



Redesain Bendung Semat Kali Gawe Kabupaten Jepara 2025

Dwi Ahamad Maulana^{1*}, Muhammad Dwi Dany Sadewa², Sofyan Anas³, Devandaru Maulana⁴, Muhammad Tafrihan⁵

¹⁻⁵Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Jepara, Indonesia

*Penulis korespondensi: ddwi1436@gmail.com

Abstract. *This study evaluates the retrofit design of the Semat weir on the Kali Gawe in Jepara Regency. The retrofit aims to adjust the weir's hydraulic capacity to accommodate estimated flood discharges while ensuring the structure's stability under applied loads. In the agricultural context, adequate water availability for irrigation directly affects crop yields; conversely, the rainy season often increases river flow and flood risk. Irrigation structures such as weirs are therefore required to raise river water levels to divert flow into irrigation channels and to regulate water distribution. Flood discharge estimates were derived from precipitation data and watershed (drainage basin) characteristics. Flood hydrograph planning is a critical design step for the weir. Log-Pearson Type III analysis was used to determine probable precipitation values for several recurrence intervals. Those design precipitation values were then converted into design flood discharges using synthetic unit hydrograph methods, specifically the Snyder, Nakayasu, and Gamma HSS approaches. Employing the Gamma synthetic unit hydrograph for the 50-year return period (Q₅₀) produced a design flood discharge of 2,536.52 m³/s for that recurrence interval. Structural stability analyses of the redesigned weir indicate safety factors well above customary thresholds: overturning resistance factor = 11.6 (required ≥ 1.5), sliding resistance factor = 4.80 (required ≥ 2.0), and piping (internal erosion) factor = infinite (required ≥ 4). All evaluated stability parameters therefore satisfy standard safety criteria.*

Keywords: *Redesign of Semat Dam; River Basin (DAS); Planned Flood Discharge; Synthetic Unit Hydrograph; Structural Stability*

Abstrak. Penelitian ini membahas tentang perancangan ulang Bendung Semat yang terletak di Kali Gawe, Kabupaten Jepara, dengan tujuan untuk menyesuaikan kapasitas hidraulik bendung sesuai dengan debit banjir yang direncanakan dan memastikan kestabilan struktur terhadap gaya yang berpengaruh. Dalam bidang pertanian, ketersediaan air untuk irigasi sangat mempengaruhi hasil panen, sedangkan saat musim hujan, aliran sungai seringkali meningkat yang dapat menyebabkan risiko banjir. Oleh karena itu, diperlukan infrastruktur pengairan seperti bendung yang berfungsi menaikkan permukaan air sungai untuk dialirkan ke saluran irigasi serta mengatur distribusi air. Debit banjir yang direncanakan dihitung berdasarkan data curah hujan dan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS). Analisis debit banjir yang direncanakan merupakan langkah penting dalam perancangan bendung. Metode Log Pearson Tipe III digunakan untuk analisis hidrologi guna menentukan curah hujan yang direncanakan untuk berbagai periode ulang. Data curah hujan yang direncanakan lalu diolah dengan beberapa metode Hidrograf Satuan Sintetis (Snyder, Nakayasu, dan Gamma) untuk mendapatkan estimasi debit banjir yang direncanakan. Dengan menggunakan metode HSS Gamma untuk periode ulang 50 tahun (Q₅₀), diperoleh debit banjir yang direncanakan sebesar 2536.52 m³/s untuk periode ulang tersebut. Analisis kestabilan menunjukkan bahwa bendung yang telah didesain ulang memiliki faktor keamanan terhadap guling yaitu 11,6 ($\geq 1,5$), geser 4,80 ($\geq 2,0$), dan piping tak terhingga (≥ 4), sehingga semua parameter kestabilan memenuhi standar keamanan. Redesain ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja Bendung Semat dalam pengelolaan aliran, mengurangi risiko kerusakan akibat banjir, serta mendukung sistem irigasi dan pengelolaan sumber daya air di kawasan Kali Gawe, Jepara.

Kata kunci: Redesain Bendung Semat; Daerah Aliran Sungai (DAS); Debit Banjir; Hidrograf Satuan Sintetis; Kestabilan Struktur.

1. LATAR BELAKANG

Air adalah sumber daya yang krusial untuk kelangsungan hidup manusia. Di bidang pertanian, adanya air untuk irigasi sangat berpengaruh pada hasil panen, sedangkan pada saat hujan, aliran sungai biasanya bertambah banyak sehingga menambah potensi terjadinya banjir. Jumlah hujan yang melebihi kapasitas aliran menyebabkan banjir (Akuatiklestari et al., 2022).

Sangat penting untuk mengetahui debit banjir maksimum yang direncanakan pada tikungan secara akurat karena biaya yang terkait dengan proyek hidroteknik ini dan potensi bencana yang disebabkan oleh desain yang salah (Dwijayanthi & Ningrum, 2024). Oleh karena itu, dibutuhkan struktur pengairan seperti bendungan yang bertugas untuk meninggikan tingkat air sungai agar bisa disalurkan ke saluran irigasi dan juga mengatur pembagian air (Nurzanah et al., 2022).

Bendung adalah struktur melintang di atas sungai dengan tujuan menurunkan muka air sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke sistem irigasi (Pinandito & Harsanto, 2021). Dalam perencanaan bendung, analisis hidrologi menjadi bagian penting karena aliran banjir yang direncanakan mempengaruhi ukuran dan stabilitas struktur. Aliran banjir yang direncanakan dihitung dengan memanfaatkan data curah hujan serta sifat-sifat daerah aliran sungai, yang kemudian diproses menggunakan metode distribusi frekuensi curah hujan dan hidrograf satuan sintetik. Pemilihan metode yang benar sangat berdampak pada hasil perhitungan aliran dan pada akhirnya pada desain bendung. (Cambodia et al., 2023). Secara umum, proses pembangunan terdiri dari fase studi, penyelidikan, perencanaan, pelaksanaan konstruksi, dan operasi dan pemeliharaan (Natalia Yuliana Margaretha et al., 2020).

Beberapa kajian di Indonesia mengindikasikan adanya perbedaan hasil debit banjir rencana yang berpengaruh pada desain bendungan. Penelitian di DAS Way Lunik menunjukkan bahwa metode Snyder dan SCS menghasilkan variasi besar dalam debit banjir rencana, sehingga pemilihan metode menjadi aspek krusial dalam perencanaan hidrologi (Cambodia et al., 2023). Studi lain mengenai Bendungan Tapin juga menyoroti pentingnya penetapan debit banjir yang direncanakan, di mana hasil peanalisisan menunjukkan bahwa variasi periode pengulangan secara langsung berdampak pada ketinggian permukaan air dan kemampuan pengurangan bendungan (Muhammad & Helda, 2021).

Selain aspek metode, perubahan iklim dan pemanfaatan lahan juga berpengaruh terhadap aliran banjir. Penelitian di Bendungan Logung yang berada di Kabupaten Kudus mengindikasikan bahwa perubahan pola curah hujan dan penggunaan lahan berkontribusi pada peningkatan aliran banjir dan mengurangi fungsi bendungan dalam menangani banjir, oleh karena itu analisis hidrologi harus memperhatikan elemen lingkungan (Febriani et al., 2024). Hal serupa juga terlihat dalam kajian mengenai Bendungan Pamukkulu, di mana perubahan sifat DAS berdampak besar pada keselamatan bendung karena peningkatan aliran banjir (Mufrodi & Sriyana, 2024).

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa evaluasi aliran banjir yang direncanakan adalah suatu tahap krusial dalam perencanaan bendung. Dengan analisis hidrologi yang akurat, diharapkan bendung dapat memenuhi kebutuhan irigasi serta tetap aman dalam menghadapi kemungkinan banjir di wilayah aliran sungai. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghitung besar aliran banjir yang direncanakan menggunakan berbagai metode hidrograf satuan sintesis, mengevaluasi kekuatan bendung yang ada, dan merancang kembali Bendung Semat agar sesuai dengan standar hidrolik serta keamanan bangunan.

2. KAJIAN TEORITIS

Hidrologi dan Debit Banjir Rencana

Hidrologi merupakan bidang ilmu yang meneliti daur, distribusi, serta karakteristik air di planet kita. Dalam perancangan struktur air, analisis hidrologi mempunyai peranan krusial untuk memprediksi aliran banjir rencana, yang adalah aliran maksimum yang diperkirakan akan muncul berdasarkan informasi tentang curah hujan. Debit banjir rencana adalah debit maksimum sungai yang dapat mengalir tanpa ancaman terhadap stabilitas bangunan udara dan dihitung berdasarkan hasil perhitungan. Aliran banjir rencana ini digunakan sebagai acuan dalam merencanakan ukuran bangunan, termasuk bendungan (Arifin & Maulidiyah, 2025; Nurzanah et al., 2022)

Stabilitas Bendung

Bendung merupakan struktur yang memiliki tujuan untuk mengangkat level air sungai sehingga dapat disalurkan ke sistem irigasi. Dalam tahap perencanaan, bendung perlu diuji terhadap gaya guling, geser, dan kebocoran untuk memastikan keselamatan bangunannya.

Studi mengenai Bendungan Semantok yang terletak di Kabupaten Nganjuk menunjukkan bahwa bagian bendungan cukup stabil terhadap tekanan eksternal, baik dalam keadaan biasa maupun saat terjadi banjir. Faktor keamanan sudah memenuhi standar stabilitas, namun perlu dilakukan pengecekan secara rutin untuk menghadapi kemungkinan perubahan dalam kondisi geologi dan hidrologi (Pratama et al., 2021).

Sementara itu, penelitian di Bendung Tamiang mengungkapkan bahwa walaupun bendung dianggap aman dalam keadaan normal, saat banjir terjadi, tingkat keamanannya mengalami penurunan dan mendekati batas berbahaya. Hal ini menegaskan bahwa analisis stabilitas dalam situasi ekstrem sangat penting untuk memastikan keselamatan bendung (Rikardo S., 2023).

Pengaruh Kondisi DAS terhadap Debit Banjir

Daerah aliran sungai adalah daerah yang memiliki batasan alam atau buatan. Batasan ini dapat berupa gunung, bukit, tanggul, atau jalan. Air hujan mengalir menuju outlet atau titik kontrol (Arifin & Maulidiyah, 2025). Perubahan penggunaan lahan dan jumlah curah hujan bisa meningkatkan aliran banjir. Studi yang dilakukan di Waduk Tapin dengan menggunakan metode HSS SCS menunjukkan bahwa variasi curah hujan berdampak pada hasil perhitungan debit banjir yang direncanakan, sehingga aspek lingkungan perlu diperhatikan dalam perancangan bendungan (Muhammad & Helda, 2021).

Hidrologi dan Debit Banjir Rencana

Hidrologi merupakan bidang ilmu yang meneliti daur, distribusi, serta karakteristik air di planet kita. Dalam perancangan struktur air, analisis hidrologi mempunyai peranan krusial untuk memprediksi aliran banjir rencana, yang adalah aliran maksimum yang diperkirakan akan muncul berdasarkan informasi tentang curah hujan. Aliran banjir rencana ini digunakan sebagai acuan dalam merencanakan ukuran bangunan, termasuk bendungan (Nurzanah et al., 2022).

Metode HSS

Sherman memperkenalkan ide hidrograf satuan pada tahun 1932 untuk mengubah hujan menjadi debit aliran (Natakusumah et al., 2011). Hidrograf satuan sintetis (HSS) adalah cara yang dipakai untuk menghitung aliran banjir yang direncanakan dengan memanfaatkan ciri-ciri dari wilayah aliran sungai (DAS). Ketika data hidrograf banjir asli tidak tersedia, hidrograf satuan sintetis digunakan dalam desain untuk menerapkan gagasan hidrograf satuan (Suhudi et al., 2024). Beberapa teknik yang umum digunakan antara lain adalah HSS Nakayasu, Snyder, dan Soil Conservation Service (SCS). Hasil dari perhitungan setiap teknik dapat bervariasi, sehingga pemilihan cara yang tepat sangat memengaruhi tingkat ketepatan nilai aliran banjir yang direncanakan (Cambodia et al., 2023).

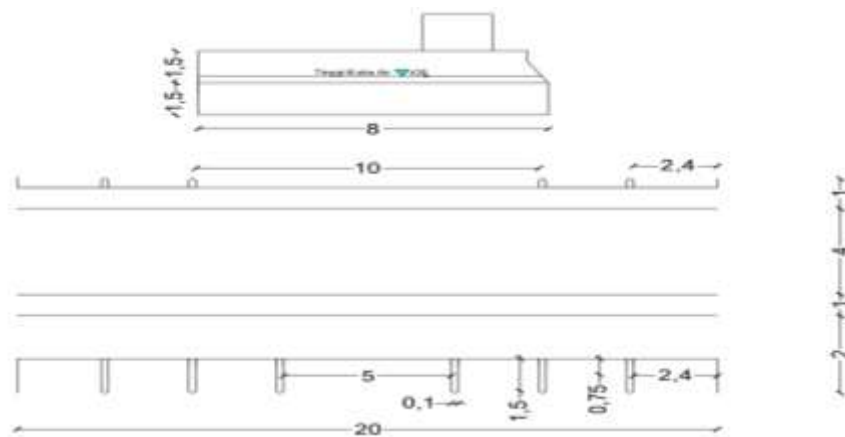
Analisa Frekuensi Banjir

Analisa frekuensi banjir dilakukan untuk menghitung debit banjir yang direncanakan dengan mengacu pada data hujan atau debit yang telah ada. Berbagai teknik statistik seperti Gumbel, Log Pearson Tipe III, atau Normal digunakan untuk memprediksi debit berdasarkan periode yang berbeda. Penelitian tentang Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir untuk Rancangan Embung Coyo di Kabupaten Grobogan menunjukkan bahwa metode yang berbeda dapat memberikan hasil debit banjir rencana yang tidak sama, sehingga pentingnya memilih metode yang sesuai dalam perencanaan infrastruktur air sangatlah besar (Sarminingsih, 2018).

3. METODE PENELITIAN

Studi ini dilaksanakan di Bendung Semat Kali Gawe yang terletak di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Bendung ini berperan untuk meningkatkan muka air Sungai Kali Gawe agar bisa dialirkan ke sistem irigasi di sekitarnya. Fokus studi adalah analisis hidrologi, penghitungan debit banjir rencana, penilaian stabilitas bendung yang ada, dan perencanaan desain ulang bendung berdasarkan hasil analisis.

Data yang di pakai pada penelitian ini menggunakan data primer serta data sekunder. Data awal di dapatkan dengan survei lapangan di bendung semat kali gawe untuk mengevaluasi keadaan fisik bangunan, ukuran mercu, lebar tubuh, kondisi pondasi, serta pengumpulan foto. Pengamatan juga di lakukan di kawasan daerah aliran sungai (DAS) untuk mengenali kemiringan, konfigurasi tanah, dan tutupan lahan. Data sekunder di peroleh dari BMKG dan PUPR Jawa Tengah, termasuk data curah hujan harian selama sepuluh tahun, peta topografi, serta informasi teknis mengenai bendung yang ada.



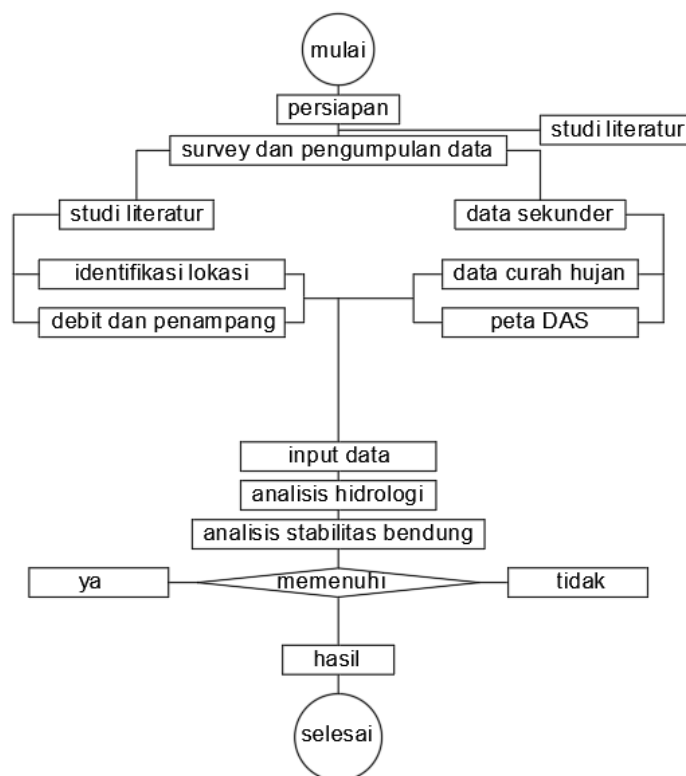
Gambar 1. Dimensi Bendung.
Sumber : hasil survey

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum Bendung Semat Kali Gawe.

Tahun	Stasiun kedung (sowan lor)	Stasiun pecangaan (pecangaan)	Stasiun jepara (bapangan)
2014	476	548	388
2015	476	623	397
2016	694	895	718
2017	592	701	808
2018	609	735	327
2019	328	421	518
2020	610	610	586
2021	445	612	493
2022	628	574	638
2023	684	369	348

Hasil pengambilan data 3 stasiun curah hujan terdekat bendung semat kali gawe jepara dari tahun 2014 – 2023.

Analisis hidrologi dilakukan dengan cara mengolah data curah hujan untuk mengetahui hujan maksimal dalam setahun. Setelah itu dilakukan analisis frekuensi dengan menggunakan beberapa jenis distribusi probabilitas, selanjutnya menghitung hujan rencana untuk berbagai periode ulang (Sarminingsih, 2018). Hujan rencana ini digunakan sebagai masukan data dalam perhitungan debit banjir rencana dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS), seperti Nakayasu atau Snyder, yang dianggap cocok untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) yang data debit panjangnya terbatas (Cambodia et al., 2023). Analisis kestabilan bendungan dilakukan dengan memanfaatkan informasi teknis dari bendungan yang ada. Penilaian mencakup penghitungan faktor keamanan terkait gaya guling, geser, dan rembesan berdasarkan standar perancangan struktur air. (Pratama et al., 2021; Rikardo S., 2023). Apabila evaluasi menunjukkan bahwa bendung yang ada tidak memenuhi standar stabilitas atau tidak dapat menampung aliran banjir yang direncanakan, maka akan dilakukan proses perancangan ulang.



Gambar 2. Diagram Alur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian ini berada di bendung semat kali gawe kabupaten jepara yang di lakukan pada tahun 2025.



Gambar 3. Lokasi Penelitian.

Sumber : (BBWS, 2017)

Hasil penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar aliran banjir yang direncanakan menggunakan berbagai metode hidrograf satuan sintetis, mengevaluasi kekuatan bendung yang ada, dan merancang kembali Bendung Semat agar sesuai dengan standar hidrolik serta keamanan bangunan, Untuk menentukan debit banjir di ambil dari 3 stasiun terdekat supaya mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Tabel 2. Data Curah Hujan Maksimum Bendung Semat Kali Gawe.

Tahun	Stasiun kedung (sowan lor)	Stasiun pecangaan (pecangaan)	Stasiun jepara (bapangan)
2014	476	548	388
2015	476	623	397
2016	694	895	718
2017	592	701	808
2018	609	735	327
2019	328	421	518
2020	610	610	586
2021	445	612	493
2022	628	574	638
2023	684	369	348

Tabel 3. Curah Hujan Stasiun pada DAS Semat Kali Gawe.

NO	Tahun	Stasiun Kedung	Stasiun Pecangaan	Stasiun Bapangan	Total (mm)	Rata- Rata	LOG XI
1	2014	3552	3171	1795	8518	2839.3	3.45
2	2015	2867	2737	1766	7370	2456.6	3.39
3	2016	4499	3106	2673	10278	3426	3.53
4	2017	4023	2748	2673	9444	3148	3.50
5	2018	2783	2710	2027	7520	2506.6	3.40
6	2019	1617	1825	1847	5289	1763	3.25
7	2020	2465	2952	2444	7861	2620.3	3.42
8	2021	2951	3245	2748	8944	2981.3	3.47
9	2022	3620	2822	3007	9449	3149.6	3.50
10	2023	2994	1947	2098	7039	2346.3	3.37
						JUMLAH	34.28
						RATA-RATA	3.43

Pengukuran Dispersi**Tabel 4.** Pengukuran Dispersi.

Dicari	Rumus	Hasil
Sd	$\sqrt{\frac{\sum (\log Xi - \log Xi_{rerata})^2}{n - 1}}$	0.082
Cv	$Sd / \log Xi_{rerata}$	0.0245
a	$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum (\log Xi - \log Xi_{rerata})^3$ a -0,001959	- 0,001959
Cs	$\frac{Sd^3}{0,000551}$	-3.55
Ck	$\frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \sum (\log Xi - \log Xi_{rerata})^4$	0,000828

Keterangan :

Sd = Standar Deviasi

Cv = Koef Variasi

Ck = Koef kurtois

CS = Koef *sweknes*

Perhitungan debit banjir**Tabel 5.** Hasil Kala Ulang Debit Per Tahun.

Kala Ulang (T)	(KT)	(log XT)	(XT = 10 ^{log XT}) (mm)
Q2	-0.158	3.417	2612.43
Q5	0.735	3.490	3092.22
Q10	1.303	3.537	3442.28
Q20	1.765	3.575	3756.04
Q25	1.994	3.594	3922.00
Q50	2.481	3.633	4299.74
Q100	2.957	3.672	4704.07

Data yang dibutuhkan**Tabel 6.** Data-data yang dibutuhkan.

LUAS DAS	A	42.408	Km ²
P ALIRAN	L	25.43	km
LC	Lc	0.6	km
	L	15.258	mm
SCS- CN:CN= 75	S1	25400	mm
CN-254	CN	84.666	mm
Ia 0.2	S2	16.933	mm
Parameter snyder	Ct	1.6	
	Cp	0.6	
Nkayasu (tg, tr, tapi, T0.3)	a	2	
Gamma (n= 2)	faktor e ⁻¹	= tp Snyder	

Rumus Perhitungan**Tabel 7.** Rumus.

Rumus Perhitungan			
CS-CN (hujan efektif)	Snyder	Nakayasu	Gamma
$pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (jika P > Ia)$	$tp = 0.75Ct(L.LC)^{0.3}$	$Qp \text{ nakayasu} = \frac{A Pe}{3.6 (0.3 tp + T0.3)}$	$Qp \text{ Gamma} = \frac{1000APee - 1}{tp \times 3600}$

Perhitungan Nilai Penting

S=84.6667 mm, Ia=16.9333 mm.

tp Snyder (satu kali hitung, dipakai untuk semua T):

tp=0.75×1.6×(25.43×15.258)^{0.3}≈7.17521 jam

qunit snyder $\frac{0.6 \times 42.408 \times 1000}{7.17521 \times 3600} = 0,98506 \text{ m}^3/\text{s per mm}$

Untuk Nakayasu (dengan L=25.43)

tg=1.87494 jam, tr=0.93747 jam, tp=2.62492 jam, T0.3=3.74988 jam

Tabel 8. Hasil Kala Ulang Dengan HSS.

Kala Ulang	(P) (mm)	(Pe) (mm)	Snyder (m ³ /s)	Nakayasu (m ³ /s)	Gamma (m ³ /s)
Q2	2612.4	2513.47	2475.92	6525.55	1518.07
Q5	3092.2	2992.87	2948.16	7770.16	1807.61
Q10	3442.3	3342.74	3292.8	8678.51	2018.92
Q20	3756	3656.27	3601.65	9492.51	2208.28
Q25	3922	3822.2	3765.09	9923.29	2308.5
Q50	4299.7	4199.74	4137	10903.48	2536.52
Q100	4704.1	4604	4535.22	11953.03	2780.68

Menentukan Panjang Mercu Bendung

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang mercu bendung} &= 1,2 \times L \text{ rata}^2 \text{ sungai} \\
 &= 1,2 \times 20 \\
 &= 24 \Rightarrow 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Mercu Bendung

$$\begin{aligned}
 Be &= B - (2(n K_p + K_a \times h)) \\
 &= 20 - (2(10 \times 0,02) 1) \\
 &= 20 - 0,4 \text{ h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } Be &= \text{Lebar Efektif} \\
 B &= \text{Lebar Rata}^2 \text{ Sungai} \\
 N &= \text{Jumlah Tiang Bendung} \\
 K_p &= \text{Koef. Reaksi Tiang} \\
 K_a &= \text{Koef. Reaksi Dasar Bendung}
 \end{aligned}$$

Tinggi Air di Atas Mercu

$$Q = 1,71 \times M \times Be \times H_1^{3/2}$$

$$H_1 = H_e = H + K$$

$$M = 1,49 - 0,018 \times \left(5 - \frac{H}{r}\right)^2$$

$$K = \frac{4}{27} \times M^2 \times H^3 \times \left(\frac{1}{H+P}\right)^2$$

$$\text{Diketahui : } Q = \text{Debit Banjir (m}^3/\text{dt)}$$

$$Be = \text{Panjang Mercu Bendung Efektif (m)}$$

$$H_1 = \text{Tinggi Elemen di Hulu (m)} \times (H_1 = H_e)$$

$$\begin{aligned}
 M &= \text{Koef. Aliran} \\
 H &= \text{Tinggi Air di Hulu (m)} \\
 r &= \text{Jari}^2 \text{ Bulatan Mercu (m) x (r=0,5 H)} \\
 K &= \text{Tinggi Aliran (m)} \\
 P &= \text{Tinggi Mercu (m) x (P=1,5)}
 \end{aligned}$$

Tinggi Air Diatas Mercu (H) = m

$$\begin{aligned}
 m &= 1,49 - 0,018 \times (5 - \frac{0,3}{0,5})^2 \\
 &= 1,141
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{4}{27} \times m^2 \times h^3 \times (\frac{0,3}{h+p})^2 \\
 &= 0,000144
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 0,3 + 0,000144 \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_e &= 20 - (0,4 \times 0,3) \\
 &= 19,88
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 1,71 \times 1,141 \times 19,88 \times (0,164) \\
 &= 6,36 \text{ m}^3/\text{sec}
 \end{aligned}$$

Tinggi Aliran di Hilir

$$\begin{aligned}
 A \text{ rata}^2 &= L \text{ penampang} \\
 &= 196,099
 \end{aligned}$$

Tinggi Aliran diilir Bendung

$$\begin{aligned}
 P \text{ rata}^2 &= K \text{ penampang} \\
 &= 160,405
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{148,06}{111,807} \\
 &= 1,222
 \end{aligned}$$

$$R^{0,5} = 1,105$$

$$i = 0,017$$

$$y = 1,65 \text{ gr/cm}^3$$

$$c = \frac{87}{1 + \frac{y}{R^{0,5}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{87}{1 + \frac{1,65}{1,105}} \\
 &= 33,83 \\
 v &= C \times (R \times i)^{0,5} \\
 &= 33,83 \times 0,137 \\
 &= 4,63 \text{ m/detik} \\
 Q &= A \times V \\
 &= 196,099 \times 4,63 \\
 &= 907,93 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Akibat Berat Sendiri

$$\begin{aligned}
 \text{Luas segmen} &= 19,8 \times 3 = 59,4 \text{ m}^2 \\
 \text{Berat jenis beton} &= 2,4 \text{ ton/m}^3 \\
 \text{Gaya Vertikal} &= -(L \times \text{Berat jenis}) \\
 &= -(59,4 \times 2,4) = -142,56 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Debit Aliran} \\
 V &= \text{Kec Aliran} \\
 I &= \text{Kemiringan Sungai} \\
 C &= \text{Koef Chezy} \\
 R &= \text{Jari}^2 \text{ Hidrolis}
 \end{aligned}$$

Gaya Gempa

Tabel 9. Gaya Gempa.

Site class	Fa (short period)	Fv (1 s)
SA	0.8	0.8
SB	0.9	0.8
SC	1.3	1.3
SD	1.6 → 1.0 (bergantung SS)	1.0 → 2.4 (bergantung S1)
SE	2.4 → 0.8 (bergantung SS)	4.2 → 0.8 (bergantung S1)
SF	site-specific (analisis khusus)	site-specific

Sumber: SNI 1726:2019 (Tabel Fa & Fv)

$$H_e = E \times G$$

Diketahui : E = Koefisien Gempa H_e = Gaya Gempa

Jenis tahanan di bendung semat kali gawe yaitu :

n	$= 0,75$
m	$= 2,5$
z	$= 0,56$
a_c	$= 1,13 \text{ m/s}^2$
g	$= 9,8 \text{ m/s}^2$

$$\begin{aligned} \text{maka : } a_d &= n (a_c \times z) \\ &= 0,75 (1,13 \times 0,56) \\ &= 0,239 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= \frac{a_d}{g} \\ &= \frac{0,239}{9,8} \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

Parameter	Nilai	Keterangan
n	0.75	faktor reduksi respons lokal (asumsi/pedoman lokal)
m	2.5	eksponen amplifikasi (dipakai dalam beberapa rumus empiris)
z	0.56	kedalaman efektif / faktor amplifikasi lapisan lunak
a_c	1.13 m/s ²	percepatan gempa karakteristik (diperoleh dari peta gempa/analisis)
g	9.8 m/s ²	percepatan gravitasi
$a_d = n \cdot (a_c \cdot z)$	0.239	percepatan desain (m/s ²)
$E = a_d / g$	0.024	koefisien gempa (pseudostatik) yang dipakai dalam analisis stabilitas

Contoh perhitungan :

$$\gamma_{\text{beton}} = 2,4 \text{ ton/m}^3$$

Gaya akibat gempa pada titik K1 :

$$(G1) = -142,56 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya Gempa} &= E \times G1 \\ &= 0,024 \times -142,56 \\ &= 3,42 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= \text{Gaya gempa} \times \text{Jarak} \\ &= 3,42 \times 2,4 \\ &= 8,211 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

Tabel 10. Hasil Akibat Gaya Gempa.

Akibat Gaya Gempa Pertitik							
Segmen	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Gaya Berata G1	142.56	142.56	142.56	142.56	142.56	142.56	142.56
E koef Gempa	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
Gaya Gempa (ExG1)	3.42144	3.42144	3.42144	3.42144	3.42144	3.42144	3.42144
Jarak	2.4	2.4	2.4	5	2.4	2.4	2.4
Momen (Gaya gempaxJarak)	8.211456	8.211456	8.211456	17.1072	8.211456	8.211456	8.211456

Akibat Gaya Hidrostatik

$$W = \text{Luas} \times \gamma_{\text{air}}$$

Dengan perhitungan segmen W1:

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 8 \times 2,4 = 19,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= - (L \times \gamma_{\text{air}}) \\ &= - (19,2 \times 1) \\ &= -19,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \text{jarak berat segmen ke titik GH1} \\ &= 0,3\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{M Tahanan} &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= -19,2 \times 0,3 \\ &= -5,76 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Tabel 11. Akibat Gaya Hidrostatik.

Akibat Gaya Hidrostatik					
Luas Segmen (PxL)	W1	W2	W3	W4	W5
L	2.4	2.4	10	2.4	2.4
P	8	8	8	8	8
Luas	19.2	19.2	80	19.2	19.2
Gaya Horizontal	19.2	19.2	80	19.2	19.2
Segmen ke Lengan	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Momen Tahan	5.76	5.76	24	5.76	5.76

Gaya Akibat Uplift

$$\Delta H = 0 \text{ (Hilir-Hulu)}$$

$$L_x = 0$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$\Sigma = 20 \text{ m}$$

Gaya segmen 1:

$$L_x = 0 \text{ m}$$

$$H_x = 0,30 \text{ m}$$

$$P_x = H_x - \frac{L_x}{L} \Delta H$$

$$= 0,30 - \frac{0}{20} 0$$

$$= 0,30 / \text{m}^2$$

$$\Sigma = 20 \text{ m}$$

Akibat Tekanan Lumpur

$$\gamma \text{ lumpur} = 1,4 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 24^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } K_a &= \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} \\ &= \frac{(1 - \sin 24)}{(1 + \sin 24)} \\ &= 0,42173 \end{aligned}$$

Hitungan titik Ps1 :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 0,5 \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= 0,5 \cdot 8 \cdot 3 = 12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$K_a = 0,42173$$

$$\gamma \text{ pasir} = 1,4$$

Diketahui:

$$L_x = \text{Jarak memanjang titik}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horinzontal} &= \text{luas} \times K_a \times \gamma \text{pasir} \\ &= 12 \times 0,421 \times 1,4 \\ &= 7,07 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \text{jarak titik di PS1 ke titik GH1} \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= \text{Gaya horizontal} \times 1,5 \\ &= 7,07 \times 1,5 \\ &= 10,605 \text{ ton/meter} \end{aligned}$$

$$H_x = \text{Tinggi elemen di hulu (m)}$$

$$\Sigma = \text{Panjang total}$$

$$P_x = \text{Gaya ke atas}$$

Cek Stabilitas Bendung**Tabel 12.** Stabilitas Bendung.

Aspek Stabilitas	Rumus Faktor Keamanan	Syarat Minimum	Referensi
Guling (Overturning)	$Sf = \frac{M_t}{M_g}$	$\geq 1,5$	USBR, SNI 8456:2017
Geser (Sliding)	$Sf = \frac{R_v}{R_h}$	$\geq 2,0$	USBR, SNI 8456:2017
Piping (Lane)	$Sf = \frac{L_v + 1/3 L_h}{\Delta H}$	≥ 4	Lane 1935, SNI 8456:2017

Terhadap Guling

$$Sf \leq 1,5$$

$$Sf = \frac{M_t}{M_g} = \frac{342.144}{24.573} = 1,392 \leq 1,5 \text{ AMAN}$$

Terhadap Geser

$$Sf \geq 2$$

$$Sf = \frac{R_v}{R_h} = \frac{142,56}{29,69} = 4,8 \geq 2,0 \text{ AMAN}$$

Terhadap Piping

$$\Delta H = 0$$

$$L_v = 4$$

$$L_h = 2,5$$

$$C = 4 \text{ (berpasir halus hingga lempung berlanau)}$$

$$Sf \geq 4$$

$$Sf = \frac{L_v + 1/3 L_h}{\Delta H} = \frac{4 + 1/3 \cdot 2,4}{0} = \infty \geq 4 \text{ (AMAN)}$$

Karena $\Delta H=0$, tidak terdapat gradien hidrolis di bawah pondasi, sehingga piping tidak mungkin terjadi.

Tabel 13. Analisis Momen Pengguling Berdasarkan Jenis Beban.

Beban	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen (ton·m)
Gempa	3.42	2.4	8.208
Hidrostatik	19.2	0.3	5.76
Lumpur	7.07	1.5	10.605
Total Horizontal (Rh)	29.69	-	-
Total Momen Pengguling (Mg)	-	-	24,573

Parameter	Nilai	Syarat	Status
Sf Guling	11,6	$\geq 1,5$	☒ Aman
Sf Geser	4,80	$\geq 2,0$	☒ Aman
Sf Piping	$\Delta H = 0 \rightarrow Sf = \infty$	≥ 4	☒ Aman

Hasil analisis menunjukkan bahwa bendungan yang telah dirancang ulang memiliki faktor keamanan terhadap guling sebesar 11,6, terhadap geser 4,80, dan terhadap piping tak terhingga. Ini menunjukkan bahwa struktur bendungan aman dari gaya-gaya utama yang berpengaruh, serta dapat mengalirkan debit banjir yang direncanakan sebesar 2. 536,52 m³/s untuk periode ulang 50 tahun.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan merujuk pada analisis hidrologi dan stabilitas struktur pada Redesain Bendung Semat di Kali Gawe, Kabupaten Jepara, dapat dikatakan bahwa aliran banjir yang direncanakan dengan periode ulang 50 tahun diperoleh dari pendekatan Log Pearson Tipe III dan berbagai Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) adalah sebesar 2. 536,52 m³/detik. Nilai ini menjadi acuan dalam merancang kapasitas hidrolik dari bendung yang telah didesain ulang. Hasil perhitungan faktor keamanan menunjukkan bahwa bendung berada dalam kondisi yang stabil, dengan nilai faktor keamanan terhadap guling sebesar 11,6, serta terhadap geser sebesar 4,80, dan terhadap piping dirasa tak terhingga ($\Delta H = 0$). Semua angka tersebut memenuhi standar yang ditetapkan untuk stabilitas struktur bangunan air. Secara keseluruhan, redesain Bendung Semat berhasil meningkatkan kemampuan bendung dalam menangani aliran banjir yang direncanakan, menjamin keandalan struktur terhadap berbagai gaya yang bekerja, serta memenuhi kebutuhan irigasi di kawasan Kali Gawe, Kabupaten Jepara. Saran Penting untuk melakukan pemeliharaan secara berkala pada bangunan bendung agar struktur tetap dalam kondisi aman dan berfungsi dengan baik, terutama terkait kemungkinan kerusakan akibat erosi dan sedimentasi. Analisis hidrolika lebih lanjut sebaiknya dilakukan dengan menggunakan software pemodelan aliran seperti HEC-RAS atau SWMM untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai pola aliran dan kapasitas limpasan. Pengukuran topografi dan geoteknik yang lebih terbaru juga direkomendasikan agar perancangan struktur dan penguatan bendung dapat lebih presisi sesuai dengan keadaan lapangan. Di samping itu, penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada analisis operasional sistem irigasi dan upaya konservasi daerah aliran sungai (DAS) untuk memastikan bahwa fungsi Bendung Semat tidak hanya optimal dari segi teknis, tetapi juga berkelanjutan dari sudut pandang lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Nor Hidayati, S. T. , M. T. , sebagai pengajar mata kuliah Perancangan Bangunan Sipil, yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan dukungan selama penyusunan jurnal ini.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Nahdlatul Ulama Jepara yang telah membantu dan bekerja sama dalam penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Akuatiklestari, J., Sabriyati, D., & Hadi, M. P. (2022). Kajian hidrologi debit puncak penyebab banjir bandang menggunakan pemodelan hidrograf satuan sintesis-SCS (HSS-SCS): Hydrological assessment of peak flood discharge causes of flash flood using SCS synthetic unit hydrograph modeling. *Open Access*, 5(2), 80–90. <http://ojs.umrah.ac.id/index.php/akuatiklestari>
- Arifin, Z., & Maulidiyah, A. (2025). Analisa debit banjir rencana DAS Rejoso menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu. *Jurnal Komposit*, 9(1), 17–26. <https://doi.org/10.32832/komposit.v9i1.17597>
- Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. (2017). Profil BBWS Pemali Juana 2017.
- Cambodia, M., Juwita, F., Gunawan, T., Novilyansa, E., & Audina, S. (2023). Analisis debit banjir rancangan menggunakan metode Snyder dan Soil Conservation Service (SCS) (Studi kasus: Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Lunik). *JTS Saburai: Jurnal Teknik Sipil Saburai*, 1(1), 19–34. <https://doi.org/10.24967/jts.v1i01.2401>
- Dwijayanthi, A., & Ningrum, A. (2024). Analisis frekuensi banjir di Bendung Sidoan, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1–17.
- Febriani, I., Sriyana, I., & Suharyanto, S. (2024). Evaluasi kemampuan Bendungan Logung dalam mereduksi banjir akibat perubahan curah hujan dan tata guna lahan. *Teknik*, 45(1), 117–127. <https://doi.org/10.14710/teknik.v45i1.61985>
- Margaretha, N. Y., Kamiana, I. M., & Nindito, D. A. (2020). Studi analisis dimensi dan stabilitas tubuh bendungan urugan Beringin Sila. *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(1), 81–89. <https://doi.org/10.52868/jt.v4i1.2651>
- Mufrodi, S., & Sriyana, I. (2024). Analisis pengaruh perubahan karakteristik DAS terhadap keamanan Bendungan Pamukkulu berdasarkan penelusuran banjir. *Teknik*, 45(1), 1–10. <https://doi.org/10.14710/teknik.v45i1.59399>
- Muhammad, A., & Helda, N. (2021). *Jurnal RIVET (Riset dan Inovasi Teknologi)*. Universitas Dharma Andalas, 1(1), 48.
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Harlan, D. (2011). *Jurnal Teknik Sipil*, 18(3), 1–41.
- Nurzanah, W., Muda, I., Gunawan, R., & Diva, S. D. T. (2022). Analisis perhitungan debit banjir rencana di bendung karet Bandar Sidoras. *Jurnal VORTEKS*, 3(1), 190–198. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i1.154>
- Pinandito, G., & Harsanto, P. (2021). Analisis stabilitas Bendung Kamijoro. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(1), 33–42. <https://doi.org/10.18196/bce.v1i1.11098>

- Pratama, R. R., Suprijanto, H., & Asmaranto, R. (2021). Analisa stabilitas tubuh bendungan utama pada Bendungan Semantok, Nganjuk, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(1), 89–102. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.01.08>
- Rikardo, S. R. (2023). Analisis stabilitas bendung saat kondisi normal dan banjir pada proyek pembangunan Bendung Sei Padang D.I. Bajayu Tebing Tinggi, Sumatera Utara.
- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan metode analisis debit banjir rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53–61. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.53-61>
- Suhudi, B., Bimo, D., & Pinola, P. (2024). Analisis stabilitas bendungan menggunakan pendekatan numerik. *Jurnal Qua Teknika*, 14(1), 18–28. <https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/qua>