

Analisis Debit Andalan Waduk Gembong Pati Menggunakan Metode FJ Mock

Adimas Muhammad Bilal¹, Permadi Meirendi², Moh Faiqun Ni'am³, Lisa Fitriyana⁴

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia^{1,2,3}

Corresponding Author: permadimeirendi@gmail.com

Info Artikel

Submitted: 19 Agustus 2026

Revised: 08 September 2026

Accepted: 29 September 2026

Published: 23 Oktober 2026

Keywords: Reliable Discharge, F.J. Mock Method, Gembong Pati Reservoir

Kata Kunci: Debit Andalan, Metode F.J. Mock, Waduk Gembong Pati

Abstract

Water availability is central to managing the Gembong Pati Reservoir, particularly for irrigation. Since seasonal rainfall variability causes streamflow fluctuations, hydrological analysis is needed to characterize water availability and reliable flow for planning purposes. This study analyzed average monthly rainfall, available flow, and reliable flow at the reservoir using a quantitative descriptive approach with secondary rainfall and climatological data. Discharge was calculated via the F.J. Mock method (accounting for rainfall, evapotranspiration, infiltration, soil moisture, and runoff), followed by reliability analysis at Q80. Results show monthly rainfall follows a seasonal pattern, peaking in February (11.67 mm/day) and lowest in July (1.28 mm/day). Average discharge was 0.894 m³/s, ranging from 2.633 m³/s (February) to 0.136 m³/s (September), with Q80 reliable discharge at 0.194 m³/s. This Q80 value can serve as a key hydrological parameter for planning, managing, and allocating water resources to sustainably support irrigation needs at the Gembong Pati Reservoir.

Abstrak

Ketersediaan air merupakan aspek fundamental dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya untuk mendukung kebutuhan irigasi dan keberlanjutan pemanfaatan Waduk Gembong Pati. Variabilitas curah hujan akibat kondisi musiman menyebabkan fluktuasi debit aliran, sehingga diperlukan analisis hidrologi untuk mengidentifikasi karakteristik ketersediaan air dan debit andalan. Penelitian ini bertujuan menganalisis rerata curah hujan bulanan, debit tersedia, dan debit andalan di Waduk Gembong Pati menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan data sekunder curah hujan dan klimatologi. Perhitungan debit dilakukan dengan metode F.J. Mock (curah hujan, evapotranspirasi, infiltrasi, kelembapan tanah, dan aliran permukaan), dilanjutkan analisis debit andalan pada tingkat keandalan 80% (Q80). Hasil penelitian menunjukkan curah hujan bulanan mengikuti pola musiman, tertinggi pada Februari (11,67 mm/hari) dan terendah pada Juli (1,28 mm/hari). Debit rata-rata hasil metode F.J. Mock sebesar 0,894 m³/detik, berkisar antara 2,633 m³/detik (Februari) hingga 0,136 m³/detik (September), dengan debit andalan Q80 sebesar 0,194 m³/detik. Nilai Q80 tersebut dapat menjadi parameter hidrologis dalam memperkirakan ketersediaan air serta dasar pertimbangan perencanaan, pengelolaan, dan alokasi sumber daya air guna mendukung kebutuhan irigasi di Waduk Gembong Pati secara efektif dan berkelanjutan.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Publisher: Lembaga Penerbit Penelitian Nusantara

Pendahuluan

Waduk merupakan salah satu infrastruktur sumber daya air yang dibangun melalui pembendungan aliran sungai sehingga terbentuk tampungan air buatan yang berfungsi untuk mengatur ketersediaan air secara temporal dan spasial sepanjang tahun. Keberadaan waduk menjadi sangat penting, terutama di wilayah dengan pola curah hujan yang tidak merata, karena mampu menyimpan kelebihan air pada musim hujan dan mendistribusikannya kembali pada musim kemarau. Dalam perspektif hidrologi modern, waduk juga berfungsi sebagai sistem pengendali yang mampu menstabilkan aliran sungai serta mengurangi risiko kekeringan dan banjir secara bersamaan (Al-Wadji & Devedo, 2026). Hal ini menunjukkan bahwa waduk memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan siklus hidrologi dan mendukung keberlanjutan sumber daya air.

Secara fungsional, waduk memiliki berbagai manfaat yang bersifat multiguna (multi-purpose reservoir). Fungsi utama waduk meliputi penyediaan air untuk irigasi pertanian, penyediaan air baku untuk kebutuhan domestik dan industri, pengendalian banjir, serta pembangkitan energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Selain itu, waduk juga dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan dan pariwisata yang dapat meningkatkan nilai ekonomi dan sosial masyarakat sekitar. Peran multifungsi ini menunjukkan bahwa waduk tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memiliki kontribusi besar terhadap pembangunan wilayah secara berkelanjutan (Adilla & Wulandari, 2025).

Kabupaten Pati sebagai daerah agraris memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap ketersediaan air, khususnya untuk mendukung sektor pertanian. Ketersediaan air yang memadai menjadi faktor utama dalam meningkatkan produktivitas pertanian, terutama pada lahan sawah irigasi. Namun, dalam kondisi aktual, ketersediaan air di wilayah ini sering mengalami fluktuasi yang cukup signifikan. Fluktuasi tersebut dipengaruhi oleh variabilitas curah hujan, perubahan musim, serta karakteristik hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang menjadi sumber utama pasokan air (Hilda, 2022).

Pada musim hujan, curah hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan debit aliran sungai sehingga ketersediaan air menjadi melimpah. Namun, kondisi ini sering kali tidak dapat dimanfaatkan secara optimal karena keterbatasan kapasitas tampungan atau sistem distribusi air (Irawan et al., 2024). Sebaliknya, pada musim kemarau, curah hujan yang rendah menyebabkan penurunan debit aliran secara drastis sehingga ketersediaan air menjadi terbatas. Kondisi ini berpotensi menimbulkan defisit air yang berdampak langsung terhadap kegiatan pertanian dan ketahanan pangan di wilayah tersebut.

Dalam pengelolaannya, ketersediaan air waduk sangat bergantung pada kondisi hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS). Faktor-faktor utama yang mempengaruhi ketersediaan air meliputi curah hujan, evapotranspirasi, infiltrasi, serta kondisi fisik DAS seperti topografi, jenis tanah, dan tutupan lahan. Interaksi antara faktor-faktor tersebut akan menentukan besarnya limpasan (*run off*) yang menjadi sumber utama debit aliran sungai (Setiadi et al., 2022). Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik DAS menjadi sangat penting dalam analisis ketersediaan air waduk.

Perbedaan kondisi antara musim hujan dan musim kemarau menyebabkan variasi debit aliran yang cukup signifikan. Pada musim hujan, debit cenderung meningkat akibat tingginya intensitas curah hujan, sedangkan pada musim kemarau debit mengalami penurunan akibat berkurangnya input air dan meningkatnya evaporasi (Singh & Mishra, 2024). Variasi ini menyebabkan ketidakpastian dalam menentukan debit yang dapat diandalkan (*dependable flow*), sehingga diperlukan analisis hidrologi yang tepat untuk mengetahui besarnya debit yang tersedia secara berkelanjutan.

Permasalahan yang sering dihadapi dalam analisis debit adalah keterbatasan data hidrologi, khususnya data debit sungai yang terukur secara langsung. Tidak semua lokasi waduk memiliki alat ukur debit yang beroperasi secara kontinu, sehingga data yang tersedia

sering kali tidak lengkap (Jayanti et al., 2026). Keterbatasan data ini menjadi kendala dalam melakukan analisis yang akurat, sehingga diperlukan metode alternatif yang dapat memperkirakan debit berdasarkan data yang lebih mudah diperoleh.

Salah satu metode yang banyak digunakan adalah metode FJ Mock, yang merupakan model hidrologi berbasis neraca air (water balance). Metode ini menggunakan data curah hujan dan klimatologi untuk memperkirakan debit aliran sungai. Prinsip dasar metode ini adalah bahwa air hujan yang jatuh ke permukaan DAS akan mengalami berbagai proses seperti evapotranspirasi, infiltrasi, dan limpasan sebelum akhirnya menjadi debit aliran sungai (Hidayat & Nugroho, 2025).

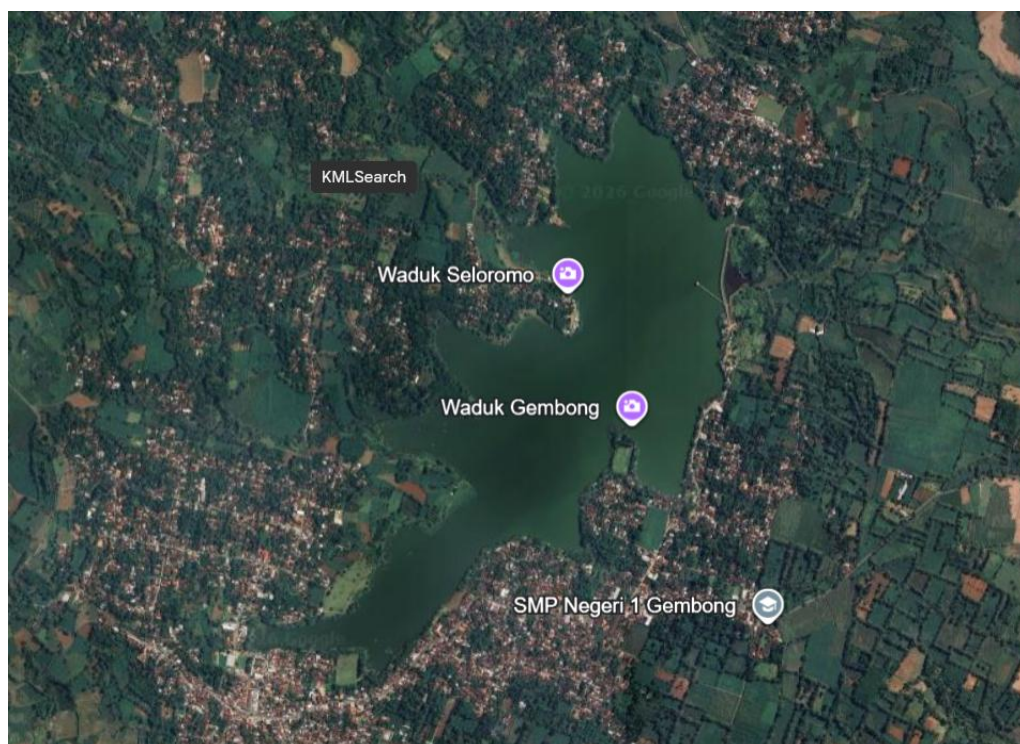
Metode FJ Mock memiliki keunggulan dalam hal kesederhanaan perhitungan, kebutuhan data yang relatif minimal, serta kemampuannya dalam menghasilkan estimasi debit yang cukup representatif. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu digunakan untuk analisis debit andalan dan evaluasi ketersediaan air, bahkan dengan keterbatasan data hidrologi. Oleh karena itu, metode FJ Mock banyak diterapkan di Indonesia sebagai dasar dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air.

Metodologi Penelitian

a. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Waduk Gembong, yang juga dikenal sebagai Waduk Seloromo, yang terletak di Desa Pohgading, Kecamatan Gembong, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Waduk ini memiliki peran penting sebagai sumber penyedia air irigasi bagi wilayah pertanian di sekitarnya. Secara fungsional, waduk ini melayani daerah irigasi dengan luas sekitar 3.885,00 hektar yang mencakup beberapa kecamatan, yaitu Gembong, Tlogowungu, Margorejo, Pati, dan Wedarijaksa. Dengan cakupan layanan yang cukup luas, keberadaan Waduk Gembong menjadi sangat penting dalam mendukung aktivitas pertanian serta menjaga ketersediaan air bagi kebutuhan irigasi secara berkelanjutan.

b. Pengumpulan Data



Gambar 1 Lokasi Waduk Gembong
(Sumber : Google Earth)

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi terkait dan sumber terpercaya. Penggunaan data sekunder dipilih karena dinilai efisien serta mampu merepresentasikan kondisi hidrologi wilayah penelitian tanpa harus melakukan pengukuran langsung di lapangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data curah hujan sebagai komponen utama dalam analisis hidrologi, peta Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk mengetahui batas wilayah kajian serta karakteristik fisik wilayah, dan data stasiun curah hujan yang berfungsi untuk menentukan distribusi spasial hujan di wilayah penelitian. Data-data tersebut kemudian diolah dan dianalisis untuk memperoleh informasi yang akurat terkait ketersediaan air dan debit aliran sungai (Kothari, 2004). Dengan demikian, pemilihan dan penggunaan data sekunder yang tepat menjadi faktor penting dalam mendukung validitas dan keandalan hasil penelitian.

3. Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini digunakan sebagai landasan teoritis untuk mengkaji berbagai sumber pustaka yang relevan, seperti jurnal ilmiah, buku referensi, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis debit andalan dan penerapan metode FJ Mock (Booth et al., 2021). Melalui studi literatur, peneliti dapat memahami konsep dasar, pendekatan metodologis, serta perkembangan penelitian terkini yang mendukung analisis hidrologi yang dilakukan. Selain itu, kajian pustaka juga berfungsi untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*) serta memperkuat kerangka berpikir dalam penelitian ini. Dengan demikian, penggunaan studi literatur yang sistematis dan komprehensif sangat penting dalam meningkatkan kualitas analisis serta memastikan bahwa penelitian yang dilakukan memiliki dasar ilmiah yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan (Snyder, 2019).

4. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh tidak secara langsung dari lapangan, melainkan melalui pengajuan permohonan kepada instansi terkait yang memiliki kewenangan dalam pengelolaan data tersebut. Dalam penelitian ini, data sekunder dikumpulkan secara sistematis, kemudian dilakukan proses seleksi dan verifikasi untuk memastikan kesesuaian serta kualitas data dengan kebutuhan analisis yang dilakukan. Penggunaan data sekunder dinilai efektif karena mampu menyediakan informasi historis yang relatif lengkap serta dapat menghemat waktu dan biaya penelitian (Johnston, 2014).

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah sebagai instansi yang memiliki otoritas dalam pengelolaan sumber daya air. Data tersebut meliputi beberapa komponen penting yang mendukung analisis hidrologi, seperti data curah hujan, data klimatologi, serta informasi terkait karakteristik wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS). Dengan demikian, pemanfaatan data sekunder yang relevan dan terpercaya menjadi faktor penting dalam menghasilkan analisis yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan, Ada beberapa data sekunder yang didapatkan :

1. Peta stasiun Curah Hujan
2. Peta DAS
3. Data curah hujan

5. Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis secara sistematis dan bertahap untuk menghasilkan informasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Proses analisis dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur Analisis curah hujan

1. Pengambilan data curah hujan pada 3 stasiun terdekat Lokasi Studi.

2. Melakukan analisis distribusi frekuensi curah hujan (Log Person III, Gumbel, Log Normal)
3. Evaporasi Waduk
4. Analisis debit menggunakan Metode FJ.Mock
6. **Analisis keseimbangan**

a. Analisis Curah Hujan

Analisis ini dilakukan untuk menentukan besarnya curah hujan wilayah sebagai input utama dalam perhitungan hidrologi, khususnya untuk mengetahui ketersediaan air dan debit aliran sungai pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Data curah hujan dari beberapa stasiun terlebih dahulu dikumpulkan dan diuji konsistensi serta kelengkapannya agar layak digunakan (Asdak, 2023). Selanjutnya, data diolah menggunakan metode Thiessen, yaitu metode pembobotan berdasarkan luas pengaruh tiap stasiun, sehingga menghasilkan curah hujan wilayah yang lebih representatif dan mencerminkan distribusi spasial secara lebih akurat dibandingkan rata-rata sederhana.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times R_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan :

R = curah hujan wilayah (mm)

R_i = curah hujan pada stasiun ke-i (mm)

A_i = luas pengaruh stasiun ke-i (km²)

n = jumlah stasiun hujan

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi stasiun hujan pada peta DAS.
2. Menghubungkan antar stasiun untuk membentuk segitiga-segitiga.
3. Membuat garis tegak lurus pada setiap sisi segitiga untuk membentuk poligon Thiessen.
4. Menghitung luas masing-masing poligon (A_i).
5. Mengalikan luas poligon dengan curah hujan pada stasiun terkait (A_i . R_i).
6. Menjumlahkan seluruh hasil perkalian, kemudian dibagi dengan total luas DAS.

Dengan metode ini, distribusi spasial curah hujan dapat diperhitungkan secara lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aritmatika sederhana, karena mempertimbangkan variasi lokasi dan pengaruh masing-masing stasiun. Oleh karena itu, hasil curah hujan wilayah yang diperoleh menjadi lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga meningkatkan ketelitian dalam analisis hidrologi selanjutnya, seperti perhitungan debit aliran sungai dan keseimbangan air.

b. Evaporasi

Evaporasi didapatkan berdasarkan data klimatologi yang meliputi suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari dengan menggunakan metode yang sesuai, seperti metode empiris maupun kombinasi yang diperoleh dari pengelola waduk terkait.

c. Analisis Debit Metode FJ.Mock

Perhitungan debit aliran sungai dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode FJ Mock, yaitu suatu metode analisis hidrologi berbasis neraca air yang memanfaatkan data curah hujan, evapotranspirasi, serta karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai parameter utama.

Metode ini bekerja dengan mensimulasikan proses hidrologi yang terjadi di dalam DAS, sehingga mampu menggambarkan hubungan antara input berupa curah hujan dan output berupa debit aliran sungai (Mock, 1973). Dalam penerapannya, metode FJ Mock mempertimbangkan

beberapa komponen penting dalam keseimbangan air, seperti infiltrasi, limpasan permukaan (run off), serta aliran dasar (baseflow), yang secara bersama-sama mempengaruhi besarnya debit yang terbentuk.

$$P = ET + Q + \Delta S$$

Keterangan :

R = curah hujan wilayah (mm)

R_i = curah hujan pada stasiun ke-i (mm)

A_i = luas pengaruh stasiun ke-i (km²)

n = jumlah stasiun hujan

Tahapan dan Rumus Perhitungan

1. Memasukkan data evapotranspirasi yang didapatkan dari pengelola waduk terkait.

2. Ketersediaan Air (Water Surplus)

$$WS = P - ET\alpha$$

Jika $WS < 0 \rightarrow$ terjadi defisit (tidak ada aliran)

3. Infiltrasi (I)

$$I = WS \times IF$$

IF = koefisien infiltrasi (0,1–0,5)

4. Limpasan Permukaan (Run off Langsung)

$$DR = WS - I$$

5. Simpanan Air Tanah (Storage)

$$S_t = S_{t-1} + I - BF$$

6. Aliran Dasar (Baseflow)

$$BF = k \times S_{t-1}$$

$k =$ koefisien resesi (0,8–0,95)

7. Debit Total

$$Q = DR + BF$$

Konversi ke debit:

$$Q = \frac{(DR + BF) \times A}{t}$$

$A =$ luas DAS (km²)

$t =$ waktu (detik/bulan)

Penentuan Debit Andalan

Untuk menentukan nilai debit andalan Q_{80} , yaitu besarnya debit ketersediaan air yang memiliki tingkat keandalan/probabilitas terpenuhi sebesar 80% (peluang kegagalan hanya 20%). Nilai Q_{80} ini merupakan standar yang paling umum digunakan dalam perencanaan ketersediaan air untuk kebutuhan irigasi dan pola tanam.

Langkah-langkah pengerjaan pada tahap ini meliputi:

- Pengurutan Data (*Ranking*): Mengurutkan deret data debit dari nilai terbesar (skor/rank $m = 1$) hingga nilai terkecil (skor/rank $m = N$) pada tiap-tiap periode.
- Analisis Probabilitas Keandalan (Rumus Weibull): Menghitung probabilitas/peluang ketersediaan debit menggunakan persamaan Weibull:

$$P(X \geq x) = \frac{m}{N + 1} \times 100\%$$

Keterangan: $m =$ nomor urut/rank data, $N =$ jumlah tahun pengamatan.

- Penentuan Nilai Q_{80} : Mencari atau menginterpolasi nilai debit yang tepat berada pada probabilitas $P = 80\%$ untuk setiap periode. Nilai debit Q_{80} yang diperoleh untuk seluruh periode kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kurva debit andalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Hidrologi

Berdasarkan hasil pembahasan analisis yang dilakukan pada Waduk Gembong di Kabupaten Pati, data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari tiga stasiun curah hujan yang memiliki pengaruh terhadap daerah tangkapan air waduk, yaitu Stasiun Gembong, Stasiun Gunungrowo, dan Stasiun Regaloh. Ketiga stasiun tersebut dipilih karena dinilai representatif dalam menggambarkan kondisi hidrologi wilayah penelitian, baik dari segi sebaran spasial maupun ketersediaan data yang kontinu. Data curah hujan yang digunakan mencakup periode selama sepuluh tahun, yaitu dari tahun 2016 hingga 2025.

Analisis Curah Hujan Maksimum

Perhitungan debit banjir rancangan untuk perencanaan bangunan air (seperti bendung, saluran drainase, dan tanggul sungai) memerlukan input data hidrologi berupa curah hujan. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan yang bersumber dari stasiun curah hujan terdekat yang berpengaruh terhadap DAS.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum Gembong

TAHUN	BULAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2016	52,00	62,00	82,00	75,00	0,00	37,00	0,00	0,00	39,00	86,00	82,00	102,00
2017	91,00	34,00	46,00	35,00	39,00	7,00	11,00	0,00	0,00	27,00	32,00	108,00
2018	425,00	263,00	17,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	29,00
2019	106,00	52,00	63,00	83,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00
2020	143,00	298,00	117,00	30,00	29,00	21,00	59,00	0,00	35,00	48,00	67,00	72,00
2021	79,00	84,00	19,00	49,00	96,00	102,00	56,00	18,00	26,00	33,00	83,00	73,00
2022	96,00	68,00	39,00	59,00	35,00	42,00	147,00	38,00	31,00	29,00	59,00	97,00
2023	142,00	83,00	75,00	38,00	39,00	37,00	37,00	0,00	3,00	38,00	40,00	32,00
2024	24,00	53,00	92,00	32,00	67,00	76,00	0,00	80,00	34,00	71,00	28,00	270,00
2025	66,00	106,00	61,00	24,00	53,00	115,00	26,00	86,00	50,00	32,00	53,00	42,00
Jumlah	1224,00	1103,00	611,00	440,00	358,00	437,00	336,00	222,00	218,00	364,00	476,00	864,00

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Regaloh

Tabel 3. Curah Hujan Maksimum Gunungrowo

TAHUN	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2016	0,00	0,00	150,00	38,00	36,00	44,00	20,00	12,00	16,00	129,00	61,00	22,00
2017	41,00	36,00	21,00	17,00	40,00	44,00	8,00	0,00	24,00	37,00	57,00	45,00
2018	125,00	37,00	40,00	29,00	27,00	45,00	53,00	38,00	29,00	7,00	19,00	35,00
2019	50,00	5,00	42,00	29,00	69,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	60,00	26,00
2020	70,00	92,00	35,00	50,00	45,00	13,00	39,00	46,00	10,00	45,00	55,00	47,00
2021	39,00	58,00	35,00	83,00	38,00	59,00	18,00	12,00	35,00	24,00	56,00	60,00
2022	39,00	58,00	35,00	83,00	38,00	59,00	18,00	12,00	35,00	24,00	56,00	60,00
2023	25,00	33,00	45,00	20,00	43,00	10,00	16,00	0,00	5,00	0,00	23,00	24,00
2024	28,00	35,00	53,00	31,00	4,00	34,00	2,00	9,00	33,00	29,00	13,00	104,00
2025	53,00	57,00	50,00	22,00	49,00	18,00	24,00	57,00	32,00	35,00	31,00	31,00
Jumlah	470,00	411,00	506,00	402,00	389,00	326,00	198,00	194,00	219,00	330,00	431,00	454,00

Untuk mencari nilai curah hujan maksimum tahunan diperoleh dengan menentukan nilai tertinggi dari seluruh curah hujan maksimum bulanan, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$R_{maks,2016} = \max(R_1, R_2, R_3, \dots, R_{12})$$

$R_{maks,2016}$ = Curah hujan maksimum tahunan untuk tahun $t = 2016$ (mm)

R_1 = Nilai curah hujan maksimum bulanan pada tahun 2016

Stasiun Gembong

Untuk mendapatkan nilai curah hujan maksimum tahunan diperoleh dengan menentukan nilai tertinggi dari seluruh curah hujan maksimum bulanan, berikut cara perhitungannya dengan data tahun 2016.

$$\begin{aligned} R_{maks} &= \max (R_1, R_2, R_3, \dots, R_{12}) \\ &= \max (52,62,82,\dots,102) \\ &= 102 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4. Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan max (mm)
1	2016	102
2	2017	108
3	2018	425
4	2019	106
5	2020	298
6	2021	102
7	2022	147
8	2023	142
9	2024	270
10	2025	115

Stasiun Cuah Hujan Gunungrowo

Untuk mendapatkan nilai curah hujan maksimum tahunan diperoleh dengan menentukan nilai tertinggi dari seluruh curah hujan maksimum bulanan, berikut cara perhitungannya dengan data tahun 2016.

$$\begin{aligned} R_{maks} &= \max (R_1, R_2, R_3, \dots, R_{12}) \\ &= \max (68,55,0,\dots,41) \\ &= 69 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 5. Data Curah Hujan Gunungrowo

No	Tahun	Curah Hujan max (mm)
1	2016	69
2	2017	87
3	2018	263
4	2019	69
5	2020	129
6	2021	84
7	2022	124
8	2023	58

9	2024	95
10	2025	99

Stasiun Curah Hujan Regaloh

Untuk mendapatkan nilai curah hujan maksimum tahunan diperoleh dengan menentukan nilai tertinggi dari seluruh curah hujan maksimum bulanan, berikut cara perhitungannya dengan data tahun 2016.

$$R_{maks} = \max (R_1, R_2, R_3, \dots, R_{12})$$

$$= \max (0, 0, 150, 38 \dots 22)$$

$$= 150 \text{ mm}$$

Tabel 6. Data Curah Hujan Regaloh

No	Tahun	Curah Hujan max (mm)
1	2016	150
2	2017	57
3	2018	125
4	2019	69
5	2020	92
6	2021	83
7	2022	83
8	2023	45
9	2024	104
10	2025	57

Rerata Curah Hujan Bulanan

Data curah hujan bulanan diperoleh dari data hujan tahun dengan mengambil rata rata curah hujan perbulannya, berikut data Curah hujan perbulannya.

Tabel 7. Curah Hujan Bulanan Gembong

Bulan Tahun	Jan(mm)	Feb(mm)	Mar(mm)	Apr(mm)	May(mm)	Jun(mm)	Jul(mm)	Aug(mm)	Sep(mm)	Oct(mm)	Nov(mm)	Dec(mm)
2016	3,71	14,45	7,26	7,37	0,00	2,20	0,00	0,00	1,60	10,74	10,30	24,42
2017	11,16	10,46	6,84	2,73	3,90	0,23	0,35	0,00	0,00	3,45	5,23	16,65
2018	34,74	22,61	2,29	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,03
2019	14,52	4,71	6,32	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,77
2020	29,65	37,10	9,77	5,33	4,84	0,90	5,10	0,00	1,93	7,23	10,53	14,58
2021	16,29	18,61	2,61	6,73	3,87	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87	11,77	10,81
2022	12,87	9,82	6,26	10,13	4,68	0,00	0,00	1,74	0,00	5,90	0,00	29,13
2023	11,48	26,79	8,58	0,00	3,55	2,30	0,00	0,00	0,10	1,23	0,00	3,68
2024	2,26	9,10	17,65	4,97	4,16	7,03	0,00	5,16	3,10	3,74	5,50	19,84
2025	0,00	12,29	8,97	3,24	5,90	4,48	2,74	8,39	4,10	5,39	6,13	6,61

Tabel 8. Curah Hujan Bulanan Gunungrowo

Bulan Tahun	Jan(mm)	Feb(mm)	Mar(mm)	Apr(mm)	May(mm)	Jun(mm)	Jul(mm)	Aug(mm)	Sep(mm)	Oct(mm)	Nov(mm)	Dec(mm)
2016	9,03	10,86	0,00	7,53	6,10	4,87	3,84	2,26	2,77	10,35	6,70	11,55
2017	7,58	15,86	7,52	5,00	3,45	1,77	2,10	0,00	0,00	4,03	4,93	7,32
2018	22,42	22,61	7,52	0,93	2,39	0,80	0,00	0,00	1,87	1,48	2,50	3,26
2019	9,90	2,07	3,58	7,23	2,68	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	2,80	1,52
2020	9,87	15,86	8,68	9,50	8,10	2,43	2,81	1,42	0,33	9,48	6,93	24,29
2021	22,45	17,18	9,77	6,93	5,13	12,80	1,06	4,90	9,37	6,32	15,63	13,87
2022	17,61	11,29	15,87	9,30	8,81	9,07	9,90	3,48	2,57	7,90	13,90	12,52
2023	12,00	19,07	10,06	3,37	1,32	2,53	1,26	0,77	1,60	1,48	8,23	4,19
2024	8,35	17,24	18,10	3,57	2,52	6,80	0,87	2,13	2,80	3,90	5,50	13,35
2025	9,52	10,00	6,13	2,10	7,16	5,53	1,39	6,84	2,94	7,52	5,60	8,71

Tabel 9. Curah Hujan Bulanan Regaloh

Bulan Tahun	Jan(mm)	Feb(mm)	Mar(mm)	Apr(mm)	May(mm)	Jun(mm)	Jul(mm)	Aug(mm)	Sep(mm)	Oct(mm)	Nov(mm)	Dec(mm)
2016	0,00	0,00	7,87	3,53	3,52	5,83	1,58	0,84	1,43	10,26	5,37	6,39
2017	7,58	9,32	5,32	1,97	2,74	2,90	0,81	0,00	1,00	5,00	8,07	5,68
2018	22,42	7,14	3,77	3,70	2,00	3,87	5,03	1,23	1,23	0,23	1,50	5,87
2019	9,90	0,25	5,61	4,17	2,87	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	4,13	3,35
2020	17,06	13,59	5,06	6,17	4,13	0,83	2,87	1,55	0,93	9,00	8,03	21,19
2021	11,94	8,50	5,10	6,30	2,77	7,53	0,58	1,55	2,50	2,26	7,17	5,13
2022	11,94	8,50	5,10	6,30	2,77	7,53	0,58	1,55	2,50	2,26	7,17	5,13
2023	4,74	9,14	7,10	2,37	2,77	0,33	0,97	0,00	0,17	0,00	2,13	4,13
2024	3,94	6,48	11,23	5,13	0,26	3,37	0,06	0,29	2,83	1,71	1,83	8,42
2025	7,19	7,96	6,39	1,73	5,00	1,63	1,48	5,16	2,33	5,23	3,53	4,13

Rerata Curah Hujan Bulanan Gembong

Data diperoleh dari Tabel7 curah hujan bulanan Gembong di bulan januari, berikut perhitungannya:

$$\text{Rata-Rata Jan} = \frac{\text{Jumlah Total Nilai dalam Satu Bulan (2016--2025)}}{\text{Jumlah Tahun (n = 10)}}$$

$$\text{Rata-Rata Jan} = \frac{136,68}{10} = 13,67 \text{ mm}$$

Tabel 10. Curah Hujan Rerata bulanan

Bulan	Total Jumlah (10 Tahun)	Rata-Rata Bulanan (mm)
Januari	136,68	13,67
Februari	165,94	16,59
Maret	76,55	7,66
April	50,13	5,01
Mei	30,90	3,09
Juni	17,14	1,71
Juli	8,19	0,82
Agustus	15,29	1,53
September	10,83	1,08
Oktober	40,55	4,06

November	51,46	5,15
Desember	130,52	13,05

Rerata Curah Hujan Bulanan Gunungrowo

Data diperoleh dari Tabel8 curah hujan bulanan Gunungrowo di bulan januari, berikut perhitungannya:

$$\text{Rata-Rata Jan} = \frac{\text{Jumlah Total Nilai dalam Satu Bulan (2016--2025)}}{\text{Jumlah Tahun } (n = 10)}$$

$$\text{Rata-Rata Jan} = \frac{112,09}{10} = 11,21\text{mm}$$

Tabel 11. Curah Hujan Rerata bulanan

Bulan	Total Jumlah (10 Tahun)	Rata-Rata Bulanan (mm)
Januari	112,09	11,21
Februari	142,04	14,20
Maret	87,23	8,72
April	55,46	5,55
Mei	47,66	4,77
Juni	46,60	4,66
Juli	23,23	2,32
Agustus	22,06	2,21
September	24,25	2,43
Oktober	52,46	5,25
November	72,72	7,27
Desember	100,58	10,06

Rerata Curah Hujan Bulanan Regaloh

Data diperoleh dari Tabel8 curah hujan bulanan Gunungrowo di bulan januari, berikut perhitungannya:

$$\text{Rata-Rata Jan} = \frac{\text{Jumlah Total Nilai dalam Satu Bulan (2016--2025)}}{\text{Jumlah Tahun } (n = 10)}$$

$$\text{Rata-Rata Jan} = \frac{96,71}{10} = 9,67\text{mm}$$

Tabel 12. Curah Hujan Rerata bulanan

Bulan	Total Jumlah (10 Tahun)	Rata-Rata Bulanan (mm)
Januari	96,71	9,67
Februari	70,88	7,09
Maret	62,55	6,26
April	41,37	4,14
Mei	28,83	2,88
Juni	33,82	3,38
Juli	13,96	1,40
Agustus	12,43	1,24
September	14,92	1,49
Oktober	35,95	3,60
November	48,93	4,89
Desember	69,42	6,94

Hasil Curah Hujan Rerata Bulanan

Hasil perhitungan rerata bulanan diperoleh dari data curah hujan bulanan lalu dicari rerata bulanan. Namun dalam perhitungan ini terdapat 3 stasiun curah hujan yang digunakan, jadi dapat dilihat seperti perhitungan di bawah ini :

$$\text{Rata-Rata} = \frac{\text{Rerata gembong} + \text{Rerata gunungrowo} + \text{Rerata regaloh}}{3}$$

$$\text{Rata-Rata} = \frac{13,67 + 11,21 + 9,67}{3}$$

$$= 11,52 \text{ mm}$$

Tabel 13. Curah Hujan Rerata Bulanan hasil dari 3 Stasiun Curah Hujan

Bulan	Gembong (mm)	Gunung rowo (mm)	Regaloh (mm)	Rata- Rata (mm)
Januari	13,67	11,21	9,67	11,52
Februari	16,59	14,20	7,09	12,63
Maret	7,66	8,72	6,26	7,55
April	5,01	5,55	4,14	4,90
Mei	3,09	4,77	2,88	3,58
Juni	1,71	4,66	3,38	3,25
Juli	0,82	2,32	1,40	1,51
Agustus	1,53	2,21	1,24	1,66
September	1,08	2,43	1,49	1,67
Oktober	4,06	5,25	3,60	4,30
November	5,15	7,27	4,89	5,77
Desember	13,05	10,06	6,94	10,02

Langkah-langkah perhitungan menggunakan polygon Thiessen dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Tabel12** Luasan Polygon Thiessen

A topographic map of Gunung Gede National Park, showing three distinct research areas: Area 1 (blue), Area 2 (green), and Area 3 (yellow). The map includes labels for various locations such as Margoyoso, Trangkil, Gebog, and several rivers. Three specific points are marked: Pos Gunung Gede, Pos Gembong, and Pos Regaloh, which are connected by lines, indicating a network or path. The terrain is depicted with contour lines and shading to represent elevation.

Berikutnya tahapan mengenai luas area dan presentase dari tiap stasiun hujan. Langkahnya adalah melakukan perhitungan curah hujan rencana untuk tiga stasiun yang dipilih atau ditentukan. Data curah hujan yang dipilih dalam perhitungan ini adalah jumlah curah hujan harian maksimum setiap tahun dari 2016-2025. Berikut contoh menghitung curah hujan rencana:

- 62

2. Luas Area tangkapan curah hujan
 - a. Stasiun Gembong (A1) = 12.168 km²
 - b. Stasiun Gunungrowo (A2) = 1.897 km²
 - c. Stasiun Regaloh (A3) = 21.060 km²

Penyelesaian:

$$P = \frac{P1.A1 + P2.A2 + P3.A3}{A1 + A2 + A3}$$

$$P = \frac{102 \times 12.168 + 69 \times 1.897 + 150 \times 21.060}{12.168 + 1.897 + 21.060}$$

$$P = 129 \text{ mm}$$

Berikut perhitungan curah hujan rencana untuk tahun 2016-2025 yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13 hasil perhitungan curah hujan rencana tahun 2016 - 2025

No	Tahun	Curah Hujan Rerata max (mm)
1	2016	129
2	2017	76
3	2018	236
4	2019	82
5	2020	165
6	2021	90
7	2022	107
8	2023	79
9	2024	161
10	2025	79

Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah prosedur memperkirakan frekuensi suatu kejadian pada masa lalu ataupun masa yang akan datang. Prosedur tersebut dapat digunakan menentukan hujan rencana dalam berbagai kalla yang berdasarkan distribusi hujan secara teoritis dengan distribusi hujan secara empiris. Hujan rencana ini digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang diperlukan dalam memperkirakan laju aliran (debit banjir).

4.2.1. Distribusi Log Pearson Tipe III

Perhitungan curah hujan rencana berdasarkan Metode Log Normal Parameter statistik

Tabel 14. Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi Log Pearson Tipe III

No	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X) ²	(Log Xi - rerata Log X) ³	(Log Xi - rerata Log X) ⁴
			(mm)			
1	129,00	2.1106	0.0619	0.0038	0.0002	0.0000

2	76,29	1.8825	-0.1663	0.0276	-0.0046	0.0008
3	236,38	2.3736	0.3249	0.1056	0.0343	0.0111
4	81,82	1.9128	-0.1359	0.0185	-0.0025	0.0003
5	165,36	2.2184	0.1697	0.0288	0.0049	0.0008
6	89,64	1.9525	-0.0962	0.0093	-0.0009	0.0001
7	107,38	2.0309	-0.0178	0.0003	0.0000	0.0000
8	79,30	1.8993	-0.1494	0.0223	-0.0033	0.0005
9	161,02	2.2069	0.1582	0.0250	0.0040	0.0006
10	79,36	1,8996	-0.1491	0.0222	-0.0033	0.0005
TOTAL	1205,537	20,487	0.0000	0.2634	0.0287	0.0148
L	9	1				

Tabel 15. Nilai Distribusi Log Person III

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	0.7967	-0.1325	2.0260	106.1803
5	20	0.7967	0.7844	2.1829	152.3760
10	10	0.7967	1.3400	2.2780	189.6562
20	5	0.7967	1.8886	2.3718	235.4062
25	4	0.7967	1.9983	2.3906	245.8035
50	2	0.7967	2.4566	2.4690	294.4443
100	1	0.7967	2.8929	2.5436	349.6597

4.2.2. Distribusi Gumbel

Daltal culralh huljah yang digunalkaln untulkl perhitulngaln culralh huljah rencalnal dengaln metode gulmbel yalitul daltal culralh huljalnl, dengaln lalngkalh-lalngkalh Persamaan 2.9 dan 2.10

Tabel 16. Distribusi Gumbel Perhitungan analisa frekuensi

No.	Tahun	X terurut	$(X_i - X_{rerata})$	$(X_i - X_{rerata})^2$	$(X_i - X_{rerata})^3$	$(X_i - X_{rerata})^4$
		(mm)				
1	2016	128.997	8.443	71.292	601.952	5082.562
2	2017	76.287	-44.267	1959.530	-86741.709	3839759.013
3	2018	236.376	115.822	13414.827	1553737.356	179957579.606
4	2019	81.817	-38.737	1500.534	-58125.779	2251602.471
5	2020	165.358	44.805	2007.454	89943.239	4029873.018
6	2021	89.636	-30.918	955.925	-29555.336	913793.071
7	2022	107.385	-13.169	173.426	-2283.867	30076.539
8	2023	79.304	-41.250	1701.571	-70190.002	2895345.152
9	2024	161.017	40.464	1637.307	66251.448	2680775.807
10	2025	79.360	-41.194	1696.909	-69901.709	2879499.833
Jumlah :		1205.538	0.000	25118.777	1393735.592	199483387.072

Parameter Statik

$$X = \frac{\sum xi}{n} = \frac{1205,538}{10} = 120,5538 \text{ mm}$$

Standart deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{25118,777}{9}} = 2.790,975 \text{ mm}$$

Dari tabel 2.2 dan 2.3 untuk n = 10

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

Dari tabel 2.4 untuk periode ulang (T) 2 th

$$Y_{Tr} = 0,3665$$

Faktor probabilitas

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} = \frac{0,3665 - 0,4952}{0,9496} = -0,1355$$

Cualah jumlah periode ulang (T) 2 th

$$X_T = X + K.S$$

$$= 120,5538 + (-0,1355) \times 2.790,975$$

$$= 120,1756 \text{ mm}$$

$$= 113,3952 \text{ mm/hari}$$

Tabel 17. Nilai Gumbel

T	Y _T	S _d	Y _n	S _n	K	X (mm/hari)
2	0.3665	52.8297	0.4952	0.9497	-0.1355	113.3952
5	1.4999	52.8297	0.4952	0.9497	1.0580	176.4452
10	2.2504	52.8297	0.4952	0.9497	1.8481	218.1898
20	2.9702	52.8297	0.4952	0.9497	2.6061	258.2322
25	3.1985	52.8297	0.4952	0.9497	2.8465	270.9342
50	3.9019	52.8297	0.4952	0.9497	3.5872	310.0630
100	4.6001	52.8297	0.4952	0.9497	4.3224	348.9029

4.2.3. Distribusi Log Normal

Rumus perhitungan cualah jumlah rencana berdasarkan Metode Log Normal Parameter statistik, dengan menggunakan Persamaan 2.12

Tabel 18. Distribusi Log Normal Perhitungan Analisa Frekuensi

No.	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X) ²	(Log Xi - rerata Log X) ³	(Log Xi - rerata Log X) ⁴
	(mm)					
1	129.00	2.1106	0.06187	0.00383	0.00024	0.00001
2	76.29	1.8825	-0.16626	0.02764	-0.00460	0.00076
3	236.38	2.3736	0.32489	0.10556	0.03429	0.01114
4	81.82	1.9128	-0.13587	0.01846	-0.00251	0.00034
5	165.36	2.2184	0.16972	0.02880	0.00489	0.00083
6	89.64	1.9525	-0.09623	0.00926	-0.00089	0.00009
7	107.38	2.0309	-0.01777	0.00032	-0.00001	0.00000
8	79.30	1.8993	-0.14942	0.02233	-0.00334	0.00050
9	161.02	2.2069	0.15816	0.02502	0.00396	0.00063

10	79.36	1.8996	-0.14911	0.02223	-0.00332	0.00049
TOTAL	1205.5379	20.4871	0.00000	0.26344	0.02873	0.01480

Parameter Statik:

Cukuran huljahn raltal-raltal ($\bar{x}$)

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{20,4871}{10} = 2,04871 \text{ mm}$$

Hitulng koefisien kemencengahn

$$Sd \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,26344}{10-1}} = 0,02926$$

Lalngkahn perhitulngahn periode ullahng T talhuln :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times Sd \text{ Log } X$$

T = 2th

$$\text{Log } X_2 = 2,04871 + (-0,0244 \times 0,02926)$$

Tabel 19. Kombinasi Periode Ulang Tahunan

Periode Ulang	Distribusi Log Pearson Type III	Distribusi Gumbel	Distribusi Log Normal
2	100,06 mm	120,1756 mm	111,69 mm
5	100,55 mm	123,5069 mm	118,33 mm
10	100,79 mm	125,7124 mm	122,08 mm
25	100,85 mm	128,4491 mm	125,95 mm
50	100,9 mm	130,5668 mm	129,15 mm
100	100,93 mm	132,6186 mm	132,00 mm

Dari table diatas diperoleh kombinasi ulang tahunan dengan distribusi Log Pearson Type III, distribusi Gumbel, distribusi log Normal.

4.2.4. Pemilihan Distribusi Curah Hujan

Dalri palrameter statistik, setelah itu dalpalt dilalkulahn pemilihan jenis ahallisis frekulensi yang alkan digulnalkahn dengan membalndingkahn persyalraltahn dengan hasil perhitulngahn . Dalpalt dilihalt padal Talbel

Tabel 20. Syarat Pemihan Distribsi

No	Jenis Distribusi	Syalralt	Halsil Perhitulngahn	Keteralngahn
1	Log Pearson Type III	Cs ≠ 0	Cs = -0,0012972	Memenuhi
2	Gulmbel	Cs = 1.1396 Ck = 5.4002	Cs = -0,0012972 Ck = 1,9127675	Tidak Memenuhi

3	Log Nornall	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0.641$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3.740$	$C_s = -0,0012972$ $C_k = 1,9127675$	Tidak Memenuhi
---	-------------	--	---	----------------

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk distribusi Gumbel, Log Normal. Maka akan di gunakan distribusi Log Pearson Type III.

4.2.5. Uji Distribusi Probabilitas

Metode yang di gunakan untuk menguji Distribusi Probabilitas secara analitis yaitu dengan menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov, yang dimana nilai kritisnya sudah ditentukan pada tabel 2.5

- *Uji Chi-Kuadrat*

Rumus:

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

Dimana:

χ^2 = Parameter chi kuadrat terhitung.

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya.

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%.

Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus :

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

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dimana:

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Chi kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

N = Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

$$\chi^2 < \chi^2 \text{ kritis}$$

Dimana :

χ^2 = Parameter Chi kuadrat terhitung

χ^2_{cr} = Parameter Chi kuadrat kritis, lihat Tabel

Langkah Perhitungan :

1. Data hujan diurutkan dari besar ke kecil

Tabel 21. Data curah hujan yang diurutkan dari besar ke kecil.

No	Xi (mm)	Peringkat (m)	$P = m/(n+1)$	$T = 1/P$
----	---------	---------------	---------------	-----------

1	236	1	0,09	11,00
2	165	2	0,18	5,50
3	161	3	0,27	3,67
4	129	4	0,36	2,27
5	107	5	0,45	2,20
6	90	6	0,55	1,83
7	82	7	0,64	1,57
8	79	8	0,73	1,38
9	79	9	0,82	1,22
10	76	10	0,91	1,10

2. Menghitung jumlah kelas

- Jumlah data (n) = 10
- Kelas distribusi (K) = $1 + 3,3 \log n$
= $1 + 3,3 \log 10$
= 4,3

3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dalam χ^2 cr

- Parameter (p) = 2
- Derajat kebebasan (Dk) = $K - (p + 1)$
= $5 - (2 + 1) = 2$
- Nilai χ^2 cr dengan jumlah data (n) = 10, $\alpha = 5\%$ dan Dk = 2 adalah 7,879

4. Perhitungan Nilai X^2

$$Ef = \frac{\text{Banyak data (n)}}{\text{Jumlah kelas}} = \frac{10}{4} = 2,5$$

Keterangan :

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Ef = Jumlah nilai teoritis sub kelompok

Tabel 22. Perhitungan Nilai X^2 distribusi Log Pearson Tipe III

No.	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$(OF - EF)^2 / EF$
		OF	EF		
1	X < 96.504	5.000	2.500	6.250	2.500
2	96.504 < X < 119.766	1.000	2.500	2.250	0.900
3	119.766 < X < 152.376	1.000	2.500	2.250	0.900
4	X > 152.376	3.000	2.500	0.250	0.100
Jumlah :					
		10.000	10.000	11.000	4.400

Tabel 23. Perhitungan Nilai X^2 distribusi Gumbel

Jumlah :	10.000	10.000	19.000	7.600
----------	--------	--------	--------	-------

Jadi,
DK = 1 dan
 $\alpha = 5\%$,
Ccr = 3,841
(Distribusi
Frekuensi
diterima
karena
Chitung <

Ccr).

Jadi, $DK = 1$ dan $\alpha = 5\%$, $Ccr = 3,841$ (**Distribusi Frekuensi ditolak** karena $Chitung > Ccr$)

Pengujian distribusi probabilitas dengan Smirnov-Kolmogorof dilakukannya dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

a. Distribusi Log Pearson III

Tabel 24. Metode Log Pearson III Uji Smirnov Kolmogorof.

No	X	Log X	Cs	m	S _n (X)	Pr	Px (X)	D
								$ P_x(X) - S_n(X) $
1	128.997	2.111	0.362	1.000	0.091	0.016	0.984	0.8930
2	76.287	1.882	-0.972	2.000	0.182	0.017	0.983	0.8016
3	236.376	2.374	1.899	3.000	0.273	0.016	0.984	0.7116
4	81.817	1.913	-0.794	4.000	0.364	0.011	0.989	0.6254
5	165.358	2.218	0.992	5.000	0.455	0.011	0.989	0.5349
6	89.636	1.952	-0.562	6.000	0.545	0.011	0.989	0.4436
7	107.385	2.031	-0.104	7.000	0.636	0.014	0.986	0.3496
8	79.304	1.899	-0.873	8.000	0.727	0.014	0.986	0.2585
9	161.017	2.207	0.924	9.000	0.818	0.018	0.982	0.1634
10	79.360	1.900	-0.872	10.000	0.909	0.025	0.975	0.0656
							D Maks.	0.8930

Maka :

Rerata LogX = 2,0487

Standart deviasi(S) = 0,1711

D Maks. = 0,8930

D Kritis = 0,4090

1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil

2) Menghitung probabilitas S_n dengan rumus :

$$S_n = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3) Menghitung nilai C_s :

$$C_s = \frac{\log X_i - \log \bar{X}}{S \log X_i} = \frac{2,111 - 2,0487}{0,1711} = 0,362$$

b. Distribusi Gumbel

Tabel 25. Data Distribusi Gumbel

No.	Tahun	X	m	S _n (X)	Y _T	Tr	Pr	Px (X)	D
									$ P_x(X) - S_n(X) $
1	2016	129.00	1	0.0909	0.1598	0.9091	0.1111	0.8889	0.0202
2	2017	76.29	2	0.1818	-0.8379	0.8182	0.2222	0.7778	0.0404
3	2018	236.38	3	0.2727	2.1924	0.7273	0.3333	0.6667	0.0606
4	2019	81.82	4	0.3636	-0.7332	0.6364	0.4444	0.5556	0.0808
5	2020	165.36	5	0.4545	0.8481	0.5455	0.5556	0.4444	0.1010
6	2021	89.64	6	0.5455	-0.5852	0.4545	0.6667	0.3333	0.1212
7	2022	107.38	7	0.6364	-0.2493	0.3636	0.7778	0.2222	0.1414
8	2023	79.30	8	0.7273	-0.7808	0.2727	0.8889	0.1111	0.1616
9	2024	161.02	9	0.8182	0.7659	0.1818	1.0000	0.0000	0.1818
10	2025	79.36	10	0.9091	-0.7797	0.0909	1.1111	-0.1111	0.2020
									D Maks. 0.2020

Maka :

Rerata LogX = 120,5538

Standart deviasi(S) = 52,8297

D Maks. = 0,2020

D Kritis = 0,4090

Tabel 26. Uji Chi Kuadrat.

No.	Distribusi Probalbilitals	X^2	X^2_{cr}	Keteralngaln
1	Log Person Tipe III	4,400	3,8410	Tidak memenuhi
2	Gulmbel	7,600	3,8410	Tidak memenuhi

Tabel 27. Uji Sminorv Kolomogrof

No.	Distribusi Probalbilitals	X^2	X^2_{cr}	Keteralngaln
1	Log Person Tipe III	0,8930	0,4090	Tidak memenuhi
2	Gulmbel	0,2020	0,4090	Memnuhi

4.3. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rancangan mengaju pada laju aliran yang diperkirakan yang berdasarkan analisis statistik dan akan mencapai atau melampaui nilai tertentu dalam periode ulang yang ditetapkan. Dalam studi ini “Metode Nakayasu” digunakan untuk menurunkan hidrograf satuan sintetis (HSS Nakayasu) guna menghitung debit banjir rancangan. Selain itu data curah hujan per jam diperlakukan untuk mengonversi curah hujan rancangan menjadi debit banjir rancangan.

4.3.1. Analisa Hidrograf Banjir Rencana

Dalam menganalisis respons aliran terhadap curah hujan rencana, dilakukan penentuan nilai ordinat satuan hidrograf berdasarkan perubahan waktu (jam). Berikut ordinat hidrograf dari waktu ke waktu disajikan dalam Tabel 28.

Tabel 28. Ordinat Satuan Hidrograf

Waktu Jam	Qt m ³ /det
0	0.0000
1	0.0557
2	0.2940
3	0.7780
4	1.1570
5	0.9697
6	0.8127
7	0.6811
8	0.5708
9	0.4784
10	0.4010

a. Sebaran Hujan Perjam (Metode Mononobe)

Pada daerah di Indonesia rata-rata $t = 6$ jam (dengan $T = 1$ jam, 2 jam, 3 jam dan seterusnya). Dengan menggunakan asumsi Metode Mononobe.

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

$$R_1 = \left(\frac{R_{24}}{6} \right) \left(\frac{6}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,550 \text{ R24}$$

$$R_2 = \left(\frac{R_{24}}{6} \right) \left(\frac{6}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,347 \text{ R24}$$

Tabel 29. Sebaran Hujan Perjam

T (jam)	t (jam)	RT (mm/hari)
1	6	0,550 R24
2	6	0,347 R24
3	6	0,265 R24
4	6	0,218 R24
5	6	0,188 R24
6	6	0,167 R24

Dimana :

RT : Intensitas rata-rata hujan dalam T jam (mm/hari)

R24 : Curah hujan efektif dalam 1 hari (mm)

T : Waktu mulai hujan

t : Waktu konsentrasi hujan (diasumsikan selama 6 jam)

b. Curah Hujan Perjam

Berbeda dengan model Mononobe, menghitung nisbah curah hujan perjam dapat dihitung dengan

Rt : Prosensentase intensitas hujan rata-rata dalam 1 hari (mm/hari)

$$Rt = TRt - (T - 1)(Rt - 1)$$

$$R_1 = (1 \times 0,550 \text{ R24}) - ((1 - 1) \times 0)$$

$$R_1 = 0,550$$

$$R_2 = (2 \times 0,346 \text{ R24}) - ((2 - 1) \times 0)$$

$$R_2 = 0,143$$

Tabel 30. Curah Hujan Perjam

t (jam)	RT (mm/hari)	Rt (mm/hari)	Prosentase
1	0,550	0,550	55,03%
2	0,347	0,143	14,30%
3	0,265	0,100	10,03%
4	0,218	0,080	7,99%
5	0,188	0,067	6,75%
6	0,167	0,059	5,90%
			100,00%

c. Distribusi Hujan Tiap Jam

Tabel 31. Distribusi Hujan Efektif Tiap Jam

Waktu (jam)	Ratio (%)	Kumulatif (%)	Curah Hujan Tiap Jam (mm)						
			2 th	5 th	10 th	20 th	25 th	50 th	100 th
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
1	55,03	55,03	23,73	42,74	57,45	72,04	76,75	91,47	106,37

2	14,30	69,34	6,17	11,11	14,93	18,72	19,95	23,78	27,65
3	10,03	79,37	4,33	7,79	10,47	13,13	13,99	16,68	19,39
4	7,99	87,36	3,44	6,20	8,34	10,46	11,14	13,28	15,44
5	6,75	94,10	2,91	5,24	7,04	8,83	9,41	11,21	13,04
6	5,90	100,00	2,54	4,58	6,16	7,72	8,22	9,80	11,40
PROBABILITAS HUJAN HARIAN			113,40	176,45	218,19	258,23	270,93	310,06	348,90
KOEFSISIEN PENGALIRAN			0,38	0,44	0,48	0,51	0,51	0,54	0,55
HUJAN EFEKTIF			43,11	77,67	104,39	130,90	139,46	166,22	193,28

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Debit Waduk Gembong Pati Menggunakan Metode F.J. Mock, yaitu :

1. Curah hujan bulanan rata-rata pada DAS Waduk Gembong Pati menunjukkan pola musiman dengan nilai tertinggi pada bulan Februari sebesar 11,67 mm/hari dan terendah pada bulan Juli sebesar 1,28 mm/hari.
2. Hasil perhitungan menggunakan metode F.J. Mock mendapatkan debit rata-rata sebesar 0,894 m³/detik dengan debit bulanan tertinggi pada bulan Februari sebesar 2,633 m³/detik dan terendah pada bulan September sebesar 0,136m³/detik.
3. Sementara itu, analisis debit andalan Q80 menghasilkan nilai sebesar 0,194 m³/detik yang dipastikan selalu tersedia sepanjang tahun, sehingga secara keseluruhan hasil analisis hidrologi ini dapat menjadi dasar yang kuat dalam mengestimasi ketersediaan air guna mendukung pengelolaan sumber daya air dan alokasi irigasi Waduk Gembong Pati secara efektif serta berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilla, M. H., & Wulandari, D. A. (2025). AWAL PENGISIAN WADUK PADA WADUK JRAGUNG SEMARANG. *Racic: Rab Construction Research*, 10(1), 214–224.
- Al-Wadji, M., & Devedo, M. G. D. (2026). Analysis of Dependable Flow in the Brantas Watershed using Google Earth Engine. *Proceeding of the International Conference on Tropical Studies and Its Applications (ICTROPS)*, 5(1), 1–9.
- AL QORNI, U. (2022). *Analisis Ketersediaan Air Menggunakan Metode FJ Mock Di Sub Das Kali Madiun Untuk Kebutuhan Air Baku Di Kabupaten Ngawi (Analysis Water Availability Using FJ Mock Method In Kali Madiun Sub Watershed For Water Needs In Ngawi Districts)*.
- Andawayanti, U. (2019). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terintegrasi*. Universitas Brawijaya Press.
- Anggraheni, D. (2020). *Perbandingan Potensi Air Embung Tambakboyo Menggunakan Metode FJ Mock Dengan Debit Terukur Untuk Keperluan Irigasi*.
- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Ugm Press.
- Beven, K. J. (2012). *Rainfall-run off modelling: the primer*. John Wiley & Sons.
- Booth, A., Martyn-St James, M., Clowes, M., & Sutton, A. (2021). *Systematic approaches to a successful literature review*.
- Chandrasasi, D., Montarchih Limantara, L., & Wulan Juni, R. (2020). Analysis using the FJ Mock Method for calculation of water balance in the Upper Konto Sub-Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 437(1), 12019.

- Dingman, S. L. (2015). *Physical hydrology*. Waveland press.
- Gupta, H. V, Clark, M. P., Vrugt, J. A., Abramowitz, G., & Ye, M. (2012). Towards a comprehensive assessment of model structural adequacy. *Water Resources Research*, 48(8).
- Hidayat, M., & Nugroho, H. (2025). Comparison of Rainfall-Run off Models with FJ Mock and NRECA to Determine Water Availability of Rukoh Reservoir, Aceh. *Teknik*, 46(1), 73–86.
- Hilda, M. (2022). Analisis Ketersediaan Air pada Sub DAS menggunakan Pendekatan FJ Mock (Studi Kasus: Sub DAS Tapung Kiri). *Sainstek (e-Journal)*, 10(1), 67–72.
- Irawan, P., Setiawan, J., Alfaridzi, M. W., Awaliyah, S., Hidayat, A. K., & Hendra, H. (2024). PREDIKSI DEBIT ANDALAN DAS CILOSEH MENGGUNAKAN FJ MOCK DAN BANGKITAN DATA DEBIT THOMAS FIERING UNTUK ANALISA KETERSEDIAAN AIR DEARAH IRIGASI CIMULU. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(2).
- Jayanti, M., Marganingrum, D., Qadafi, M., Santoso, H., Permatasari, R., Hasfita, F., Marselina, M., Ariesyady, H. D., & Sabar, A. (2026). Rainfall variability and changing trends under a monsoon climate for water resources sustainability in the Cimanuk watershed, Indonesia. *Sustainable Water Resources Management*, 12(3), 53.
- Johnston, M. P. (2014). Secondary data analysis: A method of which the time has come. *Qualitative and quantitative methods in libraries*, 3(3), 619–626.
- Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and techniques*. New Age International.
- Lu, M., & Merwade, V. (2024). From single to multi-purpose reservoir: A framework for optimizing reservoir efficiency. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 60(6), 1144–1161.
- Mock, F. J. (1973). *Land capability appraisal, Indonesia. Water availability appraisal-Basic study I*.
- Nath, N. K., Das, P., Mishra, L. R., Kumar, A., Suryawanshi, S. L., & Gautam, V. K. (2024). Hydrological modeling and simulation for water resource assessment. In *Integrated management of water resources in India: A computational approach: Optimizing for sustainability and planning* (hal. 43–58). Springer.
- Organization, W. M. (2008). *Guide to Hydrological Practices: Hydrology-from Measurement to Hydrological Information*. World Meteorological Organization.
- Osly, P. J., Dwiyanidi, F., Ihsani, I., & Ririhena, R. E. (2019). Analisis kebutuhan dan ketersediaan air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock. *Jurnal Infrastruktur*, 5(2), 59–67.
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering hydrology: Principles and practices. (No Title)*.
- Prawaka, F. (2016). *Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung)*.
- Rai, R. K., Ojha, C. S. P., & Singh, V. P. (2025). *Handbook of Applied Hydrologic and Water Resources Engineering*. CRC Press.
- Ruhiat, D. (2022). Implementasi distribusi peluang gumbel untuk analisis data curah hujan rencana. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 7(1), 213–224.
- Setiadi, P. A., Wijayanti, Y., Cahyono, C., & Juliastuti. (2022). FJ. Mock Method for Hydrological model in Water Reliability Study at Jatiluhur Estate, Purwakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 998(1), 12003.
- Singh, R., & Mishra, V. (2024). Enhanced modulation of streamflow flash droughts by reservoir operations in India. *Water Resources Research*, 60(6), e2024WR037036.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines.

Journal of business research, 104, 333–339.

- Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Suprayogi, S., Purnama, L. S., & Darmanto, D. (2024). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM PRESS.
- Suprayogo, D., Hairiah, K., & Nita, I. (2017). *Manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS): tinjauan hidrologi akibat perubahan tutupan lahan dalam pembangunan*. Universitas Brawijaya Press.
- Suripin, S., & Kurniani, D. (2016). Pengaruh perubahan iklim terhadap hidrograf banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119–128.
- Sutapa, I. W. (2015). Study water availability of malino river to meet the need of water requirement in District Ongka Malino, central sulawesi of Indonesia. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(3), 1069–1075.
- Tao, B., Sun, Q., Wang, J., Zhang, J., & Xing, Z. (2024). Optimizing multi-scenario water resource allocation in reservoirs considering trade-offs between water demand and ecosystem services. *Water*, 16(4), 563.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Triatmodjo, S. (2008). Evaluasi Paska Huni Aspek Perilaku di Kantor Kecamatan Mantrijeron Kota Yogyakarta. *Lintas Ruang: Jurnal Pengetahuan dan Perancangan Desain Interior*, 2(1).
- Ward, A. D., & Trimble, S. W. (2003). *Environmental hydrology*. Crc Press.