

POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DI STASIUN HUJAN JURANG SATE DAN STASIUN HUJAN LINGKOK LIME PADA WILAYAH LOMBOK TENGAH
Hourly Rainfall Distribution in Jurang Sate and Lingkok Lime Station in Central Lombok Regency

Puji Rizki Yuli Yani*, Humairo Saidah**, Lalu Wirahman**

*Konsultan CV. One Revorma, Jl Gaharu no. 3 Pagesangan – Kota Mataram

**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62 Mataram
Email : pujirizki11@gmail.com, saidahhumairo64@gmail.com, laluwir@gmail.com

Abstrak

Kebanyakan hujan di Indonesia diukur menggunakan alat ukur manual sehingga tidak diketahui berapa lama durasi hujan berlangsung dan bagaimana distribusi hujannya. Padahal penentuan distribusi hujan dari data harian menjadi hujan jam-jaman sangat menentukan bentuk hidrograf yang dihasilkan, Dan sangat berpengaruh pada ketelitian debit rancangan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan menguji pemakaian beberapa model perhitungan distribusi hujan jam-jaman untuk stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime di Lombok Tengah. Penelitian ini menggunakan metode Modified Mononobe, Alternating Block Method (ABM), dan Triangular Hyetograph Method (THM). Hasil ketiga metode dibandingkan dengan pola distribusi hujan jam-jaman dari hasil observasi berdasarkan nilai RMSE (Root Mean Squared Error) dan NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency). Hasil yang diperoleh pada studi ini menyimpulkan bahwa metode Triangular Hyetograph Method (THM) memiliki pola distribusi hujan yang paling mendekati data observasi, dengan nilai RMSE dan NSE terbaik pada durasi hujan 2, 3, 6, 8 dan 9 jam. Distribusi hujan jam-jaman hasil observasi memiliki dua bentuk pola, yakni pada hujan yang berdurasi di bawah 5 jam memiliki pola intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Pada hujan yang berdurasi lebih dari 6 jam, intensitas hujan cenderung membentuk pola segitiga yaitu kecil pada jam pertama dan naik hingga tercapai intensitas puncak, lalu menurun hingga akhir durasi hujan.

Kata kunci : Pola Distribusi Hujan, Hujan Jam-Jaman.

PENDAHULUAN

Kabupaten Lombok Tengah terletak pada posisi 82° 7' - 8° 30' Lintang selatan dan 116° 10' – 116° 30' Bujur Timur, membujur mulai dari kaki Gunung Rinjani di sebelah Utara hingga ke pesisir pantai Kuta di sebelah Selatan dengan beberapa pulau kecil yang ada di sekitarnya. Berdasarkan klasifikasi Schmid dan Ferguson, Kabupaten Lombok Tengah memiliki iklim D dan iklim E, yaitu hujan tropis dengan musim kemarau kering, yaitu mulai bulan November sampai dengan Mei, sementara curah hujan berkisar antara 1.000 hingga 2.500 mm per tahun (Anonim, 2014).

Kebanyakan hujan di Indonesia diukur menggunakan alat ukur manual sehingga tidak diketahui berapa lama durasi hujan berlangsung dan bagaimana distribusi hujannya. Padahal penentuan distribusi hujan dari data harian menjadi hujan jam-jaman sangat menentukan bentuk hidrograf yang dihasilkan. Hal ini sangat mempengaruhi ketelitian debit rancangan yang dihasilkan. Hingga saat ini kabupaten Lombok Tengah belum memiliki pola distribusi hujan jam-jaman khususnya pada daerah penelitian yaitu stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime. Dengan stasiun Jurang Sate memiliki alat ukur hujan otomatis yang jarang dimiliki oleh daerah lain. Dengan pertimbangan ketersediaan data hujan jam-jaman, maka diperlukan pola distribusi hujan jam-jaman pada daerah penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pola distribusi hujan jam-jaman di stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime pada wilayah Lombok Tengah menggunakan metode *Modified Mononobe*, *Alternating Block Method* (ABM), dan *Triangular Hyetograph Method* (THM), mengetahui pola distribusi hujan jam-jaman dari hasil pengamatan dan mengetahui metode apa yang paling mendekati dari hasil pengamatan berdasarkan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*).

TINJAUAN PUSTAKA

Agustin (2010), melakukan penelitian dengan hasil analisis sebagai berikut agihan hujan 2, 3, 5, 7 dan 8 jam serupa dengan pola *Modified Mononobe*, sedangkan pola agihan hujan 4 dan 6 jam serupa dengan pola *Triangular Hyetograph Method* (THM).

Kairupan (2017), berdasarkan penelitiannya, diperoleh hasil analisis pola distribusi hujan yang terjadi di wilayah Bolaang Mongondow terjadi dalam 7-10 jam. Distribusi hujan yang terjadi pada pola 7 jam dengan kedalaman hujan ≥ 30 mm adalah 33% di jam pertama, di jam kedua 28%, di jam ketiga 15%, di jam keempat 9%, di jam kelima 6%, dijam keenam 5%, dan di jam ketujuh 4%. Pola distribusi hujan jam-jaman Wilayah Bolaang Mongondow masuk dalam pola bentuk ketiga dan kelima di dalam pembagian pola hujan menurut Johannes Brummer.

Nurhidayah (2010), melakukan penelitian dengan hasil analisis menggunakan pola agihan hujan *Modified-Mononobe* tidak sesuai untuk semua agihan hujan, *Modified-Mononobe* hanya cocok untuk hujan durasi 2 dan 6 jam. Kesesuaian antara hasil observasi dan empiris menunjukkan adanya perbedaan yang cukup jauh. Dengan demikian pola agihan hujan jam-jaman di Sub DAS Alang sebaiknya mengikuti hasil dari observasi.

Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan. Air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang dituju. Batas DAS adalah kontur tertinggi di sekitar sungai (Triatmodjo, 2008).

Hujan Rerata Daerah

Dalam penelitian ini hujan wilayah diperhitungkan dengan cara polygon Thiessen yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 2008).

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (1)$$

dengan: \bar{P} = Hujan rerata Kawasan, P_1, P_2, \dots, P_n = Hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n, A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n.

Uji Konsistensi Data (kepanggahan)

Uji kepanggahan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) membandingkan hasil uji statistik dengan Q_{RAPS}/\sqrt{n} . Bila yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan panggah. Uji kepanggahan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut (Harto, 2000).

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y) \dots\dots\dots (2)$$

$$S_k^* = 0 \dots\dots\dots (3)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Dy} \quad \text{dengan } k = 0,1,2,3, \dots,n \dots\dots\dots (4)$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - Y)^2}{n} \dots\dots\dots (5)$$

dengan : Y_i = Data hujan ke- i , Y = Data hujan rerata- i , Dy = Deviasi standar, n = Jumlah data, S_k^* = Nilai statistic, S_k^{**} = Nilai statistik, Dy = Standar Deviasi.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Rumus-rumus statistik yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2008).

$$\text{Standar deviasi, } S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{(n-1)} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Koefisien skewness, } Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Koefisien variansi, } Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Koefisien kurtosis, } Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (9)$$

dengan: n = Panjang data, \bar{X} = Tinggi hujan rerata (mm), S = Standar deviasi.

Distribusi Log Pearson III

Bentuk distribusi log-pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik (Soewarno, 1995).

- ❖ Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times s \dots\dots\dots (10)$$

dengan : Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T- tahunan, s = Deviasi standar nilai variat, \bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variat, K_T = Adalah faktor frekuensi (tergantung dari koefisien kemencengan (*skewness*) dan probabilitasnya).

- ❖ Nilai curah hujan rerata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots (11)$$

dengan : \bar{X} = Nilai curah hujan rerata, X_i = Nilai varian ke I, n = Jumlah data.

- ❖ Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (12)$$

dengan : Sd = Standar deviasi, \bar{X} = Nilai curah hujan rerata, X_i = Nilai varian ke I, n = Jumlah data

- ❖ Koefisien variasi

$$Cv = \frac{Sd}{X} \dots\dots\dots (13)$$

dengan : Cv = Koefisien variasi, Sd = Standar deviasi, X = Curah hujan.

❖ Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (Xi-X)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (14)$$

dengan : Cs = koefisien kemencengan, X = Curah hujan , Sd = Standar deviasi, Xi = Nilai varian ke l, n = Jumlah data.

❖ Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi-X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots (15)$$

dengan : Ck = koefisien kurtosis, X = Curah hujan, Sd = Standar deviasi, Xi = Nilai varian ke l, n = Jumlah data

Untuk memilih distribusi yang sesuai dengan data yang ada, perlu dilakukan uji statistik. Pengujian biasanya dilakukan dengan uji Chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

❖ Uji Chi Kuadrat

Pengujian chi-kuadrat dilakukan dengan menggunakan parameter χ^2 , dengan rumus sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(Ef-O_f)^2}{Ef} \dots\dots\dots (16)$$

dengan: χ^2 = Harga Chi-kuadrat terhitung, K= Banyaknya kelas, O_f = Frekuensi terbaca pada setiap kelas, E_f = Frekuensi yang diharapkan untuk setiap kelas.

Hujan Rencana

Berdasarkan nilai parameter statistik dari data yang ada dan setelah dipilih jenis distribusi probabilitas hujan yang cocok sesuai hasil uji statistik, hujan rancangan kemudian dihitung dengan rumus berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots (17)$$

dengan: X_T = Tinggi hujan dengan kala ulang T tahun, K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi jenis distribusi dan kala ulang.

Intensitas Hujan

Besarnya aliran dianggap mencapai puncak di akhir waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi (T_c) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kirpich} : T_c = 0.06628 L^{0,77} S^{-0,385} \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{Australia Rainfall-Runoff} : T_c = 0,76 A^{0,38} \dots\dots\dots (19)$$

dengan: T_c = Waktu konsentrasi (jam), A = Luas DAS (km²), L = Panjang sungai utama (km), S = Kemiringan sungai (m/m).

Pola Distribusi Hujan Cara Observasi

Hujan jam-jaman pada suatu stasiun hujan dapat dihitung dengan cara observasi (pengamatan) dengan menggunakan data hujan dari stasiun hujan otomatis. Data stasiun hujan otomatis merupakan data curah hujan jam-jaman (Kairupan, 2017).

Persamaan yang dipakai dalam perhitungan pola distribusi hujan cara observasi yaitu:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum X_1 \dots\dots\dots (20)$$

$$BM_t = \bar{X} - \bar{X}_{t-1} \dots\dots\dots (21)$$

$$P_t = \frac{BM_t}{BM_{TOTAL}} 100\% \dots\dots\dots (22)$$

dengan : X_t = Kedalaman hujan pada jam ke-t, \bar{X}_t = Rata-rata kedalaman hujan pada jam ke-t, \bar{X}_{t-1} = Rata-rata kedalaman hujan sebelum jam ke-t, n = Banyaknya kejadian hujan, BM_t = Bobot Massa jam ke-t, BM_{TOTAL} = Total Bobot Massa seluruh jam, $P_t(\%)$ = Persentase kedalaman hujan pada jam ke-t.

Pola Distribusi Hujan Cara Empiris

Dalam penelitian ini untuk menentukan pola distribusi hujan secara empiris digunakan cara *Modified Mononobe*, *Alternating Block Method (ABM)*, dan *Triangular Hyetograph Method (THM)*.

Modified Mononobe

Untuk keperluan perancangan, curah hujan rancangan yang telah ditetapkan berdasarkan hasil analisis perlu diubah menjadi lengkung intensitas curah hujan. Lengkung tersebut dapat diperoleh berdasarkan data hujan dari stasiun hujan otomatis dengan rentang waktu yang pendek missal: menit atau jam. Dalam praktek, data hujan otomatis relatif sulit diperoleh, sehingga lengkung intensitas curah hujan untuk durasi pendek ditentukan berdasarkan data hujan harian, dengan menggunakan *Modified Mononobe*, yang dapat dilihat pada persamaan berikut (Triatmodjo, 2010).

$$I = \left(\frac{R_{24}}{t_c}\right) \left(\frac{t_c}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (23)$$

dengan: I = Intensitas hujan dengan kala ulang T untuk durasi t (mm/jam), R_{24} = Intensitas hujan harian untuk kala ulang T (mm/jam), t_c = Waktu konsentrasi (jam), t = Durasi hujan (jam).

Alternating Block Method (ABM)

Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF (Chow et al., 1988). *Hyetograph* rencana yang dihasilkan oleh metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n\Delta t$ (Triatmodjo, 2010).

Triangular Hyetograph Method

Model distribusi seragam segitiga menganggap bahwa ketebalan hujan jam-jaman terdistribusi bentuk segitiga. *Hyetograph* segitiga bisa dibentuk setelah kedalaman hujan rencana Pt dan durasi hujan T_d diketahui. Dalam metode ini, luas segitiga merupakan nilai ketebalan hujan dan ordinat puncak *hyetograph* yang dihitung dengan rumus (Triatmodjo, 2010).

$$I = \frac{2Pt}{T_d} \dots\dots\dots(24)$$

dengan: I_p = Intensitas puncak (mm/jam), p = Hujan rencana (mm), Td = Durasi hujan (jam).

Kesesuaian Pola Distribusi

MRSE (Root Mean Square Error)

Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pola distribusi Observasi terhadap pola agihan Empiris. Apabila nilai RMSE rendah, hal ini berarti bahwa nilai yang diprediksi mendekati nilai yang diamati atau Observasi, begitu pula sebaliknya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung RMSE adalah sebagai berikut (Motovilov, et al, 1999):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(E_i - O_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (25)$$

dengan : RMSE = *Root Mean Square Error*, E_i = Observasi periode ke- i (%), O_i = Empiris periode ke- i (%), n = Jumlah data

NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency)

Menurut Nash and Sutcliffe, persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai NSE adalah sebagai berikut (Motovilov, et al, 1999):

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=0}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=0}^n (O_i - \bar{O})^2} \right] \dots\dots\dots (26)$$

dengan : NSE = *Nash-Sutcliffe Efficiency*, O_i = Observasi periode ke- i (%), E_i = Empiris periode ke- i (%), \bar{O} = Rata-rata observasi (%).

Adapun kriteria nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kriteria *Nash-Sutcliffe efficiency* (NSE)

Nilai <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE)	Interpretasi
$0,75 < NSE \leq 1$	Baik
$0,36 < NSE \leq 0,75$	Memuaskan
$NSE \leq 0,36$	Tidak Memuaskan

Sumber : Motovilov, et al, 1999

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Babak dengan 2 stasiun hujan pada wilayah Kabupaten Lombok Tengah yaitu: 1) Lingkok Lime dan 2) Jurang Sate.

Data yang dibutuhkan dalam analisis adalah:

1. Peta DAS Babak.
2. Peta DAS beserta letak lokasi stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime.
3. Data hujan dari setiap stasiun hujan yang diteliti 20 tahun terakhir, terdiri dari dua stasiun hujan 1) Lingkok Lime dan 2) Jurang Sate.
4. Data hujan dari stasiun hujan otomatis 5 tahun terakhir.
5. Koordinat stasiun hujan.

Software yang digunakan dalam kajian ini adalah perangkat lunak:

1. AutoCAD untuk pengolahan peta DAS.
2. Microsoft Excel atau program terapan untuk pengolahan data hujan.

3. GPS untuk mengetahui letak koordinat stasiun hujan manual.

Tahapan Penelitian

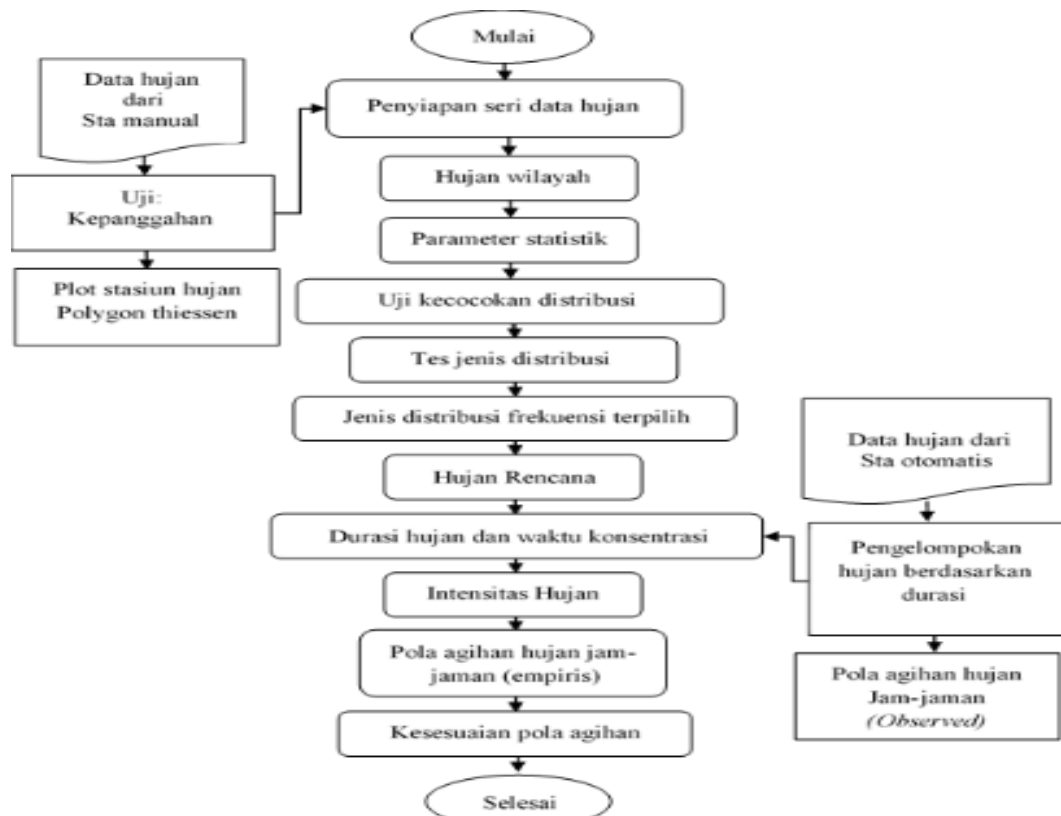
a. Pengelolaan data hujan dari stasiun hujan otomatis

1. Mengelompokkan data hujan berdasarkan durasi hujan dalam satu jam.
2. Menentukan durasi hujan sesuai dengan kejadian hujan.
3. Membuat pola hujan jam-jaman.

b. Pengolahan data hujan dari stasiun hujan manual

1. Melakukan uji kepanggaan data pada stasiun hujan di dalam peta DAS.
2. Melakukan plotting stasiun hujan dan pembuatan polygon thiessen.
3. Menyiapkan seri data hujan.
4. Menghitung parameter statistik data hujan.
5. Melakukan uji kecocokan distribusi frekuensi data.
6. Menghitung analisis frekuensi data.
7. Menghitung hujan rencana.
8. Menghitung waktu konsentrasi.
9. Menghitung intensitas hujan jam-jaman dengan metode Modified Mononobe.
10. Menentukan pola distribusi hujan jam-jaman (empiris) berdasarkan *observed* data.
11. Menentukan kesesuaian pola distribusi hujan jam-jaman dari hasil pengamatan menggunakan RMSE dan NSE.

Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kepanggahan Data Hujan

Jumlah stasiun hujan yang diteliti di wilayah Lombok Tengah adalah dua stasiun. Uji kepanggahan data hujan dari kedua stasiun tersebut dilakukan dengan menggunakan metode **Rescaled Adjusted Partial Sums** (RAPS) menggunakan Persamaan (2) hingga Persamaan (5).

Hasil Uji RAPS untuk kedua stasiun hujan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Resume Hasil Uji Kepanggahan Metode RAPS

Nama Stasiun	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	Nilai Kritik (90%)	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	Nilai Kritik (90%)	Keterangan
1. Jurang Sate	0.48	1.10	0.83	1.34	Pangguh
2. Lingkok Lime	0.61	1.10	0.96	1.34	Pangguh

Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah yang dihitung dengan meratakan hujan harian maksimum tahunan dari tiap stasiun hujan yang diamati. Untuk menentukan hujan wilayah Sub DAS Babak digunakan metode Poligon Thiessen dengan luas daerah pengaruh yang dihasilkan masing-masing 2 wilayah Poligon Thiessen:

1. Jurang Sate :100.500 km²
 2. Lingkok Lime :122.170 km²
- Luas total DAS Babak :222.670 km²

Perhitungan untuk mendapatkan hujan wilayah harian maksimum cara Poligon Thiessen:

$$P = \frac{(A_j \cdot P_j) + (A_l \cdot P_l)}{A_j + A_l}$$

$$= \frac{(100.5 \times 93) + (122.17 \times 20)}{222.670} = 52.948 \text{ mm}$$

Uji Kecocokan Jenis Distribusi

Untuk mengetahui jenis distribusi data digunakan uji distribusi frekuensi. Analisis ini digunakan untuk menghitung hujan rancangan dengan berbagai kala ulang.

Dengan melihat nilai Cs, Cv dan Ck dapat diketahui sebaran yang cocok digunakan untuk mengetahui hujan rancangan periode kala ulang yang dihasilkan melalui hasil perhitungan menggunakan Persamaan (6) hingga Persamaan (9) dapat disimpulkan bahwa distribusi yang digunakan adalah Distribusi Log Pearson Type III.

Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Uji kecocokan distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji kecocokan yang digunakan dalam analisis adalah uji Chi Kuadrat dengan hasil perhitungan yang disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil uji Chi-Kuadrat data curah hujan

Kelas	Interval	Of	Ef	(Of - Ef)	(Of - Ef) ²	
1	0 P <	68.722	3	3.333	-0.333	0.111
2	68.722 < P <	84.223	10	3.333	6.667	44.444
3	84.223 < P <	99.725	3	3.333	-0.333	0.111
4	99.725 < P <	115.227	1	3.333	-2.333	5.444
5	115.227 < P <	130.728	0	3.333	-3.333	11.111
6	130.728 < P <	146.229	3	3.333	-0.333	0.111
Jumlah			20	16.667	0	61.333

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan (16), didapatkan nilai X^2_{Hitung} 3.067 < nilai X^2_{kritis} 7.81 maka dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

Menentukan Hujan Rancangan Berbagai Periode Ulang

Didapatkan nilai curah hujan rancangan dari Persamaan (17) yang disajikan dalam **Tabel 4.**

Tabel 4. Nilai Curah Hujan Rancangan

Kala Ulang (Tahun)	Log XT	Hujan Rancangan (mm)
2	1.929	84.828
5	2.013	102.929
10	2.075	118.949
25	2.148	140.616
50	2.198	157.755
100	2.245	175.821
1000	2.388	244.520

Durasi Hujan dan Waktu Konsentrasi

Durasi Hujan

Data hujan dari pencatat hujan otomatis dikelompokkan berdasarkan lamanya hujan. Selanjutnya dipilih durasi hujan yang dominan dari lamanya hujan dengan kejadian terbanyak.

Tabel 5. Durasi Hujan dan Banyak Kejadian Hujan

Durasi Hujan (jam)	Kejadian n
2	530
3	283
4	159
5	94
6	61
7	34
8	14
9	15
Total	1190

Dari **Tabel 5** Diketahui bahwa kejadian hujan paling banyak pada saat durasi hujan 2 jam. Sehingga durasi hujan paling dominan di Sub DAS Babak adalah 2 jam.

Waktu Konsentrasi

Diketahui:

Luas DAS Babak (A) = 222.670 km²

Panjang Sungai (L) = 54.890 km

$$\text{Slope (S)} = 0,0446$$

$$T_c = 0.06628 L^{0.77} S^{-0.385}$$

$$= 0.06628 \times 54.890^{0.77} \times 0.446^{-0.385} = 4.79 = 5 \text{ Jam}$$

$$T_c = 0.76 A^{0.38}$$

$$= 0.76 \times 222.670^{0.38} = 6 \text{ Jam}$$

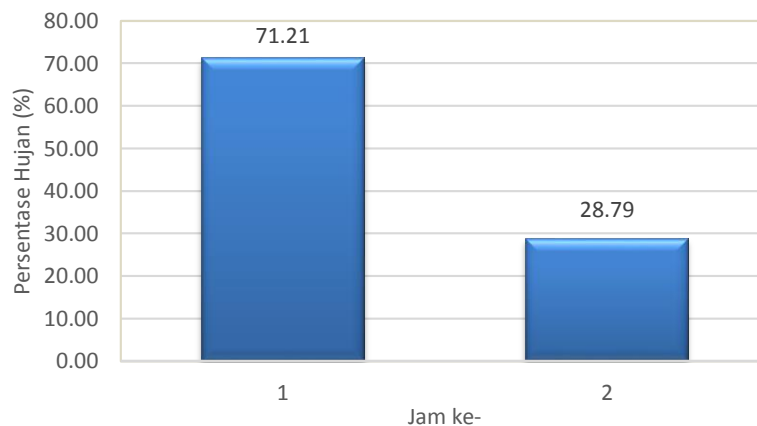
Pola Distribusi Hujan Cara Observasi

Pola distribusi hujan dengan cara observasi diperoleh dari data hujan stasiun otomatis yang sudah dikelompokkan berdasar durasi hujan yang dimulai dari durasi 2 jam.

Pola distribusi hujan jam-jaman dengan cara observasi dihitung berdasarkan Persamaan (20) hingga Persamaan (22), dengan durasi hujan 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 jam. Hasil perhitungannya disajikan pada **Tabel 6** dan **Gambar 2**.

Tabel 6. Hujan 2 Jam Cara Observasi

t	Kedalaman Hujan (Xt)	Kejadian Hujan n	Rata-rata Kedalaman Hujan (Xt)	BMt	Pt (%)
1	1965.90	530	3.71	3.71	71.21
2	2760.62		5.21	1.50	28.79
Total				5.21	100



Gambar 2. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (Observasi)

Dari **Gambar 2** untuk durasi hujan 2 jam menghasilkan pola distribusi yang intensitas hujan tinggi pada jam pertama dan menurun pada jam kedua.

Perhitungan selanjutnya untuk durasi 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 jam mengikuti rumus perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

Pola Distribusi Hujan Cara Empiris

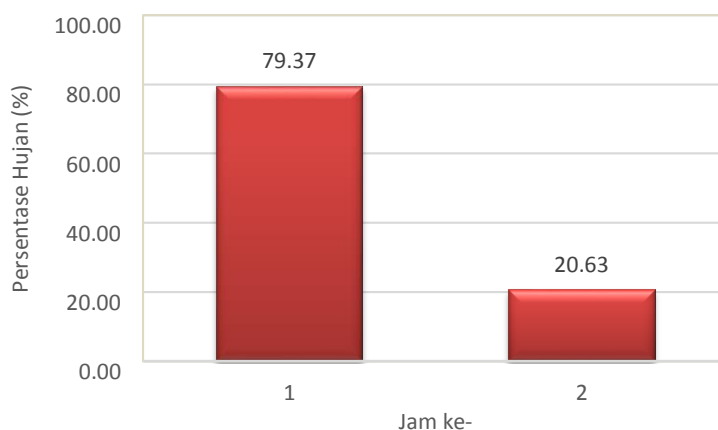
Pola distribusi hujan dapat pula didekati dengan cara empiris. Dengan adanya data hujan dari stasiun pencatat otomatis, maka cara empiris yang sesuai dapat dibandingkan. Ada tiga metode yang digunakan untuk membandingkan pola distribusi hujan cara Observasi yaitu *Modified Mononobe*, ABM dan THM.

1. Pola Distribusi Hujan (*Modified Mononobe*)

Pola distribusi secara empiris untuk melakukan pola distribusi hujan jam-jaman dicari dengan rumus *Modified-Mononobe* dengan durasi hujan 2 - 9 jam. Hasil perhitungannya disajikan pada **Tabel 7** dan **Gambar 3**.

Tabel 7. Distribusi Hujan 2 Jam Sub DAS Babak (*Modified Mononobe*)

t	It (mm/jam)	P (mm)	Delta (mm)	%
1	60.19	62.68	62.68	79.37
2	37.92	78.97	16.29	20.63
Jumlah			78.97	100



Gambar 3. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (*Modified Mononobe*)

Dari **Gambar 3** untuk durasi hujan 2 jam menghasilkan pola distribusi yang intensitas hujan tinggi pada jam pertama dan menurun pada jam kedua sehingga pola distribusi *Modified Mononobe* sama dengan pola distribusi cara Observasi untuk durasi hujan 2 jam.

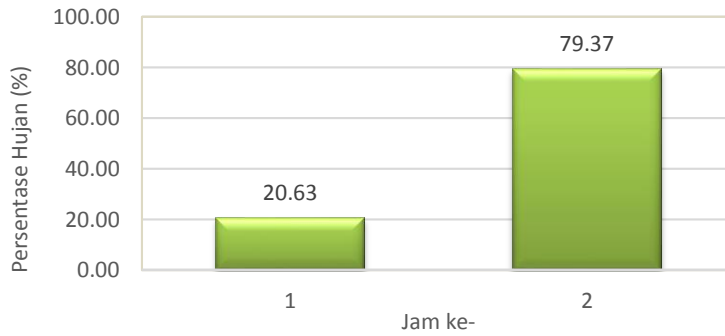
Perhitungan selanjutnya untuk durasi 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 jam mengikuti rumus perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

2. Pola Distribusi Hujan ABM (*Alternating Block Method*)

Dari pola distribusi hujan observasi hujan durasi 6, 7, 8 dan 9 jam hasil dari perhitungan empiris tidak sesuai jika memakai metode (*Modified Mononobe*), maka digunakan metode ABM untuk mendapatkan kesesuaian yang paling dekat. Hasil perhitungannya disajikan pada **Tabel 8** dan **Gambar 4**.

Tabel 8. Distribusi Hujan 2 Jam (ABM)

t	It (mm/jam)	P (mm)	Delta (mm)	%	Hyetograph	
					%	mm
1	60.19	60.19	60.19	79.37	20.63	15.44
2	37.92	75.84	15.65	20.63	79.37	59.40
Jumlah			75.84	100	100	74.8386



Gambar 4. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (ABM)

Dari **Gambar 4** untuk durasi hujan 2 jam menghasilkan pola distribusi yang intensitas hujan rendah pada jam pertama dan tinggi pada jam kedua sehingga pola distribusi ABM tidak sama dengan pola distribusi cara Observasi untuk durasi hujan 2 jam.

Perhitungan selanjutnya untuk durasi 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 jam mengikuti rumus perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

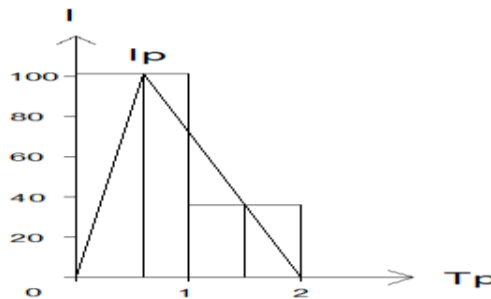
3. Pola Distribusi Hujan THM (Triangulat Hyetograph Method)

Metode distribusi hujan segitiga menganggap bahwa kedalaman hujan jam-jaman terdistribusi mengikuti bentuk segitiga. Hasil perhitungkan disajikan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Distribusi Hujan 2 Jam Sub DAS Babak (THM)

Td (Jam)	2
Ip (mm)	102.93
Tp (Jam)	0.6

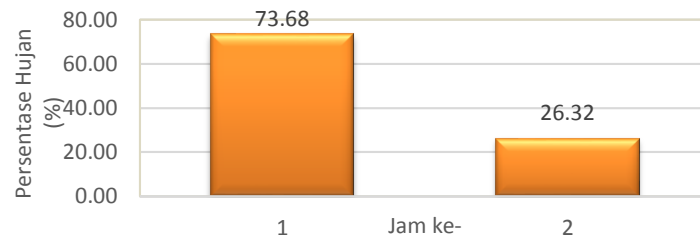
Untuk mencari nilai distribusi hujan 2 jam metode THM perlu digambarkan pola segitiga berdasarkan nilai Ip terhadap nilai Tp seperti yang disajikan pada **Gambar 5** dan nilai yang di hasilkan disajikan pada **Tabel 10** dan **Gambar 6**.



Gambar 5. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (THM)

Tabel 10. Distribusi Hujan 2 Jam Sub DAS Babak

t (jam)	Hujan 2 Jam	
	P (mm)	%
0.6	102.93	73.68
2	36.76	26.32
Jumlah	139.69	100.00



Gambar 6. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (THM dalam diagram batang)

Dari **Gambar 6** untuk durasi hujan 2 jam menghasilkan pola distribusi yang intensitas hujan tinggi pada jam pertama dan menurun pada jam kedua sehingga pola distribusi THM sama dengan pola distribusi cara Observasi untuk durasi hujan 2 jam setelah diubah menjadi diagram batang.

Perhitungan selanjutnya untuk durasi 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 jam mengikuti rumus perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

Kesesuaian Pola Distribusi Hujan

Untuk mengetahui kesesuaian pola distribusi hujan cara observasi terhadap pola distribusi hujan cara empiris perlu dilakukan uji kesesuaian pola distribusi hujan menggunakan RMSE (*Root Mean Squared Error*) dan NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*).

1. Perhitungan Nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*)

Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pola distribusi Observasi terhadap pola distribusi Empiris dengan metode *Modified Mononobe*, *Alternating Block Method* (ABM) dan *Triangular Hyetograph Method* (THM). Apabila nilai RMSE rendah, hal ini berarti bahwa nilai yang diprediksi mendekati nilai yang diamati atau Observasi, begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan hasil analisis nilai *RMSE* yang dihasilkan melalui nomor persamaan, Persamaan 25, terlihat bahwa pola distribusi THM pada durasi 2, 3, 6, 8 dan 9 jam menghasilkan nilai RMSE lebih kecil dari pola distribusi *Modified Mononobe* dan ABM. Sehingga durasi hujan 2, 3, 6, 8 dan 9 jam sesuai jika dibandingkan dengan pola distribusi Observasi.

2. Perhitungan Nilai NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*)

Perhitungan nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pola distribusi Observasi terhadap pola distribusi Empiris dengan metode *Modified Mononobe*, *Alternating Block Method* (ABM) dan *Triangular Hyetograph Method* (THM).

Kriteria *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) (*Motolitov, et al, 1999*):

- $0.75 < NSE \leq 1$: Baik
- $0.36 < NSE \leq 0.75$: Memuaskan
- $NSE \leq 0.36$: Tidak Memuaskan

Berdasarkan hasil analisis nilai NSE yang dihasilkan melalui Persamaan (26), terlihat bahwa metode *Triangular Hyetograph Method* (THM) menghasilkan nilai NSE pada durasi 2, 3, 6, 8 dan 9 jam lebih mendekati angka 1 dibandingkan dengan nilai NSE metode *Modified Mononobe* dan *Alternating Block Method* (ABM) sesuai dengan kriteria nilai NSE pada Tabel 3. Sehingga durasi hujan 2, 3, 6, 8 dan 9 jam sesuai jika dibandingkan dengan pola agihan Observasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Analisis distribusi hujan menggunakan ketiga metode dalam penelitian ini menghasilkan intensitas hujan yang berbeda pada setiap durasi hujan.
 - a. Metode Modified Mononobe menghasilkan intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan.
 - b. Metode ABM ada dua bentuk pola yang dihasilkan yakni pada hujan berdurasi 2 jam dengan intensitas hujan rendah pada jam pertama dan semakin naik hingga akhir durasi hujan dan pada hujan berdurasi lebih dari 3 jam, intensitas hujan cenderung membentuk pola segitiga.
 - c. Metode THM ada dua bentuk pola yang dihasilkan yaitu pada hujan berdurasi 2 dan 3 jam memiliki pola intensitas hujan tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Pada hujan berdurasi lebih dari 4 jam, intensitas hujan cenderung membentuk pola segitiga.
2. Distribusi hujan jam-jaman hasil observasi memiliki dua bentuk pola, yakni pada hujan yang berdurasi di bawah 5 jam memiliki pola intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Pada hujan yang berdurasi lebih dari 6 jam, intensitas hujan cenderung membentuk pola segitiga.
3. Berdasarkan hasil analisis nilai RMSE dan NSE terlihat bahwa pola distribusi THM pada durasi 2, 3, 6, 8 dan 9 jam menghasilkan nilai RMSE dan NSE lebih kecil atau mendekati angka 1 dari pola distribusi Modified Mononobe dan ABM. Sehingga durasi hujan 2, 3, 6, 8 dan 9 jam sesuai dengan pola distribusi Observasi.

Saran

Untuk mendapatkan data yang lebih akurat, maka dilakukan penambahan panjang data curah hujan. Perlu menggunakan data-data hujan terbaru dan data dari stasiun otomatis dalam pengolahan data hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, W. (2010). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Kaduang*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Anonim, (2014). *Katalog sungai Babak WS Pulau Lombok*. Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I.
- Harto, S. (2000). *Hidrologi Teori, Masalah Penyelesaian*. Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Kairupan, R. C., Mananoma, T., Sumarauw, J. S. F. (2017). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Wilayah Bolaang Mongondow*. *Jurnal Tekno*, 15(68), 100-113.
- Motovilov, Y.G, Gottschalk, L, Engeland, K, & Rodhe, A. (1999). Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations. *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*, 98: 257-277.
- Nurhidayah, R. (2010). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Alang*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Soewarno, (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Percetakan Beta offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Percetakan Beta offset, Yogyakarta.