

Artikel Ilmiah

**POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN PADA STASIUN
HUJAN JURANG SATE DAN STASIUN HUJAN LINGKOK LIME
DI KABUPATEN LOMBOK TENGAH**

Tugas Akhir

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



Oleh:

MUHAMAD HAMDANU PRATAMA PUTRA

F1A 016 10

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MATARAM

2023

Artikel Ilmiah

**POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN PADA STASIUN
HUJAN JURANG SATE DAN STASIUN HUJAN LINGKOK LIME
DI KABUPATEN LOMBOK TENGAH**

Oleh:
Muhamad Hamdanu Pratama Putra
F1A016102

Telah diujikan di depan tim Penguji
Pada tanggal 27 Februari 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Ir. Heri Sulistivono, M.Eng., Ph.D.
NIP : 196511131994031001

2. Penguji II



M. Bagus Budianto, ST., MT.
NIP : 197012061998031006


3. Penguji III



Ir. Anid Supriyadi, MT.
NIP : 196608131994031001

Mataram, 26 Februari 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram,



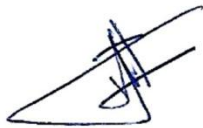

Muhamad Syamsul Iqbal, ST., MT., Ph.D
NIP. 19720222 199903 1 002

Artikel Ilmiah

**POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN PADA STASIUN
HUJAN JURANG SATE DAN STASIUN HUJAN LINGKOK LIME
DI KABUPATEN LOMBOK TENGAH**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing :

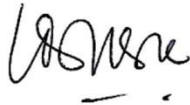
1. Pembimbing Utama



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

Tanggal : 27 Februari 2023

2. Pembimbing Pendamping



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

Tanggal : 27 Februari 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Mataram,



Hariyadi, ST., Msc(Eng)., Dr. Eng.
NIP : 197310271998021001

POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DI STASIUN HUJAN JURANG SATE DAN STASIUN HUJAN LINGKOK LIME PADA WILAYAH LOMBOK TENGAH

Muhamad Hamdanu Pratama Putra¹, Lilik Hanifah², Humairo Saidah.²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

INTISARI

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, yang pada akhirnya sangat mempengaruhi ketelitian debit rancangan yang dihasilkan. Pengujian ini bertujuan menguji pemakaian beberapa model perhitungan distribusi hujan jam-jaman untuk stasiun Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime di Lombok Tengah. Penelitian ini menggunakan metode yaitu *Modified Mononobe*, *Alternating Block Methode (ABM)*, *Triangular Hyetograph Methode (THM)*, dan Tadashi Tanimoto dan 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, dan 6 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.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hujan sering kali dianggap sebagai peresipitasi dimana air turun dari atmosfer permukaan bumi yang mengalami kondensasi dan jatuh ke tanah dalam proses hidrologi. Hujan dan aliran berkaitan dalam hal volume, distribusi hujan dan waktu menggambarkan kedalaman atau intensitas hujan selama terjadinya hujan yang dapat dinyatakan dalam bentuk diskret atau kontinyu. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris dan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek. (Triatmodjo, 2008).

Kabupaten Lombok Tengah terletak pada posisi $82^{\circ} 7' - 8^{\circ} 30'$ Lintangselatan dan $116^{\circ} 10' - 116^{\circ} 30'$ 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.

Untuk mengubah hujan rencana menjadi debit rencana dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya menggunakan metode HSS (Hidrograf Satuan Sintesis). Dalam analisis metode HSS, hujan rencana harian diubah menjadi hujan jam-jaman. Untuk merubah hujan harian menjadi hujan jam-jaman, diperlukan pola distribusi hujan jam-jaman pada daerah penelitian. 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 poladistribusi hujan jam-jaman khususnya pada daerah penelitian yaitu stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingko Lime. Dengan daerah jurang sate yang 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 di Stasiun Hujan Jurang Sate dan Stasiun Hujan Lingkok Lime Pada Wilayah Lombok Tengah".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- Bagaimana 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), *Triangular Hyetograph Method* (THM) dan Tadashi Tanimoto?
- Bagaimana pola distribusi hujan jam-jaman dari hasil pengamatan?
- Metode apa yang paling mendekati hasil pengamatan berdasarkan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*)?

1.3 Tujuan 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), *Triangular Hyetograph Method* (THM) dan Tadashi Tanimoto.

- b. Mengetahui pola distribusi hujan jam-jaman dari hasil pengamatan.
- d. Mengetahui metode apa yang paling mendekati dari hasil pengamatan berdasarkan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*).

1.4 Manfaat Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi penelitian adalah stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime di wilayah Kabupaten Lombok Tengah.
- b. Penelitian hanya mengenai pola distribusi hujan yang terjadi pada stasiun hujan Jurang Sate dan Lingkok Lime.
- c. Data curah hujan menggunakan data sekunder selama 20 tahun terakhir yang diperoleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS), sebagai pengelola Bendungan dan Dinas Pengairan Kabupaten Lombok Barat.

1.5 Batasan Masalah

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi keilmuan dalam bidang teknik sipil khususnya mengenai hidrologi, tentang pola distribusi hujan jam-jaman yang terjadi di stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime pada wilayah Lombok Tengah.

II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Agustin (2010), melakukan penelitian Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Keduang. 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).

Nurhidayah (2010), dengan judul penelitian Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Alang. Diperoleh 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.

2.2 Landasan Teori

Distribusi Hujan merupakan unsure iklim yang paling penting di Indonesia karena keragamannya sangat tinggi baik menurut waktu maupun menurut tempat. Oleh karena itu kajian tentang iklim lebih banyak diarahkan pada hujan.

2.2.1. 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).

2.2.2 Hujan Rerata Daerah

a. Hujan

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari alam yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh factor klimatologi seperti angin, temperature

dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan Kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan (Triatmodjo, 2008).

b. Hujan Titik

Hujan titik adalah hujan yang tercatat pada alat ukur. Hujan titik merupakan dasar perhitungan hujan wilayah. Kualitas dari data hujan sangat beragam dan tergantung pada alat, pengelolaan serta system arsip.

c. Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rerata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Dalam penelitian ini hujan wilayah diperhitungkan dengan cara polygon Thiessen yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 2008).

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

Polygon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan, penambahan dan kerusakan stasiun hujan maka harus dibuat lagi polygon yang baru.

2.2.3 Uji Konsistensi Data (kepanggahan)

Data yang diperoleh dari stasiun hujan perlu diuji karna ada kemungkinan data tidak pangkah akibat alat penakar rusak, alat pernah dipindah tempat, lokasi alat terganggu, atau data tidak sah. Uji kepanggahan dalam penelitian ini

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

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

$$S_k^* = 0$$

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

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

dengan :

Y_i = data hujan ke- i ,

Y = data hujan rerata- i ,

D_y = deviasi standar,

n = jumlah data.

S_k^* = nilai statistik

S_k^{**} = nilai statistik

D_y = Standar Deviasi

Untuk uji kepanggahan digunakan cara statistik:

$$Q = \text{maks } |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n, \text{ atau}$$

$$R = \text{maksimum } S_k^{**} - \text{minimum } S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n$$

Dimana :

Q = nilai statistik

n = jumlah data hujan

Nilai kritik Q dan R ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai kritik $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
∞	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

2.2.4 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).

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

Koefisien skewness,

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

$$\text{Koefisien variansi, } C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

Koefisien kurtosis,

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4$$

Beberapa bentuk jenis distribusi yang dipakai dalam analisis frekuensi untuk hidrologi di antaranya:

a. Distribusi Normal

Persamaan yang dipakai dalam distribusi normal adalah :

$$p = \frac{1}{T}$$

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{1/2}$$

$$K_T = z = w$$

$$w = \frac{12.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

Sifat-sifat distribusi Normal adalah nilai koefisien kemelencengan (skewness) sama dengan nol ($C_s \approx 0$) dan nilai koefisien kurtosis mendekati tiga ($C_k \approx 3$). Selain itu terdapat sifat-sifat distribusi frekuensi kumulatif berikut ini:

$$P(\bar{x} - s) = 15,87\%$$

$$P(\bar{x}) = 50\%$$

$$P(\bar{x} + s) = 84,14\%$$

b. Distribusi Log-Normal

Distribusi Log-Normal digunakan apabila nilai-nilai dari variable random tidak mengikuti distribusi Normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi Normal. Sifat-sifat distribusi Log-Normal adalah sebagai berikut:

Koefisien kemelencengan :

$$C_s = C_v^3 + 3C_v$$

Koefisien kurtosis :

$$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

c. Distribusi Gumbel

Persamaan yang dipakai dalam distribusi Gumbel adalah:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

dengan:

K_T = faktor frekuensi,

T = kala ulang.

Distribusi gumbel mempunyai sifat:

Koefisien kemelencengan : $C_s = 1,14$

Koefisien Kurtosis : $C_k = 5,4$

d. Distribusi Log Pearson III

Bentuk distribusi log-pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik (Soemarto, 1999).

a. Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T -tahunan

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times s$$

Dimana :

b. Nilai curah hujan rerata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

c. Standar deviasi

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

d. Koefisien variansi

$$C_v = \frac{Sd}{\bar{X}}$$

e. Koefisien kemelencengan

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

f. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

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

1. Uji Chi Kuadrat

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

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

Nilai χ^2 hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai χ^2 kritik. Nilai χ^2 kritik telah tersedia dalam bentuk table yaitu merupakan fungsi dari jumlah kelas, jumlah parameter, dan derajat kebebasan.

Tabel 2.2 Tabel Deviasi Kritis Untuk Uji-Chi Kuadrat

Derajat Kebebasan	Koefisien Signifikan			
	$\alpha = 0.95$	$\alpha = 0.90$	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$
1	0.02	2.71	3.84
2	0.1	0.21	4.61	5.99
3	0.35	0.58	6.25	7.81
4	0.71	1.06	7.78	9.49
5	1.15	1.61	9.24	11.07
6	1.64	2.2	10.64	12.59
7	2.17	2.83	12.02	14.07
8	2.73	3.49	13.36	15.51
9	3.33	4.17	14.68	16.92
10	3.94	4.87	15.99	18.31

Sumber: Soewarno, 1995

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan Δ maksimum, yaitu selisih maksimum antara plot data dengan garis teoritis pada kertas probabilitas. Nilai Δ kritis (Δ_{cr} , *Smirnov Kolmogorov Test*) tergantung dari jumlah data (n) dan derajat kegagalan (α).

2.2.5 Hujan Rencana

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

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

dengan:

X_T =tinggi hujan dengan kala ulang T tahun,

K_T =factor frekuensi, merupakan fungsi jenis distribusi dan kala ulang.

2.2.6 Intensitas Hujan

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

$$\text{Kirpich: } T_c = 0.06628 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Australia Rainfall-Runoff :

$$T_c = 0,76 A^{0,38}$$

dengan:

T_c =waktu konsentrasi (jam),

A =luas DAS (km²),

L =panjang sungai utama (km),

S =kemiringan sungai (m/m).

2.2.7 Pola Distribusi Hujan Cara Observasi

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

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum X_1$$

$$BM_t = \bar{X} - \bar{X}_{t-1}$$

$$P_t = \frac{BM_t}{BM_{TOTAL}} 100\%$$

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,

$P_i(\%)$ = Persentase kedalaman hujan pada jam ke-t.

2.2.8 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).

1. *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 misal: menit atau jam. Dalam praktek, data hujan otomatis relative 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).

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

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).

2. *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 $T_d = n\Delta t$. Untuk periode ulang tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots, n\Delta t$. Ketebalan hujan diperoleh dari perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu tersebut. Perbedaan antara nilai ketebalan hujan yang berurutan merupakan penambahan hujan dalam interval waktu Δt . Penambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali kedalam rangkaian waktu dengan intensitas maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan T_d dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah. Dengan demikian terbentuk *hyetograph* rencana, seperti pada Gambar 2.1

Gambar 2.1 *hyetograph* dengan ABM
(Sumber :Triatmodjo, 2010)

3. *Triangular Hyetograph Method*

Model distribusi seragam segitiga menganggap bahwa ketebalan hujan jam-jaman terdistribusi bentuk segitiga. Dalam metode ini, luas segitiga merupakan nilai ketebalan hujan dan ordinat puncak *hyetograph* yang dihitung dengan rumus (Triatmodjo, 2010).

$$I = \frac{2Pt}{T_d}$$

dengan:

I_p =intensitas puncak (mm/jam),

p =hujan rencana (mm),

T_d =durasi hujan (jam).

2.2.9 Kesesuaian Pola Distribusi

1. 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 sebaliknya (Moriassi, et al, 2007). Persamaan yang digunakan untuk mengitung RMSE adalah sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Ei - Oi)^2}{n}}$$

2. NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency)

Menurut Nash and Sutcliffe, persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai NSE adalah sebagai berikut (Moriassi, et al, 2007) dalam Munggaran, 2017 :

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=0}^n (Oi - Ei)^2}{\sum_{i=0}^n (Oi - \bar{Oi})^2} \right]$$

Adapun kriterianilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kriteria Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)

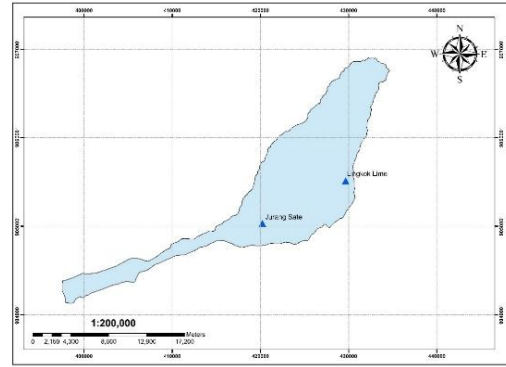
Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	Interpretasi
$0,75 < NSE \leq 1$	Baik
$0,36 < NSE \leq 0,75$	Memuaskan
$NSE \leq 0,36$	Tidak Memuaskan

(Sumber : Motovilov, et al, 1999)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi 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.



Gambar 3.1 Peta DAS Babak (Sumber : Balai Wilayah Sungai NTI)

3.2 Data Yang Dibutuhkan

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.

3.3 Software Yang Digunakan

Software yang digunakan dalam kajian ini adalah perangkat lunak:

1. Auto CAD untuk pengolahan peta DAS.
2. Microsoft Excel atau program terapan untuk pengolahan data hujan.
3. GPS untuk mengetahui letak koordinat stasiun hujan manual

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 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.

3.4.2 Pengelolaan data hujandaristasiun hujan manual

1. Melakukan uji kepenggahan 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.

IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN
4.1 Uji Kepenggahan Data Hujan

Jumlah stasiun hujan yang diteliti di wilayah Lombok Tengah adalah dua stasiun. Uji kepenggahan data hujan dari kedua stasiun tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Data hujan tahunan dari dua stasiun hujan ditampilkan dalam Tabel 4.1

Tahun	Jurang Sate (mm)	Lingko Lime (mm)
2001	1154	2133
2002	1917	978
2003	1707	2367
2004	1326	2488
2005	2246	2973
2006	1611	2773

2007	1619	2721
2008	2106	2725
2009	1481	2692
2010	2800	1517
2011	1072	2454
2012	1602	3039
2013	2610	3262
2014	1493	2437
2015	1616	2189
2016	2996	3553
2017	2087	3153
2018	1601	2500
2020	2307	2748
2021	1340	2943

Contoh perhitungan uji kepenggahan metode RAPS stasiun hujan Jurang Sate adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 Y &= 1154 \text{ mm} \\
 n &= 20 \\
 Y_{\text{rata-rata}} &= 1834.6 \\
 S_k^* &= (Y - Y_{\text{rata-rata}})^2 \\
 &= (1154 - 1890.2)^2 \\
 &= -680.6 \text{ mm} \\
 D_y^2 &= \frac{S_k^*}{n} \\
 &= \frac{-680.6}{20} \\
 &= 23157.4 \text{ mm} \\
 S_k^{**} &= \frac{S_k^*}{D_y \text{rata-rata}} \\
 &= \frac{-680.6}{523.3} \\
 &= -1.30 \text{ mm} \\
 |S_k^{**}| &= 1.30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Uji Kepenggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Jurang Sate Dengan data hujan 20 tahun menggunakan nilai kritik 90% yang diperoleh dari Tabel 2.1 maka diperoleh : $\frac{Q}{\sqrt{n}} = 1.10$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}} = 1.34$

Didapatkan nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ Hitungan 0.48 lebih kecil dari nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ Kritis 1.10, maka hasil hitungan dinyatakan pangkah. Dan didapatkan nilai $\frac{R}{\sqrt{n}}$ Hitungan 0.827 lebih kecil dari nilai $\frac{R}{\sqrt{n}}$ Kritis 1.34, maka hasil hitungan dinyatakan pangkah.

Resume hasil perhitungan $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ dengan metode RAPS ditunjukkan dalam Tabel 4.3

Tabel 4.3 Resume Hasil Uji

Kepanggahan Metode RAPS

Nama Stasiun	Q/\sqrt{n}	Nilai Kritis (90%)	R/\sqrt{n}	Nilai Kritis (90%)	Keterangan
1. Jurang Sate	0.84	1.10	0.83	0.34	Panggah
2. Lingkok Lime	0.61	1.10	0.96	0.34	Panggah

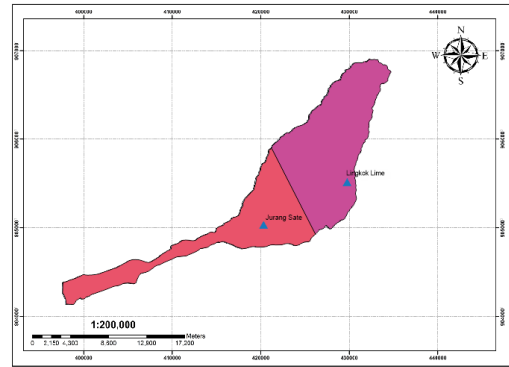
4.2 Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah yang dihitung dengan meratakan hujan harian maksimum tahunan dari tiap stasiun hujan yang diamati. Data hujan maksimum tahunan stasiun hujan Jurang Sate dan stasiun hujan Lingkok Lime dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Data Hujan Harian Maksimum Tahunan

Untuk menentukan hujan wilayah Sub DAS Babak digunakan metode Poligon Thiessen narasi gambar polygon dapat dilihat pada Gambar 4.1 dengan luas daerah pengaruh 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



Gambar 4.1 Poligon Thiessen Sub DAS Babak

Contoh perhitungan untuk mendapatkan hujan wilayah harian maksimum cara Poligon Thiessen :

$$P = \frac{(Aj \cdot Pj) + (Al \cdot Pl)}{Aj + Al}$$

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

$$= 52.948 \text{ mm}$$

4.3 Uji Kecocokan 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.

Contoh perhitungan jenis distribusi adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$Xi = 80.264 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 85.805 \text{ mm}$$

$$(Xi - \bar{X}) = 80.264 - 85.805$$

$$= -5.539 \text{ mm}$$

$$(Xi - \bar{X})^2 = (-5.539)^2$$

$$= 30.681 \text{ mm}^2$$

$$(Xi - \bar{X})^3 = (-5.539)^3$$

$$= -169.942 \text{ mm}^3$$

$$(X_i - \bar{X})^4 = (-5.539)^4$$

$$= 946.311 \text{ mm}^4$$

Tabel 4.5 Perhitungan Analisa Agihan

No	X_i mm	$(X_i - \bar{X})$ mm	$(X_i - \bar{X})^2$ mm^2	$(X_i - \bar{X})^3$ mm^3	$(X_i - \bar{X})^4$ mm^4
1	80.264	-5.539	30.681	-169.942	941.311
2	102.158	16.355	267.493	4374.906	71552.518
3	53.220	-32.583	1061.634	-34590.915	1127066.139
4	87.786	-1.983	3.932	-7.796	15.457
5	57.061	-28.742	826.109	-23744.100	682455.410
6	74.920	-10.883	118.442	-1289.022	14028.583
7	96.149	10.347	107.056	1107.681	11460.917
8	80.104	-5.698	32.472	-185.038	1054.421
9	71.326	-14.477	209.582	-3034.115	43924.760
10	84.664	-1.138	1.296	-1.475	1.679
11	131.678	45.876	2104.569	96548.319	4429210.180
12	68.753	-17.049	290.684	-4956.012	84497.349
13	82.644	-3.158	9.974	-31.500	99.484
14	64.185	-21.618	467.337	-10102.876	218403.726
15	146.230	60.427	3651.447	220646.731	1333065.013
16	59.255	-26.547	704.768	-18709.806	496697.947
17	133.698	47.895	2293.972	109870.789	5262308.724
18	83.945	-1.858	3.451	-6.412	11.912
19	75.166	-10.636	113.132	-1203.309	12798.803
20	82.848	-2.955	8.733	-25.806	76.260

a. Menghitung nilai Rerata Hujan \bar{X}

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{n}$$

$$= \frac{1716.054}{20}$$

$$= 85,803 \text{ mm}$$

b. Menghitung Standar Deviasi (SD)

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{(n-1)} \right]^{0,5}$$

$$= \left[\frac{12306.763}{(20-1)} \right]^{0,5}$$

$$= 25.45 \text{ mm}$$

c. Menghitung Koefisien variansi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$= \frac{25.450}{85.803}$$

$$= 0.297$$

d. Menghitung Koefisien skewness (Cs)

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

$$= \frac{20}{(20-1)(20-2) 25.450^3} \times 334505.894$$

$$= 1.187$$

e. Menghitung Koevisien kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4$$

$$= \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3) 25.450^4} \times 25789670.592$$

$$= 4.229$$

Dengan melihat nilai Cs, Cv dan Ck dapat diketahui sebaran yang cocok digunakan untuk mengetahui hujan

rancangan periode kala ulang yang disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Persyaratan Jenis Distribusi

No	Type Distribusi	Syarat	Hasil Hitungan	
1	Normal	Cs \approx 0 Ck = 3	Cs	1.187
2	Log Normal	Ck \approx 3 Cv Cs > 0	Ck	4.229
3	Gumbel	Cs \approx 1.14 Ck \approx 5.4	Cv	0.297
4	Log Person Type III	Tidak ada syarat (Seluruh nilai di luar agihan 1, 2, dan 3)		

(Sumber : Harto, 1993)

4.1.2 Uji Kecocokan Distribusi

Frekuensi

Uji kecocokan yang digunakan dalam analisis adalah uji Chi Kuadrat. Perhitungan dengan uji Chi-Kuadrat disajikan sebagai berikut :

a. Menghitung jumlah kelas disajikan seperti dibawah ini :

Jumlah data (n) = 20

Kelas distribusi (K)

$$K = 1 + 3.3 \times n$$

$$K = 1 + 3.3 \times 20$$

$$K = 5.322 \approx 6 \text{ kelas}$$

b. Menghitung derajat kebebasan (DK) disajikan seperti dibawah ini :

$$Dk = K - (P+1)$$

$$= 6 - (2+1)$$

$$= 3$$

X^2_{Kritis} dengan jumlah data (n) = 20, $\alpha = 5\%$ dan Dk adalah 3 maka didapatkan nilai koefisien signifikan 7.81 (Dari Tabel 2.2)

c. Penentuan interval kelas

$$R \text{ terbesar} = 146.229 \text{ mm}$$

(Dari data hujan max terbesar)

$$R \text{ terkecil} = 53.220 \text{ mm}$$

(Dari data hujan max terkecil)

$$I_k = \frac{(R \text{ terbesar} - R \text{ terkecil})}{n}$$

$$= \frac{(146.230 - 53.220)}{20}$$

$$= 15.502 \text{ mm}$$

d. Sebaran Analitis

$$Ef = \frac{n}{K}$$

$$= \frac{20}{6} = 3.33$$

e. Pembagian interval kelas

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas I} &= \text{data terkecil} + Ik \\ &= 53.220 + 15.502 \\ &= 68.722 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas II} &= \text{batas akhir kelas} \\ \text{I} &+ Ik \\ &= 68.722 + 15.502 \\ &= 84.223 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas III} &= \text{batas akhir kelas} \\ \text{II} &+ Ik \\ &= 84.223 + 15.502 \\ &= 99.725 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas IV} &= \text{batas akhir kelas} \\ \text{III} &+ Ik \\ &= 99.725 + 15.502 \\ &= 115.227 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas V} &= \text{batas akhir kelas} \\ \text{IV} &+ Ik \\ &= 115.227 + 15.502 \\ &= 130.728 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas VI} &= \text{batas akhir kelas} \\ \text{V} &+ Ik \\ &= 130.728 + 15.502 \\ &= 146.23 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil pengujian Chi-Kuadrat disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil uji Chi-Kuadrat data curah hujan

Kelas	Interval	O _i	E _i	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ²
1	P < 68.721621	3	3.333	-0.333	0.111
2	68.7216 < P < 84.223275	10	3.333	6.667	44.444
3	84.2233 < P < 99.724929	3	3.333	-0.333	0.111
4	99.7249 < P < 115.22658	1	3.333	-2.333	5.444
5	115.227 < P < 130.72824	0	3.333	-3.333	11.111
6	130.728 < P < 146.22989	3	3.333	-0.333	0.111
Jumlah		20	20.000	0.000	61.333

Sumber : Perhitungan

f. Uji Kecocokan nilai X^2_{Kritis} dengan nilai X^2_{Hitung}

$$\text{Untuk } \alpha = 5\%$$

$$X^2_{\text{kritis}} = 7.81$$

$$\begin{aligned} X^2_{\text{Hitung}} &= \sum_{i=0}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \\ &= \frac{61.333}{20} \\ &= 3.067 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai $X^2_{\text{Hitung}} 3.067 < \text{nilai } X^2_{\text{kritis}} 7.81$ maka dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan..

4.5 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan besaran hujan dengan kala ulang tertentu, misalnya X_2 merupakan besaran hujan dengan periode ulang 5 tahun dengan pengertian bahwa hujan sebaran itu atau lebih akan terjadi sekali selama waktu 5 (lima) tahun.

Contoh perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson Type III sebagai berikut :

a. Nilai curah hujanrerata :

$$X = \frac{\sum \text{Log } Xi}{n} = 1.917 \text{ mm}$$

b. Standar Deviasi :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } Xi - \text{Log } X)^2}{(n-1)}} = 0.119$$

c. Koefisien Kemencengan :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^3}{(n-1)(n-2) sd^3} = 0.598$$

4.5.1 Menentukan Hujan Rancangan Berbagai Periode Ulang

Menentukan nilai K untuk tiap periode, contoh perhitungan untuk kala ulang 2 tahun :

Diketahui :

$$Cs \text{ analitis} = 0.598$$

$$Cs \text{ sebelumnya} = 0.6 \text{ (pada tabel Cs)}$$

$$Cs \text{ setelahnya} = 0.5 \text{ (pada tabel Cs)}$$

Tabel 4.8 Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log Pearson Type III

Cs = 0.6		Cs = 0.5	
Tahun	K	Tahun	K
2	0.099	2	-0.083
5	0.800	5	0.808
10	1.328	10	1.323
25	1.939	25	1.910
50	2.359	50	2.311
100	2.755	100	2.686
1000	3.960	1000	3.815

Contoh Perhitungan Nilai K untuk periode ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$Cs = 0.6 \quad K = 0.099$$

$$Cs = 0.598 \quad K = \dots\dots\dots$$

$$Cs = 0.5 \quad K = -0.083$$

Interpolasi nilai K :

$$K = 0.099 + (0.598 - (0.6)) / (0.5 - (0.6)) \times (-0.083 - 0.099)$$

$$= 0.095$$

Nilai K untuk setiap periode ulang dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Nilai K Untuk Tiap Periode Ulang

Tahun	K
2	0.095
5	0.800
10	1.328
25	1.938
50	2.358
100	2.753
1000	3.957

Sumber : Perhitungan

Perhitungan Hujan Rancangan Untuk Setiap Periode Ulang :

$$\text{Log XT} = \text{Log X} + K \cdot Sd$$

$$XT = \text{Anti Log XT}$$

Dimana :

$$\text{Log X} = 1.917$$

$$Sd = 0.119$$

a. Hujan Rancangan Periode Ulang 2 Tahun

$$\text{Log XT} = 1.917 + 0.095 \times 0.119$$

$$= 1.901$$

$$XT = 84.828 \text{ mm}$$

Resume hasil perhitungan hujan rancangan periode ulang 2 tahun sampai dengan 1000 tahun disajikan pada Table 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Curah Hujan Rancangan

Kala Ulang	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

Sumber : Perhitungan

4.6 Durasi Hujan dan Waktu Konsentrasi

4.6.1 Durasi Hujan

Durasi hujan dan banyak kejadian hujan pada data dari stasiun pencatat hujan otomatis dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Durasi Hujan dan Banyak Kejadian Hujan

Durasi t	Kejadian n
2	530
3	283
4	159
5	94
6	61
7	34
8	14
9	15

Sumber : Perhitungan

Dari Tabel 4.11 Diketahui bahwa kejadian hujan paling banyak pada saat durasi hujan 2 jam. Sehingga durasi hujan paling dominan di Sub DAS Babak adalah 2 jam. Sedangkan perhitungan durasi hujan adalah sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\sum \text{Durasi hujan} \times \text{Kejadian}}{\sum \text{Kejadian}}$$

$$= \frac{3866}{1190}$$

$$= 3.25 \text{ jam}$$

4.6.2 Waktu Konsentrasi

Diketahui:

Luas DAS Babak (A) = 222.670 km²

Panjang Sungai (L) = 54.890 km

Slope (S) = 0,0446

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

$$= 0.06628 \times 54.890^{0.77} \times 0.446^{-0.385}$$

$$= 4.79 = 5 \text{ Jam}$$

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

$$= 0.76 \times 222.670^{0.38}$$

$$= 6 \text{ Jam}$$

4.7 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. Hasil pengelompokan data kedalaman hujan di lokasi pengamatan tahun 2014 – 2018 disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Kedalaman Hujan Tahun 2014-2018

Pola distribusi hujan jam-jaman dengan cara observasi dihitung berdasarkan Persamaan 2.23 – 2.25, dengan durasi hujan 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 jam.

Contoh perhitungan metode observasi durasi 2 jam adalah sebagai berikut:

- a. Rata-rata Kedalaman Hujan

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$= \frac{1}{530} 1965.9$$

$$= 3.7 \text{ mm}$$

- b. Perhitungan Bobot Massa

$$BM_t = \bar{X} - \bar{X}_{t-1}$$

$$= 3.7 - 0$$

$$= 3.7 \text{ mm}$$

- c. Persentase Kedalaman Hujan

$$P_t = \frac{BM_t}{BM_{TOTAL}} 100\%$$

$$= \frac{3.7}{5.21} 100\%$$

$$= 71.21 \%$$

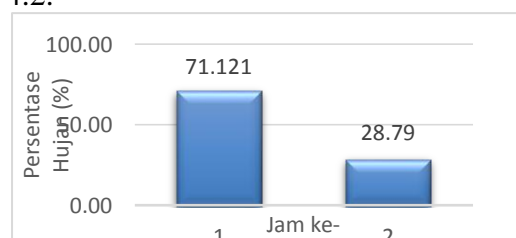
Pola agihan hujan 2 jam dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hujan 2 Jam Cara Observasi

t	Kedalaman Hujan (Xt)	Kejadian Hujan n	Rata-rata Kedalaman Hujan (Xi)	BMt	Pt (%)
1	1965.9	530	3.71	3.71	71.21
2	2760.62		5.21	1.50	28.79
		Total		5.21	100

Sumber : Perhitungan

Dari Tabel 4.13 dapat dilihat hasil distribusi data dengan cara observasi ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pola Distribusi Hujan 2 Jam (Observasi)

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

4.8 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 agihan hujan cara Observasi yaitu *Modified Mononobe*, ABM dan THM.

4.8.1 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.

Contoh perhitungan intensitas hujan dengan kala ulang T_1 yaitu:

$$\begin{aligned} R_{24} &= 102.930 \\ t_c &= 5 \text{ jam} \\ t &= 1 \text{ jam (jam pertama)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{R_{24}}{t_c}\right) \left(\frac{t_c}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \left(\frac{102.930}{5}\right) \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 60.19 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= I \cdot t \\ &= 60.19 \times 1 = 60.19 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Delta} &= P_t - P_{t-1} \\ &= 60.19 - 0 \\ &= 60.19 \text{ mm} \end{aligned}$$

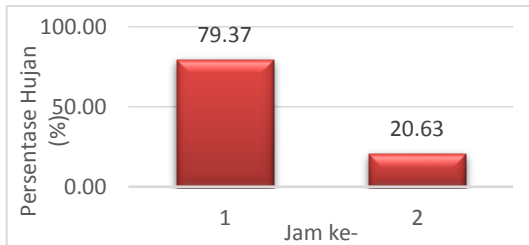
$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Delta}}{\text{Delta}_{TOTAL}} \times 100 \\ &= \frac{60.19}{75.84} \times 100 \\ &= 79.37 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pola distribusi hujan 2 jam dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.14 Distribusi Hujan 2 Jam Sub DAS Babak (*Modified Mononobe*)

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

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.3 Pola Distribusi Hujan 2 Jam (*Modified Mononobe*)

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa 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 contoh perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

4.8.2 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.

Contoh perhitungan metode ABM adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{24} &= 102.930 \\ t_c &= 5 \text{ jam} \\ t &= 1 \text{ jam (jam pertama)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{R_{24}}{t_c}\right) \left(\frac{t_c}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \left(\frac{102.930}{5}\right) \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 62.68 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= I \times t \\ &= 60.19 \times 1 = 60.19 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Delta} &= P_t - P_{t-1} \\ &= 60.19 - 0 \\ &= 60.19 \text{ mm} \end{aligned}$$

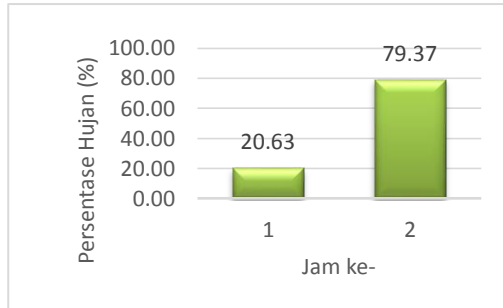
$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Delta}}{\text{Delta}_{TOTAL}} \times 100 \\ &= \frac{60.19}{75.84} \times 100 \\ &= 79.37 \% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode ABM, maka hasil perhitungan pola distribusi hujan 2 jam dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.15 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	100	74.8386

Sumber :Perhitungan



Gambar 4.4 Pola Distribusi Hujan 2 Jam (ABM)

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat 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 contoh perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

4.8.3 Pola Distribusi Hujan THM (Triangulat Hyetograph Methode)

Metode distribusi hujan segitiga menganggap bahwa kedalaman hujan jam-jaman terdistribusi mengikuti bentuk segitiga. Contoh perhitungan metode segitiga durasi 2 jam adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$P = 102.930$$

$$T_d = 2 \text{ jam}$$

$$r = 0.3 \text{ (nilai } r \text{ 0.3- 0.5)}$$

$$I_p = \frac{2p}{T_d} = \frac{2 \times 102.930}{2} = 102.93 \text{ mm}$$

$$T_p = r \times T_d$$

$$= 0.3 \times 2$$

$$= 0.6 \text{ jam}$$

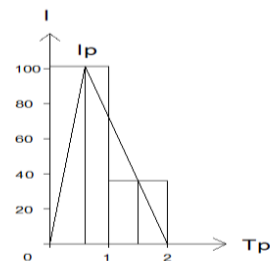
Dari hasil perhitungan, maka pola distribusi hujan 2 jam dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Distribusi Hujan 2 Jam Sub DAS Babak (THM)

Td (Jam)	2
Ip (mm)	102.93
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 4.5 dan nilai yang di hasilkan disajikan pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.6.

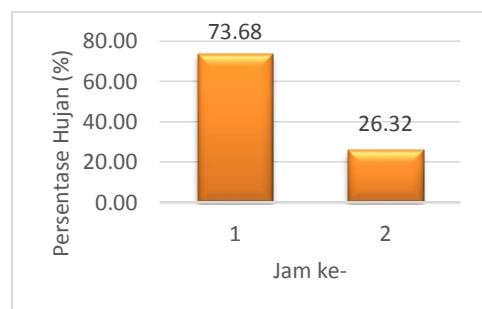


Gambar 4.5 Pola Distribusi Hujan 2 Jam (THM)

Tabel 4.17 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

Sumber :Perhitungan



Gambar 4.6 Pola Distribusi Hujan 2 Jam (THM dalam diagram batang)

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa 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 contoh perhitungan pola distribusi observasi durasi 2 jam.

4.8.4 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 sebaliknya.

Contoh perhitungan uji kesesuaian pola distribusi Observasi dan Empiris durasi 2 jam adalah sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Ei - Oi)^2}{n}}$$

Diketahui :

$$Oi = 71.21 \%$$

$$Ei \text{ (MM)} = 79.37 \%$$

$$n = \text{Jumlah Data}$$

$$a. (Ei - Oi) = 79.37 - 71.21$$

$$= 8.16 \%$$

$$b. (Ei - Oi)^2 = (79.37 - 71.21)^2$$

$$= 66.55 \%$$

$$\begin{aligned} c. RMSE &= \sqrt{\frac{\sum(Ei - Oi)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{66,55}{2}} \\ &= 8.16 \end{aligned}$$

Hasil uji kesesuaian pola distribusi hujan dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Rekapitulasi Nilai RMSE)

Pola Agihan	RMSE		
	MM	ABM	THM
2 Jam	8.16	50.58	2.47
3 Jam	20.27	23.06	7.39
4 Jam	13.84	19.84	14.97
5 Jam	2.64	30.71	24.75
6 Jam	18.71	19.00	6.17
7 Jam	19.61	8.26	8.77
8 Jam	16.69	16.34	6.37
9 Jam	13.12	17.23	7.53

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis nilai RMSE, terlihat bahwa pola distribusi THM pada durasi 2, 3, 6, 8 dan 9 jam menghasilkan nilai RMSE lebih kecil dari pola distribusi *Modified Mononobedan* 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) (Motolotov, et al, 1999):

$$0.75 < NSE \leq 1 \quad : \text{Baik}$$

$$0.36 < NSE \leq 0.75 \quad : \text{Memuaskan}$$

$$NSE \leq 0.36 \quad : \text{Tidak}$$

Memuaskan

Contoh perhitungan nilai NSE antara pola distribusi cara Observasi

dengan pola distribusi cara Empiris durasi 2 jam adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$O_i = 71.21 \%$$

$$E_i (\text{MM}) = 79.37 \%$$

$$(O_i - E_i)^2 = (71.21 - 79.37)^2 = 66.55 \%$$

$$(O_i - \bar{O}_i)^2 = (71.21 - 50)^2 = 449.96 \%$$

$$\begin{aligned} \text{NSE} &= 1 - \left[\frac{\sum_{i=0}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=0}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \right] \\ &= 1 - \left[\frac{66.55}{449.96} \right] \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam Tabel 4.19-4.21

Tabel 4.19 Rekapitulasi NSE Metode *Modified Mononobe*

Pola Agihan	NSE	Interpretasi
2 Jam	0.85	Baik
3 Jam	-3.83	Tidak Memuaskan
4 Jam	-0.27	Tidak Memuaskan
5 Jam	0.98	Baik
6 Jam	-2.32	Tidak Memuaskan
7 Jam	-3.81	Tidak Memuaskan
8 Jam	-12.39	Tidak Memuaskan
9 Jam	-2.09	Tidak Memuaskan

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.20 Rekapitulasi NSE Metode *Alternating Block Method*

Pola Agihan	NSE	Interpretasi
2 Jam	-4.69	Tidak Memuaskan
3 Jam	-5.24	Tidak Memuaskan
4 Jam	-1.60	Tidak Memuaskan
5 Jam	-1.24	Tidak Memuaskan
6 Jam	-2.43	Tidak Memuaskan
7 Jam	0.15	Tidak Memuaskan
8 Jam	-11.84	Tidak Memuaskan
9 Jam	-4.33	Tidak Memuaskan

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.21 Rekapitulasi NSE Metode *Triangular Hyetograph method*

Pola Agihan	NSE	Interpretasi
2 Jam	0.99	Baik
3 Jam	0.36	Memuaskan
4 Jam	-0.48	Tidak Memuaskan
5 Jam	-0.45	Tidak Memuaskan
6 Jam	0.64	Memuaskan
7 Jam	0.04	Tidak Memuaskan
8 Jam	-1.55	Tidak Memuaskan
9 Jam	-0.02	Tidak Memuaskan

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis nilai NSE, 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 criteria nilai NSE pada Tabel 2.3. Sehingga durasi hujan 2, 3, 6, 8 dan 9 jam sesuai jika dibandingkan dengan pola agihan Observasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. 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) :
 - a. Analisis distribusi hujan menggunakan metode *Modified Mononobe*, memiliki pola distribusi untuk semua durasi hujan memiliki intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Pola distribusi *Modified Mononobe* durasi 2 dan 3 jam memiliki pola yang sama dengan pola distribusi cara Observasi.
 - b. Analisis distribusi hujan menggunakan metode ABM, memiliki dua bentuk pola yakni pada hujan yang berdurasi 2 jam memiliki pola intensitas hujan yang rendah pada jam pertama

dan semakin naik hingga akhir durasi hujan dan pada hujan yang berdurasi lebih dari 3 jam, intensitas hujan cenderung membentuk pola segitiga yaitu kecil pada jam pertama dan naik hingga tercapai intensitas puncak, lalu menurun hingga akhir durasi hujan.

- c. Analisis distribusi hujan menggunakan metode THM, memiliki dua bentuk pola yaitu pada hujan yang berdurasi 2 dan 3 jam memiliki pola intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan semakin menurun hingga akhir durasi hujan. Pada hujan yang berdurasi lebih dari 4 jam, intensitas hujan cenderung membentuk pola segitiga yaitu kecil pada jam pertama dan naik hingga tercapai intensitas puncak, lalu menurun hingga akhir durasi hujan. Pola distribusi THM durasi 2, 3, dan 6 jam memiliki pola yang sesuai dengan pola distribusi cara Observasi.
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 yaitu kecil pada jam pertama dan naik hingga tercapai intensitas puncak, lalu menurun hingga akhir durasi hujan.
3. Keseuaian pola distribusi hujan Observasi terhadap pola distribusi cara Empiris berdasarkan nilai RMSE dan NSE :

- a. Berdasarkan hasil analisis nilai *RMSE*, terlihat bahwa pola distribusi THM pada durasi 2, 3, 4, 5, 6, 8 dan 9 jam menghasilkan nilai *RMSE* lebih kecil dari pola distribusi *Modified Mononobedan* ABM. Sehingga durasi hujan 2, 3, 4, 5, 6, 8 dan 9 jam sesuai dengan pola distribusi Observasi.
- b. Berdasarkan hasil analisis nilai *NSE*, terlihat bahwa metode *Triangular Hyetograph Method* (THM) menghasilkan nilai *NSE* pada durasi 2, 3, dan 6 jam lebih mendekati angka 1 dibandingkan dengan nilai *NSE* metode *Modified Mononobe* dan *Alternating Block Method* (ABM). Sehingga durasi hujan 2, 3, dan 6 jam sesuai dengan pola distribusi Observasi.

5.2 Saran

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

1. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat, maka dilakukan penambahan panjang data curah hujan
2. .Studi selanjutnya perlu menggunakan data-data hujan terbaru dan data dari stasiun otomatis dalam pengolahan data hidrologi.
3. Studi selanjutnya perlu menganalisis lanjut tentang analisis debit banjir yang berada di stasiun hujan Jurang Sate dan Lingkok Lime.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, Winda, 2010, *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Kaduang* : Skripsi S1 Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

- Anonim, 2009, *Pedoman Penulisan Tugas Akhir*, Mataram : Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram.
- Anonim, 2014, *Katalog sungai Babak WS Pulau Lombok*, Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I.
- Harto, Sri, 1993, *Analisis Hidrologi*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Harto, Sri, 2000, *Hidrologi teori, masalah penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Kairupan, Reynaldo C., 2017, *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Wilayah Bolaang Mongondow* : Jurnal Sipil Tekno Fakultas Teknik Unifersitas Sam Ratulangi.
- 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, Ropri, 2010, *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Sub DAS Alang* : Skripsi S1 Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Petonengan, Andriano, 2016, *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di DAS Tandon Bagian Hulu* :Jurnal Sipil Statik Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Sosrodarsono, Suyono, 1976, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT Pradaya Pramita, Jakarta.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova, Bandung
- Sulistiyowati, 2006, *Dampak Pola Iklim Terhadap SumberDaya Air di Indonesia*. Suara Pembaruan.
- Triatmodjo, Bambang, 2008, *Hidrologi Terapan*, Percetakan Beta offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2010, *Hidrologi Terapan*, Percetakan Beta offset, Yogyakarta.