitu hampir sekitar 53 % dari seluruh kejadian hujan ekstrim. Kejadian hujan durasi 90 menit diperoleh sekitar 29 kejadian atau hampir sekitar 20 % dari seluruh kejadian hujan ekstrim. Kejadian hujan durasi 120 menit diperoleh sekitar 25 kejadian atau hampir sekitar 17 % dari seluruh kejadian hujan ekstrim. Kejadian hujan durasi 180 menit diperoleh sekitar 15 kejadian atau hampir sekitar 10 % dari seluruh kejadian hujan ekstrim.



Gambar 2. Data kejadian hujan dengan durasi 60 menit



Gambar 3. Normalisasi data kejadian hujan untuk durasi 60 s/d 180 menit

Hietograf Hujan Rencana

Hietograf hujan desain atau distribusi waktu hujan rencana seringkali memiliki pengaruh signifikan terhadap proses hidrologi dalam menentukan besarnya puncak banjir dan volume banjir. Umumnya, dalam rangka untuk melakukan prediksi debit banjir berdasarkan hujan rencana, dibutuhkan distribusi waktu hujan dan biasanya dipenuhi dengan menggunakan pola yang dihasilkan dari wilayah lain. Padahal distribusi waktu hujan harus diperoleh dari data yang diamati di lokasi yang bersangkutan (Genovez, 2003 dan Mello, *et.al.*, 2003 dalam Back, 2011). Untuk itu, di wilayah Kota Bekasi dikembangkan pola distribusi waktu hujan berdasarkan data yang ada di Kota Bekasi. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, maka selanjutnya diolah dengan melakukan normalisasi semua kejadian hujan mulai dari durasi 60 menit sampai dengan durasi 180 menit. Hasil

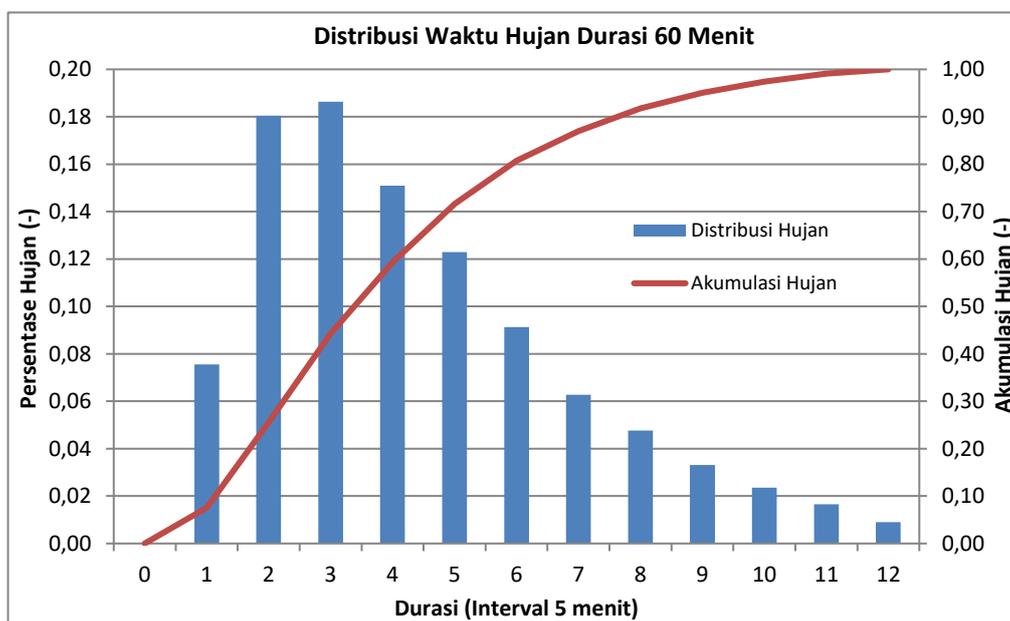
normalisasi semua kejadian hujan tersebut, dibentuk dalam bentuk grafik persentase antara akumulasi hujan dengan durasi hujannya. Bentuk normalisasi kejadian hujan tanpa dimensi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Grafik normalisasi kejadian hujan pada Gambar 3 selanjutnya diolah untuk mendapatkan pola dengan melakukan rata-rata dari seluruh kejadian untuk masing-masing durasi hujan. Pola hietograf hujan durasi 60 menit diperoleh dari rata-rata kejadian hujan durasi 60 menit kemudian dilakukan disagregasi untuk mendapatkan nilai bobot untuk masing-masing interval waktu, seperti yang terdapat pada Gambar 4. Pola distribusi kejadian hujan yang dihasilkan untuk durasi 60 menit memiliki bentuk kurva yang condong ke kiri (*early peak*) yang berarti bahwa kejadian hujan akan langsung lebat pada kuartal awal durasi 60 menit. Pola hietograf hujan untuk

durasi 60 menit memiliki bentuk yang serupa dengan yang dihasilkan oleh Watt *et.al.* (1985) untuk durasi 1 jam di Canada. Pola hietograf hujan untuk durasi 60 menit dengan interval waktu 5 menit dapat dilihat pada Tabel 1.

Durasi hujan 90 menit di Kota Bekasi cukup sering terjadi yaitu sekitar 20 % dari total kejadian hujan yang terseleksi. Durasi 90 menit ini masih dalam kategori Tipe I dalam kriteria metode Huff (1967) atau sering disebut sebagai kuartil 1. Meskipun masuk dalam

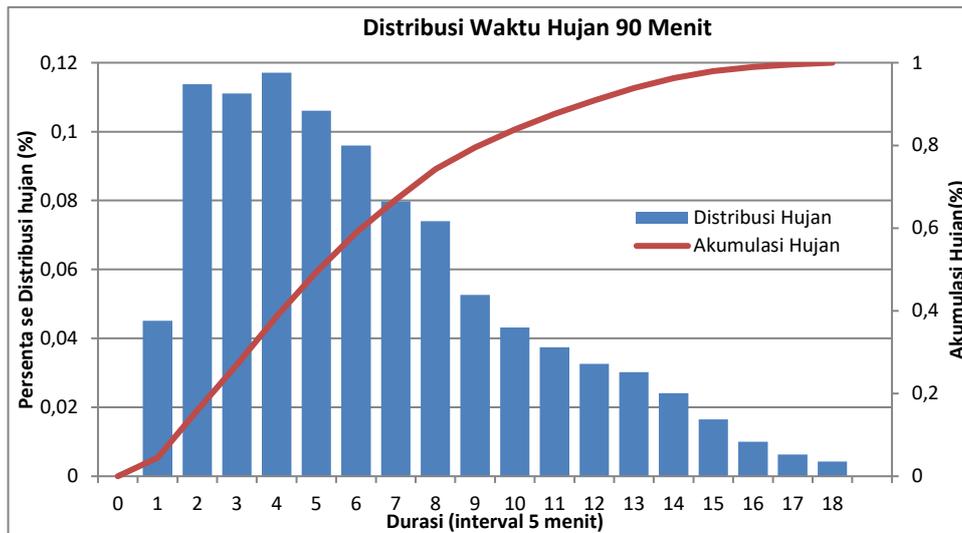
kategori kuartil 1, namun pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi berbeda dengan yang dihasilkan oleh Huff (1967). Pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi untuk durasi 90 menit dapat dilihat pada Gambar 5 dan secara tabularis pada Tabel 2. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pola hietograf yang dihasilkan memiliki pola distribusi normal yang miring ke kiri atau memiliki puncak lebih awal (*early peak*). Interval waktu yang digunakan adalah 5 menitan.



Gambar 4. Pola distribusi waktu hujan durasi 60 menit

Tabel 1. Distribusi waktu hujan untuk durasi 60 menit

No	t/td	P/Px	Distribusi (%)
0	0.000	0.000	0.00
1	0.083	0.075	7.55
2	0.167	0.256	18.04
3	0.250	0.442	18.63
4	0.333	0.593	15.09
5	0.417	0.716	12.29
6	0.500	0.807	9.12
7	0.583	0.870	6.27
8	0.667	0.918	4.76
9	0.750	0.951	3.31
10	0.833	0.974	2.35
11	0.917	0.991	1.66
12	1.000	1.000	0.91



Gambar 5. Pola distribusi waktu hujan durasi 90 menit

Tabel 2. Distribusi waktu hujan untuk durasi 90 menit

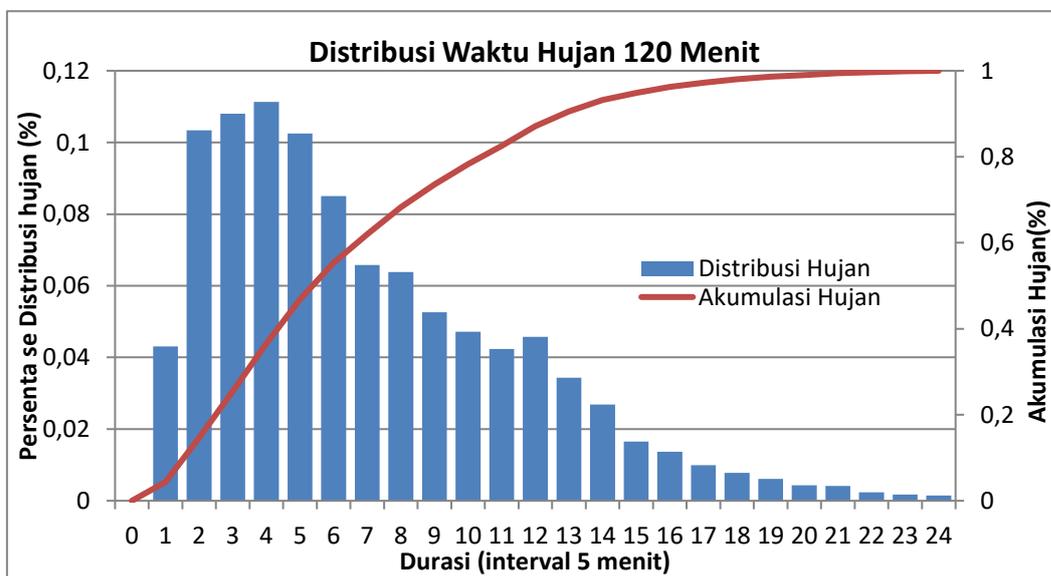
No	t/td	P/Px	Distribusi (%)
0	0.000	0.000	0.00
1	0.056	0.045	4.51
2	0.111	0.159	11.37
3	0.167	0.270	11.11
4	0.222	0.387	11.71
5	0.278	0.493	10.60
6	0.333	0.589	9.60
7	0.389	0.669	7.98
8	0.444	0.743	7.41
9	0.500	0.796	5.26
10	0.556	0.839	4.31
11	0.611	0.876	3.74
12	0.667	0.909	3.26
13	0.722	0.939	3.02
14	0.778	0.963	2.41
15	0.833	0.979	1.65
16	0.889	0.989	1.00
17	0.944	0.996	0.63
18	1.000	1.000	0.42

Durasi hujan 120 menit di Kota Bekasi memiliki urutan ke 3 dalam frekuensi kejadian hujan atau sekitar 17 % dari total kejadian hujan yang terseleksi. Durasi 120 menit ini masih dalam kategori Tipe I dalam kriteria metode Huff (1967) atau sering disebut sebagai quartile 1. Meskipun masuk dalam

kategori kuartil 1, namun pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi berbeda dengan yang dihasilkan oleh Huff (1967). Pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi untuk durasi 120 menit dapat dilihat pada Gambar 6 dan secara tabularis pada Tabel 3. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa pola

hietograf yang dihasilkan memiliki pola distribusi normal yang miring ke kiri atau memiliki puncak lebih awal (*early peak*). Interval waktu yang digunakan adalah 5 menit. Durasi hujan 180 menit di Kota Bekasi memiliki urutan ke 4 dari segi frekuensi kejadian hujan atau sekitar 10 % dari total kejadian hujan yang terseleksi. Durasi 180 menit ini masih dalam kategori Tipe I dalam kriteria metode Huff (1967) atau sering disebut sebagai quartile 1. Meskipun masuk dalam kategori kuartil 1, namun pola hietograf

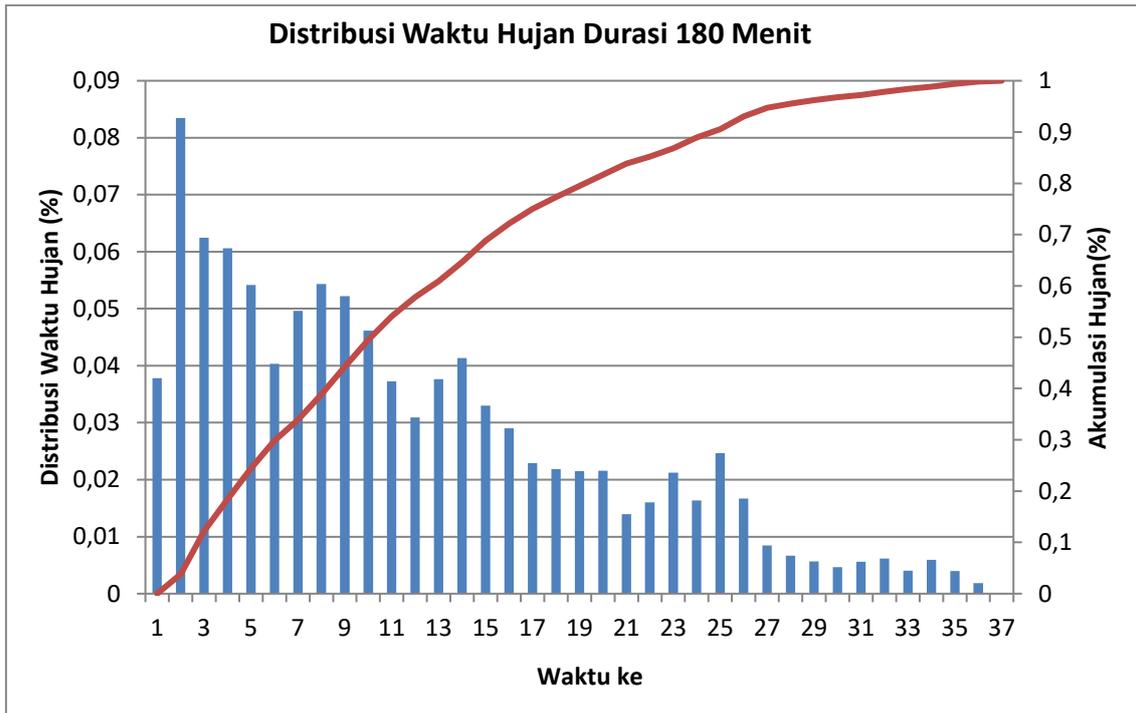
yang dihasilkan di Kota Bekasi berbeda dengan yang dihasilkan oleh Huff (1967). Pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi untuk durasi 180 menit dapat dilihat pada Gambar 7 dan secara tabularis pada Tabel 4. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pola hietograf yang dihasilkan memiliki pola distribusi *pattern 3* (Ball, 1994) dimana memiliki pola hujan diawali dengan intensitas tinggi dan selanjutnya menurun sampai dengan akhir menit ke 180. Interval waktu yang digunakan adalah 5 menit.



Gambar 6. Pola distribusi waktu hujan durasi 120 menit

Tabel 3. Distribusi waktu hujan untuk durasi 120 menit

No	t/td	P/Px	Distribusi (%)	No	t/td	P/Px	Distribusi (%)
0	0.000	0.000	0.00	13	0.542	0.879	3.04
1	0.042	0.034	3.37	14	0.583	0.899	2.02
2	0.083	0.115	8.11	15	0.625	0.913	1.41
3	0.125	0.232	11.68	16	0.667	0.931	1.85
4	0.167	0.344	11.24	17	0.708	0.943	1.19
5	0.208	0.444	10.00	18	0.750	0.956	1.28
6	0.250	0.531	8.65	19	0.792	0.967	1.13
7	0.292	0.591	6.05	20	0.833	0.975	0.78
8	0.333	0.656	6.48	21	0.875	0.981	0.55
9	0.375	0.707	5.14	22	0.917	0.986	0.58
10	0.417	0.749	4.15	23	0.958	0.990	0.31
11	0.458	0.800	5.07	24	1.000	1.000	1.05
12	0.500	0.848	4.86				



Gambar 7. Pola distribusi waktu hujan durasi 180 menit

Tabel 4. Distribusi waktu hujan untuk durasi 180 menit

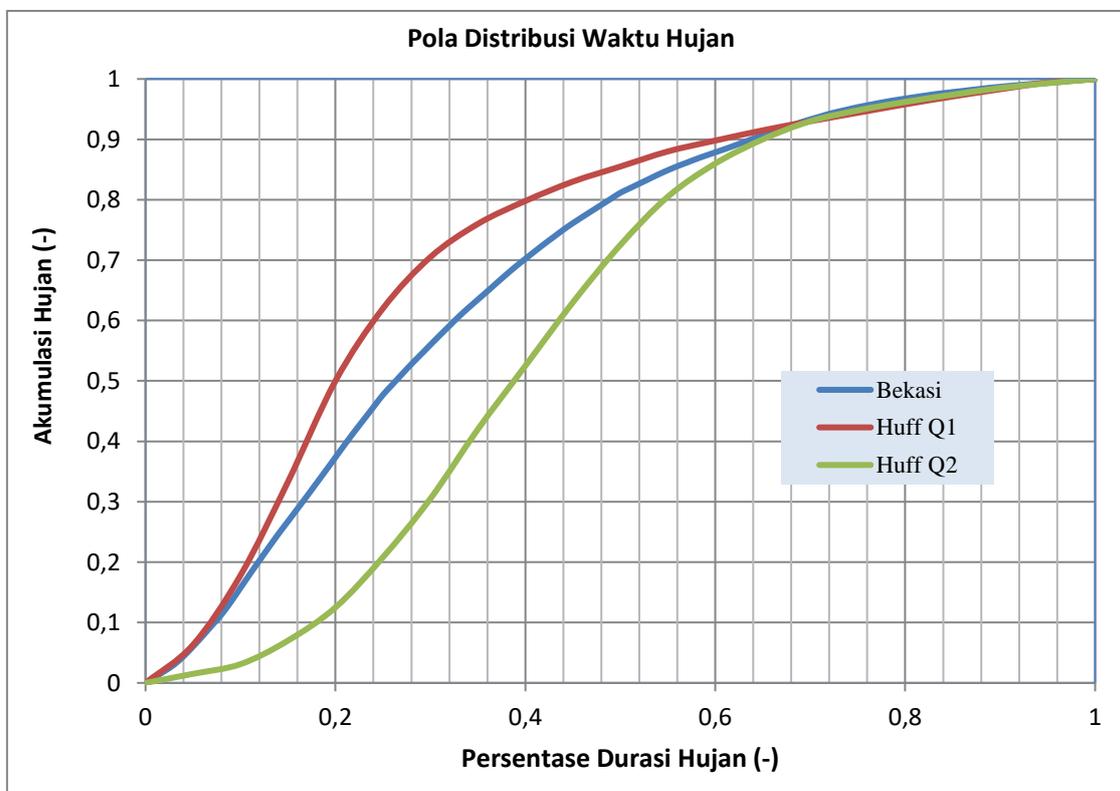
No	t/td	P/Px	Distribusi (%)	No	t/td	P/Px	Distribusi (%)
0	0.000	0.000	0.00	19	0.528	0.817	2.15
1	0.028	0.038	3.78	20	0.556	0.838	2.16
2	0.056	0.121	8.35	21	0.583	0.852	1.40
3	0.083	0.184	6.24	22	0.611	0.868	1.61
4	0.111	0.244	6.06	23	0.639	0.889	2.12
5	0.139	0.298	5.41	24	0.667	0.906	1.64
6	0.167	0.339	4.03	25	0.694	0.930	2.46
7	0.194	0.388	4.96	26	0.722	0.947	1.67
8	0.222	0.443	5.43	27	0.750	0.955	0.85
9	0.250	0.495	5.22	28	0.778	0.962	0.67
10	0.278	0.541	4.62	29	0.806	0.968	0.56
11	0.306	0.578	3.72	30	0.833	0.972	0.47
12	0.333	0.609	3.09	31	0.861	0.978	0.56
13	0.361	0.647	3.77	32	0.889	0.984	0.61
14	0.389	0.688	4.13	33	0.917	0.988	0.40
15	0.417	0.721	3.30	34	0.944	0.994	0.59
16	0.444	0.750	2.90	35	0.972	0.998	0.40
17	0.472	0.773	2.29	36	1.000	1.000	0.19
18	0.500	0.795	2.19				2.15

Perbandingan Pola Hietograf Hujan Rencana

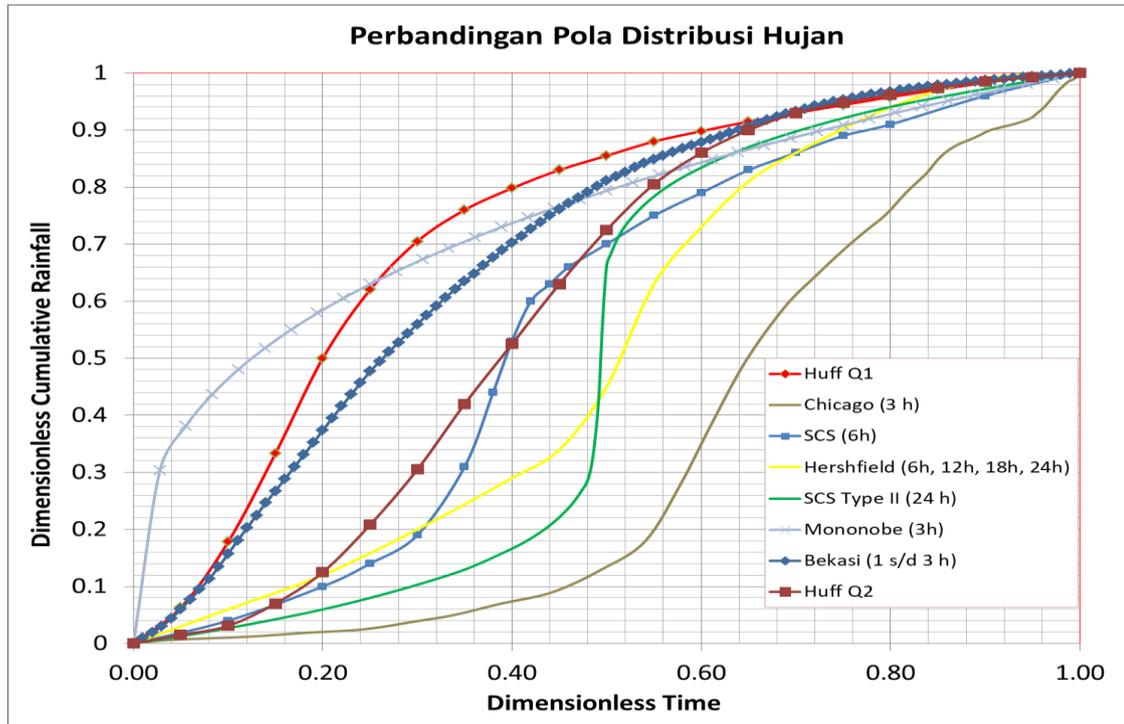
Pola hietograf untuk masing-masing durasi di Kota Bekasi yang telah dihasilkan selanjutnya diregionalisasi untuk menghasilkan satu pola yang dapat mewakili semua durasi hujan mulai 60 menit sampai dengan 180 menit. Bentuk pola hietograf yang dihasilkan seperti yang terlihat pada Gambar 8. Pola hietograf yang dihasilkan tersebut selanjutnya dikomparasi dengan pola hietograf yang dihasilkan oleh Huff (1967). Pola hietograf Huff yang dibandingkan hanya untuk kuartil 1 dan kuartil 2. Mengapa hanya untuk kedua tipe tersebut? Karena pola hietograf di Kota Bekasi masuk dalam kategori yang pertama (kuartil 1) yaitu hujan terjadi pada jam 1 dari seluruh kejadian hujan. Namun pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi berbeda dengan yang dihasilkan oleh Huff (1967) kuartil 1, sehingga dicoba dibandingkan juga dengan kuartil 2 seperti yang terlihat pada Gambar 8. Berdasarkan

Gambar 8, dapat dilihat bahwa pola hietograf di Kota Bekasi berada diantara pola hietograf metode Huff kuartil 1 dan kuartil 2, sehingga pola hietograf metode Huff di Kota Bekasi kurang tepat untuk digunakan. Selain membandingkan dengan metode Huff, beberapa pendekatan yang umum digunakan dalam membuat pola hietograf hujan rencana juga dilakukan.

Beberapa metode yang dibandingkan adalah metode Chicago (Keifer and Chu., 1957), metode SCS (*Soil Conservation Service*, 1972), metode Hershfield (Hershfield., 1962) dan metode yang sering digunakan di Indonesia yaitu metode Mononobe. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada grafik seperti pada Gambar 9. Dari grafik yang dihasilkan, bahwa pola hietograf hujan di Kota Bekasi tidak ada yang memiliki bentuk yang sama, oleh karena itu, maka penggunaan pola hietograf di Kota Bekasi sudah harus menggunakan yang dihasilkan dalam kajian ini



Gambar 8. Pola distribusi waktu hujan di Kota Bekasi



Gambar 9. Perbandingan pola hietograf dengan beberapa metode

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian ini maka dapat disimpulkan:

1. Pola distribusi waktu hujan untuk durasi pendek (1 jam, 1.5 jam, 2 jam dan 3 jam) di Kota Bekasi telah dihasilkan
2. Pola distribusi waktu hujan yang dihasilkan memiliki pola *early peak* dan hasilnya berada di antara pola metode Huff Quartile 1 dan Quartile 2.
3. Pola distribusi waktu hujan yang dihasilkan di Kota Bekasi memiliki pola yang berbeda dengan beberapa metode yang umum digunakan yaitu metode Huff, metode Chicago, metode Hershfield, metode SCS dan metode Mononobe (metode yang banyak digunakan di Indonesia)
4. Pola distribusi waktu wujan yang dihasilkan dapat membantu perencana untuk mendesain volume limpasan dalam rangka mendesain kolam retensi atau detensi

DAFTAR PUSTAKA

- Back, A.J., 2011. Time distribution of heavy rainfall events in Urussanga, Santa Catarina State, Brazil. *Maringá*, v. 33, n. 4, p. 583-588, 2011. doi:10.4025/actasciagron. v33i4.6664
- Dolšak, D., Bezak, N and Šraj, M., 2016. Temporal characteristics of rainfall events under three climate types in Slovenia. *Journal of Hydrology* 541 (2016) 1395–1405. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.047>
- Hershfield, D., 1962. Extreme rainfall relationships. *Journal of the Hydraulics Division* 88 (11), 73–92.
- Huff, F. A. 1967. Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, 3(4), pp. 1007- 1019.
- Keifer, C.J., Chu, H.H., 1957. Synthetic storm pattern for drainage design. *Journal of*

- the Hydraulics Division*, ASCE 83, 1e25.
- Marsalek, J. and Watt, W.E., 1984. Design storms for urban drainage design. *Canadian Journal Civil Engineering no 11*, 574-584.
- Pilgrim, D., Cardery, I., 1975. Rainfall temporal patterns for design floods. *Journal of the Hydraulics Division* 101 (HY1), 81-95.
- Soil Conservation Service. 1972. Hydrology. *SCS National Engineering Handbook*, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, 110