

PENGARUH KOLAM RETENSI TERHADAP REDUKSI PUNCAK BANJIR DI DAS MIKRO TRIYAGAN

**Rohmat Hidayat ¹⁾, Gurawan Djati Wibowo ²⁾, Hermono S. Budinetrio ³⁾,
Purwanti Sri Pudyastuti ⁴⁾**

**Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Abstrak

DAS Triyagan merupakan salah satu Sub DAS yang menyumbang debit sungai pada DAS Bengawan Solo. DAS Triyagan memiliki luas 15,9 km² dengan panjang sungai utama 22,1 km. DAS ini membentang dari Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Karanganyar dengan hilir berada Di Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Pada DAS Triyagan seringkali terjadi adanya banjir. Oleh karena itu, perlu adanya analisis pengurangan debit banjir apabila dibangun kolam retensi. Tahap awal dalam analisis yaitu pengumpulan data berupa peta DENMAS dan data hujan pada 3 stasiun hujan terkait selama 15 tahun yaitu stasiun Gayamdompo, Silamat dan Mojolaban. Kemudian dilakukan penggambaran aliran peta, catchment area dan pencarian besarnya hujan areal rainfall. Untuk memperoleh penggambaran debit secara lebih jelas, dengan hujan areal rainfall yang telah diperoleh dilakukan analisis hidrograf menggunakan metode Nakayasu dengan kala ulang 20 tahun dalam pengendalian banjir. Dari hidrograf tersebut didapatkan debit maksimum sebesar 94,03 m³/det. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan routing banjir sejauh 4,7 km sebelum hilir sungai dimana kolam retensi akan berletak pada lokasi tersebut. Direncanakan debit yang dapat ditampung oleh pintu inlet pada kondisi steady flow sebesar 30 m³/det dengan perbedaan tinggi antara pelimpah samping dengan muka air sungai sebesar 47 cm. Setelah dilakukan pengendalian banjir dengan kolam retensi diperoleh besarnya penurunan tinggi muka air sungai sebesar 53 cm. Analisa dilakukan secara manual dengan keadaan steady flow

Kata Kunci : DAS, Aliran, Routing Banjir, Kolam Retensi

Abstract

The Triyagan Watershed (DAS Triyagan) is one of the watersheds contributing to the river discharge in the Bengawan Solo Watershed. The Triyagan Watershed covers an area of 15.9 km² with a main river length of 22.1 km. This watershed extends from the Karanganyar District in Karanganyar Regency to its downstream location in the Mojolaban District of Sukoharjo Regency. The Triyagan Watershed frequently experiences flooding. Therefore, it is necessary to analyze the reduction in flood discharge if a retention basin is constructed. The initial stage of the analysis involves data collection, which includes DENMAS maps and rainfall data from three rain stations over a period of 15 years: Gayamdompo, Silamat, and Mojolaban. Subsequently, mapping of flow areas, catchment areas, and the calculation of areal rainfall are performed. To achieve a clearer depiction of

discharge, an analysis of the hydrograph using the Nakayasu method with a 20-year return period for flood control is conducted based on the obtained areal rainfall. The hydrograph analysis indicates a maximum discharge of 94.03 m³/s. The next step involves flood routing over a distance of 4.7 km upstream of the river's downstream end, where the retention basin will be located. It is planned that the inlet gate can accommodate a discharge of 30 m³/s under steady flow conditions, with a height difference of 47 cm between the side weir and the river water surface. After implementing flood control with the retention basin, a reduction in the river water surface elevation of 53 cm is achieved. The analysis is conducted manually under steady flow conditions.

Keywords : Watershed, Flow, Flood Routing, Retention Basin

1. Pendahuluan

Bencana banjir merupakan fenomena yang kerap terjadi di Indonesia. Kerugian akibat banjir adalah dapat merusakkan infrastruktur yang penting bagi masyarakat antara lain : jembatan, sekolah, rumah sakit, kehilangan harta benda, kegagalan panen bahkan hilangnya jiwa. Salah satu sungai yang sering mengalami banjir adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Mikro Triyagan. DAS Triyagan merupakan salah satu aliran sungai yang kerap mengalami bencana banjir. DAS Triyagan memiliki panjang aliran sungai sepanjang 22,1 km dan luas catchment area 15,9 km². DAS ini membentang dari Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Karanganyar dengan hilir berada Di Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo.



Sumber : Bayu Setiadi, 2022

Gambar 1. Banjir di Desa Joho, Kecamatan Mojolaban

Salah satu cara dalam meredam adanya puncak banjir adalah dengan adanya kolam retensi. Kolam retensi adalah kolam yang berfungsi untuk menampung

air hujan sementara waktu dengan memberikan kesempatan untuk dapat meresap ke dalam tanah yang operasionalnya dapat dikombinasikan dengan pompa atau pintu air (Direktorat Jendral Cipta Karya , 2010)

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besar banjir rencana dan mengetahui reduksi yang akan terjadi apabila terdapat kolam retensi menggunakan kinematic routing. Studi ini hanya berfokus pada permasalahan banjir di DAS triyagan yang diakibatkan oleh adanya debit hujan dan kondisi lahan tanpa melibatkan volume air akibat limbah rumah tangga.

Penelitian mengenai debit banjir telah banyak dilakukan oleh berbagai pihak. Beberapa penelitian mengenai banjir diantaranya adalah Hamid Nur Karim (2023), melakukan pemetaan kerawanan banjir di Kota Surakarta menggunakan Machine Learning. Awal Gayuh Hidayah (2023) melakukan analisa mengenai kedalaman banjir pada Kelurahan Jayengan Kota Surakarta dimana titik terendah solo berada didaerah tersebut. Gusta Gunawan dkk. (2020), melakukan analisis debit banjir yang terjadi Di Provinsi Bengkulu menggunakan analisis frekuensi dan metode distribusi. Dewanti Anggit Setia Aji dkk. (2019), melakukan analisis banjir yang terjadi di Kelurahan Joyontakan dengan Standard Step Method dan melakukan pemetaan genangan banjir di wilayah tersebut. Harianto (2017), melakukan penelitian mengenai analisis kemampuan long storage Kali Gawe dalam mereduksi genangan banjir yang terjadi di Kota Semarang. Herdias Rinaldi (2014), melakukan analisis mengenai evaluasi masterplan sistem drainase yang ada di Tanjung Selor. Elroy Koyari dkk (2012), melakukan analisis banjir dan analisis bangunan air yang berperan dalam pengendalian banjir yang ada di Kawasan Bambu Kuning Kota Jayapura. Hermono,dkk. (2009) melakukan analisis pada 37 embung di bagian hulu Kota Semarang. Tujuan utama dibangun embung di bagian hulu adalah untuk mereduksi debit di bagian hilir. Dari penelitian yang telah disebutkan diatas, terdapat perbedaan berupa metode, jenis bangunan air dan lokasi.

Dalam melakukan analisis langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan data berupa data hujan selama 15 tahun dan kontur berupa Digital Elevation Model Nasional (DENMAS) yang bersumber dari situs resmi

pemerintah www.tanahair.indonesia.go.id. Data yang diperoleh merupakan data Point rainfall, yaitu hujan yang terjadi pada satu titik saja. Point rainfall diasumsikan tidak mewakili besarnya hujan pada suatu daerah. Oleh karena itu, point rainfall perlu diubah menjadi areal rainfall. Areal rainfall merupakan besarnya hujan yang dipengaruhi oleh luasan dari daerah pengamatan.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian berbasis analisis dengan mempertimbangkan kondisi sungai. Tahap pertama dalam analisis adalah pengumpulan studi yang mendukung penelitian yang akan dilakukan serta melakukan penyusunan proposal. Tahap selanjutnya yaitu pengumpulan data hujan, peta rupa bumi dan banjir terdahulu.

Data hujan yang akan digunakan berasal dari 3 stasiun hujan yaitu stasiun Mojolaban, Karanganyar dan stasiun Jaten. Data hujan yang diperoleh merupakan data hujan yang hanya terjadi pada satu titik saja sehingga perlu diubah kedalam hujan daerah. Metode yang akan digunakan dalam penentuan hujan daerah adalah metode Poligon Thiesen dimana dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut

$$\bar{R} = \frac{\sum A_n R_n}{\sum A_n} \quad (1)$$

Dengan:

$\bar{R}$ = hujan daerah

A = luas daerah yang mewakili setiap pos penakar hujan

R = tinggi hujan disetiap pos penakar hujan

n = jumlah data

Dari data areal rainfall yang telah diperoleh kemudian dilakukan pencarian besarnya hujan pada kala ulang tertentu menggunakan distribusi probabilitas. Terdapat 4 jenis distribusi yang sering digunakan antara lain

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson III
4. Distribusi Gumbel Tipe I

Untuk menentukan jenis distribusi yang akan digunakan, maka digunakan beberapa parameter statistik dalam penentuan distribusi frekuensi antara lain

Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2)$$

Koefisien Asimetris (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum (X - \bar{X})^3 \quad (3)$$

Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum (X - \bar{X})^4 \quad (4)$$

Dengan:

S = standar deviasi

$\bar{X}$ = curah hujan rata-rata

X = curah hujan

n = banyaknya data

adapun syarat memilih jenis distribusi antara lain :

- Apabila Cs = 0, sehingga menggunakan distribusi normal
- Apabila $Cs/Cv=3$, sehingga menggunakan distribusi log normal
- Apabila Cs=1,1396 dan Ck = 5,4002 sehingga digunakan distribusi gumbel
- Apabila syarat-syarat diatas tidak dipenuhi, maka menggunakan distribusi log pearson III

Dalam analisis yang dilakukan diketahui bahwa distribusi yang digunakan merupakan distribusi Log Pearson III. Distribusi ini merujuk kepada distribusi gama. Distribusi ini mirip dengan *Generalized Extreme Value* menggunakan tiga parameter yaitu parameter skala, bentuk, dan lokasi (Nick Millington, 2011)

Untuk melakukan perhitungan, maka data yang ada diubah menjadi X, $X = \log X$ atau $\ln X$. Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut (Moh. Ardiansyah, 2021)

$$\text{Log} \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (5)$$

Dengan

X = data hujan

n = jumlah data

diketahui bahwa S_x adalah angka standar deviasi dihitung dengan persamaan :

$$S_x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (6)$$

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung koefisien kemencengan :

$$C_s = \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x}_i)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \right] \quad (7)$$

Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode kala ulang dengan persamaan sebagai berikut :

$$\log Y = \log \bar{X} + G.S_x \quad (8)$$

$$X_t = 10^{(\log Y)} \quad (9)$$

Dengan

G = persentase peluang berdasarkan nilai C_s

X_t = Curah hujan rencana

Untuk menghindari kesalahan dari perhitungan yang telah dilakukan, maka dilakukan uji kecocokan distribusi menggunakan metode *Chi-Kuadrat* (*Chi-Square*) dan uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*. Metode *Chi kuadrat* merupakan metode yang menggunakan perbandingan jumlah distribusi hujan secara teoritis dengan besarnya jumlah distribusi hujan pada pengamatan. Persamaan matematis yang akan digunakan adalah sebagai berikut (Harianto, 2017):

$$C^2_{\text{Hitung}} = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (10)$$

Dengan:

C^2_{Hitung} = nilai *Chi-Square*

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

n = jumlah data

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai $C^2_{\text{Hitung}} \text{ hitung} < C^2_{\text{Cr}}$. Terdapat beberapa tahapan dalam uji *Chi-Kuadrat*, antara lain:

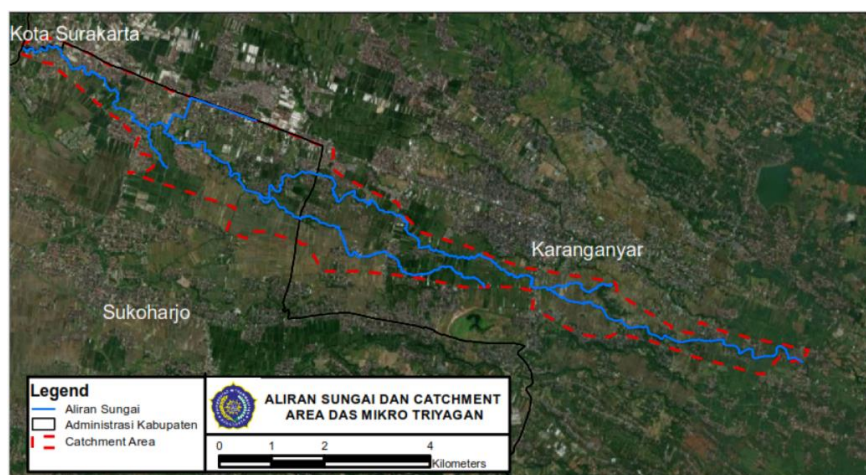
a. Data diurutkan dari yang terbesar keterkecil atau sebaliknya

- b. Data di kelompokkan sehingga membentuk sub grup (n). minimal dalam satu sub grup terdapat 4 data
- c. Jumlah data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
- d. Jumlah persamaan distribusi sehingga diperoleh data sebesar E_i
- e. Tiap sub grup dihitung nilai $(O_i - E_i)$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- f. Jumlahkan seluruh sub grup sehingga diperoleh nilai *Chi-Kuadrat*
- g. Tentukan derajat kebebasan dengan rumus

$$dk = G - P - I$$

Dengan $P=2$ untuk distribusi normal dan binormal, $P=1$ untuk distribusi poisson

Metode selanjutnya yaitu metode *Smirnov-Kolmogorov*. Metode *Smirnov-Kolmogorov* dikenal dengan metode dengan kecocokan non parametik. Hal tersebut dikarenakan metode ini tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini memperhatikan kurva dan penggambaran pada kertas probabilitas. Dari kertas probabilitas tersebut dapat diketahui penyimpangan disetiap titik data terhadap kurva. Perbedaan maksimum yang dihitung (Δ_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (Δ_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variant tertentu, maka sebaran sesuai jika $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$ (Gusta Gunawan et al., 2020).



Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Aliran sungai dan *catchment area* DAS Mikro Triyagan
 Dilakukan pula analisis berupa penggambaran peta aliran sungai dan catchmen areal dari DAS Triyagan. Penggambaran dilakukan menggunakan peta rupa bumi dan survey langsung dilokasi penelitian. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar diatas.

Setelah perhitungan dinyatakan bisa digunakan. Langkah selanjutnya adalah menghitung curah hujan netto dan distribusi jam-jaman. Curah hujan netto adalah tingkat hujan yang menyebabkan limpasan langsung. Dimana besarnya koefisien limpasan (C) dapat dilihat pada Tabel 1. Curah hujan netto dapat diperoleh melalui perkalian antara distribusi frekuensi dan koefisien limpasan.

Tabel 1. Koefisien aliran permukaan

No	Jenis Daerah	Koefisien C
1.	Daerah perdagangan ▪ Perkotaan (<i>down town</i>) ▪ Pinggiran	0,70 – 0,90 0,50 – 0,70
2.	Permukiman ▪ Perumahan satu keluarga ▪ Perumahan berkelompok, terpisah-pisah ▪ Perumahan berkelompok, bersambungan ▪ Suburban ▪ Daerah apartemen	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3	Industri ▪ Daerah industri ringan ▪ Daerah industri berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
4.	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
5	Tempat bermain	0,20 – 0,35
6	Daerah stasiun kereta api	0,20 – 0,40
7	Daerah belum diperbaiki	0,10 – 0,30
8	Jalan	0,70 – 0,95
9	Bata ▪ Jalan, hamparan ▪ Atap	0,75 – 0,85 0,75 – 0,95

Sumber: Schwab, et al, 1981

Dari hujan netto kemudian diubah menjadi Distribusi hujan jam-jaman. Distribusi hujan jam-jaman merupakan distribusi hujan selama waktu tertentu yang mengakibatkan mengalirnya hujan pada aliran sungai dan tidak mengalami infiltrasi. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa jumlah hujan akan terjadi selama lima jam dengan persamaan Mononobe Modifikasi.

Distribusi hujan selama 5 jam dapat digambarkan menggunakan HSS (Hidrograf Satuan Sintesis) Nakayasu. Dalam hidrograf, terdapat 3 komponen utama yaitu bagian naik, puncak dan turun. Dalam penelitian ini digunakan HSS Nakayasu. Dalam HSS nakayasu terdiri dari tiga bagian yaitu lengkung naik, titik puncak dan lengkung turun. Penggambaran debit pada HSS Nakayasu dapat dilihat pada gambar dibawah ini

$$Q_{\text{naik}} = Q_p \left(\frac{t_{\text{naik}}}{T_p} \right)^{2,4} \quad (5)$$

Besarnya debit puncak dapat diperoleh menggunakan persamaan:

$$Q_p = \frac{ARo}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad (6)$$

Besarnya debit turun pertama dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{turun1} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right)} \quad (7)$$

Debit banjir turun kedua diperoleh menggunakan persamaan:

$$Q_{turun2} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right)} \quad (8)$$

Debit banjir turunan ketiga diperoleh menggunakan persamaan:

$$Q_{turun3} = Q_p 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}\right)} \quad (9)$$

Dengan:

Q_{naik} = besarnya debit menuju debit puncak (m^3/dt)

Q_p = debit puncak banjir (m^3/dt)

Q_{turun1} = besarnya penurunan debit pertama kali (m^3/dt)

Q_{turun2} = besarnya penurunan debit pertama kali (m^3/dt)

Q_{turun3} = besarnya penurunan debit pertama kali (m^3/dt)

R_o = hujan satuan (mm)

A = luas daerah pengaliran sungai (km^2)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)

T_{turun1} = waktu yang dibutuhkan agar debit mengalami penurunan pertama (jam)

T_{turun2} = waktu yang dibutuhkan agar debit mengalami penurunan pertama (jam)

T_{turun3} = waktu yang dibutuhkan agar debit mengalami penurunan pertama (jam)

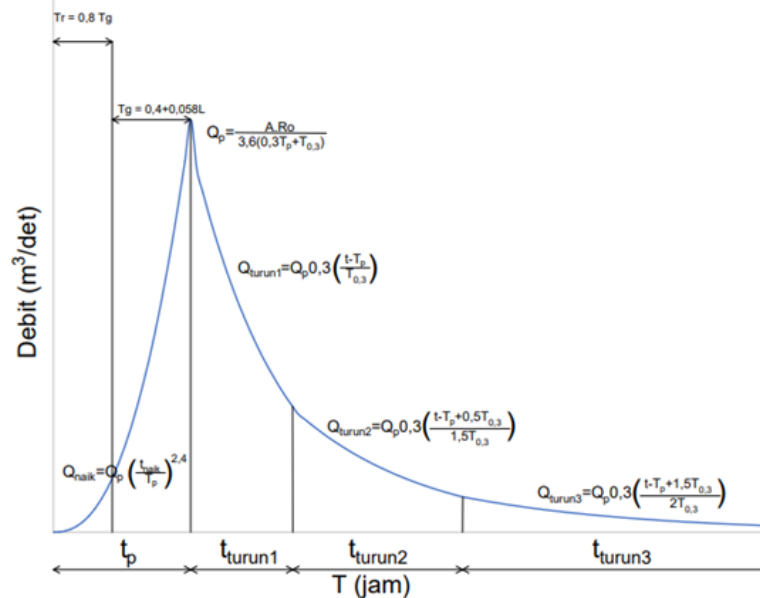
$T_{0,3}$ = waktu yang dibutuhkan oleh penurunan debit sampai menjadi 30% dari puncak (jam)

T_g = waktu konsentrasi (jam)

T_r = waktu efektif (jam)

L = panjang sungai (km)

Tipikal HSS Nakayasu disajikan pada gambar berikut ini.



Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Tipikal HSS Nakayasu

Debit yang telah diketahui kemudian disimulasikan pada aliran sungai. Simulasi pada sungai dilakukan dengan cara routing banjir yang dilakukan pada 4,7 km dari hilir sungai. Routing dilakukan secara manual dengan keadaan *steady flow*. Rumus yang akan digunakan merupakan rumus Bernouli dimana besarnya energi pada sebuah saluran dapat diketahui sebagai berikut

$$E_1 = E_2 + hf \quad (10)$$

$$z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + Sf \cdot \Delta x \quad (11)$$

$$(z_1 - z_2) + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{1}{2} \left[\frac{V_1^2 + N_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{V_2^2 + N_2^2}{R_2^{4/3}} \right] \Delta x + K_H \left(\frac{v_i^2 - v_{i+1}^2}{2g} \right) \quad (12)$$

$$S_0 \cdot \Delta x + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{1}{2} \left[\frac{V_1^2 + N_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{V_2^2 + N_2^2}{R_2^{4/3}} \right] \Delta x + K_H \left(\frac{v_i^2 - v_{i+1}^2}{2g} \right) \quad (13)$$

Dengan

E = besarnya energi pada titik pengamatan

hf = head loss (kehilangan tinggi tekan) antara kedua titik pengamatan

Z = ketinggian diatas bidang persamaan (m)

h = tinggi muka air sungai (m)

V = besarnya debit yang mengalir pada sungai (m³/det)

S_f = kehilangan energi akibat kekasaran saluran

R = jari-jari hidraulik sungai

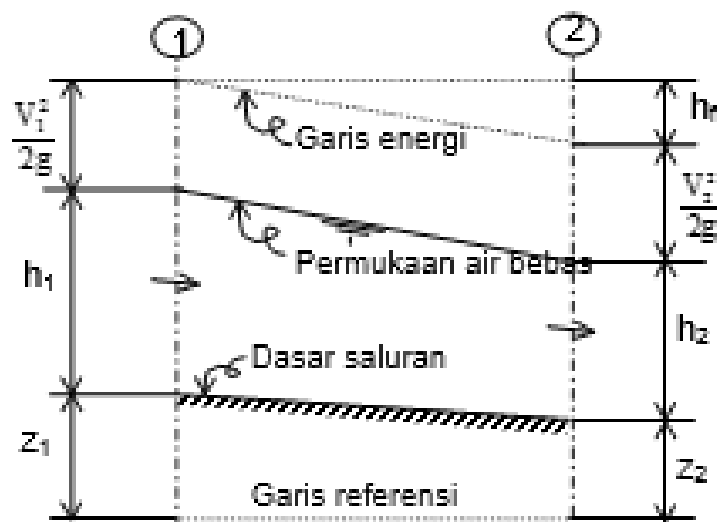
N = nilai manning

S_o = kemiringan saluran (m)

Δx = jarak antar tiap titik pengamatan (m)

Analisis routing banjir dapat digunakan untuk menentukan kedalaman dari muka air sungai dari hilir ke hulu. Jika h_2 diketahui maka h_1 dapat ditrial sehingga

$$R_{kiri}=R_{kanan}$$



Sumber :Triatmojo,1994

Gambar 4. Kondisi aliran pada sungai

Langkah selanjutnya yaitu melakukan desain kolam retensi dimana Inlet kolam retensi akan berbentuk pelimpah samping. Lebarnya bendung pelimpah samping dapat diketahui menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{pelimpah}} = C_d \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \Delta h^{\frac{3}{2}} \quad (14)$$

Dimana :

Q_{pelimpah} = besarnya debit yang akan melewati pelimpah samping (m^3/det)

C_d = Koefisien debit

$$= 0,622 - 0,222 \cdot Fr$$

Δh = perbedaan ketinggian debit sungai dengan puncak pelimpah (m)

Sedangkan outlet kolam retensi berupa pintu penguras. Perhitungan perencanaan pintu outlet akan didasarkan pada standar perencanaan irigasi KP-

4 yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga. Adapun perhitungan sebagai berikut:

$$Q_{\text{pintu}} = k \cdot \mu \cdot a \cdot b \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad (15)$$

Q = debit, (m³/dt)

K = faktor aliran tenggelam

μ = koefisien debit

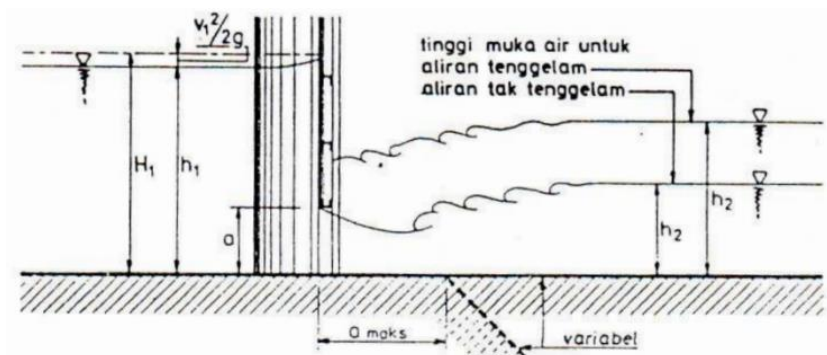
a = bukaan pintu (m)

b = lebar pintu (m)

g = percepatan gravitasi, m/dt² ($\approx 9,8$)

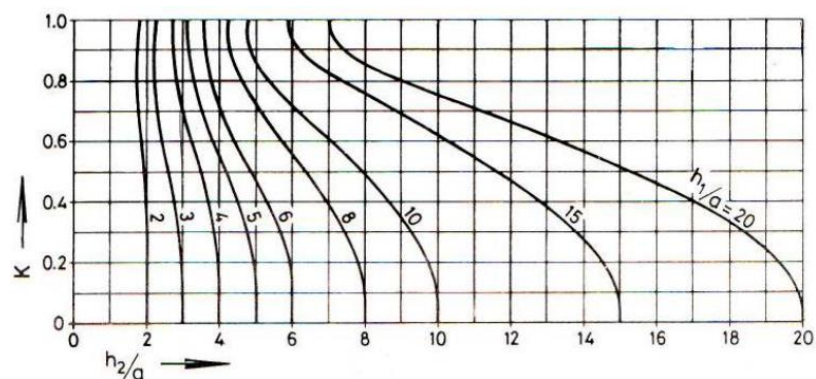
h_1 = kedalaman air di depan pintu di atas ambang (m)

Dengan



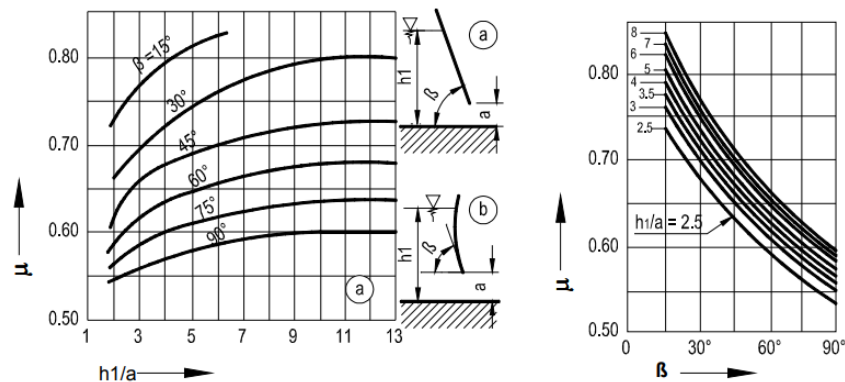
Sumber : Dirjen Bina Marga KP-4

Gambar 5. Aliran dibawah pintu sorong dengan dasar horizontal



Sumber : Dirjen Bina Marga KP-4

Gambar 6. Koefisien K untuk debit tenggelam



Sumber : Dirjen Bina Marga KP-4

Gambar 7. Koefisien debit μ masuk

3. Hasil Dan Pembahasan

Tahap pertama dalam analisis merupakan uji konsistensi data hujan. Uji konsistensi dilakukan dengan akumulasi data hujan selama 1 tahun. Dalam penelitian yang telah dilakukan, digunakan 3 pos hujan sehingga terdapat 3 uji konsistensi data hujan. 3 pos hujan yang akan diuji adalah pos hujan Mojolaban, Karanganyar dan pos hujan Jaten. Salah satu contoh perhitungan uji konsistensi data hujan dapat dilihat pada tabel berikut.

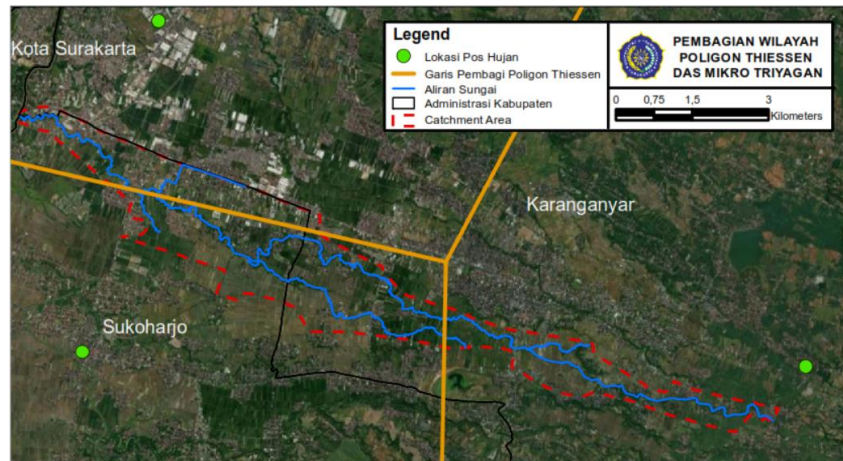
Tabel 2. Uji Konsistensi RAPS Stasiun Mojolaban, Kecamatan Mojolaban

NO	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	Dy^2	Sk^*	Sk^{**}	Absolut
1	2008	2994	1058	74646	1058	1,55	1,55
2	2009	1952	15	16	1074	1,58	1,58
3	2010	1207	-730	35501	344	0,51	0,51
4	2011	900	-1037	71658	-693	-1,02	1,02
5	2012	1048	-888	52602	-1581	-2,32	2,32
6	2013	1520	-416	11541	-1997	-2,93	2,93
7	2014	2137	201	2693	-1796	-2,64	2,64
8	2015	2020	83	463	-1713	-2,52	2,52
9	2016	2176	240	3842	-1473	-2,16	2,16
10	2017	1179	-757	38227	-2230	-3,28	3,28
11	2018	3353	1416	133720	-814	-1,20	1,20
12	2019	1749	-187	2341	-1001	-1,47	1,47
13	2020	2130	194	2507	-807	-1,19	1,19
14	2021	2041	105	734	-702	-1,03	1,03
15	2022	2639	702	32879	0	0,00	0,00
SUM	15	29044,06	0,00	463372	-12331	-18,12	25,39
Jumlah	29044	$Q_{abs Max}$	Q/vn	Nilai Kritis	Keterangan		
Rerata	1936	3,28	0,85	1,36	Konsisten		
SD	681						
n	15	R_{abs}	R/vn	Nilai Kritis	Keterangan		
R	4,85	3,28	1,25	1,49	Konsisten		

Sumber : Hasil analisis

Data yang diperoleh merupakan point rainfall sehingga harus dirubah menjadi areal rainfall menggunakan metode poligon Thiesen. Perhitungan

dengan metode ini dilakukan dengan memperhitungkan luasan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Perhitungan dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut



Sumber : Hasil analisis

Gambar 8. Pembagian wilayah areal rainfall berdasarkan Poligon Thiessen

Tabel 3. Luas wilayah yang mewakili pos hujan

	pos hujan			total
	Mojolaban	Karanganyar	Jaten	
Luasan (Km ²)	8,03	4,109	3,74	15,879
Perbandingan	0,51	0,26	0,24	1

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4. Perhitungan Areal Rainfall

Tanggal	pos hujan			areal rainfall (mm)
	Mojolaban	Karanganyar	Jaten	
11/3/218	195	85	168	153,1
26/10/2009	21	37	210	120,8
06/11/2017	132	40	111	97,6
28/11/2016	74	140	86	97,2
02/01/2012	142	88	78	95,7
21/04/2009	118	151	56	95,1
22/02/2012	101	130	67	91,4
09/11/2016	85	105	81	88,4
31/01/2009	106	98	73	87,0
06/11/2008	87	120	65	84,4
16/11/2017	103	67	81	88,3
18/05/2013	98	98	66	81,7
10/03/2008	138	185	0	80,4

Sumber : Hasil Analisis

Langkah selanjutnya adalah penentuan metode yang akan digunakan dalam analisa penentuan debit maksimum berdasarkan kala ulang tertentu. Terdapat 3 indikator dalam penentuan frekuensi yaitu Koefisien Variasi (Cv), Koefisien Asimetris (Cs), dan Koefisien Kurtosis (Ck).

Tabel 5. Analisis parameter statistik

No	Besar-Kecil (X)	$(XI-Xrata)^2$	$(XI-Xrata)^3$	$(XI-Xrata)^4$
1	153,13	3551	211639	12612269
2	120,83	745	20333	554976
3	97,64	17	69	285
4	97,23	14	51	187
5	95,70	5	10	22
6	95,08	2	4	6
7	91,40	5	-10	21
8	88,35	27	-139	719
9	86,99	43	-279	1827
10	84,41	83	-758	6914
11	82,37	125	-1392	15549
12	81,68	140	-1665	19735
13	80,41	172	-2258	29621
14	74,09	378	-7353	142988
15	73,68	394	-7821	155240
TOTAL		5701	210430	13540358
A			93,53	
Standar Deviasi (S)			20,18	
Koefisien Variasi (CV)			0,22	
Koefisien Asimetris (Skewness) (CS)			2,11	
Koefisien Kurtosis (CK)			0,56	
Menghitung perbandingan CS:CV			9,78	

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 6. Analisis pemilihan distribusi

Distribusi	Syarat	Hasil Hitungan	Keterangan
Normal	$C_s = 0$ dan $C_s/C_v = 3$	$C_s = 2,111$	tidak dipilih
Log Normal		$C_k = 9,783$	tidak dipilih
Gumbel	$C_s = 1,1396$ dan $C_k 5,4002$	$C_s = 2,111$	tidak dipilih
		$C_k = 0,561$	tidak dipilih
Log Pearson III	Selain nilai diatas	$C_s = 2,111$	Dipilih

Sumber : Hasil Analisis

Dimana dari perhitungan yang telah dilakukan diketahui bahwa akan digunakan distribusi hujan menggunakan metode Log Pearson III dimana besarnya debit kala ulang dapat diketahui melalui persamaan sebagai berikut

Tabel 7. Perhitungan Log Pearson Type III

No	X_i	$\log X_i$	$\log X_i - \log X \text{ rata-rata}^2$	$\log X_i - \log X \text{ rata-rata}^3$
1	153,13	2,19	0,0492472	0,0109288
2	120,83	2,08	0,0141683	0,0016865
3	97,64	1,99	0,0007020	0,0000186
4	97,23	1,99	0,0006084	0,0000150
5	95,70	1,98	0,0003162	0,0000056
6	95,08	1,98	0,0002231	0,0000033
7	91,40	1,96	0,0000048	0,0000000

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 7. Perhitungan Log Pearson Type III (Lanjutan)

8	88,35	1,95	0,0002858	-0,0000048
9	86,99	1,94	0,0005589	-0,0000132
10	84,41	1,93	0,0013483	-0,0000495
11	82,37	1,92	0,0022454	-0,0001064
12	81,68	1,91	0,0026027	-0,0001328
13	80,41	1,91	0,0033413	-0,0001931
14	74,09	1,87	0,0087222	-0,0008146
15	73,68	1,87	0,0091711	-0,0008783
Jumlah		29,45	0,0935458	0,0104651
Log rata-rata			1,963130122	
Sx			0,081742542	
Nilai kemencengan			1,579127114	

Sumber : Hasil Analisis

Dari nilai kemencengan dapat digunakan untuk mencari nilai kelas (G). Pencarian nilai kelas dilakukan dengan interpolasi berdasarkan tabel kemencengan (Soewarno, 1995).

Tabel 8. Nilai Kemencengan dan Peluang (%)

Kemencengan	Periode ulang							
	2	5	10	25	50	100	500	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,579	-0,251	0,678	1,330	2,159	2,772	3,376	3,973	5,361
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105

Sumber : Suwarno 1995

Tabel 9. Intensitas curah hujan harian

Periode ulang	Peluang	Curah hujan harian maksimum
2	-0,25	87,62
5	0,68	104,37
10	1,33	117,99
15	1,61	124,29
20	1,77	128,25
25	2,16	137,92
50	2,77	154,79
100	3,38	173,41
500	3,97	194,04
1000	5,36	251,96

Sumber : Hasil Analisis

Untuk mengetahui bahwa uji distribusi dapat digunakan, maka dilakukan pengujian uji distribusi menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Pada uji Chi-Kuadrat, data dapat diterima apabila hasil akhir pada pengujian Chi-Kuadrat menunjukkan bahwa $C^2_{Hitung} < C^2_{Cr}$. Nilai tersebut dapat diketahui dengan menentukan nilai derajat kepercayaan (α).

Pembagian kelas

$$n = 15$$

$$K = 1 + 3,3 \log n = 4,8811 \text{ (5 kelas)}$$

Peluang batas kelas

$$= 1/\text{kelas} = 20\%$$

Tabel 10. Besar peluang dan nilai batas kelas

P (%)	Periode ulang	Peluang	Log rata-rata	S log x	Curah hujan harian maksimum
20	5	0,69	1,96	0,08	104,68
40	2,5	0,12			93,88
60	1,67	-0,22			88,09
80	1,25	-0,46			84,20

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 11. Uji Chi-Kuadrat Log Pearson III

Kelas	Interval	Ei (ekpektasi)	Oi (Obserfasi)	Ei-Oi	(Ei-Oi) ² /Ei
1	> 104,68	3	2	1	0,33
2	104,68-93,88	3	4	-1	0,33
3	93,88-88,09	3	2	1	0,33
4	88,09-84,2	3	2	1	0,33
5	<84,2	3	5	-2	1,33
Jumlah		15	15	0	2,67

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 12. Nilai Kritis pada Uji Chi-Kuadrat

dk	Derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000039	0,0002	0,001	0,0039	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,1	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,293	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955

Sumber : Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan

Batas kebebasan

$$dk = G-P-1$$

$$dk = 2$$

dengan derajat kepercayaan 95% diterima, maka

$$C^2_{Cr} = 5,991$$

$$A = 5\%$$

$$\text{Nilai } C^2_{\text{Hitung}} < C^2_{Cr}$$

$$2,67 < 5,991$$

Distribusi frekuensi dapat diterima

Pengujian selanjutnya yaitu Uji Smirnov Kolmogorov. Pengujian ini merupakan pengujian yang memperhatikan kurva dan penggambaran data kertas probabilitas oleh karena itu, pengujian ini juga disebut sebagai pengujian non parametik. Dari grafik probabilitas dapat diketahui jarak penyimpangan terhadap kurva. Data dapat digunakan sebagai perhitungan apabila Δ_{maksimum} tidak melebihi dari nilai Δ_{kritik}

Tabel 13. Penentuan Nilai Kritis Smirnov Kolmogorov

Pr (%)	Data	Xt	Kala ulang	Pr (%) Setalah Interpolasi	Simpangan
6,25	153,13	125,59	16,00	-6,735	13%
12,50	120,83	112,34	8,00	8,497	4%
18,75	97,64	105,22	5,33	26,139	-7%
25,00	97,23	98,46	4,00	26,711	-2%
31,25	95,70	93,97	3,20	28,841	2%
37,50	95,08	91,09	2,67	29,712	8%
43,75	91,40	89,09	2,29	36,841	7%
50,00	88,35	87,62	2,00	46,895	3%
56,25	86,99	84,14	1,78	51,129	5%
62,50	84,41	81,46	1,60	55,766	7%
68,75	82,37	79,33	1,45	60,394	8%
75,00	81,68	77,60	1,33	61,991	13%
81,25	80,41	76,16	1,23	65,573	16%
87,50	74,09	74,95	1,14	91,950	-4%
maksimum simpangan					0,16

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 14. Hasil akhir penentuan Nilai Kritis Smirnov Kolmogorov

α	Δ_{cr}	$\Delta_{maksimum}$	Ketentuan
5%	0,338	0,1568	memenuhi
1%	0,404		memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Diketahui bahwa nilai $\Delta_{maksimum}$ memiliki nilai berada dibawah batas yang diisyaratkan, sehingga data dapat digunakan.

Dalam kondisi normal, debit hujan yang jatuh akan mengalami 2 peristiwa yaitu meresap kedalam air dan melimpas dipermukaan tanah. Besarnya debit hujan yang mengakibatkan limpasan secara langsung disebut curah hujan netto. Curah hujan netto dapat mengakibatkan meluapnya aliran sungai. Besarnya curah hujan netto didasarkan pada penggunaan kawasan berdasarkan tabel pertama. Pengamatan curah hujan netto dilakukan diareal hulu sungai sebelum kolam retensi. Berdasarkan nilai koefisien limpasan yang ada, dapat diketahui bahwa daerah

DAS Triyagan dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

1. Wilayah perkotaan (3,75 km²)
2. Wilayah perumahan berkelompok terpisah (4,45 km²)
3. Wilayah industri ringan (4,6 km²)

$$\begin{aligned}\text{Nilai C} &= \frac{3,75 \times 0,7 + 4,45 \times 0,6 + 4,6 \times 0,75}{3,75 + 4,45 + 4,6} \\ &= 0,69\end{aligned}$$

Langkah selanjutnya yaitu penentuan Distribusi hujan jam-jaman. Distribusi hujan jam-jaman merupakan distribusi hujan selama waktu tertentu yang mengakibatkan mengalirnya hujan pada aliran sungai dan tidak mengalami infiltrasi. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa jumlah hujan akan terjadi selama lima jam dengan persamaan Mononobe Modifikasi. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 15. Rasio distribusi hujan

Jam ke-(1)	Distribusi hujan (Rt) 1 jam-an		Curah hujan Jam ke-		Rasio (%)	Kumulatif (%)
1	0,23	R ₂₄	0,08	R ₂₄	8,49%	8,49%
2	0,28	R ₂₄	0,11	R ₂₄	10,66%	19,15%
3	0,58	R ₂₄	0,58	R ₂₄	58,48%	77,63%
4	0,37	R ₂₄	0,15	R ₂₄	15,20%	92,83%
5	0,20	R ₂₄	0,07	R ₂₄	7,17%	100,00%

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 16. Besar Total Hujan Netto Q₂₀

Hujan rancangan (mm)	128,25
Koefisien pengaliran (C)	0,691
Hujan netto (mm)	88,59

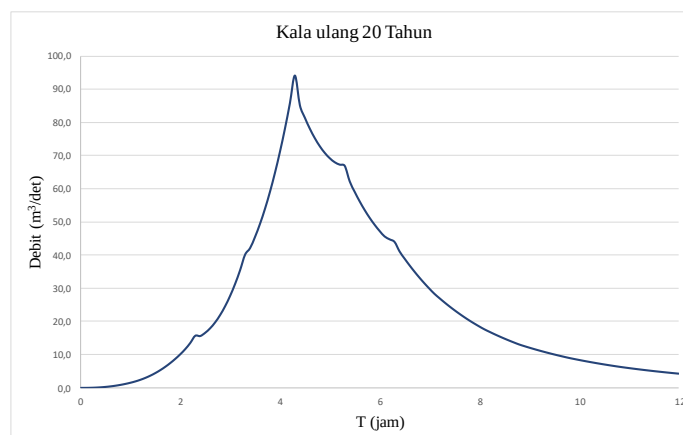
Sumber : Hasil Analisis

Tabel 17. Hujan Netto Jam-Jaman Q₂₀

Jam ke t	Persentase hujan ke -t	intensitas hujan (mm)
1	8,49%	7,52
2	10,66%	9,45
3	58,48%	51,81
4	15,20%	13,47
5	7,17%	6,35
	100,00%	
Hujan netto (Hujan efektif) (mm/hari)		88,59

Sumber : Hasil Analisis

Penggambaran perubahan debit setiap 1 mm/det dapat dilakukan menggunakan HSS Nakayasu dalam HSS Nakayasu terdapat 3 titik pada grafik yaitu : titik naik, titik turun, dan titik puncak.



Sumber : hasil analisa

Gambar 9 HSS Nakayasu kala ulang 20 tahun

Data debit maksimum pada HSS Nakayasu kemudian diisimulasikan pada aliran sungai dengan routing banjir. Routing ini dilakukan pada bagian hilir sungai dengan panjang total 4700m terdiri dari 95 crossection dengan jarak antar titik adalah 50 m. perhitungan perkiraan kedalaman debit dilakukan dari hulu ke hilir. sebagai salah satu contoh disajikan perhitungan perkiraan ketinggian air pada crossection ke 67 dimana dalam perhitungannya dipengaruhi pula oleh crossection ke 68 dimana letak dari crossection tersebut lebih rendah. diketahui

$$Q = 94,03 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$n = 0,035 \text{ m}^{-1/3}/\text{det}$$

$$\text{Elv tanggul} = 86,13 \text{ m}$$

$$S_o = 0,0021$$

$$b = 12 \text{ m}$$

$$h_{67} = 3 \text{ m (asumsi awal)}$$

$$V_{68} = 3,19 \text{ m/det}$$

$$S_{f66} = 0,0051$$

$$X = 50 \text{ m}$$

a. kecepatan air (V).

$$\begin{aligned} V_{67} &= Q/P \\ &= \frac{A}{b \cdot h_{67}} \\ &= \frac{94}{12 \times 3} \\ &= 2,61 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

b. Energi (E).

$$\begin{aligned} E &= \frac{V^2}{2g} + h \\ &= \frac{2,61^2}{2 \cdot 9,81} + 3 \\ &= 3,35 \text{ m} \end{aligned}$$

c. jari-jari hidraulik (R).

$$R = \frac{bh_{67}}{b + 2h_{67}}$$

$$= \frac{12.3}{12+2.3}$$

$$= 2$$

d. Penentuan nilai sf

$$Sf_{67} = \frac{V_{67}^2 \cdot n^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

$$= \frac{2,61^2 \cdot 0,035^2}{2^{\frac{4}{3}}}$$

$$= 0,0032$$

e. Nilai hf

$$hf = \frac{S_{fi} + S_{fi+1}}{2 \cdot \Delta x}$$

$$= \frac{(0,0032 + 0,0051)}{2 \cdot 50}$$

$$= 0,21$$

f. Penentuan energi total (E_{total}).

$$E_{total} = \frac{V^2}{2g} + h + S_o \cdot x$$

$$= \frac{2,61^2}{2 \cdot 9,81} + 3 + 0,0021 \cdot 50$$

$$= 3,45$$

g. Menentukan elevasi energi total.

$$\text{Elv. energi total} = \text{Elv. Tanggul} + E + E_{total}$$

$$= 86,13 + 3,35 + 3,45$$

$$= 92,93$$

h. Nilai error terhadap hulu.

$$\text{Error} = \frac{(\text{Elv. energi total}_{i+1} - \text{Elv. energi total}_i)}{\text{Elv. energi total}_{i+1}}$$

$$= \frac{(92,931 - 92,497)}{92,931}$$

$$= 0,467 \%$$

i. Penentuan bilangan Froude (Fr).

$$Fr = \frac{V}{c}$$

$$= \frac{V}{\sqrt{gd}}$$

$$= \frac{2,61}{\sqrt{3 \cdot 9,81}}$$

$$= 0,481$$

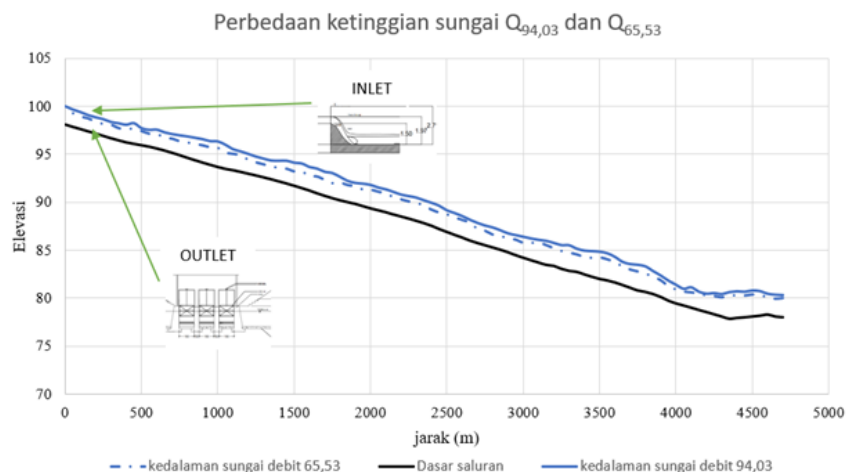
- j. Setelah perhitungan pada point a-j telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan trial error nilai h_{67} pada perhitungan point a. nilai h_{67} yang dihasilkan harus bisa membuat nilai error pada point i dan bilangan froude pada point j sekecil mungkin. Setelah dilakukan perhitungan trial error, diperoleh nilai

$$h_{67} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Error terhadap hulu} = 0,002\%$$

$$\text{Bilangan froude} = 0,562$$

Perhitungan dilakukan dengan melakukan routing dengan debit kala ulang selama 20 tahun sebesar $94,03 \text{ m}^3/\text{det}$ serta routing yang dilakukan dengan debit $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$ diasumsikan sebagai debit yang mampu dialirkan oleh sungai sedangkan kelebihan dari debit $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$ harus dialirkan kedalam kolam retensi



Sumber : Hasil Analisa

Gambar 10 Reduksi banjir jika dibuat Kolam Retensi

Dalam perhitungan volume total kolam retensi, menggunakan debit per-6menit pada HSS Nakayasu. Dalam perhitungan HSS yang telah dilakukan, jika debit pada HSS memiliki besaran kurang dari $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$ maka diasumsikan bahwa sungai masih mampu menampung debit tersebut. Sedangkan jika debit memiliki nilai lebih dari $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$ maka diasumsikan sungai tidak memiliki kemampuan untuk menampung debit tersebut sehingga harus ditampung pada

kolam retensi. secara lebih jelas dapat dilihat pada tabel . Pada tabel tersebut diketahui bahwa pada jam ke 4 hingga jam ke 5,3 terdapat debit yang melebihi $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$ sehingga dapat diasumsikan selama 1,3 jam terjadi limpasan dengan debit total sebesar 53220 m^3

Tabel 18. Debit yang akan ditampung berdasar HSS Nakayasu

T (jam)	U (t,1)	Hujan Jam-jaman (mm)					Q m^3/det	Perkiraan debit sungai	Debit limpasan per 6 menit
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅			
4	0,46	8,09	10,16	55,72	14,48	6,83	71,09	65,53	2059,48
4,1	0,43	3,26	7,95	63,33	3,49	0,01	78,04	65,53	4561,05
4,2	0,42	3,14	7,44	70,81	4,30	0,03	85,72	65,53	7324,00
4,3	0,40	3,00	6,97	78,79	5,21	0,07	94,03	65,53	10317,63
4,4	0,38	2,87	6,52	69,33	6,22	0,15	85,08	65,53	7095,65
4,5	0,37	2,75	6,10	64,89	7,34	0,25	81,32	65,53	5741,90
4,6	0,35	2,63	5,71	60,73	8,57	0,38	78,02	65,53	4553,60
4,7	0,33	2,51	5,34	56,84	9,91	0,56	75,17	65,53	3525,45
4,8	0,32	2,41	5,00	53,20	11,37	0,77	72,74	65,53	2652,45
4,9	0,31	2,30	4,68	49,79	12,95	1,02	70,73	65,53	1929,95
5	0,29	2,20	4,38	46,60	14,64	1,31	69,13	65,53	1353,62
5,1	0,28	2,11	4,10	43,61	16,46	1,64	67,93	65,53	919,42
5,2	0,27	2,02	3,94	40,82	18,41	2,03	67,21	65,53	660,01
5,3	0,26	1,93	3,77	38,20	20,48	2,46	66,84	65,53	526,45
								total debit	53220,7

Sumber : Hasil analisa

Untuk luas yang akan digunakan untuk kolam retensi dihitung berdasarkan kedalaman dan total debit yang akan ditampung. Direncanakan kolam retensi memiliki kedalaman yang sama dengan muka air rencana pada sungai yaitu 1,5 sehingga

$$\begin{aligned}
 \text{Luas areal yang dibutuhkan} &= \frac{\text{volume kolam retensi}}{\text{kedalaman kolam retensi}} \\
 &= \frac{53220}{1,5} \\
 &= 35480 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Inlet akan dirancang berbentuk pelimpah samping. Pemilihan pelimpah samping didasari atas kelebihan dari bangunan hidrolis ini dimana pelimpah samping dapat mengalirkan aliran air secara otomatis apabila aliran air melebihi batas yang sudah ditentukan. Pintu inlet terletak pada crosssection kedua pada routing banjir. Diperoleh ketinggian muka air sungai dengan kala ulang 20 tahun sebesar 1,97 m sedangkan ketinggian sungai dengan debit $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$ sebesar 1,5 m.

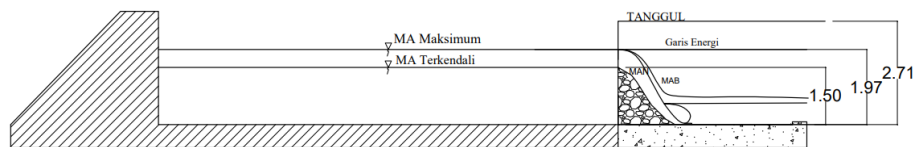
$$\begin{aligned}\Delta h &= h_{\text{sungai}} - h_{\text{pelimpah}} \\ &= 1,97 - 1,5 \\ &= 0,47 \text{ m}\end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa bendungan memiliki lebar 16 m dimana diperoleh besarnya debit yang dapat dialirkan pelimpah, pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}Q_{\text{pelimpah}} &= C_d \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \Delta h^{\frac{3}{2}} \\ &= 0,6 \cdot 16 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot 0,47^{\frac{3}{2}} \\ &= 29,98 \text{ m}^3/\text{det}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{rencana}} &= Q_{\text{hss}} - Q_{\text{sungai}} \\ &= 94,03 - 65,53 \\ &= 28,51 \text{ m}^3/\text{det}\end{aligned}$$

$Q_{\text{pelimpah}} > Q_{\text{rencana}}$ sehingga pintu inlet berupa pelimpah samping dapat digunakan



Sumber : Hasil analisa

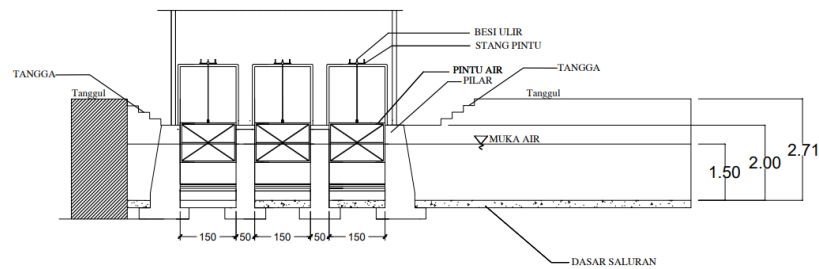
Gambar 11 Potongan melintang pelimpah samping

Dalam perencanaan pintu outlet akan didasarkan pada standar perencanaan irigasi KP-4 yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga. Adapun perhitungan sebagai berikut

$$\begin{aligned}Q_{\text{pintu}} &= k \cdot a \cdot b \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \\ &= 0,4 \times 0,56 \times 0,7 \times 1,5 \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,5} \\ &= 1,3 \text{ m}^3/\text{dt}\end{aligned}$$

$$V_{\text{masuk}} = 3,95 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Maka diperlukan $= V_{\text{masuk}} / Q_{\text{pintu}} = 3$ pintu, dengan lebar pintu 1,5 meter



Sumber : Hasil analisa

Gambar 12 Potongan melintang pintu outlet

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan berupa :

- Besarnya debit yang menyebabkan banjir berdasarkan kala ulang 20 tahun adalah sebesar $94,03 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan rencana debit yang dialirkan pada sungai sebesar $65,53 \text{ m}^3/\text{det}$
- Dari 95 titik pengamatan dihilir sungai, diketahui bahwa terjadi penurunan rerata pada ketinggian tiap titik pengamatan setinggi 0,54 m setelah dibuat kolam retensi
- Untuk menampung kelebihan dari debit yang ada, dibutuhkan kolam retensi seluas 35480 m^2 dengan kemampuan inlet sebesar $29,98 \text{ m}^3/\text{det}$
- Hasil dari routing banjir setelah adanya kolam retensi diperoleh ketinggian sungai sebesar 1,76 m

4.2 Saran

Adapun saran yang diberikan agar penelitian lebih baik lagi antara lain :

- Survey lebar sungai dilakukan dengan alat yang lebih baik seperti dengan alat Theodolit.
- Survey lebar sungai dilakukan dengan jarak yang lebih kecil, misalnya survey dilakukan antar 20 m
- Digunakan intensitas hujan lebih dari 15 tahun
- Routing banjir bisa dibandingkan dengan aplikasi hecras

Daftar Pustaka

- Awal Gayuh Hidayah. (2023). Kedalaman Banjir Berdasarkan Hujan Periode Ulang dan Kapasitas Drainase Di Kelurahan Sewu Kota Surakarta. *Universitas Sebelas Maret*.
- Bayu Setiadi. (2022, December 23). *Laporan Kejadian Bencana Banjir*. Retrieved from Dinas PUSDATARU: <https://sipapa.pusdataru.jatengprov.go.id/home/pelaporanDetail/942>
- Dewanti Anggit Setia Aji, R. H. (2019). Analisis Banjir Dengan Standard Step Method dan Pemetaan Banjir Di Kelurahan Joyotakan, Kota Surakarta. . *Universitas Sebelas Maret*.
- Dirjen Bina Marga. (n.d.). *Standar Perencanaan Irigasi KP-4*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Elroy Koyari. (2012). Pola Pengendalian Banjir Kawasan Bambu Kuning Kota Jayapura. *Jurnal Teknik Pengaliran*.
- Glenn Orville Schwab. (1981). *Soil and Water Conservation Engineering*. New York: John Willey and Sons.
- Gusta Gunawan. (2020). Analisis Debit Banjir Rancangan Sub DAS Air Bengkulu Menggunakan Analisis Frekuensi dan Metode Distribusi. . *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil* , 17.
- Hamid Nur Karim. (2023). Prediksi Kerawanan Banjir Menggunakan Machine Learning Kasus Di Kota Surakarta. *Universitas Sebelas Maret* .
- Harianto. (2017). Optimalisasi Long Storage Kaligawe Untuk Pengendalian Genangan Banjir . *Publikasi Ilmiah* .
- Hermono Suroto Budinetro. (2009). Evaluasi Kemampuan Pengendalian Banjir pada 37 Embung di Hulu Kota Semarang.
- Karya, D. C. (2010). *Panduan Sistem Drainase Mandiri Berbasis Masyarakat Yang Berwawasan Lingkungan (Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder Dengan saluran-Saluran Utama)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal.

- Moh. Ardiansyah, S. I. (2021). Analisis Perbandingan Perhitungan Curah Hujan Rencana Berdasarkan Periode Ulang Hujan Dengan Metode Gumbell, Metode Log Pearson III, Metode Iway Kadoya.
- Nick Millington. (2011). The Comparison of GEV, Log-Pearson Type 3 and Gumbel Distributions in the Upper Thames River Watershed under Global Climate Models. *Water Resources Research Report Department of Civil and Environmental Engineering the University of Western Ontario.*
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Aplikasi Data* . Nova.
- Triatmodjo, B. (1994). *Hidraulika 2*. Pustaka Pelajar Grub .