

REDESAIN BENDUNG TETAP SUNGAI BAKALAN KABUPATEN JEPARA

Sepdianto Prasetya¹⁾, Yuniawan.¹⁾, M. Faiqun Ni'am²⁾, Soedarsono²⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

²⁾ Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

Email: Sefdiantopras@gmail.com, Njunyuniawan@gmail.com.

Abstrak - Untuk data hidrologi diolah sehingga didapatkan curah hujan rencana dengan menggunakan tiga metode, yaitu Distribusi Gumbel Tipe I, Log – Normal, dan Log Pearson tipe III. Kemudian hujan rencana diolah sampai didapatkan hasil debit banjir rencana dengan menggunakan beberapa metode, yaitu Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder – Alexeyev, Nakayasu, dan Gama Tipe I. Sehingga didapatkan debit banjir rencana (Q_{50}) yang digunakan untuk perencanaan dimensi hidraulik bendung. Setelah dimensi hidraulik didapat, bendung harus diuji kestabilannya terhadap guling, geser, dan erosi bawah tanah. Berdasarkan analisis debit banjir didapatkan debit banjir rencana Sungai Bakalan dengan metode HSS Gama I kala ulang 50 tahun (Q_{50}) $663,19 \text{ m}^3/\text{detik}$. Didapatkan untuk desain hidraulik bendung dengan tinggi mercu 1,5 m, panjang bendung (B) 19 m, tinggi air di atas mercu (H_1) 6,6 m, sedangkan di hilir (H_2) 3,3 m, jari-jari mercu (R) 1,449 m, dengan elevasi muka air banjir hulu 298,68 mdpl dan di hilir 294,224 mdpl. Analisis terhadap guling didapatkan guling ($1,5845$) $> 1,5$ (Aman), geser ($3,0814$) > 2 (Aman), dan erosi bawah tanah ($8,976$) ≥ 4 (Aman).

Kata Kunci : debit banjir ; hidraulik bendung ; hidrologi; stabilitas bendung

Abstract - For Hydrological data processed to obtain rainfall design using three methods, such as Gumbel type I, Log-Normal, and Log Pearson Type III. The rainfall design is processed until flood design discharge are obtained using several methods, Snyder Alexeyev Synthetic Unit Hydrograph, Nakayasu, and Gama Type I. In order to obtain the debit Design Discharge (Q_{50}) use to design hydraulic dimension of weir. After get the hydraulic design of weir, weir must be tested for stability against rolling, sliding, and piping. Based on the flood design discharge analysis, Bakalan River flood design discharge using Gama I Methods return 50 years period (Q_{50}) $663,19 \text{ m}^3/\text{second}$. Obtained for the hydraulic design of the weir with a height of crest 1,5 meters, weir length 19 m, water height above the crest (H_1) 6,6 m, water height of downstream (H_2) 3,3 m, crest point radius (R) 1,449 m, with upstream flood water level elevation of 298,68 meters above sea level and downstream of 294,224 meters above sea level. Analysis of stability obtained rolling ($1,5845$) $\geq 1,5$ (Safe), Sliding ($3,0814$) ≥ 2 (Safe), and piping ($8,976$) ≥ 4 (Safe).

Key Words : flood discharge ; weir hidraulik ; hydrology ; weir stability

I. PENDAHULUAN

Dari waktu ke waktu jumlah penduduk terus meningkat, begitu pula dengan kebutuhannya salah satunya air yang semakin meningkat. Dan air merupakan kebutuhan yang sangat mendasar bagi makhluk hidup. Permasalahan yang sering terjadi pada Desa Sumosari Kecamatan Batealit kurangnya ketersediaan air pada daerah pertanian waktu musim kemarau. Seiring meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan masyarakat mengakibatkan berbagai masalah dan persoalan dalam persediaan sumber daya air. Maksud dan tujuan penelitian ini yaitu untuk

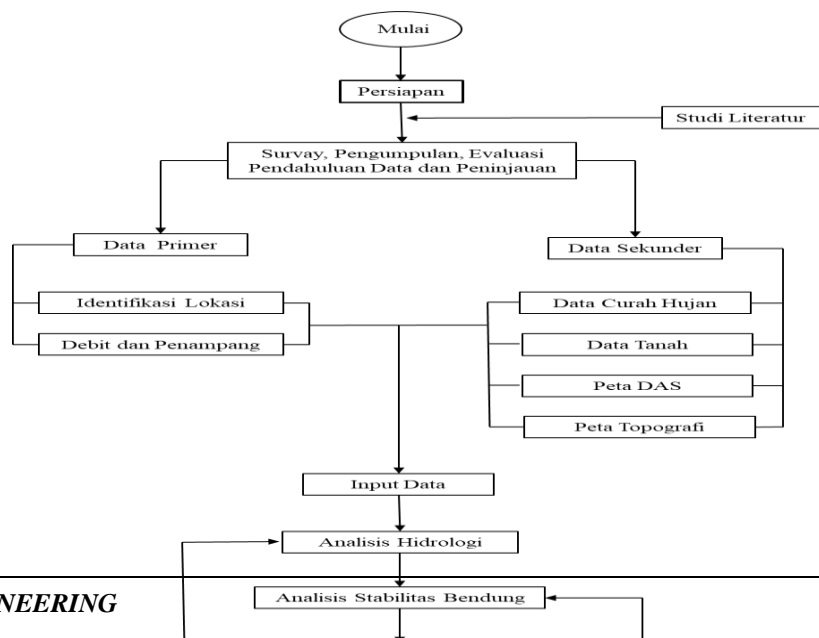
mengetahui besarnya debit dan curah hujan serta mengetahui hidrologi dan struktur untuk mendesain bendung.

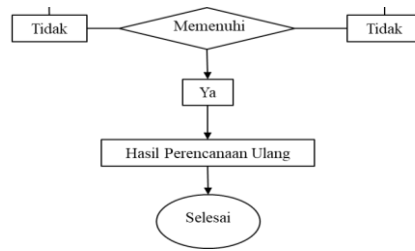
II. TINJAUAN PUSTAKA

Hidrologi merupakan ilmu yang berhubungan dengan air di bumi, keterdapatannya, persifatannya kimia dan fisika dan persindakan dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk hidup (Wilsom EM 1990). Sedangkan menurut Soemarto, (2010) hidrologi ilmu yang menjelaskan tentang gerakan air di alam kita. Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang di tinjau (Bambang Triadmodjo, 2010). Hujan yang berasal dari atmosfer langit yang turun ke permukaan bumi. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, semakin besar intensitasnya dan semakin besar periode ulangnya, maka makin tinggi pula intensitas hujan yang terjadi (Suripin, 2004). Metode dalam perhitungan curah hujan rata-rata yaitu: metode aljabar, metode isohyet, dan metode thieseen. Adapun infiltrasi dipengaruhi beberapa faktor antara lain kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh, kelembaban tanah, pemadatan hujan, penumbatan butir halus, topografi serta intensitas hujan. Limpasan adalah lapisan tipis air yang mengalir diatas permukaan tanah yang akan mengalir dan mengisi saluran seperti sungai, selokan dan lain-lainnya. Analisa hujan rencana diperlukan untuk memperkirakan debit banjir rencana selanjutnya dimasukkan ke dalam sistem DAS. Pencatatan hujan dilakukan dalam bentuk data hujan menit, jam atau harian. Debit rencana yaitu suatu pengaturan pemanfaatan sumber daya air. Bendung dibedakan menjadi 2 yaitu bendung tetap dan bendung gerak. Bagian-bagian bendung adalah tubuh bendung, pintu pengambilan, kolam olak, bagian pembilas dan bangunan pelengkap. Analisis bangunan bendung yang akan direncanakan dengan menggunakan data yang jelas dan nantinya untuk menentukan stabilitas geser, guling serta piping. Gaya yang bekerja dalam stabilitas bendung yaitu tekanan air, tekanan lumpur, gaya gempa, dan berat sendiri bangunan bendung.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang tepat dalam memperoleh data sangat diperlukan untuk mendapatkan data yang valid dan bisa dipertanggungjawabkan. Data yang digunakan adalah data primer didapat dari hasil pengamatan sendiri sedangkan data sekunder adalah data yang didapat dari Balai Seluna Kudus. Metode analisa data yang dilakukan adalah dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data yang didapat dari instansi terkait. Adapun pengolahan data adalah analisis peta topografi, analisis DAS Bakalan, analisa data curah hujan.





IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa ini digunakan untuk mengetahui karakteristik dari hidrologi DAS Bakalan dan untuk menentukan debit banjir rencanadari hasil pengolahan data 3 stasiun curah hujan terdekat.

Tabel 1. Data Curah Hujan Bulanan Maksimum-Tahunan

Tahun	Sta Bate	Sta Mindahan	Sta Pancur
2009	1205	850	0
2010	597	701	0
2011	501	1046	552
2012	0	1464	509
2013	322	717	709
2014	568	725	1819
2015	96	1435	916
2016	344	1182	1107
2017	165	878	627
2018	180	1132	1044

Tabel 2. Curah Hujan Stasiun pada DAS Bakalan

NO	Tahun	Sta Bate	Sta Mindahan	Sta Pancur	Total (mm)
1	2009	1205	850	0	685,00
2	2010	597	701	0	432,67
3	2011	501	1046	552	699,67
4	2012	0	1464	509	657,67
5	2013	322	717	709	582,67
6	2014	568	725	1819	1037,33
7	2015	96	1435	916	815,67
8	2016	344	1182	1107	877,67
9	2017	165	878	627	556,67

10	2018	180	1132	1044	785,33
TOTAL					7130,33

Pengukuran Dispersi

$$Sd = \sqrt{\frac{(\log Xi - \log Xi \text{ rerata})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,10631}{10-1}}$$

$$= 0,04$$

$$Cv = Sd / \log Xi \text{ rerata}$$

$$= 0,04 / 2,84 = 0,01$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} * \sum (\log Xi - \log Xi \text{ rerata})^3$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)} * 0,03026 = -0,0004$$

$$Cs = \frac{a}{Sd^3} = \frac{0,0004}{0,09^3} = -8,84$$

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)} * (\log Xi - \log Xi \text{ rerata})^4$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)(10-3)} * 0,002957$$

$$= 5,868$$

Keterangan:

Sd = Standar Deviasi

Cv = Koefisien Variasi

Ck = Koefisien kurtois

CS = Koefisien *Swekness*

Tabel 3. Rekapitulasi Debit Banjir Kala Ulang T (Tahun)

Debit Banjir Kala Ulang (m ³ /dtk)	Metode Snyder-Alexeyev	HSS	Metde HSS Nakayasu	Metode HSS Gama 1
Q2 Tahun	60,66		134,54	334,43
Q5 Tahun	78,75		174,65	425,89
Q10 Tahun	91,88		201,21	490,66
Q20 Tahun	102,21		226,69	552,78
Q25 Tahun	105,85		234,77	572,48
Q50 Tahun	117,24		259,66	633,19
Q100 Tahun	128,22		288,66	693,45

Penentuan Panjang Mercu Bendung

$$\text{Panjang mercu} = 1.2 \times \text{lebar rata-rata sungai}$$

$$= 1.2 \times 15,834$$

$$= 19,0008 \Rightarrow 19 \text{ m}$$

Perhitungan Mercu Bendung Efektif

$$Be = B - (2(n K_p + K_a) \times h)$$

$$= 19 - (2(2 \times 0,02) \times 0,2)$$

$$= 19 - 0,28 \text{ h}$$

Dengan: B_e = Lebar efektif bendung

B = Lebar rata-rata sungai

N = Jumlah pilar

K_p = Koefisien kontraksi pilar

K_a = Koefisien kontraksi pangkal bendung

Nilai K_p dan k_a didapat dari tabel 2.3.

Tinggi Aliran diatas Mercu

$$Q = 1,71 \times m \times B_e \times H_1^{3/2}$$

$$H_1 = H_e = h + k$$

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

$$\kappa = \frac{4}{27} \times m^2 \times h^3 \times \left(\frac{1}{h+p}\right)^2$$

dengan:

$$Q = \text{debit banjir (m}^3/\text{dt)}$$

B_e = panjang mercu bendung efektif (m)

Dimisalkan tinggi air diatas mercu (h) = m, Contoh perhitungan adalah berikut:

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

$$= 1,328$$

$$\kappa = \frac{4}{27} \times m^2 \times h^3 \times \left(\frac{1}{h+p}\right)^2$$

$$= 0,17063$$

$$H_1 = 5,7 + 0,93337$$

H_1 = tinggi energi dihulu mercu (m). ($H_1=H_e$)

m = koef. Pengaliran

h = tinggi air dihulu mercu (m)

R = jari-jari npembulatan mercu (m). ($R=0.5 h$)

κ = tinggi kecepatan aliran (m)

P = tinggi mercu (m). ($P=1,5$)

$$= 6,63337 \text{ m} \rightarrow 6,6$$

$$B_e = 19 - (0,28 \times 6,63337)$$

$$= 17,1427 \text{ m}$$

$$Q = 1,71 \times 1,328 \times 17,1427 \times (6,63337^{3/2})$$

$$= 665,079 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tinggi Aliran diilir Bendung

$A_{\text{rata-rata}}$ = Luas penampang basah didapat di Auto CAD

$$= 76,745 \text{ m}$$

$P_{\text{rata-rata}}$ = Keliling penampang basah

$$= 79,86 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{76,745}{79,86}$$

$$= 0,96099 \text{ m}$$

$$R^{1/2} = 0,98$$

$$I = 0,017$$

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

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R^{1/2}}}$$

$$= \frac{87}{1 + \frac{1,65}{0,9803}} = 32,4245$$

$$V = C \times (R \times I)^{1/2}$$

$$= 32,4245 \times (0,96099 \times 0,017)^{1/2}$$

$$= 4,14437 \text{ m/detik}$$

$$Q = A \times V$$

$$= 76,745 \times 4,14437 = 318,06 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana:

Q = Debit sungai

V = Kecepatan aliran sungai

I = Kemiringan rata-rata sungai

C = Koefisien Chezy (Koefisien kekasaran sungai)

R = Jari-jari hidrolis

Akibat Berat Sendiri

Luas segmen = $8 \times 0,5 = 4 \text{ m}^2$

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

Gaya vertical sendiri = $-(\text{luas} \times \text{berat sendiri})$

$$= -(4 \times 2,4) = -9,6 \text{ ton}$$

Lengan terhadap titik ke 27 = didapat dari perhitungan titik

Berat segmen terhadap titik 27 = $12,765 \text{ m}$

Momen terhadap titik ke 27 = Gaya vertyikal x lengan

$$= -9,6 \times 12,765 = -122,544 \text{ ton meter}$$

Gaya Gempa

$$H_e = E \times G$$

Dimana : E = Koef Gempa H_e = Gaya gempa

Jenis tanah yang terdapat di lokasi, maka untuk koefisien gempa diperoleh :

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

maka : $a_d = n (a_c \times z)$

$$= 0,75 (1,13 \times 0,56) = 0,239$$

$$E = \frac{a_d}{g} = \frac{0,239}{9,8} = 0,024$$

Contoh perhitungan :

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

Besar gaya akibat gempa pada segmen K1 :

Gaya berat (G1) = $-9,6 \text{ ton}$	Lengan = jarak dari segmen 29
Gaya gempa = $E \times G1$	$= 1,27 \text{ m}$
$= 0,024 \times -9,6 = 0,2304 \text{ ton}$	Momen = Gaya gempa x Jarak

$$= 0,2304 \times 1,75 = 0,4032 \text{ ton m}$$

Akibat Gaya Hidrostatik

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

Dengan perhitungan segmen W1:

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 2,770 \times 6,5 = 18,005 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= -(\text{luas} \times \gamma_{\text{air}}) \\ &= -(18,005 \times 1) \\ &= -18,005 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \text{jarak titik berat segmen ke} \\ &\text{titik 29} \end{aligned}$$

$$= 18,842 \text{ m}$$

$$\text{Momen Tahan} = \text{Gaya horizontal} \times \text{lengan}$$

$$= -18,005 \times 18,842$$

$$= -339,250 \text{ ton meter}$$

Akibat Gaya Uplift Pressure

$$\Delta H = 2,1 \text{ m}$$

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

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

$$\sum l = 32 \text{ m}$$

Gaya angkat titik 1:

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

$$H_x = 5,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} p_x &= H_x - \frac{L_x}{L} \Delta H \\ &= 5,5 - \frac{0}{32} 2,1 = 5,5 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sum l = 32 \text{ m}$$

Dimana:

$$L_x = \text{Jarak panjang bidang dari hul}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= \text{luas} \times K_a \times \gamma_{\text{pasir}} \\ &= 1,280 \times 20,1816 \times 1,4 \\ &= 20,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \text{jarak titik berat segmen di Ps1 ke titik} \\ &29 = 5,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= \text{Gaya horizontal} \times \text{jarak} \\ &= 20,7 \times 5,5 = 113,663 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Thadap Guling

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

$$\begin{aligned} \sum l &= \text{Panjang total bidang;} & P_x \\ &= \text{Gaya angkat} \end{aligned}$$

Akibat Tekanan Lumpur

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

$$\phi = 24^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } K_a &= \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} \\ &= \frac{(1 - \sin 24)}{(1 + \sin 24)} = 20,1816 \end{aligned}$$

Perhitungan segmen Ps1 :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 0,5 \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= 0,5 \times 1,6 \times 1,6 = 1,280 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$K_a = 20,1816$$

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

$$Sf \geq 1,5$$

$$Sf = \frac{M_t}{M_g} = \frac{1549,7}{963,6} = 1,608 \rightarrow \text{AMAN}$$

Terhadap Geser

$$Sf \geq 2$$
$$Sf = \frac{Rv}{Rh} = \frac{70,546}{22,8945} = 3,0814 \rightarrow \text{AMAN}$$

Terhadap Piping

$$\Delta H = 2,1 \text{ m}$$

$$L_v = 16,5 \text{ m}$$

$$L_h = 15,5 \text{ m}$$

$$C = 4 \text{ (di dapat dari tabel)}$$

$$sf \geq 4$$

$$Sf = \frac{L_v + 1/3 L_h}{\Delta H} = \frac{16,5 + \frac{1}{3} 15,5}{2,1} = 10,317 \rightarrow (\text{AMAN})$$

V. SIMPULAN

Untuk debit rencana yang kami gunakan untuk meredesain bendung tetap adalah $Q_{50} = 663,19 \text{ m}^3 / \text{detik}$ (Metode Gama I). Dimensi hidraulik bendung diatas yang kami rencanakan pondasi bendung yang dihitung gaya-gaya yang bekerja dibendung dan telah mengetahui stabilitasnya geser, erosi bawah tanah (piping), guling dan mendapatkan hasil aman terhadap stabilitas geser, erosi bawah tanah (pipng) dan geser. Dengan angka guling $(1,608) > Sf(1,5)$, dang geser $(3,0814) > Sf(2)$, dan piping $(10,317) > Sf(4)$

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Irigasi dkk. 1986. KP 4 *Bagian Bangunan*. C.V Galang Persada. Bandung.
- Direktorat Irigasi dkk. 1986. KP 02 *Bagian Bangunan Utama*. C.V Galang Persada. Bandung.
- Mawardi, Ermandan Memed, Moch.2002. *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*. Alfabeta. Bandung.
- Triatmojo, Bambang. 2010 *Hidrologi Terapan*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sri Harto, Br. 2003. *Analisi Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Yogyakarta.
- Yunanto, Agung dan Al Adhim, A.N.A. 2020. Laporan Tugas Akhir: *Redesain Bendung Tetap Sungai Garang Kelurahan Puduk Payung Semarang*. Program Studi Teknik Sipil UNISSULA. Semarang.