



PENGEMBANGAN KURVA DISTRIBUSI HUJAN SINTETIS DI KOTA BEKASI, PROVINSI JAWA BARAT

DEVELOPMENT OF A SYNTHETIC RAINFALL DISTRIBUTION CURVE FOR BEKASI AREA

Segel Ginting

Balai Teknik Irigasi, Direktorat Jenderal SDA, PUPR
Jl. Cut Meutia, Kotak Pos 147 Bekasi
Correspondence email: gintingsegel@pu.go.id

Diterima: 14 Februari 2021; Direvisi: 23 Desember 2021; Disetujui: 24 Desember 2021

ABSTRACT

The rainfall time distribution has a significant influence in determining the peak magnitude and the volume of runoff as well. Generally, rainfall-based runoff predictions require a rainfall-time distribution, and are usually met using patterns generated from other areas, thus giving inaccurate results. For this reason, time distribution of rainfall pattern is needed in accordance with local and specific conditions, especially in Bekasi City. This study aims to develop a synthetic rainfall time distribution pattern in Bekasi City, so that it can assist planners in designing appropriate drainage channel dimensions. Various types of rain data are needed for this study. Short duration of rainfall data with a recording interval of 5 minutes from 2010 to 2020 at the Bekasi rainfall station were collected. The data is processed into rain data for 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 30 minutes, 1 hour to 3 hours. The method used is frequency analysis of historical data by forming a graph that connects the percentage of rainfall accumulation with the percentage of rainfall duration. As a result, a rainfall time distribution pattern has been formed in Bekasi City for a duration of 60 minutes to 180 minutes. The produced synthetic rainfall time distribution pattern has an early peak shape and is different from the distribution pattern that has been widely used such as the Mononobe method, the Chicago method, the SCS method and the Huff method

Key words: *Hyetograph rainfall, time distribution of rainfall, urban drainage, intensity duration frequency*

ABSTRAK

Distribusi waktu hujan mempunyai pengaruh yang signifikan dalam menentukan besarnya puncak dan volume limpasan. Umumnya, prediksi limpasan berdasarkan hujan dibutuhkan distribusi waktu hujan, dan biasanya dipenuhi dengan menggunakan pola yang dihasilkan dari wilayah lain, sehingga memberikan hasil yang kurang tepat. Untuk itu, maka dibutuhkan pola distribusi waktu hujan yang sesuai dengan kondisi setempat dan spesifik, khususnya di Kota Bekasi. Kajian ini bertujuan untuk mengembangkan pola distribusi waktu hujan sintetis di Kota Bekasi, supaya dapat membantu perencana dalam merancang dimensi saluran drainase yang tepat. Berbagai variasi tipe data hujan dibutuhkan untuk kajian ini. Data hujan durasi pendek dengan interval pencatatan 5 menit mulai dari tahun 2010 sampai 2020 di pos hujan Bekasi berhasil dikumpulkan. Data tersebut diolah menjadi data hujan durasi 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 1 jam sampai dengan 3 jam. Metode yang digunakan menggunakan adalah analisis frekuensi terhadap data historis dengan membentuk grafik yang menghubungkan antara persentase akumulasi hujan dengan persentase durasi hujan. Hasilnya, telah terbentuk pola distribusi waktu hujan di Kota Bekasi untuk durasi 60 menit sampai 180 menit. Pola distribusi waktu hujan sintetis yang dihasilkan memiliki bentuk early peak dan berbeda dengan pola distribusi waktu hujan yang telah banyak digunakan seperti metode Mononobe, metode Chicago, metode SCS dan metode Huff.

Kata kunci: *Hietograf hujan, distribusi waktu hujan, drainase perkotaan, lengkung intensitas*

PENDAHULUAN

Menentukan Penetapan dimensi bangunan hidraulik atau pekerjaan yang terkait dengan air bergantung pada bentuk dari desain hidrograf limpasan. Kejadian hujan maksimum yang digunakan untuk menilai hidrograf limpasan pada periode ulang tertentu disebut *hujan rencana*. Distribusi waktu hujan rencana (hietograf) digunakan dengan hidrograf satuan untuk memprediksi hidrograf limpasan menggunakan model hidrologi hujan-limpasan (*rainfall-runoff model*). Bentuk dan waktu hidrograf limpasan bergantung pada besaran dan distribusi waktu curah hujan, sehingga distribusi waktu hujan sintetis merupakan komponen penting dalam pemodelan, karena desain distribusi waktu hujan yang digunakan tidak sesuai akan berdampak signifikan pada debit puncak banjir (Bezak et al., 2018). Hujan rencana dapat diturunkan dari lengkung intensitas (IDF) atau dari analisis statistik hujan maksimum yang diamati. Berkenaan dengan distribusi waktu hujan sintetis, *Soil Conservation Service* (SCS) telah mengembangkan empat jenis kurva kumulatif yaitu kurva Tipe I, Tipe II, Tipe III dan Tipe IA, berlaku untuk wilayah AS (Chow et al., 1988). Kurva kumulatif SCS tipe II umumnya digunakan di daerah kering untuk membangun distribusi waktu hujan rencana (Elfeki et al., 2014). Kurva Tipe IA adalah yang paling tidak intens sedangkan tipe II adalah curah hujan durasi pendek yang paling intens. Tipe I dan IA mewakili iklim maritim Pasifik dengan musim dingin basah dan musim panas yang kering. Tipe III mewakili Teluk Meksiko dan wilayah pesisir Atlantik di mana badai tropis membawa curah hujan 24 jam yang besar. Tipe II mewakili seluruh negara (NRCS, 1986).

Pada tahun 2011, Back menyatakan bahwa distribusi waktu hujan sintetis harus diperoleh dari data yang diamati di lokasi setempat. Masalah umum yang terkait dengan pemilihan distribusi waktu hujan sintetis 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 bahwa pendekatan untuk menurunkan pola distribusi waktu hujan dapat dibagi dalam 3 kategori yaitu (i) pola distribusi yang berubah-ubah atau acak (*arbitrary temporal patterns*), (ii) berdasarkan kurva lengkung intensitas (IDF) dan (iii) berdasarkan data historis kejadian hujan ekstrim (Pilgrim & Cordery, 1975). Pendekatan berdasarkan kurva IDF telah banyak dikritisi oleh para peneliti karena pola yang dihasilkan tidak realistis dan tidak menggambarkan karakteristik kejadian hujan yang sebenarnya. Pendekatan yang lebih rasional dan

salah satu yang dipilih oleh para peneliti 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.

Distribusi waktu hujan sintetis adalah pola hujan yang terjadi terhadap durasi hujannya. Banyak peneliti menganalisis data curah hujan aktual untuk mengembangkan distribusi waktu hujan sintetis (hietograf). Distribusi waktu hujan tersebut dapat dilihat dalam karya (Huff, 1967; Huff, 1990; Pani & Haragan, 1981; Al-Saadi, 2002; Asquith, 2003; Guo & Hargadin, 2009; Al-Rawas & Valeo, 2009; Awadallah & Younan, 2012 dan Elfeki et al., 2014). Metodologi yang dikemukakan oleh Huff adalah salah satu yang paling banyak dikenal dan dikutip (Huff, 1967). Huff mengusulkan serangkaian kurva kumulatif hujan badai dari beberapa nilai durasi yang terdiri antara 3 dan 48 jam. Huff juga menyelidiki distribusi waktu untuk periode 12 tahun yaitu 1955-1966 berdasarkan data dari 261 hujan badai. Durasi hujan badai ini berkisar dari 3 hingga 48 jam di jaringan seluas 400 mil persegi dari 49 alat pengukur hujan yang tercatat di bagian timur sampai ke pusat Illinois. Setiap hujan badai memiliki curah hujan rata-rata wilayah setidaknya 0,5 inci (12,7 mm), dan setidaknya satu alat pengukur hujan di dalam wilayah tersebut harus mencatat curah hujan setidaknya 1 inci (25,4 mm). Huff membuat empat kelompok badai yang dikategorikan berdasarkan waktu persentase terbesar dari total curah hujan badai, apakah terjadi pada kuartil pertama, kedua, ketiga dan keempat dari periode hujan badai. Dia mempresentasikan hietograf tanpa dimensi median (persentil ke-50) untuk setiap kuartil. Huff juga memberikan kurva yang mewakili persentil lainnya mulai dari 10 hingga 90 persen yang menyelimuti kurva median.

Al-Rawas dan Valeo menganalisis data dari 2042 peristiwa hujan badai yang terjadi dari tahun 1983 hingga 2003 di daerah aliran sungai Rustaq dan sekitarnya di Oman untuk mengembangkan hietograf atau karakteristik kurva distribusi waktu hujan dari iklim kering (Al-Rawas & Valeo, 2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara distribusi waktu hujan berdasarkan data Oman dan distribusi standar yang ditetapkan seperti Huff (Huff, 1967) dan SCS (NRCS, 1986). Studi tersebut menunjukkan bahwa hujan badai di daerah iklim kering seperti Oman memperlihatkan karakteristik distribusi waktu yang sangat unik. Mereka merekomendasikan bahwa hietograf baru dapat digunakan bersama dengan data frekuensi curah hujan lain yang tersedia untuk melakukan

pemodelan banjir bandang untuk iklim kering. Hal yang sama juga dilakukan di wilayah Sinai (El-Sayed, 2018). Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa distribusi waktu curah hujan diperoleh dari pengamatan seratus dua puluh tujuh badai curah hujan dari dua belas alat pengukur curah hujan dari tahun 1989 hingga 2014 untuk wilayah Sinai. Kurva distribusi hujan sintetis yang dikembangkan dibandingkan dengan distribusi SCS lainnya. Hasilnya memperlihatkan perbedaan yang signifikan dalam menghitung limpasan antara distribusi waktu hujan yang diusulkan dan distribusi SCS. Distribusi SCS memberikan debit puncak sekitar 17% lebih rendah dari distribusi waktu hujan di wilayah Sinai (El-Sayed, 2018). Di wilayah Al Quassim, Arab Saudi. desain hietograf direkomendasikan dikembangkan menggunakan metode ABM untuk kajian banjir dan studi drainase air perkotaan, sementara desain hietograf dengan kuartil 1 Huff digunakan untuk aplikasi sistem peringatan dini banjir (Soliman, 2022). Awadallah dan Younan menganalisis data curah hujan berdurasi pendek di daerah kering dan mengusulkan distribusi waktu hujan badai yang mewakili rekaman hujan badai (Awadallah & Younan, 2012). Mereka mengajukan suatu usulan distribusi waktu hujan desain SCS yang dimodifikasi untuk mewakili wilayah dengan hujan badai yang lebih terpusat. Penelitian mencapai titik desain yang aman dengan cara melakukan suatu modifikasi sederhana dari distribusi hujan badai sintetis SCS untuk mengoreksi nilai debit yang dihasilkan oleh distribusi hujan badai konservatif tipe II SCS. Elfeki dan kawan-kawan mengumpulkan dan menganalisis 2027 badai curah hujan selama periode 20-28 tahun yang mencakup 13 wilayah Kerajaan Arab Saudi (Elfeki et al., 2014). Mereka mengembangkan empat pola hietograf curah hujan tanpa dimensi yang berbeda di seluruh kerajaan dan dua pola untuk setiap wilayah karena kurangnya data untuk hujan badai yang berlangsung lama di setiap wilayah. Hasil studinya menyarankan penggunaan pola curah hujan tak berdimensi yang dihasilkan untuk setiap wilayah dalam pengembangan hietograf hujan badai untuk setiap durasi desain, total curah hujan, dan periode ulang. Hietograf hujan badai yang dikembangkan memiliki fitur yang berbeda dari pola hujan badai lain yang biasa digunakan di zona kering. Studi tersebut merekomendasikan penggunaan hietograf hujan badai untuk desain bangunan hidraulik di wilayah kerajaan dan wilayah yang sama.

Menurut Marsalek and Watt (Marsalek & 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 yang menghasilkan bahwa variabilitas kurva Huff menurun seiring dengan meningkatnya durasi curah hujan. Sementara, Back (Back, 2011) melakukan kajian terhadap hujan ekstrim di Urussanga, Santa Catarina yang memperlihatkan bahwa 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 sintetis lebih baik menggunakan data kejadian hujan historis. Oleh karena itu, maka tujuan dilakukan kajian ini adalah untuk pengembangan pola distribusi waktu hujan sintetis di Kota Bekasi. Pola distribusi waktu hujan yang diusulkan berdasarkan pada data curah hujan yang tercatat pada 1 pos hujan otomatis di Kantor Balai Teknik Irigasi yang berada di Kota Bekasi.

METODOLOGI

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Kajian ini memerlukan data kejadian hujan dengan interval data yang sangat pendek agar dapat memberikan gambaran terkait dengan pola hietograf di Kota Bekasi, Jawa Barat. 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 independen yang memiliki distribusi hujan kontinu dan dipisahkan 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):

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

Dimana:

- P_{min} : curah hujan minimal (mm)
- D : durasi hujan (menit)

Distribusi Waktu Hujan Sintetis

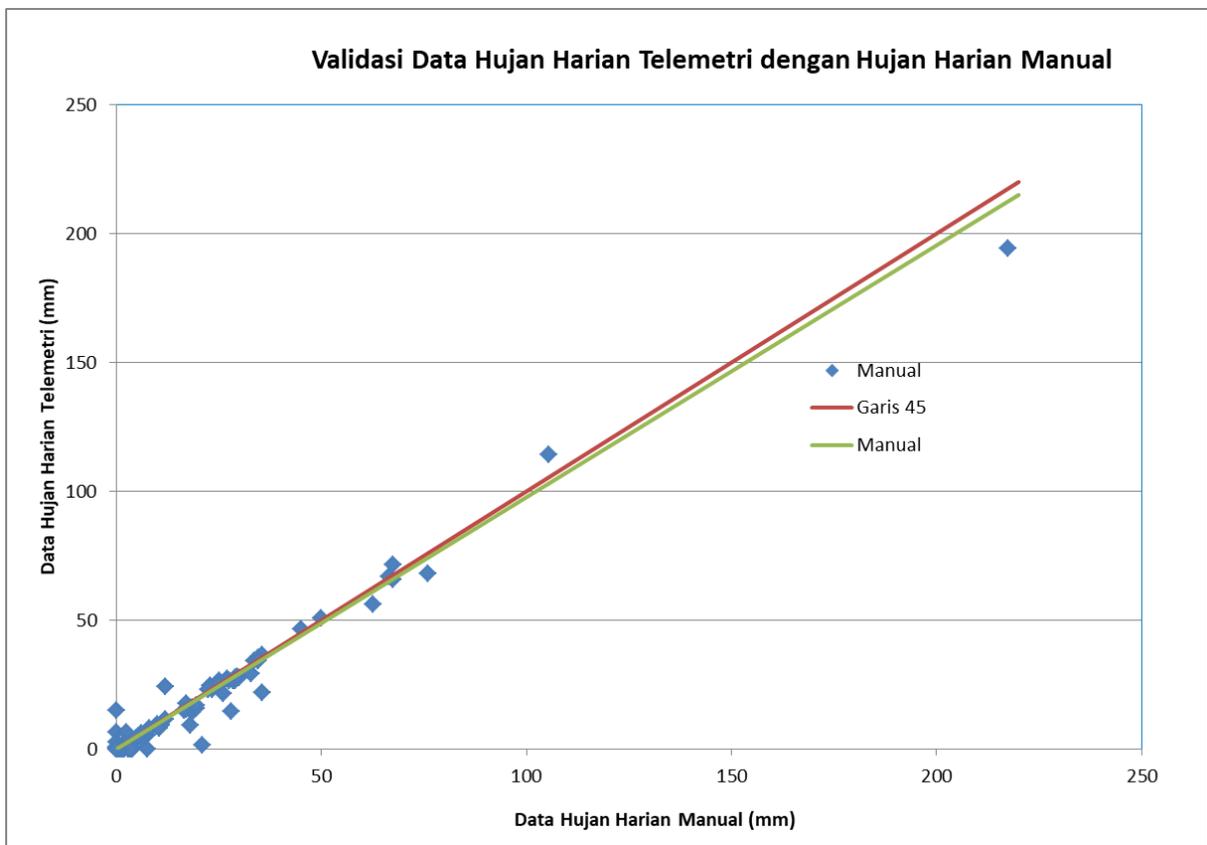
Distribusi waktu hujan sintetis atau desain hietograf dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu diturunkan dari lengkung intensitas (IDF) dan dari analisis data kejadian hujan historis. Distribusi waktu hujan atau desain hietograf berdasarkan IDF dapat menggunakan metode ABM (*Alternating Block Method*). Metode ini banyak digunakan di Indonesia karena keterbatasan data. Metode IDF yang sering digunakan adalah Metode Mononobe karena penggunaannya lebih praktis dan data yang dibutuhkan tersedia dengan mudah. 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 (Hershfield, 1962) dan Huff (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. Data hujan yang digunakan adalah data hujan interval 5 menit mulai dari durasi hujan 1 jam sampai dengan 3 jam.

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 harian manual. Hasil perbandingan kedua data tersebut menunjukkan hasil seperti pada **Gambar 1**.

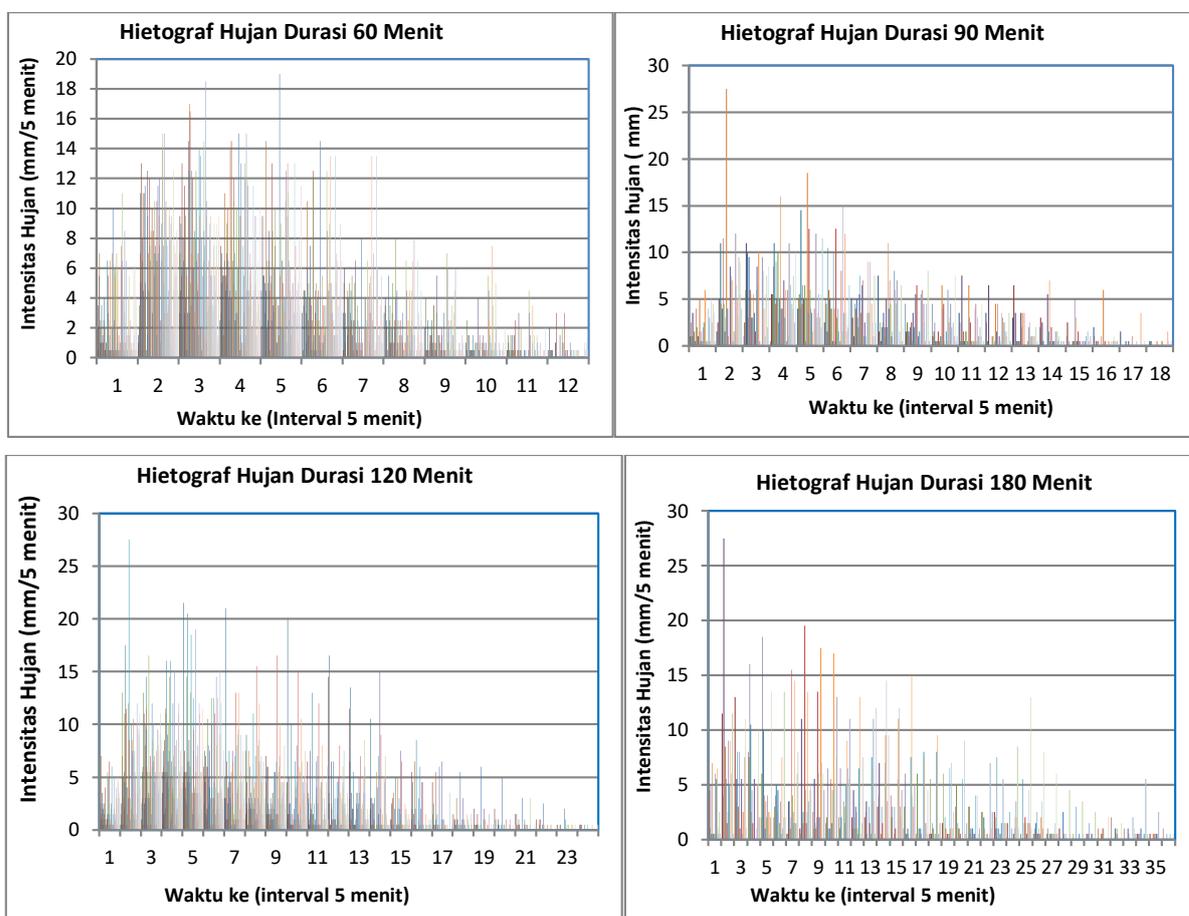


Gambar 1. Hasil validasi data antara hujan harian manual dengan hujan harian otomatis (telemetri).

Hasil tersebut memperlihatkan 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 maksimum untuk lama waktu, untuk masing-masing dari 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**.



Gambar 2. Data kejadian hujan dengan durasi 60 menit

Kejadian hujan dengan durasi 60 menit merupakan yang paling dominan terjadi di Kota Bekasi yaitu hampir sekitar 53% dari seluruh kejadian hujan ekstrem. Kejadian hujan durasi 90 menit diperoleh sekitar 29 kejadian atau hampir sekitar 20% dari seluruh kejadian hujan ekstrem. Kejadian hujan durasi 120 menit diperoleh sekitar 25 kejadian atau hampir sekitar 17% dari seluruh kejadian hujan ekstrem. Kejadian hujan durasi 180

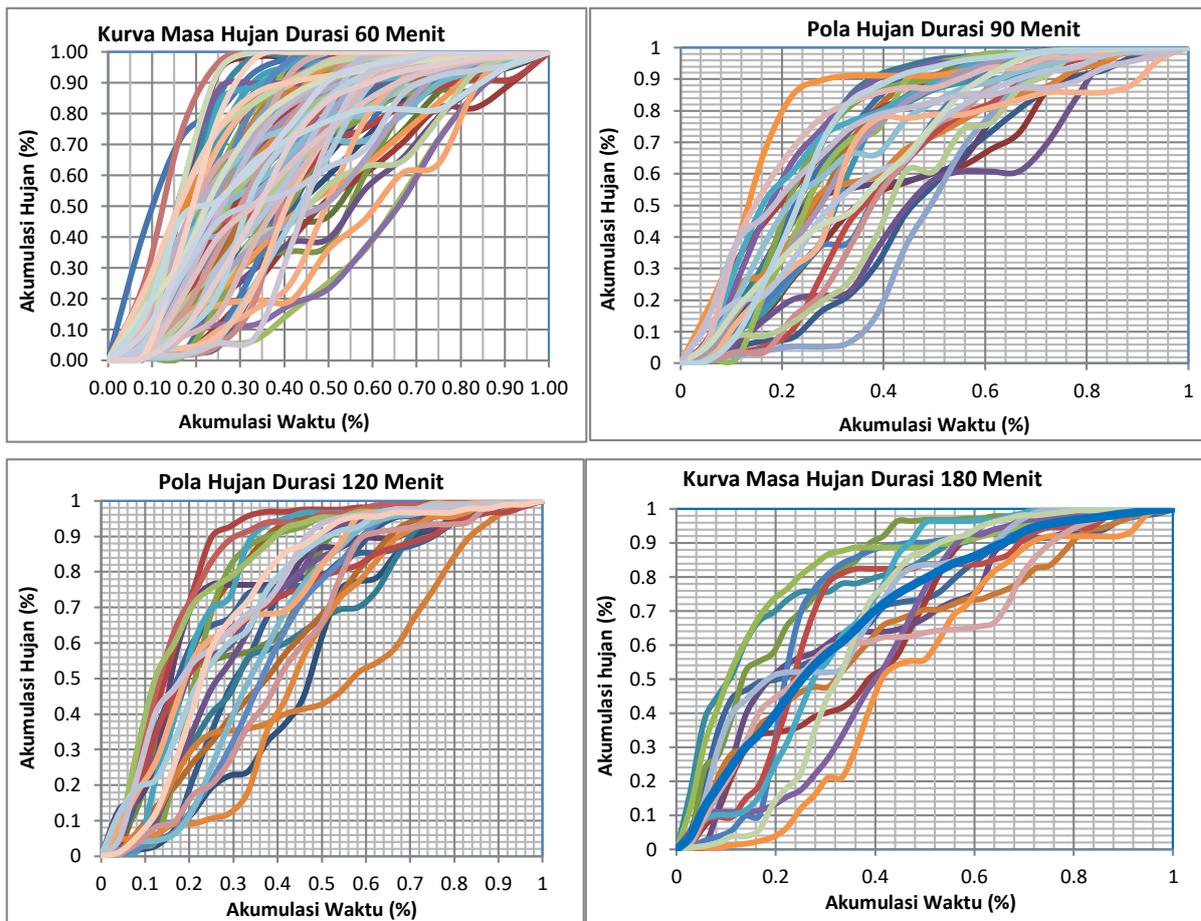
menit diperoleh sekitar 15 kejadian atau hampir sekitar 10% dari seluruh kejadian hujan ekstrem.

Distribusi Waktu Hujan Sintetis

Hietograf hujan rencana 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 (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

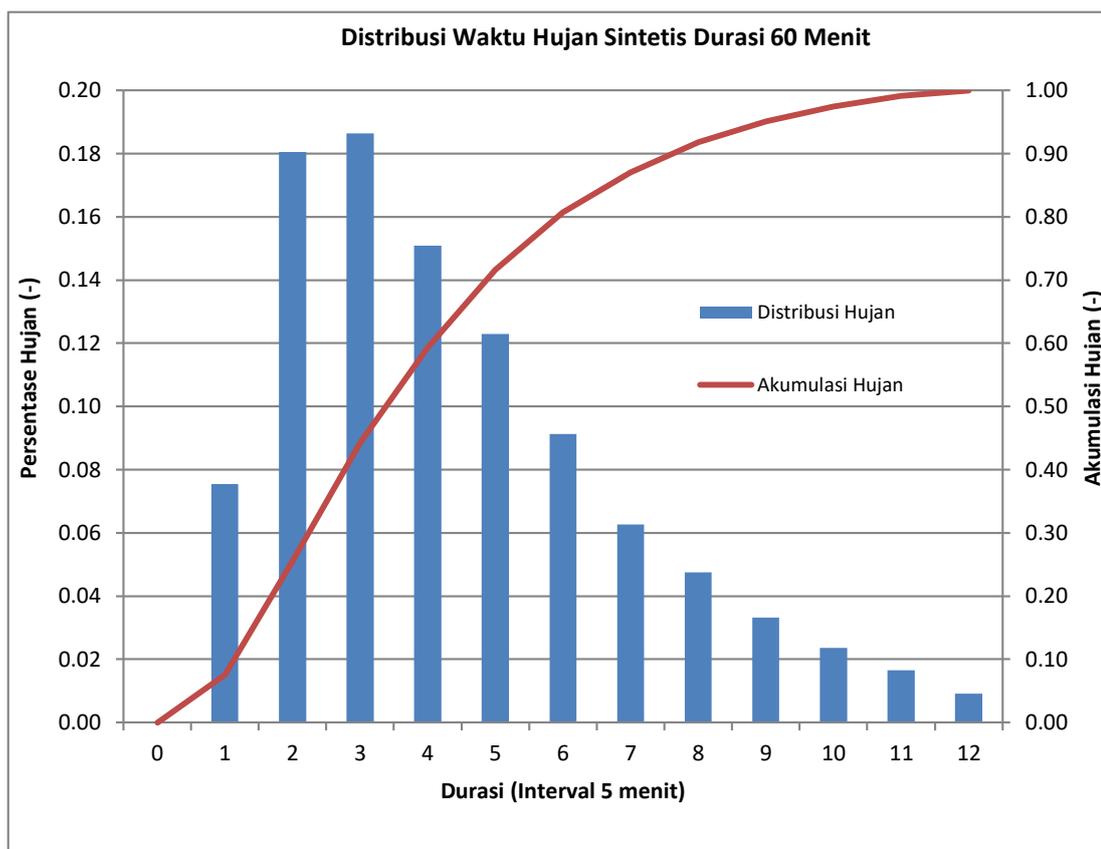
dari durasi 60 menit sampai dengan durasi 180 menit. Normalisasi yang dimaksud adalah dengan melakukan perubahan variabel data intensitas hujan dan durasi hujan menjadi tanpa dimensi. Hasil normalisasi semua kejadian hujan tersebut, dibentuk dalam bentuk grafik persentase antara akumulasi hujan dengan durasi hujannya. Bentuk normalisasi kejadian hujan tanpa dimensi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3**.



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

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 kuartil awal durasi 60 menit. Pola hietograf hujan untuk durasi 60 menit memiliki bentuk yang serupa dengan yang dihasilkan oleh Watt dan kawan-kawan (Watt et al., 1986) untuk durasi 1 jam di Canada. Pola hietograf hujan untuk durasi 60 menit dengan interval waktu 5 menit dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 4. Distribusi waktu hujan sintetis durasi 60 menit

Tabel 1 Distribusi waktu hujan sintetis untuk durasi 60 menit

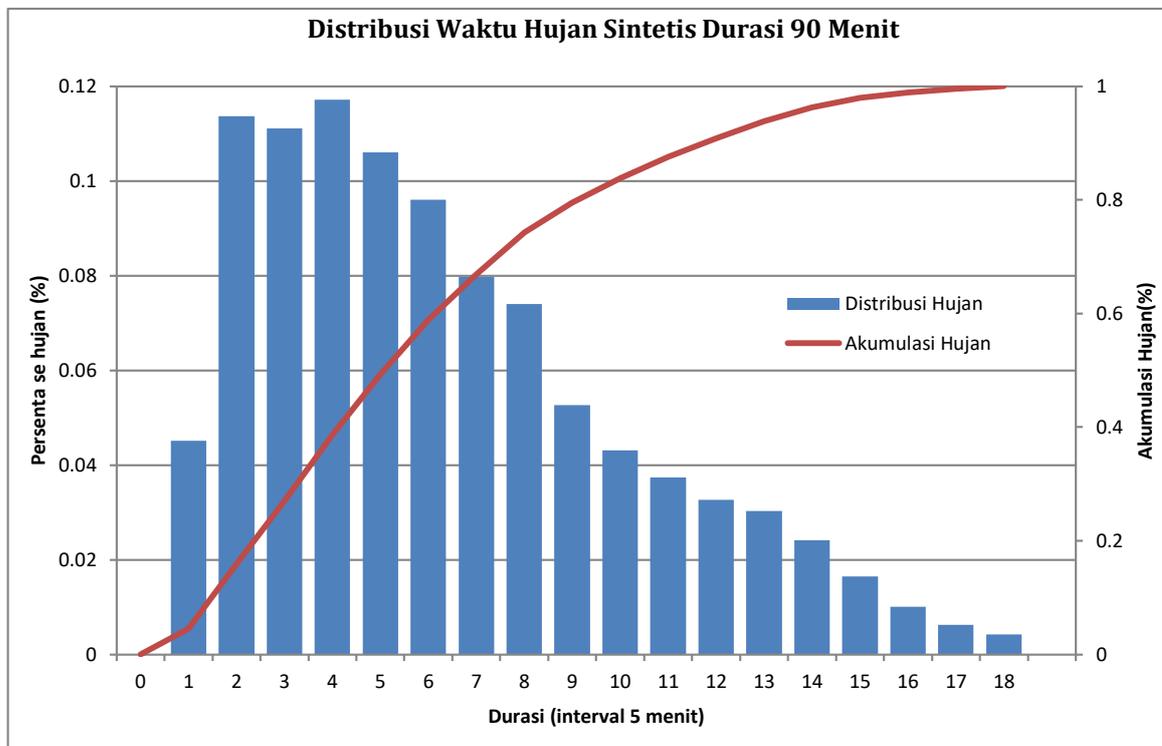
No	t/td	P/Px	Distribusi (%)
0	0,000	0,000	0,00
1	0,083	0,075	7,55
2	0,167	0,256	18,04
3	0,250	0,442	18,63
4	0,333	0,593	15,09
5	0,417	0,716	12,29
6	0,500	0,807	9,12
7	0,583	0,870	6,27
8	0,667	0,918	4,76
9	0,750	0,951	3,31
10	0,833	0,974	2,35
11	0,917	0,991	1,66
12	1,000	1,000	0,91

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 (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 (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 menit. Durasi hujan 120 menit di Kota Bekasi memiliki urutan ke 3 dalam frekuensi kejadian hujan atau sekitar 17 % dari total kejadian hujan yang

terseleksi. Serupa dengan durasi 90 menit, durasi 120 menit juga masuk dalam kategori Tipe I atau kuartil 1 dengan pola hietograf yang dihasilkan berbeda dengan yang dihasilkan Huff (Huff, 1967). Pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi untuk durasi 120 menit dapat dilihat pada **Gambar 6** dan

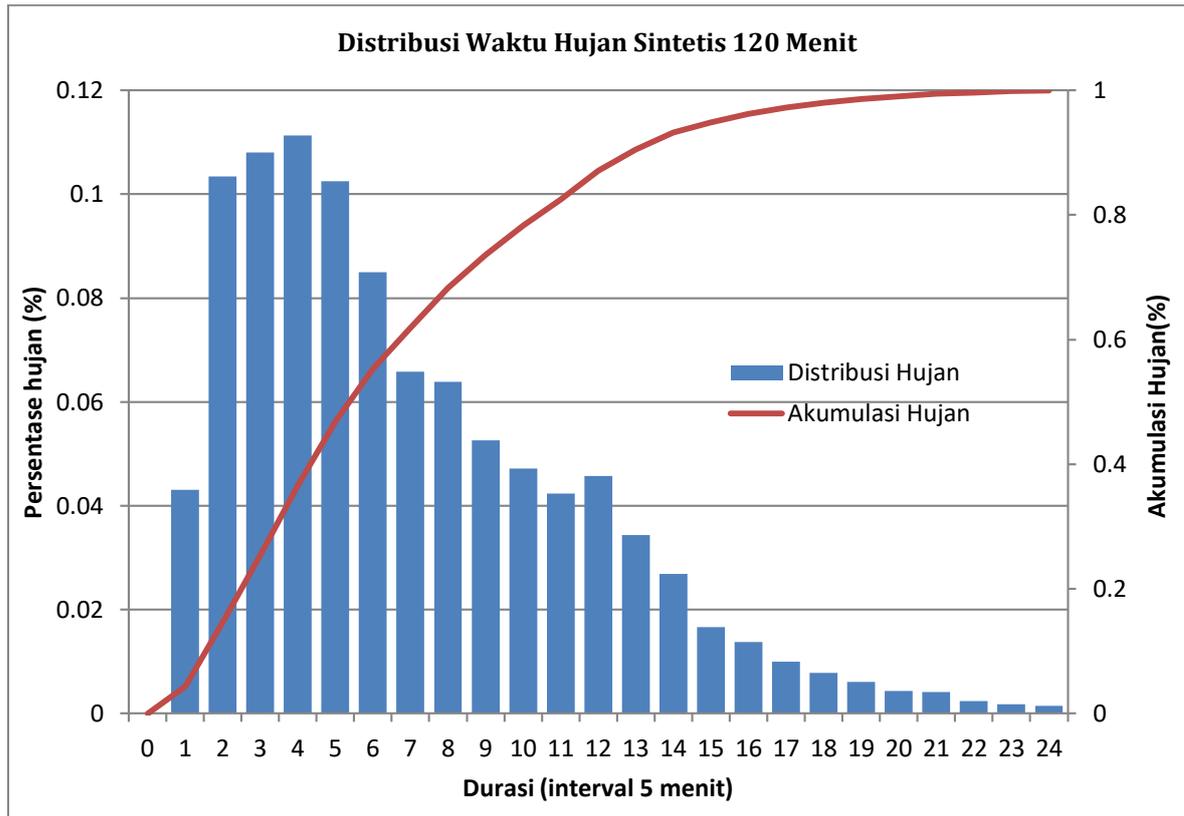
secara tabularis pada **Tabel 3**. Dari **Gambar 6** dapat dilihat bahwa pola hietograf yang dihasilkan memiliki pola distribusi normal yang miring ke kiri atau memiliki puncak lebih awal (*early peak*). Interval waktu yang digunakan adalah 5 menit.



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



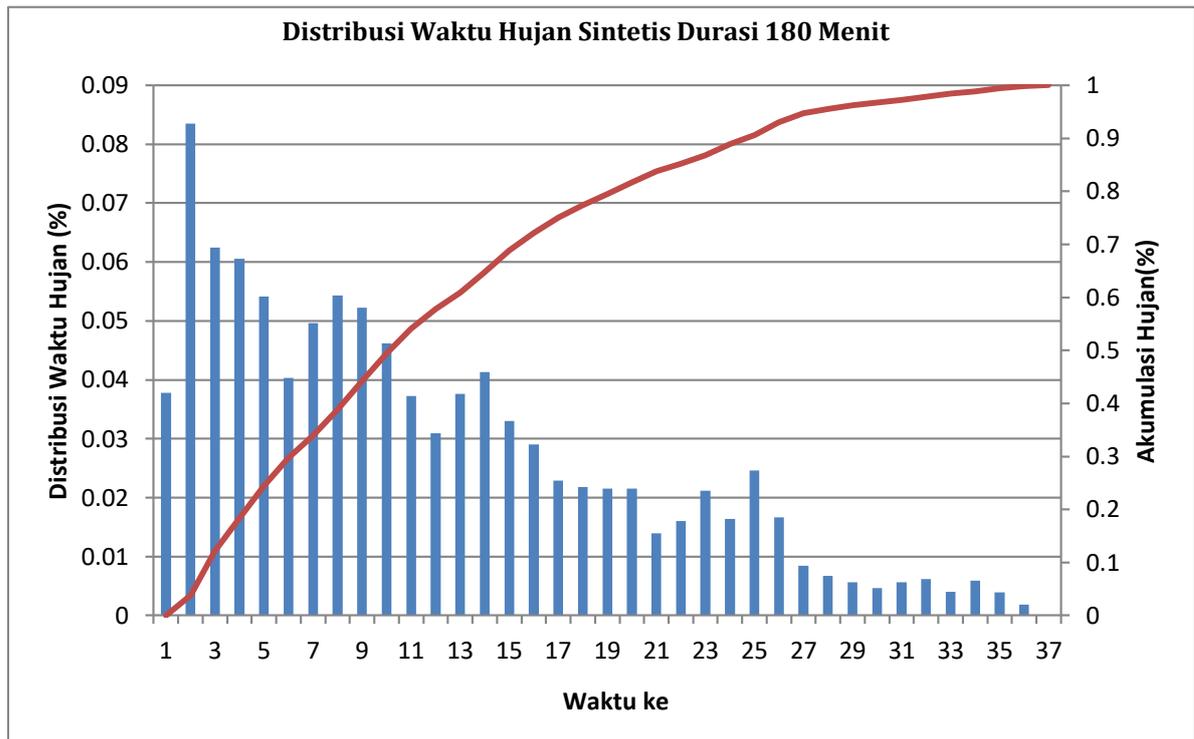
Gambar 6. Distribusi waktu hujan sintetis durasi 120 menit

Tabel 3 Distribusi waktu hujan sintetis 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				

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 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 (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 menitan.



Gambar 7. Distribusi waktu hujan sintetis durasi 180 menit

Tabel 4 Distribusi waktu hujan sintetis 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

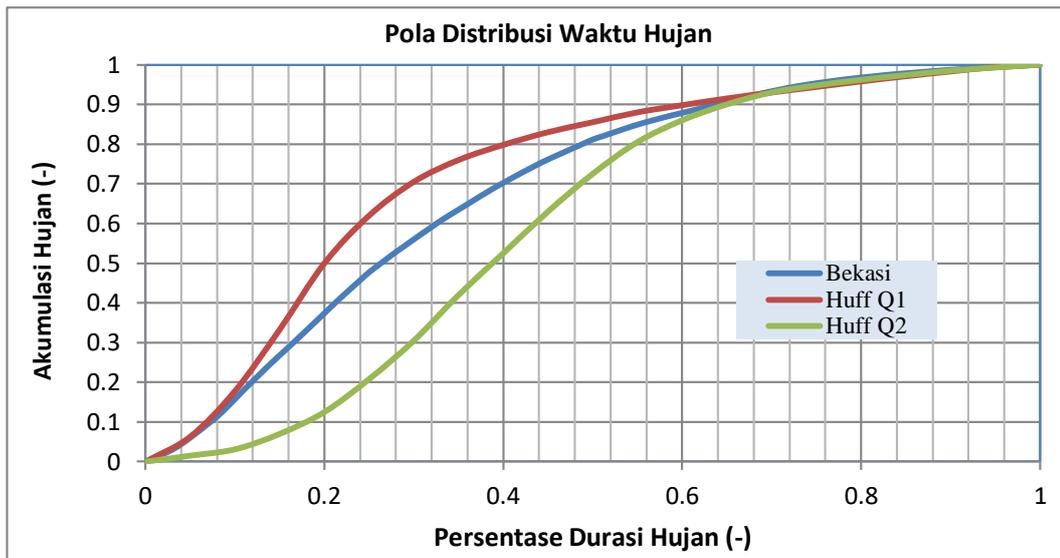
Perbandingan Distribusi Waktu Hujan Sintetis

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

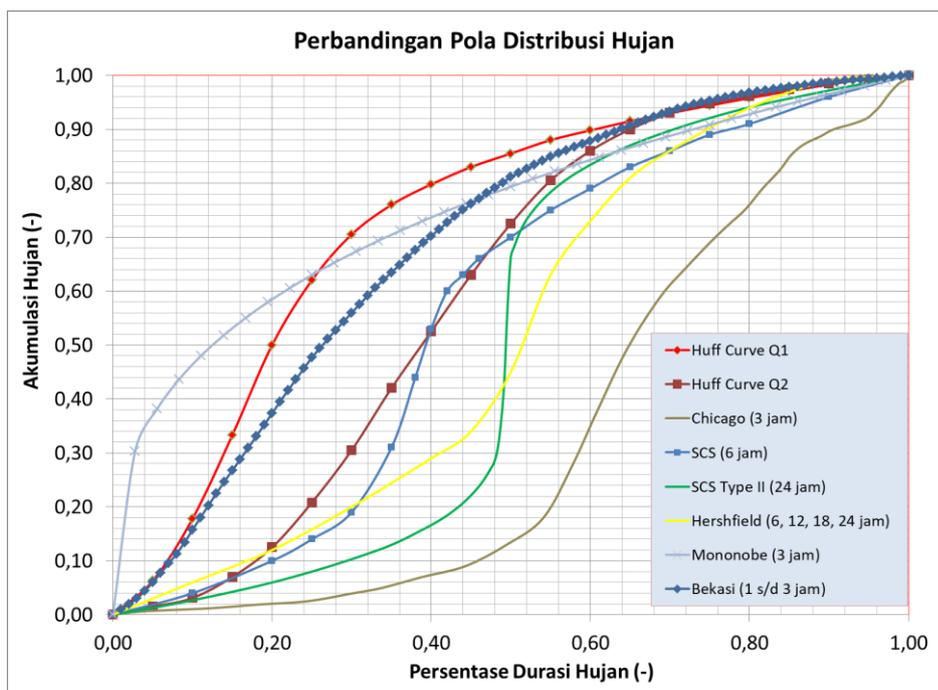
yang dihasilkan seperti yang terlihat pada Gambar 8. Pola hietograf yang dihasilkan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan pola hietograf Huff. Pola hietograf Huff yang dibandingkan hanya untuk kuartil 1 dan kuartil 2. karena pola hietograf di Kota Bekasi masuk dalam kategori yang pertama

(kuartil 1) yaitu hujan terjadi pada jam 1 dari seluruh kejadian hujan. Namun pola hietograf yang dihasilkan di Kota Bekasi berbeda dengan metode Huff 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 & Chu, 1957), metode SCS (Mockus, 1964), 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 distribusi waktu hujan dengan beberapa metode

KESIMPULAN

Kajian terhadap kejadian hujan yang ada di Bekasi mulai dari durasi 1 jam sampai dengan 3 jam telah memberikan hasil dengan diperolehnya pola distribusi waktu hujan yang dapat mewakili di daerah Bekasi. Berdasarkan hasil kajian tersebut telah dihasilkan pola distribusi waktu hujan untuk durasi 1 jam, 1,5 jam, 2 jam dan 3 jam. Pola distribusi waktu hujan yang dihasilkan memiliki pola *early peak* dan hasilnya berada di antara pola metode Huff kuartil 1 dan kuartil 2. 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). Pola distribusi waktu hujan yang dihasilkan merupakan pola yang spesifik untuk lokasi Bekasi sehingga dapat membantu perencana untuk merancang struktur bangunan hidraulik terutama dalam perencanaan sistem drainase perkotaan dalam menentukan volume limpasan untuk mendesain kolam retensi atau detensi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada reviewer makalah ini atas saran dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Rawas, G. A., & Valeo, C. (2009). Characteristics of rainstorm temporal distributions in arid mountainous and coastal regions. *Journal of Hydrology*, 376(1–2), 318–326.
- Al-Saadi, R. (2002). *Hyetograph estimation for the state of Texas*. Texas Tech University.
- Asquith, W. H. (2003). *Modeling of runoff-producing rainfall hyetographs in Texas using L-moment statistics*. The University of Texas at Austin.
- Awadallah, A. G., & Younan, N. S. (2012). Conservative design rainfall distribution for application in arid regions with sparse data. *Journal of Arid Environments*, 79, 66–75.
- 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>
- Ball, J. E. (1994). The influence of storm temporal patterns on catchment response. *Journal of Hydrology*, 158(3–4), 285–303.
- Bezak, N., Šraj, M., Rusjan, S., & Mikoš, M. (2018). Impact of the rainfall duration and temporal rainfall distribution defined using the Huff curves on the hydraulic flood modelling results. *Geosciences (Switzerland)*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/geosciences8020069>
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Larry, W. (1988). *Applied Hydrology. International Edition, MacGraw-Hill, Inc*, 149.
- Dolšak, D., Bezak, N., & Šraj, M. (2016). Temporal characteristics of rainfall events under three climate types in Slovenia. *Journal of Hydrology*, 541(August 2019), 1395–1405. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.047>
- El-Sayed, E. A. H. (2018). Development of synthetic rainfall distribution curves for Sinai area. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1949–1957.
- Elfeki, A. M., Ewea, H. A., & Al-Amri, N. S. (2014). Development of storm hyetographs for flood forecasting in the Kingdom of Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(10), 4387–4398.
- Guo, J. C., & Hargadin, K. (2009). Conservative design rainfall distribution. *Journal of Hydrologic Engineering*, 14(5), 528–530.
- Hershfield, D. M. (1962). Extreme rainfall relationships. *Journal of the Hydraulics Division*, 88(6), 73–92.
- Huff, F. (1990). Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. *Water Survey Campaign*, 22.
- Huff, F. A. (1967). Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, 3(4), 1007–1019.
- Keifer, C. J., & Chu, H. H. (1957). Synthetic storm pattern for drainage design. *Journal of the Hydraulics Division*, 83(4), 1331–1332.
- Marsalek, J., & Watt, W. E. (1984). Design storms for urban drainage design. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 11(3), 574–584.
- Mockus, V. (1964). National engineering handbook. *US Soil Conservation Service: Washington, DC, USA*, 4.
- NRCS, U. (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds-Technical Release 55. *US Department of Agriculture Natural Resources Conservation: Washington, DC, USA*.
- Pani, E. A., & Haragan, D. R. (1981). A comparison of Texas and Illinois temporal rainfall distributions. *Proceedings of the Fourth Conference on Hydrometeorology, Reno, NV, USA*, 7–9.
- Pilgrim, D. H., & Cordery, I. (1975). Rainfall temporal patterns for design floods. *Journal of the Hydraulics Division*, 101(1), 81–95.

- Soliman, A. H. (2022). Development of Rainfall Design Storm Hyetographs for Al-Quassim Region - Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70(1), 362–372. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I1P240>
- Watt, W. E., Chow, K. C. A., Hogg, W. D., & Lathem, K. W. (1986). A 1-h urban design storm for Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 13(3), 293–300.