

**ANALISIS POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN
DI DAS KELONGKONG REMENING**

*Analysis of Hourly Rainfall Distribution Patterns In the Kelongkong Remening
Watershed*

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**SERINA AYU LESTARI
F1A 117 037**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

Artikel Ilmiah

**ANALISIS POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DI DAS
KELONGKONG REMENING**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing

1. Pembimbing Utama



M. Bagus Budianto, ST., MT.
NIP: 19701206 199803 1 006

Tanggal : 9 November 2023

2. Pembimbing Pendamping



Ir. Heri Sulistiyono, M.Eng., Ph.D.
NIP: 19651113 199403 1 001

Tanggal : 9 November 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng), Dr.Eng
NIP : 19731027 199802 1 001

Artikel Ilmiah

**ANALISIS POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DI DAS
KELONGKONG REMENING**

Oleh:

**SERINA AYU LESTARI
F1A 117 037**

Telah diujikan di depan dosen penguji
Pada tanggal 23 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji :

1. Penguji I



Ir. Lilik Hanifah, MT.
NIP: 19590610 198803 2 001

Tanggal : 8 November 2023

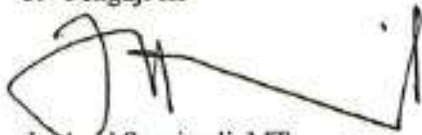
2. Penguji II



Humairo Saidah, ST., MT.
NIP: 19720609 199703 2 001

Tanggal : 9 November 2023

3. Penguji III



Ir. Amd Supriyadi, MT.
NIP: 19660813 199403 1 001

Tanggal : 2 November 2023

Mataram, November 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram,



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP : 19720222 199903 1 002

ANALISIS POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DI DAS KELONGKONG REMENING

Analysis of Hourly Rainfall Distribution Patterns In the Kelongkong Remening Watershed

Serina Ayu Lestari*, M. Bagus Budiarto**, Heri Sulistiyono**
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
Email: serinaal04@gmail.com

Abstrak

Perencanaan bangunan air didasarkan pada debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam perhitungan banjir rencana, diperlukan masukan data berupa hujan rencana yang terdistribusi kedalam hujan jam-jaman. Untuk mengubah hujan rencana ke dalam besaran hujan jam-jaman diperlukan suatu pola untuk mendistribusikannya. Studi ini bertujuan untuk memperoleh pola distribusi hujan jam-jaman bagi daerah aliran sungai Kelongkong Remening. Penelitian ini menguji penggunaan metode *Mononobe*, *Alternating Block Methode* (ABM), *Triangular Hyetograph Method* (THM) dan *Tadashi Tanimoto* pada DAS Kelongkong Remening. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan pola distribusi hujan jam-jaman hasil perhitungan metode empiris terhadap pola distribusi hujan metode observasi, berdasarkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dan NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*). Hasil yang diperoleh menyimpulkan bahwa hujan yang terjadi di DAS Kelongkong Remening didominasi oleh kejadian hujan 1 jam dengan kejadian hujan 1.300 kejadian. Pendistribusian hujan pada durasi hujan 8 jam menyerupai pola distribusi metode ABM dengan nilai NSE 0,45 dan tidak ada metode empiris yang menyerupai metode pengamatan durasi hujan 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 jam, yang ditunjukkan dengan nilai $NSE \leq 0,36$ yaitu antara -770.91 sampai 0.17.

Kata kunci: pola distribusi hujan, hujan jam-jaman, metode empiris, metode observasi, DAS Kelongkong Remening.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perencanaan bangunan air didasarkan pada debit banjir rencana yang diperoleh dari analisis hujan-aliran, yang dapat berupa banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam perhitungan banjir rancangan, diperlukan masukan data berupa hujan rencana yang didistribusikan kedalam hujan jam-jaman. Untuk dapat mengubah hujan rencana ke dalam besaran hujan jam-jaman perlu didapatkan terlebih dahulu suatu pola

distribusi hujan jam-jaman. Dengan merata-ratakan pola distribusi hujan hasil pengamatan, kemudian didapatkan pola distribusi merata yang selanjutnya dianggap mewakili kondisi hujan dan dipakai sebagai pola untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi besaran hujan jam-jaman. Selain cara tersebut untuk mendapatkan kedalaman hujan jam-jaman dari hujan rencana dapat juga menggunakan model distribusi hujan. Model distribusi hujan yang telah dikembangkan menggunakan beberapa metode, yakni distribusi *hujan*

seragam, ABM (*Alternating Block Methods*), *Triangular Hyetograph Method* (THM), *Tadashi Tanimoto*, dan metode *Mononobe* (Triatmodjo, 2010).

Hingga saat ini DAS Kelengkong Remening belum memiliki panduan dalam penentuan pola distribusi hujan jam-jaman, padahal pola distribusi hujan jam-jaman yang sesuai dengan kondisi hujan setempat sangat diperlukan untuk analisis debit banjir rancangan dan analisis IDF, dan keperluan analisis lain yang membutuhkan data hujan jam-jaman. Selama ini pendistribusian curah hujan harian kebanyakan dilakukan dengan pendekatan empiris menggunakan cara-cara yang sudah biasa, sementara pemakaian metode tersebut tentu memerlukan pengujian kesesuaiannya, mengingat pola distribusi hujan pada setiap wilayah adalah unik dan tidak sama antar wilayah satu dengan lainnya. Oleh karena itu, maka penelitian tentang pola distribusi hujan jam-jaman sangat penting dilakukan, sehingga akan menghasilkan data debit rencana yang lebih cocok.

Rumusan masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana pola distribusi hujan jam-jaman di DAS Kelengkong Remening menggunakan cara observasi dan cara empiris dengan metode *Mononobe*, *Alternating Block Method* (ABM), *Triangular Hyetograph Method* (THM), dan *Tadashi Tanimoto* serta metode apa yang paling mendekati hasil pengamatan berdasarkan RMSE dan NSE.

Batasan masalah

1. Lokasi penelitian ini adalah DAS Kelengkong Remening yang secara administratif berada di wilayah Kota Mataram dan wilayah Kabupaten Lombok Barat.

2. Penelitian ini hanya menganalisis pola distribusi hujan yang terjadi di DAS Kelengkong Remening.
3. Data hujan menggunakan data hujan harian dan jam-jaman dari stasiun hujan yang ada di DAS Kelengkong Remening yang tersedia data hujan harian dan jam-jamannya yaitu stasiun hujan Gunung Sari, stasiun hujan Sesaot, stasiun hujan Keru, dan stasiun hujan Bertais.
4. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian 15 tahun dan data hujan jam-jaman dari stasiun hujan otomatis 7 tahun.

Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pola distribusi hujan jam-jaman di DAS Kelengkong Remening menggunakan cara observasi dan cara empiris dengan metode *Mononobe*, *Alternating Block Method* (ABM), *Triangular Hyetograph Method* (THM), dan *Tadashi Tanimoto* serta mengetahui metode apa yang paling mendekati hasil pengamatan berdasarkan RMSE dan NSE.

Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menambah informasi keilmuan dalam bidang teknik sipil khususnya mengenai hidrologi, yaitu pola distribusi hujan yang terjadi di DAS Sidutan.

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tinjauan Pustaka

Hadina Malia (2022), berdasarkan analisis yang dilakukan pada DAS Sidutan hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi hujan jam-jaman observasi/pengamatan didominasi oleh kejadian 1 jam dengan jumlah kejadian 1921 kejadian. Dan untuk durasi hujan

rerata adalah 2,05 jam. Dimana pada durasi hujan 2 jam terdistribusi 56,49% untuk jam pertama dan 43,51% untuk jam kedua, dan pada durasi hujan 3 jam terdistribusi 33,91% untuk jam pertama, 47,49% untuk jam kedua, dan 18,6% untuk jam ketiga. Pola distribusi hujan jam-jaman cara empiris dengan menggunakan hujan jam-jaman berdasarkan metode *Mononobe* untuk semua durasi hujan memiliki intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Berdasarkan *Alternating Block Method* (ABM), pola distribusi hujan yang dihasilkan cenderung membentuk pola segitiga dimana intensitas puncak berada di tengah durasi kemudian menurun secara teratur dari kanan ke kiri hingga akhir durasi hujan. Berdasarkan *Tryangular Hyetograph Method* (THM), pola distribusi hujan yang dihasilkan untuk durasi lebih dari 3 jam cenderung membentuk pola segitiga, yakni kecil pada jam pertama dan naik hingga tercapai intensitas puncak lalu menurun hingga akhir durasi hujan. Sementara untuk durasi 2 dan 3 jam intensitas puncak terjadi pada jam pertama. Metode yang paling sesuai dengan hasil pengamatan berdasarkan RMSE dan NSE adalah metode *Tryangular Hyetograph Method* (THM).

Dasar Teori

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2021).

Hujan Wilayah

Dalam penelitian ini hujan wilayah diperhitungkan dengan cara polygon Thiessen yang dapat dihitung

dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 2010).

$$\bar{P} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

\bar{P} = hujan rerata Wilayah (mm), P_1, P_2, \dots, P_n = hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm), A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang mewakili stasiun (km^2),

Metode Resiprokal

Metode Resiprokal adalah metode perbandingan hasil kali data hujan dan jarak antar stasiun hujan terhadap seperkuadrat jarak antara stasiun hujan referensi dan stasiun hujan uji. Metode Resiprokal merupakan metode untuk mencari data hujan yang hilang dengan mempertimbangkan data hujan dari stasiun lainnya yang berada disekitarnya.

Rumus Metode Resiprokal yaitu (Triatmodjo, 2010).

$$P_x = \frac{\frac{1}{(dXA)^2}P_A + \frac{1}{(dXB)^2}P_B + \frac{1}{(dXC)^2}P_C}{\frac{1}{(dXA)^2} + \frac{1}{(dXB)^2} + \frac{1}{(dXC)^2}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

P_x = Tinggi hujan yang dipertanyakan
 P_A, P_B, P_C = Tinggi hujan pada stasiun sekitarnya
 dXA, dXB, dXC = Jarak stasiun X terhadap masing- masing stasiun A, B, C.

Uji konsistensi (kepangghahan)

Uji kepangghahan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) membandingkan hasil uji statistik dengan Q_{RAPS} / \sqrt{n} . Jika nilai yang diperoleh kurang dari nilai kritis untuk tahun tersebut dan tingkat kepercayaan yang sesuai, maka data dinyatakan pangghah. Uji kepangghahan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut (Harto, 2000):

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}), k = 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots\dots (3)$$

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

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

dengan:

S_k^* = nilai kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata,

Y_i = data hujan ke- i ,

\bar{Y} = data hujan rerata- i ,

S_k^{**} = *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS),

D_y = deviasi standar,

n = jumlah data.

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, 2010).

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

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

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

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

dengan:

n = panjang data,

\bar{x} = tinggi hujan rerata (mm), SD

= standar deviasi.

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

a. Uji Chi Kuadrat

Pengujian chi-kuadrat dilakukan dengan menggunakan parameter χ^2 , dengan rumus sebagai berikut (Harto, 1993 dalam Nurhidayah,

$$2010). \chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$$

.....(10)

dengan:

χ = harga Chi-kuadrat terhitung,

k = banyaknya kelas,

O_f = frekuensi terbaca pada setiap kelas,

E_f = frekuensi yang diharapkan untuk setiap kelas.

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut (Kamiana, 2011) :

1) Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.

2) Tentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut tersebut $P(X_i)$ dengan rumus tertentu, rumus Weibull misalnya.

$$3) P(X_i) = \frac{n+1}{i} \dots\dots\dots(11)$$

keterangan rumus:

n = jumlah data,

i = nomor urut data yang sudah

4) Tentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurut tersebut $P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.

5) Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut:

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \dots\dots\dots(12)$$

6) Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

Pola Distribusi Hujan cara Empiris

Dalam penelitian ini untuk menentukan pola distribusi hujan secara empiris digunakan metode *Mononobe, Alternating Block Method* (ABM),

Triangular Hyetograph Method (THM), Tadashi Tanimoto.

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 misal: 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 Mononobe, yang dapat dilihat pada persamaan berikut (Triatmodjo, 2010).

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(13)$$

dengan:

- I_t = Intensitas curah hujan untuk lama hujan (mm/jam),
- R_{24} = curah hujan maksimum selama 24 jam (mm),
- T = lamanya curah hujan (jam).

Alternating Block Method (ABM)

Triatmodjo (2010) menyatakan bahwa Alternating Block Method (ABM) merupakan cara sederhana untuk membuat hyetograph rencana yaitu hujan rancangan yang di distribusikan ke dalam

Tabel 1 Distribusi Hujan di Jawa menurut Tadashi Tanimoto

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi	26	24	17	13	7	5.5	4	3.5
% Distribusi Kumulatif	26	50	67	80	87	92.5	96.5	100

(Sumber: Triatmodjo, 2010)

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 jam-jaman dari kurva IDF. Hyetograph rencana yang dihasilkan metode ini adalah hujan yang terjadi dalam rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n \Delta t$.

Triangular Hyetograph Method (THM)

Model agihan hujan Segitiga menganggap bahwa kedalaman hujan jam-jaman terdistribusi mengikuti bentuk segitiga. Pola agihan segitiga bisa dibentuk setelah kedalaman hujan

rencana dan durasi hujan diketahui. Untuk mendapatkan Intensitas hujan puncak dan waktu puncak digunakan rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 2010):

$$I_p = \frac{2p}{T_d} \dots\dots\dots(14)$$

dengan:

- I_p = intensitas hujan puncak untuk durasi t (mm/jam),
- p = intensitas hujan harian untuk kala ulang T (mm/hari),
- T_d = durasi hujan (jam).

Tadashi Tanimoto

Tadashi Tanimoto (1969) mengembangkan distribusi hujan jam-jaman yang dapat digunakan dipulau jawa. Model pola distribusi hujan tersebut seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.3 (Triatmodjo, 2010).

pola distribusi hujan dengan cara empiris. Pola distribusi hujan jam-jaman dapat diperoleh dengan pencermatan terhadap data hujan hasil rekaman Alat Ukur Hujan Otomatis (AUHO)/ Automatic Rainfall Recording (ARR).

Persamaan yang dipakai dalam perhitungan pola distribusi hujan cara observasi yaitu (Harto,2000):

$$\bar{X}_t = \frac{1}{n} \sum X_t \dots\dots\dots(15)$$

$$Pt = \frac{\bar{X}_t}{\bar{X}_{tTOTAL}} 100\% \dots\dots\dots(16)$$

dengan:

X_t = kedalaman hujan pada jam ke-t,

\bar{X}_t = rata-rata kedalaman hujan pada jam ke-t,

n = banyaknya kejadian hujan,

\bar{X}_{tTOTAL} = total bobot rata-rata kedalaman seluruh jam,

Pt (%) = persentase kedalaman hujan pada jam ke-t.

Kesesuaian Pola Distribusi

RMSE (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):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (E_i - O_i)^2}{n}} \dots\dots\dots(17)$$

Dengan:

RMSE = Root Mean Square error,

E_i = Observasi period eke-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):

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=0}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=0}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \right] \dots\dots\dots(18)$$

Dengan:

NSE = Nash-Sutcliffe Efficiency,

O_i = Observasi periode ke-I (%),

E_i = Empiris periode ke-I (%),

\bar{O}_i = Rata-rata observasi (%).

Adapun kriteria nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria *Nash-Sutcliffe efficiency* (NSE).

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

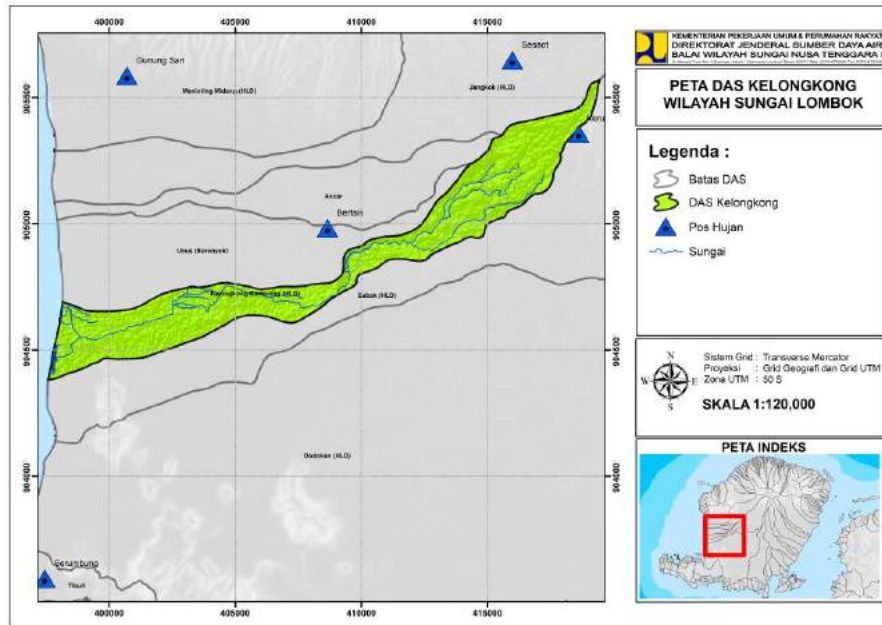
(Sumber: Motovilov, et al, 1999)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di DAS Kelongkong Remening yang terletak di Kota Mataram dan Kabupaten Lombok

Barat. DAS Kelongkong Remening memiliki luas 39,96 km², dan berada pada 8° 57' 21" LS dan 116° 23' 84" BT.



Gambar 3.1 Peta DAS Kelongkong Remening
 (Sumber: Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I)

Data yang dibutuhkan

Data yang dibutuhkan dalam analisis adalah:

1. Peta topografi DAS Kelongkong Remening

Data karakteristik DAS untuk mengetahui daerah tangkapan (*catchment area*) dan panjang sungai utama. Penetapan daerah tangkapan dilakukan berdasarkan peta topografi yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat Direktorat jendral Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I.

2. Data curah hujan

Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian stasiun hujan gunung sari, stasiun hujan sesaot, stasiun hujan keru, dan stasiun hujan bertais dengan panjang data hujan harian 15 tahun dan hujan jam-jaman yaitu 7 tahun terakhir pada DAS Kelongkong Remening. Data ini dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat Direktorat jendral Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I.

Software yang digunakan

Software yang digunakan adalah perangkat lunak:

1. AutoCad untuk pengolahan peta Daerah Aliran Sungai.
2. Microsoft Excel untuk pengolahan data hujan.
3. Minitab untuk mencari uji chi-kuadrat.

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Studi literatur

Melakukan studi pustaka dengan meninjau beberapa buku referensi dan penelitian terdahulu mengenai pola distribusi hujan jam-jaman.

Pengumpulan data hujan

Melakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian, yakni data hujan jam-jaman dan data hujan harian dari stasiun otomatis, serta Peta DAS dan koordinat stasiun hujan.

Pengolahan data hujan jam-jaman dari stasiun otomatis

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

Pengolahan data hujan harian dari stasiun otomatis

1. Melakukan uji konsistensi atau kepenggahan data pada stasiun hujan.
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. Melakukan tes jenis *Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III*.
8. Menghitung durasi hujan.
9. Menghitung Pola Distribusi hujan cara empiris dengan metode *Alternating block Method (ABM), Mononobe, Triangular Hyetograph*

Method (THM), dan Tadashi Tanimoto pada stasiun hujan gunung sari, stasiun hujan sesaot, stasiun hujan keru, dan stasiun hujan bertais dengan panjang data hujan harian 15 tahun dan hujan jam-jaman yaitu 7 tahun.

10. Menghitung Pola Distribusi hujan cara observasi pada stasiun hujan gunung sari, stasiun hujan sesaot, stasiun hujan keru, dan stasiun hujan bertais dengan panjang data hujan harian 15 tahun dan hujan jam-jaman yaitu 7 tahun.
11. Menentukan pola distribusi hujan jam-jaman (observasi).
12. Menentukan kesesuaian pola distribusi hujan jam-jaman dari hasil pengamatan menggunakan RMSE dan NSE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Yang Hilang

Untuk menganalisis data hujan yang hilang digunakan Metode Resiprokal dengan memanfaatkan jarak antar stasiun dan data hujan dari stasiun hujan yang berada di sekitarnya.

Diketahui stasiun hujan yang kehilangan data :
 - Stasiun Hujan Keru : 2019

Tabel 3. Jarak antar stasiun hujan.

Jarak Antar Stasiun			
Sta. Gunung Sari	Sta. Sesaot	Sta. Keru	Sta. Bertais
18.07	3.93	0.00	10.65

(Sumber : BWS NT-1)

Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang pada stasiun Keru 2019.

$$P_x = \frac{\frac{1}{(dXA)^2} P_A + \frac{1}{(dXB)^2} P_B + \frac{1}{(dXC)^2} P_C}{\frac{1}{(dXA)^2} + \frac{1}{(dXB)^2} + \frac{1}{(dXC)^2}}$$

$$P_x = \frac{\frac{1}{(18.07)^2} 0 + \frac{1}{(3.93)^2} 12 + \frac{1}{(10.65)^2} 8.5}{\frac{1}{(18.07)^2} + \frac{1}{(3.93)^2} + \frac{1}{(10.65)^2}}$$

$$P_x = 11.12 \text{ mm}$$

Uji Kepenggahan Data Hujan

Terdapat empat stasiun pencatat hujan yang tersebar di sekitar DAS Kelongkong Remening, yaitu: ARR Gunung Sari, ARR Sesaot, ARR Keru. Dan ARR Bertais Untuk menguji konsistensi data hujan yang ada, digunakan data hujan tahunan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)* dengan persamaan (3) sampai (5).

Hasil uji RAPS untuk ketiga stasiun hujan adalah panggah.

Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah yang dihitung dengan meratakan hujan harian maksimum tahunan dari tiap stasiun hujan yang diamati. Untuk menentukan hujan wilayah DAS Kelongkong Remening digunakan Poligon Thiessen dengan luas daerah pengaruh yang dihasilkan masing-masing 4 wilayah polygon Thiessen:

1. Gunung Sari : 2.90 km²
2. Sesaot : 0.14 km²
3. Keru : 13 km²
4. Bertais : 23.92 km²

perhitungan untuk mendapatkan hujan wilayah harian maksimum cara Polygon Thiessen:

$$P = \frac{(As.Ps) + (Asp.Psp) + (Ap.Pp)}{As + Asp + Ap}$$

$$= \frac{(2.90 \times 64.3) + (0.14 \times 49.5) + (13 \times 0.5) + (23.92 \times 0)}{39.96}$$

$$P = 5.00 \text{ mm}$$

Pemilihan Jenis Distribusi

Untuk mengetahui jenis distribusi data yang sesuai, digunakan uji distribusi frekuensi. Analisis ini digunakan untuk dasar perhitungan hujan rancangan dengan berbagai kala ulang. Ada beberapa cara yang dapat

digunakan untuk mengetahui kesesuaian distribusi data. Adapun jenis distribusi, antara lain: distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III.

Hasil perhitungan jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 4.

No	Jenis sebaran	Kriteria	Hasil Hitungan	
1	Normal	Cs ∞ 0	Cv	0.35
		Ck ∞ 3		
2	Log Normal	Cs ∞ 3Cv	Cs	1.69
3	Gumbel	Cs ∞ 1.1306		
4	Log Person Type III	Ck ∞ 5.4002	Ck	8.09
		Kecuali Kriteria 1, 2, dan 3		

Tabel 4. Persyaratan jenis distribusi. (Sumber : Harto, 1993)

Berdasarkan perhitungan dapat disimpulkan bahwa distribusi yang digunakan adalah distribusi Log Pearson 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 ini adalah uji Chi Kuadrat dan uji Smirnof-kolmogorof dengan hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 5, dan table 6.

Tabel 5. Hasil uji chi-kuadrat distribusi Log-Pearson III.

Kelas	Interval	Of	Ef	(Of - Ef)	(Of - Ef) ² /EF
1	0 < P < 69.38	6	8	-2	0.50
2	69.38 < P < 93.39	4	5	-1	0.20
3	93.39 < P < 117.41	4	2	2	2.00
4	117.41 < P < 141.42	0	0	0	0.00
5	141.42 < P < 165.44	1	0	1	0.00
Jumlah		15	15	0	2.70

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai X^2 hitung $2.70 <$ nilai X^2 kritik 5.99 maka dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson III dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Perhitungan dengan uji Smirnov Kolmogorof Log Pearson Tipe III disajikan sebagai berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi uji smirnof kolmogorof.

No	X_i	Log X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	$P'(X_i)$	ΔP
1	45.36	1.66	0.06	-1.71	0.08	-0.02
2	50.95	1.71	0.13	-1.35	0.18	-0.05
3	55.15	1.74	0.19	-1.10	0.24	-0.05
4	63.29	1.80	0.25	-0.67	0.35	-0.10
5	64.59	1.81	0.31	-0.60	0.37	-0.05
6	66.12	1.82	0.38	-0.53	0.38	-0.01
7	76.54	1.88	0.44	-0.07	0.50	-0.06
8	82.18	1.91	0.50	0.15	0.63	-0.13
9	85.08	1.93	0.56	0.26	0.68	-0.11
10	86.20	1.94	0.63	0.30	0.70	-0.07
11	93.82	1.97	0.69	0.57	0.76	-0.07
12	99.01	2.00	0.75	0.74	0.79	-0.04
13	100.34	2.00	0.81	0.78	0.79	0.02
14	103.16	2.01	0.88	0.87	0.81	0.06
15	165.44	2.22	0.94	2.35	0.98	-0.04
Log X_i rata-rata						1.89
Standar Deviasi						0.14
ΔP_{maks}						0.06
ΔP_{kritis}						0.34
Keputusan ($\Delta P_{maks} < \Delta P_{kritis}$)						OK!

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan hasil rekapitulasi uji smirnov kolmogorof untuk $n=15$ tahun $\Delta P_{maks} < \Delta P_{kritis} = 0.06 < 0.34$, distribusi Log Pearson Tipe III dinyatakan cocok untuk perhitungan selanjutnya.

Menentukan Curah Hujan Rancangan Berbagai Periode

Perhitungan parameter statistik distribusi Log Pearson Type III untuk menganalisis hujan rancangan untuk mendapatkan nilai K untuk periode ulang. Resume hasil perhitungan hujan rancangan periode ulang 1 tahun sampai dengan 1000 tahun disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Resume perhitungan hujan rancangan.

Kala Ulang (Tahun)	Log XT	Hujan Rancangan (mm)
1	1.62	41.38
2	1.88	76.48
2.5	1.90	80.15
3.33	1.94	86.66
4	1.97	92.30
5	2.01	101.38
10	2.08	119.10
20	2.13	134.46
25	2.15	142.89
50	2.21	161.69
100	2.26	181.43
200	2.31	203.83
1000	2.41	256.07

(Sumber: perhitungan)

Durasi hujan

Data hujan jam-jaman dari 4 stasiun pencatat hujan otomatis dikelompokkan berdasarkan lamanya hujan. Selanjutnya dipilih durasi hujan yang dominan dari lamanya hujan dengan kejadian terbanyak. Durasi hujan dan banyaknya kejadian hujan pada data dari stasiun pencatat hujan otomatis dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Durasi hujan dan jumlah kejadian 4 stasiun hujan.

Durasi Hujan (jam)	Jumlah Kejadian Hujan
1	1300
2	597
3	323
4	222
5	164
6	94
7	69
8	43

(Sumber : Perhitungan)

Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa hujan yang terjadi di DAS Kelongkong Remening didominasi oleh kejadian hujan 1 jam dengan jumlah kejadian sebanyak 1300 kali.

Pola distribusi hujan cara observasi

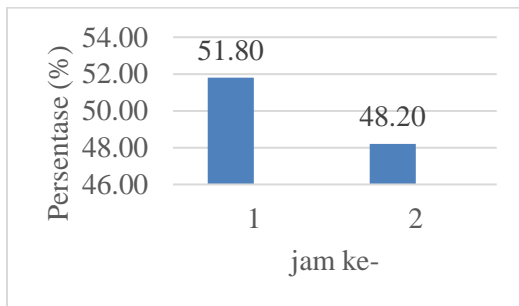
Pola distribusi hujan dengan cara observasi diperoleh dari data hujan rerata dari 4 stasiun pencatat hujan yang sudah dikelompokkan berdasarkan durasi hujan yang dimulai dari durasi 2 jam.

Pola distribusi hujan jam-jaman dengan cara observasi dihitung berdasarkan persamaan (15) sampai persamaan (16), dengan durasi hujan 2,3,4,5,6,7,dan 8 jam. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 9 dan Gambar 2.

Tabel 9. Distribusi hujan 2 jam (Observasi).

T	Kedalaman Hujan (Xt)	Kejadian Hujan (n)	Rata-rata Kedalaman Hujan (Xt)	Pt (%)
1	32552.63	597	54.53	51.80
2	30289.29		50.74	48.20
Total			105.26	100

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 2. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (Observasi)

Dari Gambar 2 durasi hujan 2 jam memiliki intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan menurun hingga akhir durasi hujan.

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 Mononobe, ABM, THM, dan Tadashi Tanimoto.

Pola Distribusi Hujan Mononobe

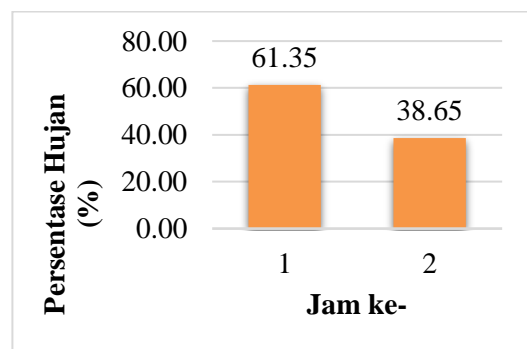
Pola distribusi secara empiris untuk melakukan pola distribusi hujan jam-jaman dicari dengan rumus Mononobe pada persamaan (13) dengan

durasi hujan 2-8 jam. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 10 dan Gambar 3.

Tabel 10. Distribusi hujan 2 jam DAS Kelongkong Remening (Mononobe).

t	It (mm/jam)	%
1	26.51	61.35
2	16.70	38.65
Jumlah	43.21	100

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 3. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (Mononobe)

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

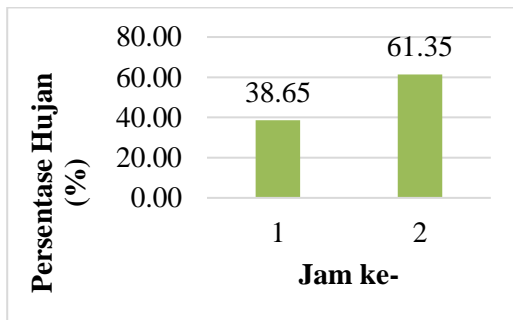
Pola Distribusi Hujan ABM (Alternating Block Method)

Dari pola distribusi hujan observasi hujan durasi 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 jam hasil dari perhitungan empiris tidak sesuai jika memakai metode (Mononobe), maka digunakan metode ABM untuk mendapatkan kesesuaian yang paling dekat. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 11 dan Gambar 4.

Tabel 11. Distribusi hujan 2 jam DAS Kelongkong Remening (ABM).

t	It (mm/jam)	%	Hyetograph %
1	26.51	61.35	38.65
2	16.70	38.65	61.35
Jumlah	43.21	100	100

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 4. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (ABM).

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa durasi hujan 2 jam menghasilkan 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.

Pola Distribusi Hujan THM (Triangular Hyetograph Method)

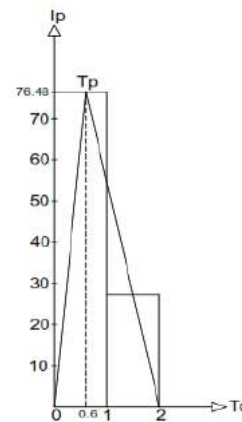
Metode distribusi hujan segitiga menganggap bahwa kedalaman hujan jam-jaman terdistribusi mengikuti bentuk segitiga. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Distribusi hujan 2 jam DAS Kelongkong Remening (THM).

Td (Jam)	2
Ip (mm)	76.48
Tp (Jam)	0.6

(Sumber : Perhitungan)

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 13 dan Gambar 6.

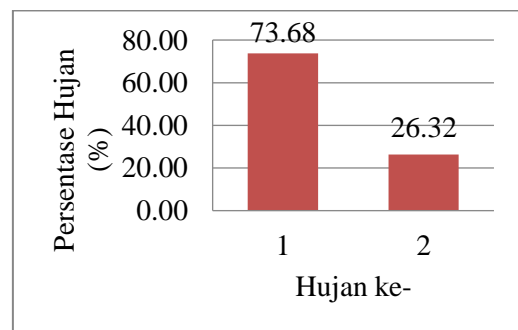


Gambar 5. Pola Distribusi Hujan 2 Jam (THM).

Tabel 13. Distribusi hujan 2 jam DAS Kelongkong Remening (THM diagram batang).

t (jam)	Hujan 2 Jam	
	P (mm)	%
0.6	76.48	73.68
2	27.31	26.32
Jumlah	103.79	100.00

(Sumber : Perhitungan)



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

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa durasi hujan 2 jam menghasilkan 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.

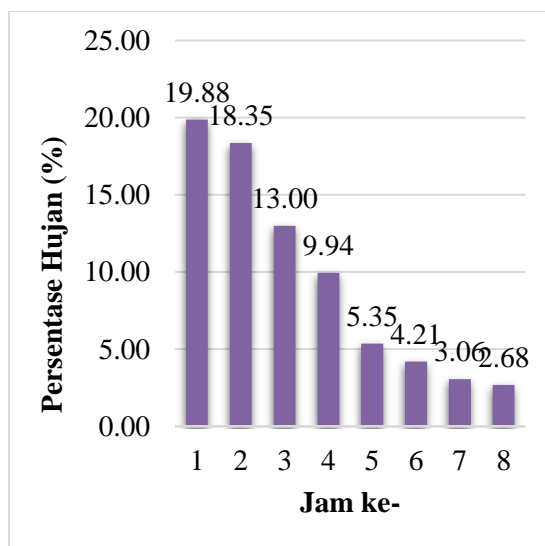
Pola Distribusi Hujan Tadashi Tanimoto

Tadashi Tanimoto mengembangkan pola distribusi hujan yang dapat digunakan di pulau Jawa. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Table 14 dan Gambar 7.

Tabel 14. Distribusi hujan 1-8 jam DAS Kelongkong Remening (Tadashi Tanimoto).

No	XT (mm)	%	P%
1	76.48	26	19.88
2	76.48	24	18.35
3	76.48	17	13.00
4	76.48	13	9.94
5	76.48	7	5.35
6	76.48	5.5	4.21
7	76.48	4	3.06
8	76.48	3.5	2.68
Jumlah		100	76.48

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 7. Pola distribusi hujan 1-8 jam (Tadashi Tanimoto).

Berdasarkan hasil analisis distribusi hujan menggunakan metode Tadashi Tanimoto, memiliki bentuk pola distribusi hujan yang sama dengan metode Mononobe yakni naik pada jam pertama lalu menurun hingga akhir durasi hujan.

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*).

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 Mononobe, *Alternating Block Method* (ABM) dan *Triangular Hyetograph Method* (THM). Apabila nilai RMSE rendah, hal ini berarti nilai yang diprediksi mendekati nilai yang diamati atau Observasi, begitupun sebaliknya.

Tabel 15. Rekapitulasi nilai RMSE (*Root Mean Square Error*).

Pola Agihan	RMSE			
	MM	ABM	THM	TT
2 Jam	9.55	13.15	21.88	50.03
3 Jam	10.45	9.29	11.08	34.61
4 Jam	8.21	5.21	9.20	25.62
5 Jam	5.52	10.89	8.38	20.90
6 Jam	7.09	7.03	6.73	17.07
7 Jam	6.08	7.63	8.98	14.39
8 Jam	6.71	3.98	6.16	7.13

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan hasil analisis nilai RMSE, terlihat bahwa pola distribusi *Mononobe* pada durasi hujan 5 jam menghasilkan nilai RMSE lebih kecil dari pola distribusi ABM dan THM dan

Tadashi Tanimoto yaitu 5.52%. Untuk durasi 8 jam terlihat bahwa pola distribusi ABM menghasilkan nilai RMSE lebih kecil dari pola distribusi *Mononobe*, THM, dan *Tadashi Tanimoto* yaitu 3.98%. Metode THM menghasilkan nilai RMSE terkecil pada durasi 8 jam yaitu 6,16%. Sementara untuk Metode *Tadashi Tanimoto* menghasilkan nilai RMSE terkecil pada durasi 8 jam yaitu 7.13%.

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 *Mononobe*, *Alternating Block Method* (ABM), *Triangular Hyetograph Method* (THM), dan *Tadashi Tanimoto*.

Tabel 16. Rekapitulasi nilai NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*).

Pola Agihan	NSE			
	MM	ABM	THM	TT
2 Jam	-27.13	-52.34	-146.66	-770.91
3 Jam	-0.26	0.01	-0.41	-12.78
4 Jam	-1.16	0.13	-1.71	-20.01
5 Jam	0.17	-2.22	-0.91	-10.86
6 Jam	-2.68	-2.62	-2.32	-20.37
7 Jam	-11.79	-19.14	-26.89	-70.55
8 Jam	-0.57	0.45	-0.33	-0.78

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan hasil analisis nilai NSE untuk 4 metode empiris, terlihat bahwa metode *Alternating Block Method* (ABM) menghasilkan nilai NSE pada durasi 8 jam lebih mendekati angka 1 dibandingkan dengan nilai NSE *Mononobe*, *Triangular Hyetograph Method* (THM), dan *Tadashi Tanimoto* yaitu 0,45%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan didapatkan beberapa kesimpulan dalam penelitian ini, di antaranya:

1. Distribusi hujan jam-jaman observasi/pengamatan membentuk pola yang bervariasi pada setiap durasi hujan. Hujan berdurasi 2 jam memiliki intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan menurun hingga akhir durasi. Pada hujan yang berdurasi 3 jam memiliki intensitas yang rendah pada jam pertama dan naik pada jam kedua lalu turun kembali hingga akhir durasi. Pada hujan yang berdurasi 4 hingga 5 jam, memiliki intensitas hujan yang rendah di jam pertama dan naik di jam kedua hingga akhir durasi menurun, durasi hujan 6 jam memiliki intensitas hujan yang rendah di jam pertama lalu naik pada jam kedua dan turun kembali membentuk pola yang tidak beraturan hingga akhir durasi. Pada durasi hujan 7 hingga 8 jam memiliki intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan rendah pada jam kedua lalu naik kembali hingga pertengahan durasi kemudian turun secara teratur hingga akhir durasi hujan sehingga membentuk pola yang tidak beraturan dan bervariasi.
2. Pola distribusi hujan jam-jaman cara empiris dengan menggunakan hujan jam-jaman berdasarkan metode *Mononobe* untuk semua durasi hujan memiliki intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Berdasarkan *Alternating Block Method* (ABM), pola distribusi hujan yang dihasilkan cenderung membentuk pola segitiga dimana intensitas puncak berada di tengah durasi kemudian menurun secara teratur dari kanan ke kiri hingga akhir durasi hujan. Berdasarkan *Triangular Hyetograph Method*

(THM), pola distribusi hujan yang dihasilkan untuk durasi lebih dari 3 jam cenderung membentuk pola segitiga, yakni rendah pada jam pertama dan naik hingga tercapai intensitas puncak lalu menurun hingga akhir durasi hujan. Berdasarkan metode *Tadashi Tanimoto*, pola distribusi hujan yang dihasilkan memiliki intensitas yang sama dengan metode *Mononobe* yaitu tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi.

3. Metode yang paling sesuai dengan hasil pengamatan berdasarkan RMSE dan NSE adalah metode *Alternating Block Method* (ABM) dimana hasil RMSE terendah adalah 3,98% dan nilai NSE $>0,36$ yaitu 0,45%.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dirumuskan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Studi selanjutnya perlu menganalisis lanjut tentang analisis debit banjir yang berada di Daerah Aliran Sungai Kelongkong Remening.
2. Studi selanjutnya perlu menggunakan data-data hujan terbaru dan lebih lengkap dari stasiun hujan yang ditinjau dalam pengolahan data hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, W. (2010). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Keduang*. Surakarta: Skripsi Universitas Sebelas Maret.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W., (1988). *Applied Hydrology*. Mc Grow-Hill Science Engineering.
- Hardianti, D. (2021). *Analisis Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Daerah Aliran Sungai (DAS) Reak Kabupaten Lombok Utara*. Mataram: Tugas Akhir Universitas Mataram.
- Harto, S. (1993). *Hidrologi*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Harto, S. (2000). *Hidrologi*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Islamiyah, Intan. (2022). *Analisis Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Daerah Aliran Sungai (DAS) Meninting*. Mataram: Tugas Akhir Universitas Mataram.
- Kamiana, I Made. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air (Edisi Pertama)*. Graha Ilmu.
- Kairupan, R. C., Mananoma, T., Sumaraw, J.S.F., (2017). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman wilayah Bolang Mongondow*. Jurnal Tekno, 15(68), 100-113.
- Malia, Hadina. (2022). *Analisis Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Das Sidutan*. Mataram : Tugas Akhir Universitas Mataram.
- Mawening, I Tyas, Setyaningsih, T Puji. (2009). *Perencanaan Polder Sawah Besar Pada Sistem Drainase Kali Tenggang*. Semarang : Tugas Akhir Universitas Diponegoro.
- Motovilov, Y. G, Gottachalk, L. Engeland, K. & Rodhe, A. (1999). *Validation of Distribution Hydrological Model Against Spatial Observation*. *Elvesier Argicultural and Forest Meteorology*, 98:257-227.
- Nurhidayah, R. (2010). *Pola distribusi Hujan jam-Jaman di Sub DAS Alang*. Surakarta: Skripsi Universitas Sebelas Maret.
- Soewarno, (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I dan II*, Nova Offset, Bandung.
- Suripin, M. Eng, (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang*

- Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Suroso, (2006). *Analisis Curah Hujan Untuk Membuat Kurva Intensity-Duration Frequency (IDF) Di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas*. Jurnal Teknik Sipil, vol.3, no.1.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Pencetakan Beta Offset, Yogyakarta.
- Tunas, dan Tanga. (2011). *Penyimpangan Debit Puncak HSS Nakayasu Berdasarkan Beberapa Pola Distribusi Hujan (Mononobe, ABM, Tadashi Tanimoto) Dengan Menggunakan DAS Bangga*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Yuliyani, P. R. (2021). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Stasiun hujan Jurang Sate dan Stasiun Hujan Lingkok Lime Pada Wilayah Lombok Tengah*. Mataram: Tugas Akhir Universitas Mataram.