

STUDI PERENCANAAN AMBANG PELIMPAH (*SPILLWAY*) PADA BENDUNGAN LOGUNG KABUPATEN KUDUS

Soni Irawan¹, Eko Noerhayati², Bambang Suprpto³

- 1) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: irawansoni586@gmail.com
- 2) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: eko.noerhayati@unisma.ac.id
- 3) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: Bambang.Suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Perencanaan ambang pelimpah bendungan logung kabupaten kudos merupakan bagian penting dalam perencanaan bendungan logung. Dalam merencanakan ambang pelimpah dengan mempertimbangan kondisi topografi, kondisi hidrologi dan hidrolika. Setelah itu menganalisa stabiitas ambang pelimpah yang di tinjau dari stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah.

Sebagai salah satu komponen bangunan pelimpah, ambang pelimpah berfungsi untuk mencegah limpasan air pada tubuh bendungan logung (overtopping). Maka kelebihan limpasan air dilokalisasi dengan dibangunnya ambang pelimpah yang lokasinya dipilih menurut kondisi topografi.

Berdasarkan hasil dari perencanaan maka didapat analisa debit banjir rancangan $Q_{1000th} = 267,39 \text{ m}^3/\text{det}$. Lebar ambang 51,50 m dan tinggi 3,5 m Desain ambang pelimpah di rencanakan dengan tipe side channel spillway, tipe mercu menggunakan tipe ogge I. selanjutnya analisa stabilitas di tinjau dalam keadaan normal dan gempa, stabilitas guling keadaan normal $SF = 4,58 > 1,5$ (aman), stabilitas guling keadaan gempa $SF = 4,15 > 1,2$ (aman) dan stabilitas geser keadaan normal $SF = 1,52 > 1,5$ (aman), stabilitas geser keadaan gempa $SF = 1,67 > 1,2$ (aman). Dan daya dukung tanah ditinjau dalam keadaan normal dan gempa. Daya dukung tanah dalam keadaan normal $e = 0,91 < 1,34$ (aman), daya dukung tanah dalam keadaan gempa $e = 0,77 < 1,34$ (aman).

Kata Kunci: Ambang pelimpah, Overtopping

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Provinsi Jawa Tengah memiliki jumlah penduduk yang tinggi, salah satunya di Kabupaten Kudus. Masyarakat di daerah tersebut sering mengalami kekeringan jika musim kemarau dan banjir di musim hujan. Oleh karena itu pemerintah setempat membangun sarana prasarana seperti, embung, Bendung dan Bendungan.

Bendungan adalah bangunan melintang sungai yang berfungsi untuk menaikan elevasi muka air yang akan mengakibatkan aliran melimpas melalui mercu bendung. Secara teknis bendungan memiliki beberapa komponen diantaranya, tubuh bendungan (*main dam*), bangunan pengambilan (*intake*), bangunan pelimpah (*spillway*). Bangunan pelimpah sendiri mempunyai bagian seperti, ambang pelimpah, saluran transisi, saluran peluncur dan peredam energi. Ambang pelimpah memiliki fungsi mencegah limpasan air pada tubuh bendungan logung. Maka kelebihan air dilokalisasi dengan dibangunnya ambang pelimpah. Dalam merencanakan ambang pelimpah harus melihat beberapa aspek teknis seperti, kondisi topografi, kondisi hidrologi, geologi. Dan hidrolika. Sehubungan dengan pemaparan diatas, maka diperlukan kajian merencanakan

pembangunan bendungan logung. Salah satunya yaitu melakukan kajian perencanaan ambang pelimpah bendungan logung.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat ditarik beberapa identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Terjadinya kepadatan penduduk didaerah tersebut, oleh sebab itu kebutuhan air berkurang.
2. Merencanakan dimensi pelimpah sesuai dengan topografi daerah tersebut.
3. Menganalisa stabilitas konstruksi sesuai dengan kondisi geologi daerah tersebut.

Rumusan Masalah

Dari identifikasi diatas, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besarnya debit banjir rancangan bendungan logung ?
2. Bagaimana dimensi ambang pelimpah bendungan logung ?
3. Bagaimana stabilitas ambang pelimpah bendungan logung ?

Tujuan & Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Tujuan
 - a. Menghitung debit banjir rancangan bendungan logung.
 - b. Merencanakan dimensi ambang pelimpah bendungan logung.
 - c. Menganalisa stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah ambang pelimpah bendungan logung.
2. Manfaat
 - a. Dapat mengetahui debit banjir rancangan bendungan logung.
 - b. Dapat mengetahui dimensi ambang pelimpah bendungan logung.
 - c. Dapat mengetahui analisa stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah bendungan logung.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisa Hidrologi Ambang Pelimpah

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*). Fenomena hidrologi seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu. Dengan demikian suatu nilai dari sebuah data hidrologi itu hanya dapat diukur satu kali dan nilainya tidak akan sama atau tidak akan dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan (Soewarno, 1995:1).

Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir di waduk dibutuhkan untuk mengetahui debit *outflow* maksimum dan tinggi air maksimum diatas ambang pelimpah pada debit *outflow* yang bersesuaian sebagai dasar perencanaan hidrolika. Dalam hal ini antara lain adalah untuk menentukan:

- a. lebar ambang pelimpah
- b. Profil ambang pelimpah

$$Q = C.L.H^{3/2} \dots\dots\dots (1)$$

(Sumber : Sosrodarsono dan Takeda, 1997:181)

Dimana:

- Q = debit (biasanya debit banjir rencana)
- C= koefisien limpahan
- L = lebar efektif mercu bendung
- H= total tinggi tekanan air diatas mercu bendung

Analisa Hidrolika Ambang Pelimpah

Perencanaan hidrolika ambang pelimpah dilakukan untuk perhitungan dasar pemilihan bentuk dan tipe yang akan direncanakan dan dilaksanakan terhadap bangunan dilapangan.

Perencanaan Profil Muka Air Ambang Pelimpah

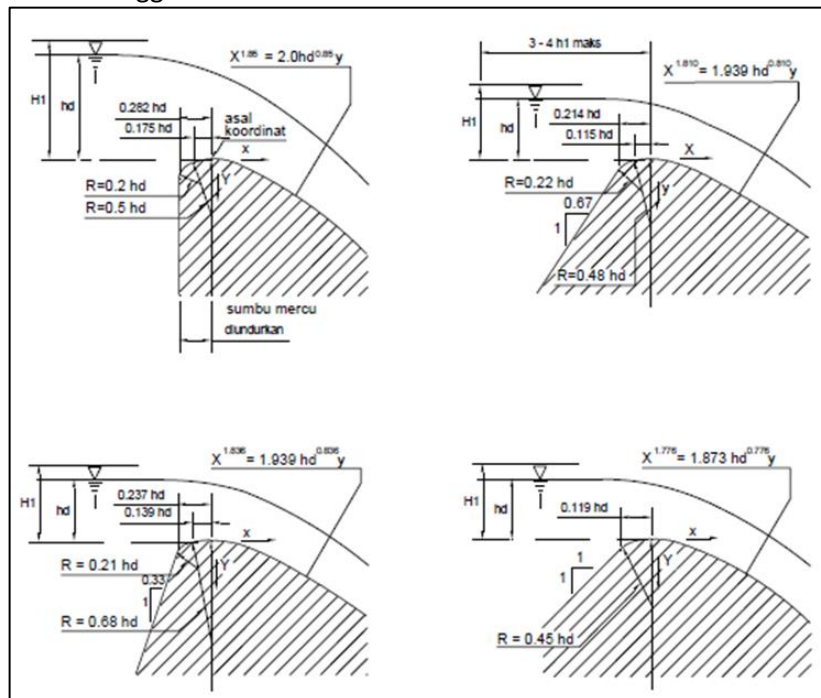
Bentuk mercu pelimpah yang digunakan dalam studi ini adalah berdasarkan metode yang dikembangkan oleh *Civil Engineering Department US Army*. Rumus yang digunakan untu perhitungan profil pelimpah.

$$X^n = K . Hd^{n-1} . Y \dots\dots\dots (2)$$

(Sumber : Sosrodarsono dan Takeda, 1997:188-189)

Dimana:

- X = absis
- Y = ordinat
- K, n = parameter (tergantung kemiringan muka pelimpah bagian hulu)
- Hd = tinggi tekan rencana



Gambar 1. Profil Ambang Pelimpah
(Sumber: Anonim, 2013)

Analisa Stabilitas Ambang Pelimpah

Stabilnya konstruksi pelimpah merupakan syarat yang mutlak yang harus dipenuhi, sehingga dalam perencanaan perlu perhitungan dimensi dari bangunan tersebut serta kekuatan tanah tempat bangunan itu sendiri.

1. Stabilitas Terhadap Guling

A. Untuk keadaan normal

$$SF = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} > 1,5 \dots\dots\dots (3)$$

B. Untuk keadaan gempa

$$SF = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} > 1,2 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

SF = faktor keamanan

Mt = momen tahan

Mg = momen guling

2. Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{c.A' + \sum \tan \theta}{\sum H} \dots\dots\dots (5)$$

(Sumber : Sosrodarsono dan Takeda, 1997:86)

Dimana:

SF = faktor keamanan

$\sum V$ = jumlah gaya vertikal

$\sum H$ = jumlah gaya horisontal

C = kohesi tanah (kg/m^2)

A' = luas pembebanan (m^2)

θ = sudut geser dalam

Untuk stabilitas geser dalam keadaan normal $SF > 1,5$ dan untuk stabilitas geser keadaan gempa $SF > 1,2$.

3. Stabilitas Terhadap daya Dukung Tanah

$$q_a = 1,25N \left(\frac{B+0,3}{B} \right)^2 \text{ kd (kN/m}^2\text{); untuk lebar } B > 1,2 \text{ m} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

q_a = kapasitas dukung ijin neto dalam satuan kN/m^2 , untuk penurunan sebesar 2,54 cm (1"). (kN/m^2)

N = jumlah pukulan

Kd = factor kedalaman pondasi, dengan nilai maksimum $Kd = 1,33$

$$= \left(1 + 0,33 \frac{D}{B} \right)$$

B = lebar pondasi (m)

D = kedalaman pondasi (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Bendungan logung terletak di Desa Tanjung Rejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus, Provinsi Jawa Tengah dengan koordinat $06^{\circ} 0' 40''$ LS dan $110^{\circ} 0' 55''$ BT serta elevasi + 700 m diatas permukaan air laut.

Data-Data yang Dibutuhkan

Data topografi, data hidrologi, data mekanika tanah, data geologi.

Tahapan Penelitian

1. Analisa Hidrologi dengan mencari banjir rancangan.
2. Analisa penelusuran banjir
3. Analisa Hidrolika ambang pelimpah yang meliputi, letak pelimpah, lebar pelimpah, tinggi pelimpah, elevasi pelimpah.
4. Analisa stabilitas ambang pelimpah yang meliputi, stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap guling, dan daya dukung tanah, baik kondisi normal maupun kondisi gempa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Data curah hujan yang digunakan dalam Analisa hidrologi di ambil dari dua stasiun penakar hujan yaitu Stasiun Gembong dan Stasiun Tanjung Rejo. Data hujan yang digunakan dalam dengan periode pengamatan tahun 2008 sampai tahun 2017 (10 tahun).

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)

1. Perhitungan Banjir Rancangan

Dalam studi ini untuk menghitung debit banjir rancangan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu.

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{(3,6 (0,3 \times T_P \times T_{0,3}))} \dots\dots\dots (7)$$

Dalam merencanakan ambang pelimpah ini menggunakan debit banjir rancangan $Q_{1000\text{th}}$ sebesar $267,39 \text{ m}^3/\text{det}$.

2. Perhitungan Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir di waduk dibutuhkan untuk mengetahui debit *outflow* maksimum dan tinggi air maksimum diatas ambang pelimpah.

$$Q = C.L.H^{3/2} \dots\dots\dots (8)$$

hasil perhitungan diatas dengan menggunakan $Q_{1000\text{th}}$ didapat $Q_{inflow} = 267,39 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $Q_{outflow} = 147,99 \text{ m}^3/\text{det}$ pada elevasi 86,26 m.

Analisa Hidrolika

1. Perhitungan Profi Ambang Pelimpah

- Debit *outflow* maksimum ($Q_{outflow}$) = 147,99 m³/det
- Lebar ambang peimpah (L) = 51,5 m
- Kedalaman aliran (Hd) = 1,8 m
- Kedalaman aliran kritis (Hc) = 0,94 m
- Kemiringan tubuh spillway 1 : Z Z = 0,7

2. Profi ambang pelimpah direncanakan menggunakan OGGE Tipe I

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,2 \text{ Hd} = 0,2 \times 1,80 = 0,36 \text{ m} \\ \text{Jarak } R_1 &= 0,282 \text{ Hd} = 0,282 \times 1,80 = 0,51 \text{ m} \\ R_2 &= 0,5 \text{ Hd} = 0,5 \times 1,80 = 0,90 \text{ m} \\ \text{Jarak } R_2 &= 0,175 \text{ Hd} = 0,175 \times 1,80 = 0,32 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan lengkung harrold:

$$X^{1,85} = 2 \cdot \text{Hd}^{0,85}, Y$$

$$\text{Maka } Y = 0,30 \times X^{1,85}$$

$$Y' = 0,56 \times X^{0,85}$$

Sehingga titik awal pelimpah direncanakan 45° (1:1)

Sehingga titik awal melalui gradien:

$$\text{Misal } Y' = \frac{1}{Z}$$

$$Y' = \frac{1}{0,7}$$

$$= 1,43$$

$$Y' = 0,56 \times X^{0,85}$$

$$1,43 = 0,56 \times X^{0,85}$$

$$X^{0,85} = \frac{1,43}{0,56}$$

$$X^{0,85} = 2,55$$

$$X = (2,55)^{\frac{1}{0,85}}$$

$$= 3,00$$

$$Y = 0,30 \times X^{1,85}$$

$$Y = 0,30 \times 3,00^{1,85}$$

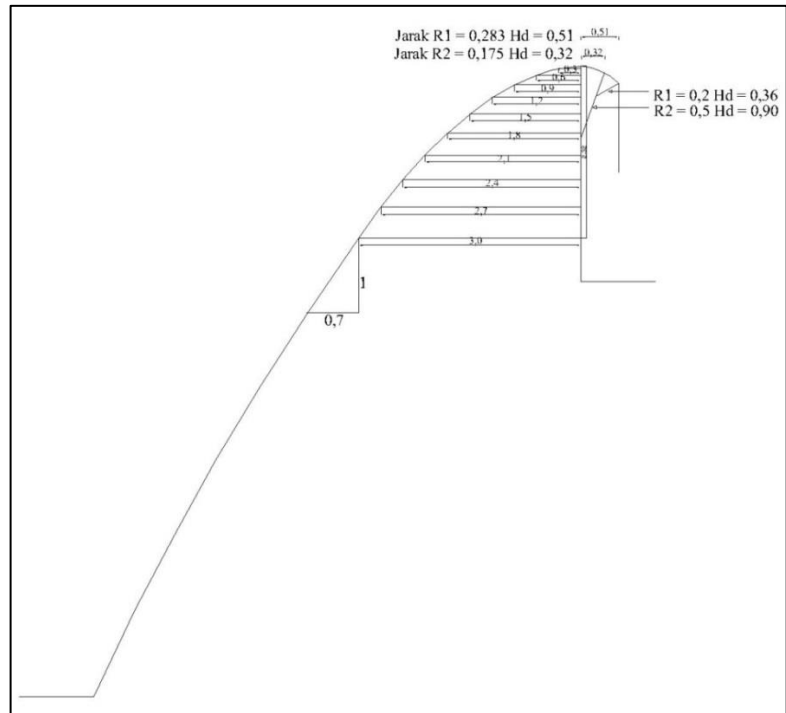
$$Y = 2,32$$

Maka koordinat titik akhir kurva (X = 3:00 ; Y = 2,32), dan perhitungan

Tabel 2. Koordinat Profil Ambang Pelimpah

X	Y
0,30	0,03
0,60	0,12
0,90	0,25
1,20	0,42
1,50	0,64
1,80	0,90
2,10	1,20
2,40	1,53
2,70	1,90
3,00	2,32

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 2. Lengkung Harold Mercu Ogee Tipe 1
(Sumber : Hasil Perhitungan)

3. Profil Muka Air Ambang Pelimpah

Profil muka air pada ambang pelimpah di desain dengan menggunakan $Q_{outflow}$ 1000.

Debit $Q_{outflow}$ 1000 maksimum Q_0 1000 = 147,99 m^{3/det}
 Lebar ambang pelimpah B = 51,50 m
 Kedalaman aliran diatas ambang pelimpah (H_d) = 1,80 m
 Elevasi crest = +88,50 m

Tabel 3. Analisa Hidrolika Profil Muka Air Q_{1000} pada Profil Ambang Pelimpah

Z	YZ	VZ	FZ	El Dasar	El Muka
(m)	(m)	(m/dt)		Spillway	Air
1,70	0,37	7,84	4,14	86,80	87,17
3,40	0,29	9,81	5,79	85,10	85,39
5,10	0,25	11,42	7,27	83,40	83,65
6,80	0,22	12,82	8,64	81,70	81,92
8,50	0,20	14,07	9,94	80,00	80,20

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan:

Z = jarak vertikal dari permukaan hulu sampai lantai kaki hilir (m)

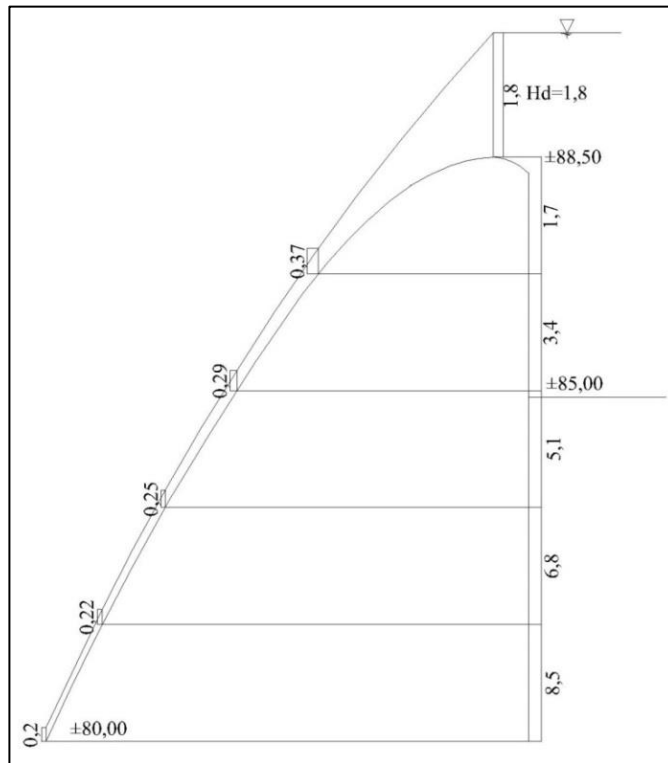
YZ = dengan nilai coba banding dengan *Trial and Error*, masukan nilai z ke rumus $\sqrt{2g(Z + H_z - y_z)} - \frac{147,99}{0,37 \cdot 51,5}$

VZ = dihitung $\sqrt{2g(Z + H_z - y_z)}$

FZ = dihitung $\frac{V_z}{\sqrt{g \cdot y_z}}$

Elevasi dasar spillway = elevasi crest spillway – Z

Elevasi muka air = elevasi dasar spillway – YZ

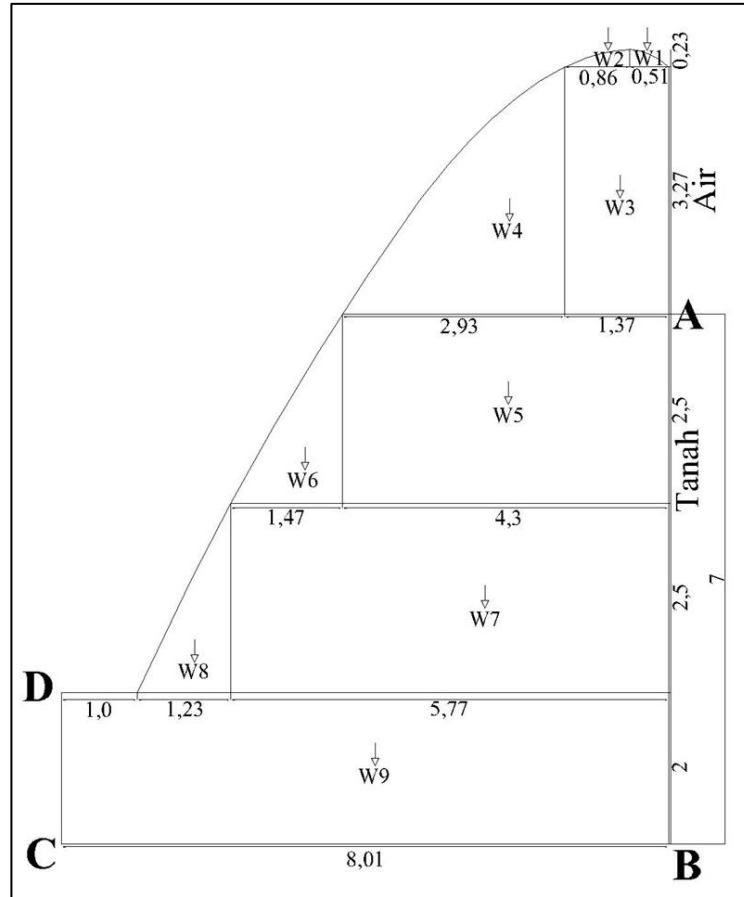


Gambar 3. Profil Muka Air diatas Ambang Pelimpah dalam keadaan Q_{1000}
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisa Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung pada daerah studi ini didapatkan dari hasil pengujian lapangan yaitu menggunakan hasil uji *Standart Penetration Test* (SPT) yang dilakukan oleh konsultan perencana.

$$\begin{aligned}
 N_{koreksi} &= 15 + \frac{1}{2} (N' - 15) \\
 &= 15 + \frac{1}{2} (50 - 15) \\
 &= 32,5 \\
 q_s &= 12,5 N_{koreksi} \left(\frac{B+0,3}{B} \right)^2 K_d \\
 &= 12,5 N_{koreksi} \left(\frac{B+0,3}{B} \right)^2 \cdot \left(1 + 0,33 \frac{D}{B} \right) \\
 &= 12,5 \cdot 32,5 \left(\frac{8,01+0,3}{8,01} \right)^2 \cdot \left(1 + 0,33 \frac{7,0}{8,01} \right) \\
 &= 563,35 \text{ kN/m}^2 = 56,33 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Pembagian Gaya Berat Pada Ambang Pelimpah
(Sumber : Hasil Perhitungan)

1. Stabilitas terhadap guling

A. Kondisi normal

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sum Mv}{\sum Mh} \\ &= \frac{401,57}{87,75} \\ &= 4,58 \end{aligned}$$

Syarat stabilitas terhadap guling:

SF > 1,5 (SF dalam keadaan normal)

Maka, SF = 4,58 > 1,5 (memenuhi syarat)

B. Kondisi gempa

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sum Mv}{\sum Mh} \\ &= \frac{401,57}{99,62} \\ &= 4,03 \end{aligned}$$

Syarat stabilitas terhadap guling:

SF > 1,2 (SF dalam keadaan gempa)

Maka, SF = 4,03 > 1,2 (memenuhi syarat)

2. Stabilitas terhadap geser:

A. Kondisi normal

Dengan $f = 0,8$ (dinding dengan batuan keras / kerikil padat)

$$SF = \frac{\sum v \cdot f}{\sum H}$$

$$= \frac{63,80 \cdot 0,8}{33,58}$$

$$= 1,52$$

Syarat stabilitas terhadap geser:

$$SF > 1,5 \text{ (SF dalam keadaan normal)}$$

Maka, SF = 1,52 > 1,5 (memenuhi syarat)

B. Kondisi gempa

Dengan f = 0,8 (dinding dengan batuan keras / kerikil padat)

$$SF = \frac{\Sigma v \cdot f}{\Sigma H}$$

$$= \frac{63,80 \cdot 0,8}{31,69}$$

$$= 1,61$$

Syarat stabilitas terhadap geser:

$$SF > 1,2 \text{ (SF dalam keadaan gempa)}$$

Maka, SF = 1,61 > 1,2 (memenuhi syarat)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan sesuai dengan rumusan masalah pada kajian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar debit banjir rancangan bendungan logung adalah sebagai berikut:
 - $Q_{1000\text{th}} = 267,39 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Desain ambang pelimpah adalah sebagai berikut:
 - Tipe ambang pelimpah = *Side Channel Spillway*
 - Tipe mercu pelimpah = Tipe ogee I
 - Lebar ambang = 51,50 m
 - Tinggi ambang pelimpah = 3,50 m
3. Dari perhitungan stabilitas pelimpah di tinjau dalam keadaan normal dan gempa pada debit banjir rancangan kala ulang Q_{1000} , diperoleh sebagai berikut:
 - Stabilitas terhadap guling
 - Kondisi normal
 - SF > 1,5 (dalam keadaan normal)
 - SF = 4,58 > 1,5 (memenuhi syarat)
 - Kondisi gempa
 - SF > 1,2 (dalam keadaan gempa)
 - SF = 4,15 > 1,2 (memenuhi syarat)
 - Stabilitas geser
 - Kondisi normal
 - SF > 1,5 (dalam keadaan normal)
 - SF = 1,52 > 1,5 (memenuhi syarat)
 - Kondisi gempa
 - SF > 1,2 (dalam keadaan gempa)
 - SF = 1,67 > 1,2 (memenuhi syarat)

Saran

1. Perhitungan banjir rancangan sebaiknya menggunakan beberapa metode, kemudian dibandingkan hasilnya.
2. Perhitungan ambang pelimpah sebaiknya menggunakan berbagai tipe, kemudian dibandingkan hasilnya.
3. Perhitungan stabilitas konstruksi disarankan untuk menggunakan *software* GEO 5.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2013 Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Soewarno. 1995. Hidrologi jilid 1. Bandung: Nova.

Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1997. Bendungan Type Urugan. Jakarta: Pradnya Paramita.