

STUDI PERENCANAAN DIMENSI TUBUH BENDUNGAN PADA BENDUNGAN LOGUNG KABUPATEN KUDUS

A. Ramadani¹, Warsito², Azizah Rachmawati³

- 1) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: danikayuaru@gmail.com
- 2) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: warsito@unisma.ac.id
- 3) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Bendungan adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi Waduk atau Danau, Seringkali Bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah pembangkit listrik tenaga air. Bendungan logung terletak di Kabupaten Kudus tepatnya di Desa Tanjungrejo Kecamatan Jekulo merupakan daerah dataran rendah. Jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya membuat kebutuhan air semakin meningkat dan menimbulkan masalah keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air, selain itu juga bencana yang kerap terjadi ketika musim penghujan yaitu banjir. Dengan sumber daya air tersebut diperlukan suatu upaya untuk melestarikan sumber air yang ada seoptimal mungkin, agar mendukung keberadaan dan penyediaan kebutuhan air bagi masyarakat secara terus menerus. Salah satu upaya pemecahan permasalahan tersebut yaitu dengan pembangunan Bendungan.

Dalam merencanakan tubuh bendungan logung bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rancangan dan dimensi tubuh bendungan yang di tinjau dari analisa hidrologi, material tanah dan geologi tanah. Selanjutnya dikontrol stabilitas kelongsoran terhadap tubuh bendungan.

Hasil dari perencanaan ini di dapat $Q_{1000} \text{ inflow } 267,39 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $Q_{1000} \text{ outflow } 147,99 \text{ m}^3/\text{det}$, tinggi bendungan 45 m, lebar puncak bendungan 10 m, kemiringan lereng hulu 1 : 2,50 dan analisa stabilitas hulu keadaan normal SF 1,66 > 1,5 (memenuhi syarat) dan analisa stabilitas hulu keadaan gempa SF 1,41 > 1,1 (memenuhi syarat).

Kata Kunci: Dimensi Tubuh Bendungan, Bendungan Logung.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bendungan. adalah konstruksi yang dibangun. Untuk menahan laju air menjadi Waduk, Danau, atau tempat rekreasi. Seringkali Bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah pembangkit listrik tenaga air. Bendungan juga merupakan suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton yang terletak melintang pada sebuah sungai yang tentu saja bangunan ini dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendalian banjir.

Bendungan Logung terletak di Kabupaten Kudus tepatnya di Desa Tanjungrejo Kecamatan Jekulo merupakan daerah dataran rendah, dengan kelembaban yang cukup tinggi dan sumber air yang tersedia cukup melimpah dengan adanya beberapa sungai. Jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya dan aktifitas masyarakat di sekitar daerah aliran sungai (DAS) yang semakin beragam membuat kebutuhan air semakin meningkat dan menimbulkan masalah keseimbangan antara kebutuhan air dan

ketersediaan air, selain itu juga bencana yang kerap terjadi ketika musim penghujan yaitu banjir

Dengan sumber daya air tersebut, diperlukan suatu upaya untuk mengembangkan, mengendalikan, memanfaatkan dan melestarikan sumber air yang ada seoptimal mungkin, agar mendukung keberadaan dan penyediaan kebutuhan air bagi masyarakat secara terus menerus. Salah satu upaya pemecahan permasalahan tersebut yaitu dengan pembangunan Bendungan.

Identifikasi Masalah

1. Kondisi Sungai Logung. di Kabupaten Kudus jika musim hujan mengalami peningkatan debit air dan mengakibatkan banjir.
2. Menurunnya debit air Sungai Logung pada musim kemarau mengakibatkan kekeringan pada lahan perkebunan dan lahan persawaaan.
3. Tidak adanya tampungan air mengakibatkan banjir dan kerusakan lingkungan pada musim penghujan.
4. Semakin meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan kebutuhan akan air semakin meningkat..

Rumusan Masalah

1. Berapa besar debit banjir rancangan Bendungan Logung?
2. Berapa besar dimensi tubuh Bendungan Logung ?
3. Berapa besar kontrol stabilitas Tubuh Bendungan Logung ?

Tujuan & Manfaat Penelitian

Sesuai dengan judul tugas akhir dan uraian diatas, maka tujuan yang diharapkan pada penulisan tugas akhir ini :

1. Untuk menghitung besar debit rancangan.
2. Untuk menghitung berapa besar dimensi tubuh Bendungan
3. Untuk mengontrol stabilitas Tubuh Bendungan.

Adapun manfaat yang dapat di peroleh dari pembahasan ini sebagai berikut :

1. Memberikan sumbangan pemikiran dalam perencanaan struktur dimensi tubuh Bendungan kepada instansi terkait.
2. Dapat dijadikan referensi tambahan untuk Mahasiswa Universitas Islam Malang dalam menyusun tugas akhir yang berkaitan dengan perencanaan dimensi tubuh Bendungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Hidograf Banjir Rancangan

Dengan diketahui hidograf satuan suatu DAS, maka hidograf satuan tersebut dapat dipakai untuk menghitung limpasan permukaan sembarang huan rancangan melalui proses konvolusi atau proses superposisi.

Aliran dasar dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut ini :

$$QK = B_f + \sum_{i=1}^n U_i - P_n - (t-1) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Q_k = debit banjir pada jam ke-1

U_1 = ordinat hidograf satuan ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)
 P_n = hujan netto (hujan efektif) dari waktu yang berurutan ($n = 1, 2, \dots, n$)
 B_f = aliran dasar

Lebar Mercu Bendungan

Guna memperoleh lebar minimum mercu bendungan, biasanya dihitung dengan rumus sebagai berikut (Suedibyo, 2003) :

$$B = 3,6 \cdot H^{1/3} - 3 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

B = lebar mercu bendungan (m)

H = tinggi bendungan (m)

Kemiringan Lereng Tubuh Bendungan

Pada tubuh bendungan urungan mempunyai kemiringan lereng tersebut, untuk merencanakan, kemiringan tersebut dapat ditentukan melalui persamaan :

$$FS_{hulu} = \frac{m-k \cdot y}{1+k \cdot y \cdot m} \cdot \operatorname{tg} \varphi \geq 1,1 \dots\dots\dots (3)$$

$$FS_{hilir} = \frac{n-k}{1+k \cdot n} \cdot \operatorname{tg} \varphi \geq 1,1 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

FS_{hulu} = faktor keamanan lereng bagian hulu

FS_{hilir} = faktor keamanan lereng bagian hilir

m = kemiringan lereng hulu

n = kemiringan lereng hilir

k = koefisien gempa

ϕ = sudut geser dalam

Stabilitas Lereng Bendungan

Dalam banyak kasus, untuk membangun sebuah bendungan urungan diharapkan mampu membuat perhitungan stabilitas talud guna memeriksa keamanan talud alamiah, talud galian, dan talud timbunan yang didapatkan, faktor yang perlu dilakukan dalam pemeriksaan tersebut adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanahnya yang bersangkutan (Das, BM: 1994). Kontruksi bendungan dikatakan aman apabila didapatkan angka keamanan 1,50 untuk kondisi normal dan 1,10 untuk kondisi gempa.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian di lakukan di Dukuh Slalang Tanjungrejo Kecamatan Jekulo dan Dukuh Sintru Desa Kandangmas Kecamatan Dawe Kabupaten Kudus.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipakai adalah metode pengumpulan data Primer dan sekunder antara lain :

1. Curah Hujan

Data curah hujan digunakan untuk menganalisa curah hujan rerata daerah dengan Metode Aritmatik, curah hujan rancangan dengan Metode *Log Person III* dan

perhitungann debit banjir rancangan dengan *HSS Nakayasu*. Data curah hujan yang dipakai adalah curah hujan 10 tahun terakhir yaitu tahun 2008-2017.

2. Topografi

Data ini digunakan untuk melihat kontur tanah dan luas daerah.

3. Data Teknis Bendungan

Data ini digunakan untuk menghitung kapasitas tampungan waduk, penelusuran banjir pada pelimpah, perhitungan dimensi tubuh Bendungan dan Kontrol Stabilitas tubuh Bendungan.

4. Geologi dan Mekanikah Tanah

Data ini digunakan untuk menghitung dimensi tubuh Bendungan.

Tahapan Penyelesaian Studi

Dalam perencanaan ini, disusun suatu metoden teknis secara menyeluruh untuk merencanakan tubuh bendungan serta menghitung stabilitasnya. Maka perlu adanya suatu paduan yang menggambarkan tahapan – tahapan kegiatann untuk mencapai tujuan dan sasaran yang diharapkan.

Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi dalam studi ini adalah untuk menentukan besarnya debit banjir rancanga.. Tahap – tahapnya antara lain:

1. Analisis hujan rerata daerah dengan metodee rerata aritmatik.
2. Analisi hujan rancangann dengan metodee Log Person III
3. Melakukan ujii kesesuaian distribusii (Smirnov – Kolmogorof dan Chi Square)
4. Analisis HSS Nakayasu
5. Tampungan kapasitas waduk
6. Penelusuran banjir

Analisis Stabilitas Bendungan

Analisis stabilitas dalam studi ini adalah untuk memeriksa keamanann tubuh bendungan terhadap kelongsoran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Data hidrologi yang tersedia merupakan data curah hujan harian selama 10 tahun (tahun 2008 sampai 2017), yang berasal dari stasiun penakar hujan Tanjungrejo di Kecamatan Jekulo dan stasiun penakar hujan Gembong di Kudus (sekitar 30 km di sebelah utara lokasi bendungan). Penentuan curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu dihitung dengan menggunakan analisa frekuensi. Data-data curah hujan yang diperlukan dalam perencanaan bendunagn adalah data hujan harian maksimum pada tiap tahun, sekurang-kurangnya 10 tahun berturut-turut.

Curah hujan maksimum rerata daerah ditentukan dengan menggunakan metode aritmatik. Hal ini dikarenakan keterbatasan jumlah stasiun penakar hujan dan data yang tersedia, yang terletak dilokasi calon bendungan, yang tepatnya ada di hulu, sehingga stasiun penakar hujan yang dapat mewakili lokasi tersebut hanya ada 2 stasiun yaitu stasiun Tanjungrejo dan stasiun Gembong

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

Tahun	Stasiun		Curah Hujan Maksimum (mm/hr)
	Tanjung Rejo (mm/hr)	Gembong (mm/hr)	
2008	64	61	64
2009	127	114	127
2010	108	91	108
2011	76	74	76
2012	177	94	177
2013	69	65	69
2014	110,5	81	110,5
2015	201	153	201
2016	94,5	75	94,5
2017	102	102	102
Jumlah	1129	910	1129

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hidograf Debit Banjir Rancangan

Hidograf debit banjir rancangan di hitung dengan menggunakan prinsip linieritas perkalian antara ordinat hidrogaf satuan dengan hujan netto, kemudian dari hasil perkalian untuk tiap kejadian hujan dijumlahkan secara superposisi dan hasil akhirnya di tambah aliran dasar

$$QK = B_f + \sum_{i=1}^n U_i - P_n - (t-1) \dots \dots \dots (5)$$

Dalam merencanakan tubuh bendungan ini menggunakan debit banjir rancangan $Q_{1000 \text{ th}}$ sebesar 267,39 m³/det.

Lebar Mercu Bendungan

Lebar mercu Bendungan Logung dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 B &= 3,6 \cdot H^{1/3} - 3 \dots \dots \dots (6) \\
 &= (3,6) \cdot (45,00^{1/3}) - 3 \\
 &= 9,80 \text{ m} \approx 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kemiringan Lereng Bendungan

Untuk menentukan kemiringan tubuh bendungan utama digunakan rumus dibawah ini. Dengan data yang telah diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \gamma_{\text{sat}} &= 1,886 \text{ ton/m}^3 & \phi &= 28^\circ \\
 \gamma_w &= 1,000 \text{ ton/m}^3 & k &= 0,06 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

Rumus kemiringan lereng bagian hulu bendungan:

$$\begin{aligned}
 \gamma_{\text{sub}} &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \\
 &= 1,886 - 1 \\
 &= 0,886 \text{ ton/m}^3 \\
 \gamma^1 &= \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sub}}} \\
 &= \frac{1,886}{0,886} \\
 &= 1,89 \text{ ton/m}^3 \\
 FS_{\text{hulu}} &= \frac{m-k \cdot \gamma^1}{1+k \cdot \gamma \cdot m} \cdot \text{tg } \phi \geq 1,1 \dots \dots \dots (7)
 \end{aligned}$$

$$1,1 = \frac{m-0,06 \cdot 1,89}{1+0,06 \cdot 1,89 \cdot m} \cdot \text{tg } 28^\circ$$

$$m = 2,50$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kemiringan lereng bagian hulu bendungan utama 1 : 2,50. Agar lebih memberikan keamanan yang cukup terhadap kelongsoran maka kemiringan direncanakandengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$1,1 = \frac{n-0,06}{1+0,06 \cdot n} \cdot \text{tg } 28^\circ$$

$$n = 2,4 \text{ untuk keamanan dibulatkan } n = 2,5$$

Analisa Stabilitas Tubuh Bendungan

Dalam perhitungan stabilitas lereng, dianalisis berdasarkan kondisi-kondisi sebagai berikut:

Pada bagian hulu bendungan

- Waduk kosong pada keadaan normal
- Waduk kosong pada saat terjadi gempa

Tabel 2.Stabilitas Lereng Hulu Bendungan Saat Waduk Kosong Kondisi Normal

No	zona	A(m ²)	γd (t/m ³)	W(t/m)	α	sin α	cos α	T (t/m)	N (t/m)	φ	tan φ	N . tan φ	I (m)	C . I (t/m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	urugan batu	24.98	1.96	48.96	-23	-0.39	0.92	-19.13	45.07	28.0	0.53	23.96	8.69	17.38
2	urugan batu	70.62	1.96	138.42	-18	-0.31	0.95	-42.77	131.64	28.0	0.53	69.99	8.41	16.82
3	urugan batu	109.76	1.96	215.13	-13	-0.22	0.97	-48.39	209.62	28.0	0.53	111.45	8.21	16.42
4	urugan batu	141.02	1.96	276.40	-8	-0.14	0.99	-38.47	273.71	28.0	0.53	145.53	8.08	16.16
5	urugan batu	170.30	1.96	333.79	-3	-0.05	1.00	-17.47	333.33	28.0	0.53	177.24	8.01	16.02
6	urugan batu	191.98	1.96	376.28	2	0.03	1.00	13.13	376.05	28.0	0.53	199.95	8.00	16.01
7	urugan batu	207.56	1.96	406.82	7	0.12	0.99	49.58	403.79	28.0	0.53	214.70	8.06	16.12
8	urugan batu	211.11	1.96	413.78	12	0.21	0.98	86.03	404.73	28.0	0.53	215.20	8.18	16.36
9	urugan batu	215.56	1.96	422.50	17	0.29	0.96	123.53	404.04	28.0	0.53	214.83	8.37	16.73
10	urugan batu	213.80	1.96	419.05	22	0.37	0.93	156.98	388.53	28.0	0.53	206.59	8.63	17.26
11	urugan batu	204.10	1.96	400.04	28	0.47	0.88	187.81	353.21	28.0	0.53	187.81	9.06	18.12
12	urugan batu	187.84	1.96	368.17	34	0.56	0.83	205.88	305.22	28.0	0.53	162.29	9.65	19.30
13	urugan batu	160.17	1.96	313.93	40	0.64	0.77	201.79	240.49	28.0	0.53	127.87	10.44	20.89
14	urugan batu	57.46	1.96	112.62	47	0.73	0.68	82.37	76.81	28.0	0.53	40.84	11.73	23.46
	filter	51.13	1.51	77.36	47	0.73	0.68	56.58	52.76	30.0	0.58	30.46	11.73	0.00
	inti kedap air	14.61	1.25	18.32	47	0.73	0.68	13.40	12.49	17.3	0.31	3.89	11.73	52.90
15	filter	2.01	1.51	3.04	55	0.82	0.57	2.49	1.74	30.0	0.58	1.01	13.95	0.00
	inti kedap air	45.26	1.25	56.58	55	0.82	0.57	46.34	32.45	17.3	0.31	10.11	13.95	62.90
Jumlah								1059.66				2143.72		362.85

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$SF = \frac{\sum(C \cdot I) + (N \cdot \tan \phi)}{\sum T}$$

$$= \frac{1172,25 + 2143,72}{1059,66}$$

$$= 3,13$$

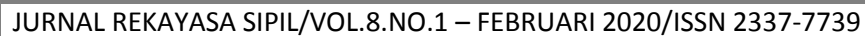
Syarat stabilitas kondisi normal SF > 1,5

SF (3,13) > 1,5 (memenuhi syarat)

Keterangan :

1. Nomor irisan bidang data luncur (Data)
2. Jenis material tiap pias (Data)
3. Luasan menurut zona tiap pias (Data)
4. Berat isi tanah kering menurut zona tiap pias (Data)
5. [3] . [4]

- 60



Tabel 3. Stabilitas Lereng Hulu Bendungan Saat Waduk Kosong Kondisi Gempa

No	Zona	A(m ²)	vd (m ³)	W(t/m)	α	sin α	cos α	T (t/m)	Te (t/m)	Te + T (t/m)	N (t/m)	Ne (t/m)	φ	tan φ	(N-Ne) . tan φ	l (m)	C . l (t/m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	urugan batu	24.98	1.41	35.30	-23	-0.39	0.92	-13.79	1.95	-11.84	32.49	-0.83	28.00	0.53	17.72	8.69	17.38
2	urugan batu	70.62	1.41	99.79	-18	-0.31	0.95	-30.84	5.69	-25.14	94.90	-1.85	28.00	0.53	51.44	8.41	16.82
3	urugan batu	109.76	1.41	155.09	-13	-0.22	0.97	-34.89	9.07	-25.82	151.12	-2.09	28.00	0.53	81.46	8.21	16.42
4	urugan batu	141.02	1.41	199.26	-8	-0.14	0.99	-27.73	11.84	-15.89	197.32	-1.66	28.00	0.53	105.80	8.08	16.16
5	urugan batu	170.30	1.41	240.63	-3	-0.05	1.00	-12.59	14.42	1.82	240.30	-0.76	28.00	0.53	128.17	8.01	16.02
6	urugan batu	191.98	1.41	271.27	2	0.03	1.00	9.47	16.27	25.73	271.10	0.57	28.00	0.53	143.85	8.00	16.01
7	urugan batu	207.56	1.41	293.28	7	0.12	0.99	35.74	17.47	53.21	291.10	2.14	28.00	0.53	153.64	8.06	16.12
8	urugan batu	211.11	1.41	298.30	12	0.21	0.98	62.02	17.51	79.53	291.78	3.72	28.00	0.53	153.16	8.18	16.36
9	urugan batu	215.56	1.41	304.59	17	0.29	0.96	89.05	17.48	106.53	291.28	5.34	28.00	0.53	152.03	8.37	16.73
10	urugan batu	213.80	1.41	302.10	22	0.37	0.93	113.17	16.81	129.97	280.10	6.79	28.00	0.53	145.32	8.63	17.26
11	urugan batu	204.10	1.41	288.39	28	0.47	0.88	135.39	15.28	150.67	254.64	8.12	28.00	0.53	131.07	9.06	18.12
12	urugan batu	187.84	1.41	265.42	34	0.56	0.83	148.42	13.20	161.62	220.04	8.91	28.00	0.53	112.26	9.65	19.30
13	urugan batu	160.17	1.41	226.32	40	0.64	0.77	145.48	10.40	155.88	173.37	8.73	28.00	0.53	87.54	10.44	20.89
14	urugan batu	57.46	1.41	81.19	47	0.73	0.68	59.38	3.32	62.70	55.37	3.56	28.00	0.53	27.55	11.73	23.46
	filter	51.13	1.51	77.36	47	0.73	0.68	56.58	3.17	59.74	52.76	3.39	30.00	0.58	28.50	11.73	0.00
	inti kedap air	14.61	1.25	18.32	47	0.73	0.68	13.40	0.75	14.15	12.49	0.80	17.30	0.31	3.64	11.73	52.90
15	filter	2.01	1.51	3.04	55	0.82	0.57	2.49	0.10	2.60	1.74	0.15	30.00	0.58	0.92	13.95	0.00
	inti kedap air	45.26	1.25	56.76	55	0.82	0.57	46.49	1.95	48.45	32.55	2.79	17.30	0.31	9.27	13.95	62.90
Jumlah										973.90					1549.36		362.85

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$SF = \frac{\sum (C \cdot l) + (N \cdot -U - N_e) \cdot \tan \phi}{\sum (T + T_e)}$$

$$= \frac{333,47 + 1546,47}{973,90}$$

$$= 1,93$$

Syarat stabilitas kondisi gempa $SF > 1,1$

SF (1,93) > 1,1 (memenuhi syarat)

Keterangan :

1. Nomor irisan bidang data lurur (Data)
2. Jenis material tiap pias (Data)
3. Luasan menurut zona tiap pias (Data)
4. Berat isi tanah kering menurut zona tiap pias (Data)
5. [3] . [4]
6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran ke pias (Data)
7. Sin [6]
8. Cos [6]
9. [5] . [7]
10. [5] . [8] . K
11. [9] + [10]
12. [5] . [8]
13. [5] . [7] . K
14. Sudut geser menurut zona timbunan (Data)
15. Tan [14]
16. ([12] – [13]) . [15]
17. B/[8]
18. C . [14]

