

ANALISIS DISTRIBUSI CURAH HUJAN DI SUB DAS BADUNG MENGGUNAKAN METODE LOG PEARSON III

Tubagus Aji Regif Prawira^{1*}, Athayanuha Deandara², Fadhil Muhammad Nuryanto³

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Pertahanan Republik Indonesia, regifprawira@gmail.com,
athayanuhadeandara@gmail.com, fadhilmuhammadn79@gmail.com

ABSTRAK

Curah hujan merupakan parameter penting dalam perencanaan hidrologi, terutama dalam analisis frekuensi hujan ekstrem yang berpengaruh terhadap pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi curah hujan di Sub DAS Badung menggunakan metode statistik Log Pearson III. Data curah hujan diperoleh dari beberapa stasiun pengamatan dalam periode tertentu, kemudian dianalisis untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode Log Pearson III mampu menangani data curah hujan dengan karakteristik skewness yang tinggi, sehingga lebih akurat dalam memperkirakan curah hujan ekstrem dibandingkan metode lainnya. Selain itu, hasil estimasi menunjukkan bahwa semakin besar periode ulang, semakin tinggi pula nilai curah hujan yang dihasilkan oleh metode ini. Analisis ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan infrastruktur sumber daya air serta mitigasi risiko banjir di Sub DAS Badung. Dengan distribusi curah hujan yang lebih akurat, risiko akibat curah hujan ekstrem dapat diminimalkan dan pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan dengan lebih efektif.

Kata kunci: Curah hujan, Log Pearson III, distribusi frekuensi, periode ulang, Sub DAS Badung.

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan faktor utama dalam perencanaan hidrologi dan pengelolaan sumber daya air, terutama dalam kaitannya dengan analisis frekuensi hujan ekstrem. Intensitas dan pola curah hujan yang ekstrem dapat berdampak signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk pertanian, infrastruktur, dan mitigasi bencana. Oleh karena itu, pemahaman yang akurat mengenai distribusi curah hujan menjadi hal yang sangat penting untuk mengantisipasi resiko yang ditimbulkan oleh kejadian hidrometeorologi ekstrem seperti banjir dan longsor.

Salah satu metode statistik yang sering digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan ekstrem adalah metode Log Pearson III. Metode ini mampu menangani data dengan karakteristik asimetri (skewness) yang tinggi, yang sering ditemukan pada data curah hujan ekstrem. Dengan menerapkan metode ini, distribusi probabilitas curah hujan dapat diperkirakan dengan lebih akurat, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan infrastruktur sumber daya air dan mitigasi risiko bencana.

Sub DAS Badung merupakan salah satu wilayah yang memiliki curah hujan tinggi dan berpotensi mengalami banjir akibat intensitas hujan ekstrem. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai distribusi probabilitas curah hujan di wilayah ini guna memahami pola kejadian hujan ekstrem dan mempersiapkan langkah-langkah mitigasi yang tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi curah hujan di Sub DAS Badung menggunakan metode Log Pearson III. Data curah hujan diperoleh dari beberapa stasiun pengamatan dalam periode tertentu dan dianalisis untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air serta sebagai acuan dalam penyusunan strategi mitigasi banjir di Sub DAS Badung.



Gambar 1. Peta Wilayah Kabupaten Badung (Sumber : Peta-hd.com)

Analisis hidrologi merupakan tahap awal yang umum dilakukan dalam perancangan bangunan hidrolis. Konsep utama dalam analisis ini adalah bahwa data dan informasi yang diperoleh menjadi input penting untuk analisis lebih lanjut. Tanpa informasi yang jelas mengenai karakteristik dan kuantitas hidrologi, hampir tidak mungkin untuk melakukan analisis yang akurat.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan perhitungan meliputi:

a. Menghitung Curah Hujan

Perhitungan curah hujan bertujuan untuk keperluan perencanaan dan pengelolaan sedimen. Fokusnya bukan pada intensitas hujan di satu titik tertentu, melainkan rata-rata intensitas hujan di seluruh wilayah yang terkena dampak. Intensitas hujan ini disebut presipitasi regional, yang dinyatakan dalam satuan milimeter (mm).

Karena hanya terdapat dua stasiun pengukur curah hujan di DPS, metode yang digunakan adalah metode rata-rata. Pendekatan ini dilakukan dengan menjumlahkan curah hujan yang tercatat di masing-masing stasiun, kemudian membaginya dengan jumlah stasiun yang tersedia. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan faktor topografi. Meskipun demikian, metode ini dapat memberikan hasil yang cukup akurat jika wilayahnya datar, alat ukur tersebar merata, dan curah hujan tidak menunjukkan variasi signifikan dari rata-rata.

$$R_{ave} = \frac{R_1+R_2+R_3+\dots+R_n}{n} \quad (1)$$

Di mana :

- \bar{R} = curah hujan rata – rata (mm)
- R = tinggi curah hujan di stasiun i (mm)
- A1-An = luas daerah pengaruh stasiun i (km²)

b. Distribusi Probabilitas

Berbagai jenis distribusi sering digunakan dalam analisis probabilitas banjir untuk memperoleh hasil yang lebih akurat :

1. Metode E.J. Gumbel

$$X_T = \bar{X} + s \cdot K \quad (2)$$

Keterangan :

X_T = Variate yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

\bar{X} = Nilai tengah sampel

s = Standar deviasi sampel

K = Faktor frekuensi

2. Metode Log Pearson Type III

$$\log X_T = \log X_r + K \cdot \log S_X \quad (3)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang pada T tahun

K = Faktor frekuensi yang berfungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi

3. Metode Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \quad (4)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai tengah sampel

S_d = Standar deviasi sampel

K_T = Faktor frekuensi

4. Metode Distribusi Log Normal

$$\log X_T = \log X_r + K \cdot \log S_X \quad (5)$$

Keterangan :

K = Variabel standar, besarnya bergantung pada koefisien kemiringan

c. Parameter Statistik

Dalam menentukan distribusi frekuensi, terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi terkait parameter statistik. :

1. Nilai Rata-Rata (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad (6)$$

2. Standar Deviasi

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

3. Koefisien Variasi

$$C_V = \frac{Sx}{\bar{X}} \quad (8)$$

4. Nilai a

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (9)$$

5. Koefisien Kemencengan

$$C_S = \frac{a}{s_x^3} \quad (10)$$

6. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{s_x^4} \quad (11)$$

Tujuan utama dari parameter statistik curah hujan adalah untuk memperkirakan besarnya suatu variabel acak tertentu.

d. Distribusi Hujan Setiap Jam

Perhitungan banjir rencana memerlukan *input* berupa hujan rencana yang didistribusikan pada kedalaman hujan per jam (*Hyetograph*). Untuk mengubah curah hujan prakiraan menjadi curah hujan per jam, terlebih dahulu perlu dihitung diagram distribusi curah hujan per jam. Curah hujan per jam diperlukan untuk mengubah hujan rencana menjadi limpasan banjir rencana. Distribusi curah hujan per jam dihitung menggunakan rumus Mononobe. Adapun langkah perhitungannya sebagai berikut :

1. Curah Hujan pada Jam ke-t

$$X_t = 10^{(\log X_r + K.S)} \quad (12)$$

Keterangan :

$\log X_r$ = Log dari rata rata X ranking

S = Standar Deviasi

2. Curah Hujan Efektif

$$X_{eff} = X_t \cdot C \quad (13)$$

Keterangan :

X_{eff} = hujan efektif pada jam ke-t (mm),

C = koefisien pengaliran,

R_n = kemungkinan hujan pada T tahun (mm)

e. Debit Banjir Rancangan

Perhitungan limpasan banjir rencana didasarkan pada perbandingan antara curah hujan dan limpasan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan aliran banjir rencana adalah metode rasional. Metode ini umumnya diterapkan dalam analisis debit banjir pada daerah tangkapan air yang relatif kecil. Perhitungan dalam metode rasional didasarkan pada hubungan antara aliran puncak, dengan rumus umum sebagai berikut:

1. Waktu Konsentrasi Hujan

$$T_c = \frac{0,606.(L.n)^{0,467}}{S^{0,234}} \quad (14)$$

Keterangan :

T_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai ke titik yang ditinjau (km);

N = koefisien kekasaran (didapatkan dari tabel);

S = kemiringan rata-rata daerah lintasan air.

2. intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi

$$I = \frac{X_{eff}}{24} \left[\frac{24}{T_c} \right]^2 \quad (15)$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm)

X_{eff} = hujan efektif pada jam ke-t (mm),

T_c = waktu konsentrasi (jam)

3. Debit Puncak

$$Q_t = 0,278 C.I.A \quad (16)$$

Keterangan :

Q_t = debit puncak (m³/det) untuk kala ulang T tahun

C = koefisien aliran (*run off*), yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air (DAS)

I = intensitas hujan (mm/jam) untuk waktu konsentrasi (t_c) dan kala ulang T tahun

A = luas daerah tangkapan air/DAS (km²)

f. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah variabel yang dipengaruhi oleh kondisi cekungan serta karakteristik curah hujan di wilayah tersebut. Beberapa faktor yang menentukan nilai koefisien ini antara lain:

- Pola dan intensitas hujan
- Luas serta bentuk daerah aliran
- Kemiringan daerah aliran dan dasar sungai
- Kemampuan infiltrasi dan jenis tanah

- Tingkat kelembaban tanah
- Faktor iklim seperti suhu udara, angin, dan evaporasi
- Pola tata guna lahan

Koefisien pengaliran yang ditampilkan dalam tabel 1 didasarkan pada pertimbangan bahwa nilai koefisien sangat bergantung pada berbagai faktor fisik di wilayah tersebut.

Daerah yang kami analisis adalah Kabupaten Badung, Bali. Dengan kondisi alam disekitar stasiun meteorologi kelas 1 Ngurah Rai, penggunaan lahan menurut Sumber *badungkab.bps.go.id* sekitar 28,067 hektar untuk lahan pertanian, lalu 51,677 hektar untuk lahan non-pertanian, lalu 9,938 hektar untuk sawah, selanjutnya 25,723 hektar untuk lahan non-sawah, selanjutnya sekitar 1,783 hektar, selanjutnya 5 hektar untuk ladang penggembalaan, selanjutnya 9,341 hektar untuk hutan negara, dan terakhir 1,229 hektar untuk lahan lainnya (tambak,kolam,dll). Sehingga dalam pemanfaatan lahan di Badung menunjukkan koefisien limpasannya adalah 0,34.

Tabel 1. Angka Koefisien Pengaliran

Jenis Penggunaan Lahan	Koefisien Limpasan (C)
Hutan	0.10 - 0.30
Pertanian	0.30 - 0.50
Permukiman Perkotaan	0.50 - 0.75
Komersial (Pusat Kota)	0.75 - 0.95
Area Industri	0.60 - 0.90
Tanah Terbuka (Berumput)	0.20 - 0.40
Daerah Beraspal (Jalan Raya)	0.70 - 0.95
Taman/Bangunan Perumahan	0.30 - 0.60

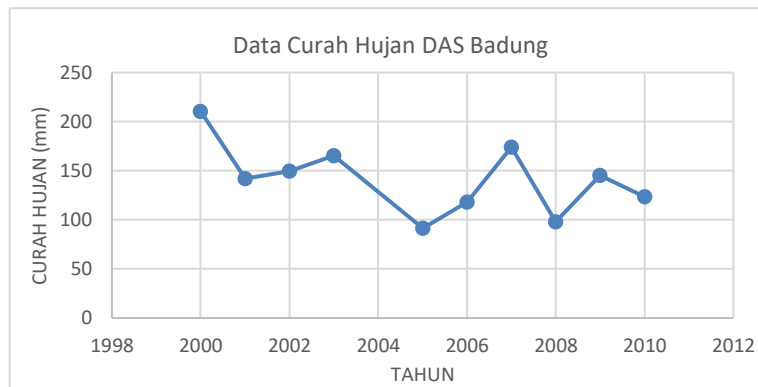
3. PEMBAHASAN

A. Data Curah Hujan

Tabel 2. Data Curah Hujan Stasiun Ngurahrai

NO	TAHUN	Curah Hujann Maksimum
1	2000	123,3
2	2001	145,425
3	2002	97,7166667
4	2003	174,133333
5	2005	117,925
6	2006	91,4083333
7	2007	165,425
8	2008	149,308333
9	2009	141,833333
10	2010	210,416667

Sumber : Stasiun Hujan Ngurah rai, Bali



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Das Badung

B. Perhitungan Parameter Statistik

Dalam perhitungan parameter statistik, data hujan pada tabel 2 diurutkan atau di rangking terlebih dahulu. Berikut perhitungan parameter statistik yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan parameter statistic

TAHUN	X RANK	xi-xrata	(xi-xrata)^2	(xi-xrata)^3	(xi-xrata)^4
2010	210,417	68,728	4723,469	324632,233	22311161,8147
2009	141,833	0,144	0,021	0,003	0,0004
2008	149,308	7,619	58,052	442,306	3370,0000
2007	165,425	23,736	563,390	13372,526	317408,0487
2006	91,408	-50,281	2528,162	-127118,102	6391604,1130
2005	117,925	-23,764	564,736	-13420,471	318926,3175
2003	174,133	32,444	1052,624	34151,507	1108017,1816
2002	97,717	-43,973	1933,581	-85024,380	3738734,5409
2001	145,425	3,736	13,956	52,139	194,7825
2000	123,300	-18,389	338,161	-6218,507	114353,1667
TOTAL	141,689	0,000	11776,152	140869,253	34303769,966

Sumber : hasil perhitungan

Dari Tabel 3, diperoleh parameter-parameter sebagai berikut :

1. Nilai Rata-Rata (Mean)

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

$$\bar{X} = \frac{1416,89}{10} = 141,689$$

2. Standar Deviasi (Meter)

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{14089,253}{9}} = 36,17265995 \text{ meter}$$

3. Koefisien Variasi

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

$$C_v = \frac{36,17265995}{141,689} = 0,255295876$$

4. Nilai a

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

$$a = \frac{10}{(9)(8)} \times (14089,253)$$

$$a = 19565,17404$$

5. Koefisien Kemencengan

$$C_s = \frac{a}{s_x^3}$$

$$s = \frac{19565,17404}{(36,17265995)^3} = 0,413373259$$

6. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{s_x^4}$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{10} (34303769,966)}{(36,17265995)^4}$$

$$C_k = 2,003641732$$

Tabel 4. Hasil perhitungan parameter statistik

STANDAR DEVIASI (Sx)	36,17265995
KOEF VARIASI (CV)	0,255295876
KOEF OF STEWUNES (CS)	0,413373259
KOEF KURTORIS (CK)	2,003641732
a	19565,17404

Sumber : hasil perhitungan

Dari perhitungan parameter diatas, maka metode analisa distribusi yang digunakan adalah metode log Person Tipe III dan log Normal

C. Perhitungan Analisa Distribusi Log Person Tipe III

Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5. Perhitungan dengan Log Pearson III

TAHUN	X RANK	log xi	$(\log xi - \log x \text{ rata rata})^2$	$(\log xi - \log x \text{ rata rata})^3$	$(\log xi - \log x \text{ rata rata})^4$
2010	210,41667	2,323080136	0,0294958265	0,00506571619	0,00087000378002
2009	141,83333	2,15177831	0,0000001951	0,00000000009	0,00000000000004
2008	149,30833	2,174084048	0,0005174443	0,00001177051	0,00000026774858
2007	165,425	2,218601143	0,0045245126	0,00030433907	0,00002047121422
2006	91,408333	1,96098579	0,0362334482	-0,00689706787	0,00131286277049
2005	117,925	2,071605885	0,0063569943	-0,00050684799	0,00004041137613
2003	174,13333	2,240881914	0,0080183549	0,00071800574	0,00006429401584
2002	97,716667	1,989968644	0,0260396321	-0,00420196342	0,00067806244226
2001	145,425	2,162639072	0,0001277448	0,00000144383	0,00000001631874
2000	123,3	2,090963077	0,0036449679	-0,00022005972	0,00001328579090
TOTAL	141,68917	2,138458802	0,1149591207	-0,00572466358	0,00299967545723

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 6. Hasil perhitungan parameter statistik

STANDAR DEVIASI (S)	0,11301874
KOEF VARIASI (CV)	0,052850558
KOEF OF STEWUNES (CS)	-0,550764687
KOEF KURTORIS (CK)	1,838537201
a	-0,000795092

Sumber : hasil perhitungan

Tabel. 7 Curah Hujan Rencana Metode Log Person III

NO	PUH	CS	KTR	$\log x_r$	X_t
1	2	-0,550765	-0,083	2,15133665	138,66156
2	5	-0,550765	0,808	2,15133665	174,84603
3	10	-0,550765	1,323	2,15133665	199,92193
4	25	-0,550765	1,91	2,15133665	232,91767
5	50	-0,550765	2,311	2,15133665	258,53715
6	100	-0,550765	2,686	2,15133665	285,03946

Sumber : hasil perhitungan

D. Perhitungan Distribusi Hujan

Perhitungan Curah Hujan pada jam ke-t dihitung dengan menggunakan persamaan 12, Perhitungan Curah Hujan Efektif. Dihitung dengan menggunakan persamaan 13 dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 8.

1. Curah Hujan pada Jam ke-t

$$X_t = 10^{(\log X_r + K.S)}$$

$$X_t = 10^{(2,151336646+(-0,083)+0,11301874)}$$

$$X_t = 138,661563 \text{ mm/jam}$$

2. Curah Hujan Efektif

$$X_{eff} = X_t \cdot C$$

$$X_{eff} = (138,661563)(0,34)$$

$$X_{eff} = 47,145 \text{ mm}^3$$

Tabel 8. Curah Hujan Efektif

PUH	X_t	C	X_{eff}
2	138,66156	0,34	47,145
5	174,84603	0,34	59,448
10	199,92193	0,34	67,973
25	232,91767	0,34	79,192
50	258,53715	0,34	87,903
100	285,03946	0,34	96,913

Sumber : hasil perhitungan

E. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode rasional menggunakan data dan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 9. Data Sub DAS Badung

Luas DAS (A)	37,70	Km ²
Panjang Sungai (L)	30,00	Km
Koefisien Limpasan (C)	0,34	
Kemiringan Sungai (S)	0,002	m
Koefisien Kekasaran (n)	0,2	

Nilai Curah Hujan Efektif :

- Rt 2 Tahun = 47,145 mm
- Rt 5 Tahun = 59,448 mm
- Rt 10 Tahun = 67,973 mm
- Rt 25 Tahun = 79,192 mm
- Rt 50 Tahun = 87,903 mm
- Rt 100 Tahun = 96,913 mm

Langkah-langkah Perhitungan :

1. Mencari Waktu Konsentrasi Hujan

$$T_c = \frac{0,606 \cdot (L \cdot n)^{0,467}}{S^{0,234}}$$

$$T_c = \frac{0,606 \cdot (30 \cdot 0,2)^{0,467}}{(0,002)^{0,234}}$$

$$Tc = 5,990 \text{ jam}$$

- Mencari intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi

$$I = \frac{X_{eff}}{24} \left[\frac{24}{Tc} \right]^2$$

$$I = \frac{47,145}{24} \left[\frac{24}{5,990} \right]^2$$

$$I = 10,512 \text{ mm/jam.}$$

- Mencari Debit Puncak banjir rancangan

Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Rasional. Dihitung dengan menggunakan persamaan

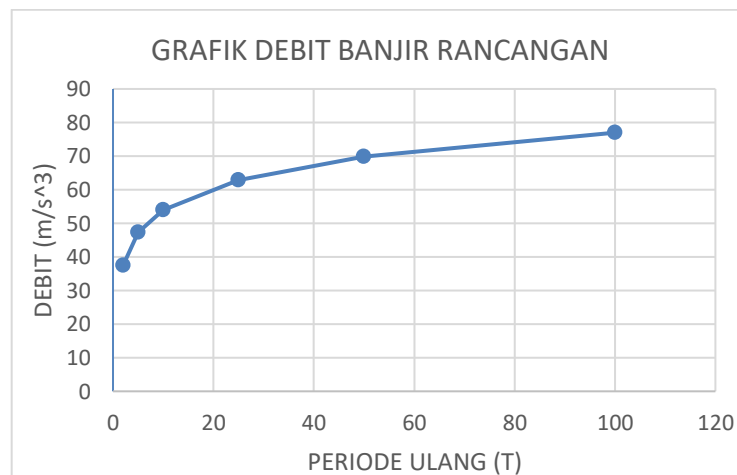
$$Qt = 0,278 C.I.A$$

$$Qt = 0,278 0,34.10,512. 37,70$$

$$Qt = 37,457 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel .10 Perhitungan debit banjir rancangan

PUH	A	L	C	X_{eff}	T _c	I	Q
2	37,70	30,00	0,34	47,145	5,990	10,512	37,457
5	37,70	30,00	0,34	59,448	5,990	13,255	47,232
10	37,70	30,00	0,34	67,973	5,990	15,156	54,005
25	37,70	30,00	0,34	79,192	5,990	17,657	62,919
50	37,70	30,00	0,34	87,903	5,990	19,599	69,839
100	37,70	30,00	0,34	96,913	5,990	21,608	76,999



Gambar 3. Grafik Banjir Rancangan

4. KESIMPULAN

Dalam perhitungan yang kami lakukan, kami memperoleh nilai debit banjir rancangan pada periode ulang dua tahun sebesar $37,457 \text{ m}^3/\text{s}$; pada periode ulang lima tahun sebesar $47,232 \text{ m}^3/\text{s}$; pada periode 10 tahun sebesar $54,005 \text{ m}^3/\text{s}$; pada periode 25 tahun sebesar $62,919 \text{ m}^3/\text{s}$; pada periode 50 tahun $69,839 \text{ m}^3/\text{s}$; pada periode 100

tahun sebesar $76,999\text{m}^3/\text{s}$. Untuk di era modern ini perencanaan dan pelaksanaan konstruksi selalu dilaksanakan dengan penuh perhitungan serta pertimbangan dalam menghadapi dinamika kondisi lingkungan, salah satunya perhitungan curah hujan serta debit aliran menjadi salah satu mitigasi banjir. selain itu peran masyarakat dalam pengelolaan dampak lingkungan juga menjadi prioritas melalui pengendalian polusi, pengelolaan limbah konstruksi, dan pelestarian ruang hijau, memastikan keberlanjutan lingkungan di sekitar proyek.

penelitian ini menunjukkan bahwa metode Log Pearson III dapat digunakan secara efektif untuk menganalisis distribusi curah hujan ekstrem di Sub DAS Badung, memberikan dasar yang kuat untuk perencanaan mitigasi banjir dan pengelolaan Sumber daya air yang berkelanjutan. Melalui pengawasan konstruksi yang ketat, inspeksi rutin, dan pengelolaan sistem pendukung seperti drainase dan sanitasi ini tidak hanya memenuhi sistem pengairan di daerah rawan banjir, tetapi juga menjadi contoh pembangunan yang aman, nyaman, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan serta masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asdak, C. (2020). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. UGM Press.
- [2] Badan Pusat Statistik. (2018). *Luas lahan dan penggunaannya Kabupaten Badung 2017*.
- [3] Badan Pusat Statistik. (n.d.). *Jumlah curah hujan dan jumlah hari hujan di stasiun pengamatan BMKG (2000–2010)*.
- [4] Indarto. (2016). *Hidrologi: Metode analisis dan tool untuk interpretasi hidrograf aliran sungai*. Bumi Aksara.
- [5] Kiyotuka Mori, Suyono Sosrodarsono, dkk. (2017). *Hidrologi untuk pengairan*. PT Pradnya Paramita.
- [6] Limantara, L. M. (2019). *Rekayasa hidrologi*. Penerbit Andi.
- [7] Perencanaan Bangunan Bertingkat & Pengantar. (2017). *Modul perhitungan hidrologi pelatihan perencanaan bendungan tingkat dasar 2017*.
- [8] Reynaldo, C. (2017). *Pola distribusi hujan jam-jaman wilayah Bolaang Mongondow*. Fakultas Teknik, T. Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- [9] Seputar Geografi. (2019). *Koefisien limpasan (nilai C) dalam perhitungan debit banjir*. Diakses dari
- [10] Simantu PU. (2014). *Penentuan nilai koefisien aliran pada berbagai penutup lahan*.
- [11] Soni Irawan, E., Noerhayati, E., & Suprpto, B. (2019). *Studi perencanaan ambang pelimpah (spillway) pada Bendungan Logung Kabupaten Kudus*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(2).