

**EVALUASI PANJANG KOLAM OLAK (Ld) DAN PANJANG
LONCATAN (Lj) PADA PEREDAM ENERGI
BENDUNG, JL. TERUSAN KECUBUNG,
KOTA – MALANG**

JURNAL

Oleh:

NELSON PINA MAU

NIM. 2012520035

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas Akhir Dan Memenuhi Syarat-Syarat
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik*



UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADDEWI

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

MALANG

2016

EVALUASI PANJANG KOLAM OLAK (L_d) DAN PANJANG LONCATAN (L_j) PADA PEREDAM ENERGI BENDUNG, JL. TERUSAN KECUBUNG, KOTA – MALANG

Nelson Pina Mau*), Dian Norvy Kh**), Kiki Frida S****)

PS. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggalademi

ABSTRAK

Aspek hidraulik pada bendung merupakan salah satu faktor yang penting dalam perencanaan Peredam Energi (Stilling Basin) air yang jatuh, sehingga sisa energi air di hilir kolam olak menjadi minimal sehingga gerusan dasar sungai tidak membahayakan. Yang jadi masalah adalah kedalaman gerusan hilir bendung seberapa jauh membahayakan sehingga perlu dilakukan analisis dengan tujuan untuk mengetahui profil bendung Eksisting dan peredam energi yang mana lebih stabil, mendapatkan hasil $L_j + L_d$ yang diperlukan untuk bendung yang akan direncanakan kembali, mengetahui evaluasi panjang kolam olak $L_j + L_d$ terhadap existing dan stabilitas. Evaluasi dilakukan dengan menghitung debit rencana pada kolam (Q), kecepatan aliran air pada kedalamankritis (V_z), kedalaman kritis (Y_z), dan bilangan Froude (Fr). Dari hasil perhitungan, diperoleh debit rencana sebesar $7,356 \text{ m}^3/\text{dt}$, kecepatan aliran air pada kedalamankritis sebesar $3,2827 \text{ m}/\text{dt}$, kedalaman kritis sebesar $0,153 \text{ m}$ dan bilangan froude $6,522$. Hasil perhitungan ini merupakan hasil dari perencanaan peredam energi. Artinya hasil evaluasi yang dilakukan mengharuskan kolam olak perlu dilakukan perencanaan baru untuk mengantisipasi gerusan. Dari hasil perhitungan dan analisis diperoleh nilai Fr pada profil bendung adalah $6,25$ berada di bawah hilir bendung, panjang loncatan hidrolis adalah 14 m dan panjang kolam olak 7 m .

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Aspek hidraulik pada bendung merupakan salah satu faktor yang penting dalam perencanaan Peredam Energi (*Stilling Basin*) air yang jatuh, sehingga sisa energi air di hilir kolam olak menjadi minimal sehingga gerusan dasar sungai tidak membahayakan. Perencanaan kolam olak mengikuti standar yang ada sebenarnya sudah memadai. Yang jadi masalah adalah kedalaman gerusan hilir bendung seberapa jauh membahayakan. Bendung besar dan komplek perlu model, tapi untuk bendung kecil dan sederhana tidak perlu dimodel. Apalagi untuk dasar sungai yang mempunyai *outcrop* (batuan dasar sungai pasif) tidak ragu lagi adanya

suatu gerusan. Aliran di atas mercu bendung dapat menunjukkan berbagai perilaku disebelah hilir bendung, akibat kedalaman air yang ada. Adapun kemungkinan – kemungkinan yang terjadi dari pola aliran di atas bendung akan mengakibatkan kondisi aliran air di atas mercu bendung sebagai berikut:

- Aliran tenggelam : akan menimbulkan gangguan di permukaan berupa timbulnya gelombang.
- Loncatan tenggelam : diakibatkan oleh kedalaman air di hilir terlalu besar.
- Keadaan loncat air : dimana kedalaman air di hilir sama dengan kedalaman konjungsi,

*) Mahasiswa

**) Dosen Pembimbing I

***) Dosen Pembimbing II

loncat air, terjadi apabila kedalaman air di hilir kurang dari kedalaman konjungsi sehingga loncatan air akan bergerak ke hilir.

Dari beberapa kasus di atas tidak boleh terjadi, karena loncatan air akan menghempas bagian sungai yang tidak terlindungi dan menyebabkan penggerusan yang luas. Sebelum aliran air yang melintasi bagian pelimpah dikembalikan lagi kedalam sungai, maka aliran dengan kecepatan yang tinggi dalam kondisi super kritis tersebut diperlambat dan dirubah pada kondisi aliran sub kritis. Dengan demikian kandungan energi dengan daya penggerus yang sangat kuat yang timbul dalam aliran tersebut harus direduksi hingga mencapai tingkat yang normal kembali, sehingga aliran tersebut kembali kedalam sungai tanpa membahayakan kestabilan alur sungai.

Identifikasi Masalah

Lokasi yang di pilih dalam lokasi ini adalah Kecamatan Dau Kabupaten Malang (Jawa Timur), dimana kondisi saluran irigasinya kurang memadai terutama pada Bangunan Peredam Energi yang lama saat ini pada musim hujan Kecamatan Dau mengalami kerusakan pada saluran irigasi sekitar daerah tersebut. Menurut pengamatan sementara, bahwa kejadian kerusakan pada saluran irigasi di daerah tersebut terjadi karena semakin bertambahnya air di bendungan, kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya bangunan peredam energi pada saluran irigasi dan semakin berkurangnya kemampuan bendungan untuk menampung besarnya debit air yang ada akibat berkurangnya luas lahan terbuka karena semakin majunya pembangunan.

Ada beberapa faktor yang diperkirakan sebagai penyebab banjir diantaranya :

- Perubahan tataguna lahan yang dulunya luas menjadi sempit

karena banyaknya bangunan rumah, dan penambahan penduduk.

- Bangunan peredam energi yang ada kurang berfungsi secara maksimal
- Dimensi saluran peredam energi memerlukan perencanaan ulang karena sudah tidak layak lagi hal ini disebabkan karena mengalami perubahan akibat sedimentasi dan penumpukan sampah sehingga saluran tersumbat.
- Dari hilir ke hulu lebar bendung sudah maksimal hanya kurangnya kesadaran akan pemeliharaan masyarakat terhadap bendung tersebut kurang maksimal sehingga terjadi kerusakan pada peredam energi.
- Akan direncanakan perhitungan nilai V (kecepatan) sehingga nilai Fr (froude) akan diperkecil maka akan dihitung nilai Q pada bangunan peredam energi.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka di dalam penelitian ini rumusan masalah yang diambil yaitu:

- Bagaimana profil bendung Existing dan perbedaan energinya?
- Berapa $L_j + L_d$ yang diperlukan untuk Bendung?
- Bagaimanakah Evaluasi panjang kolam olak $L_j + L_d$ terhadap Existing dan Stabilitasnya?

Batasan Masalah

Pokok-pokok batasan masalah di Kecamatan Dau yang menjadi batasan masalah studi ini adalah :

- Perencanaan perbaikan sistem peredam energi pada saluran irigasi sesuai dengan kebutuhan sekarang berdasarkan permasalahan yang ada.

- Penelitian ini berlokasi di sungai Landungsari, Kec. Dau, Kota – Malang.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui profil bendung Eksisting dan peredam energi yang mana lebih stabil sehingga peneliti harus merencanakan model peredam energi yang akan dipakai.
- Mendapatkan hasil $L_j + L_d$ yang diperlukan untuk Bendung yang akan direncanakan kembali.
- Mengetahui evaluasi panjang kolam olak $L_j + L_d$ terhadap existing dan stabilitas mana yang lebih baik sehingga peneliti harus merencanakan model kolam olak yang akan dipakai.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Dapat memberikan solusi dalam menyikapi permasalahan yang terjadi pada bangunan peredam energi yang terletak di sungai Landungsari, kepada Pemerintah Kota Malang.
- Menambah pemahaman dan wawasan bagi peneliti sebagai bekal untuk mengabdikan kepada Nusa dan Bangsa.
- Memberikan sumbangsih pemikiran kepada bangsa dan negara.
- Pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil.
- Menambah literatur ilmiah bidang Teknik Sipil di Universitas Tribhuwana Tungadewi.

LANDASAN TEORI

Profil Bendung

Menurut Anonim 2 (1986), untuk bilangan Froude di atas 4,5 kolam olak USBR tipe III khusus dikembangkan untuk bilangan-bilangan Froude yang

memperlihatkan dimensi-dimensi dasar kolam olak USBR tipe III. Panjang kolam olak dapat sangat diperpendek dengan menggunakan blok-blok halang dan blok-blok muka. Jika kolam itu dibuat dari pasangan batu.

Analisa Stabilitas Konstruksi

Konstruksi lantai peredam yang telah direncanakan harus dikontrol stabilitasnya terhadap gaya – gaya yang bekerja, baik dalam kondisi normal maupun gempa.

Analisa stabilitas yang dilakukan terhadap konstruksi lantai peredam anergi meliputi :

- Stabilitas terhadap guling
- Stabilitas terhadap geser
- Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Adapun gaya – gaya yang bekerja antara lain :

- Tekanan air statis
- Tekanan air dinamis
- Tekanan tanah
- Berat air
- Berat sendiri bangunan
- Gaya akibat pengaruh gempa
- Tekanan uplift

Rumus – rumus analisa stabilitas

$$SF = \frac{\sum Mt}{\sum Mg}$$

Stabilitas terhadap geser (Suryono Sosrodarsono, 1981)

$$SF = \frac{CL + \sum V \cdot \tan \phi}{\sum H}$$

Kedalaman normal $SF \geq 1,50$

Keadaan gempa $SF \geq 1,10$

Dengan :

SF = Angka keamanan

$\sum V$ = Jumlah gaya Vertikal (ton)

$\sum H$ = Jumlah gaya horizontal (ton)

C = Gaya kohesi antara dasar pondasi dengan tanah pondasi

L = Panjang pondasi yang ditinjau (m)

$\tan \phi$ = Faktor geser antara dasar pondasi dan pondasi

Stabilitas terhadap daya dukung tanah (Varshney, 1971)

$$e = \left| \frac{\Sigma M_v - \Sigma M_H}{\Sigma V} \right| \cdot \frac{L}{2} < \frac{L}{6}$$

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{A} \left| 1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right| < \bar{\sigma}$$

Dengan : σ = Besarnya reaksi daya dukung tanah ($t \cdot m^{-2}$)

$\bar{\sigma}$ = Daya dukung yang diijinkan ($t \cdot m^{-2}$)

ΣV = Jumlah gaya vertikal (t)

A = Luas dasar pondasi per unit meter panjang (m^{-2})

B = Lebar pondasi

e = Eksentrisitas (m)

ΣM_v = Jumlah momen vertikal (m)

ΣM_H = Jumlah momen horisontal ($t \cdot m$)

Daya dukung ijin material tanah.

Untuk menentukan besarnya daya dukung tanah yang diijinkan ($\bar{\sigma}$), digunakan rumus OSHAKI (Suryono, 1983)

$$(\bar{\sigma}) = \frac{q_{uit}}{3} = \frac{\alpha \cdot C \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_t \cdot N_t + \gamma_t \cdot D_f \cdot N_q}{3}$$

Dengan : α, β = faktor bentuk pondasi

N_c, N_t, N_q = koef daya dukung dari OSHAKI

C = kohesi tanah

γ = berat isi tanah (t/m^3)

D_f = kedalaman pondasi (m)

Jenis Loncatan

Penelitian tentang aliran superkritis yang terbentuk pada saluran tejunan tegak telah banyak dilakukan, antara lain oleh Moore (1943) Rand (1955) dan Dominguez (1958, 1974) (Montes, 1998).

Berdasarkan penelitian Dominguez, pada kondisi saluran segi empat mendatar.

(Montes, 1998): $d/yc = 3 [a/yc]0.3$

Menurut Rand(1943): $d/yc = 4,3[a/yc]0.9$

Menurut Dominguez (1944):

$$L/yc = 18 - 20 [y1/yc]$$

Diasumsikan bahwa panjang loncatan harus memberikan panjang minimum kolam olakan:

$$LB/yc = 3[a/yc]0.3 + (18 - 20[y1/yc])$$

Tinggi energi yang terjadi dapat dirumuskan : $E0 = a + 1,5 yc$

Berdasarkan penelitian Moore, Bakhmeteff, Feodoroff, dan Rand telah mendapatkan bukti bahwa geometri aliran pada pelimpah tejunan lurus dapat dijelaskan dengan fungsi bilangan tejunan yang didefinisikan sebagai (Chow, 1989): $D = q^2/gh^3$

Dengan q adalah debit tiap satuan lebar, (g) percepatan gravitasi bumi, dan h adalah tinggi tejunan.

Perhitungan dimensi peredam energi tipe Vlugter menggunakan rumus (Standart Perencanaan Irigasi KP-02) yaitu :

$$hc = \sqrt{\frac{q^2}{g}} \text{ Jika } 0,5 < \frac{z}{hc} \leq 2,0 \text{ maka}$$

menggunkan rumus : $t = 2,4 hc + 0,4 z$

jika $2,0 < \frac{z}{hc} \leq 15,0$ maka menggunkan

rumus : $t = 3,0 hc + 0,1 z$

$$a = 0,28 hc \sqrt{\frac{hc}{z}}$$

$$D = R = L = (Z + t - H1)$$

Dimana:

Q = debit banjir rencana (m^3/dt)

q = debit satuan, ($m^3/dt/m'$)

Be = lebar bendung (m)

hc = kedalaman kritis (m)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

a = tinggi ambang akhir (m)

D = kedalaman lantai peredam energi

R = jari-jari kolam olak (m)

L = panjang lantai peredam energi (m)

z = beda tinggi muka air hulu dan hilir

t = Kedalaman air hilir (m)

Setelah aliran keluar dari kolam olakan menuju ke hilir maka aliran akan berubah berangsur – angsur dalam saluran non prismatis. Luas penampang tidaklah konstan sepanjang saluran

nonprismatis. Dalam hal ini berlaku persamaan sebagai berikut ;

$$E_1 = h_1 + Z_1 + \frac{U_1^2}{2g}$$

$$E_2 = h_2 + Z_2 + \frac{U_2^2}{2g} + h_f + h_c$$

$$h_f = \bar{S}_f \Delta x$$

$$h_c = K \left| \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} \right|$$

$$\bar{S}_f = \frac{\bar{U}^2 n^2}{R^{4/3}}$$

Dengan :

h_1 = Tinggi air pada penampang 1 (m)

Z_1 = Ketinggian dasar di atas bidang persamaan pada penampang 1 (m)

U_1 = Kecepatan pada penampang 1 (m dt⁻¹)

h_2 = Tinggi air di penampang 2 (m)

Z_2 = Ketinggian dasar di atas bidang persamaan pada penampang 2 (m)

U_2 = Kecepatan pada penampang 2 (m dt⁻²)

h_f = Kehilangan tekanan akibat gesekan (m)

h_c = Kehilangan tekanan akibat perubahan bentuk (m)

g = Percepatan gravitasi (m dt⁻²)

Δx = Jarak penampang kontrol hulu dan hilir (m)

\bar{S}_f = Kemiringan gesekan rata – rata

N = Kekasaran dasr suluran

\bar{R} = Jari – jari hidrolis rata – rata

Kedalaman normal dan kedalaman kritis :

$$H_n^3 = \frac{Q^2}{S_o} \frac{B + 2 H_n \sqrt{1 + m^2}}{(B + m H_n)^3}$$

$$H_c^3 = \frac{Q^2}{g} \frac{B + 2 H_c \sqrt{1 + m^2}}{(B + m H_c)^3}$$

Dengan :

Q = Debit air (m³.dt)

H_n = Kedalaman normal (m)

H_c = Kedalaman kritis (m)

S_o = Kemiringan dasar saluran

B = Lebar dasar saluran (m)

M = kemiringan dinding saluran

METODOLOGI

Kondisi Geografis

Secara geografis Kota Malang terletak pada koordinat 112° 06' - 112° 07' Bujur Timur dan 7°06' - 8°02' Lintang Selatan. Kota Malang dikelilingi oleh gunung-gunung yaitu Gunung Arjuno di sebelah utara, Gunung Semeru di sebelah Timur, gunung Kawi dan Panderman di sebelah Barat serta Gunung Kelud di sebelah Selatan. Wilayah Kota Malang merupakan daerah perbukitan dan dataran tinggi serta dilewati oleh sungai baik sungai besar maupun sungai kecil.

Kota Malang merupakan daerah yang terletak pada ketinggian antara 200 – 499 meter dari permukaan air laut. Penyebaran Daerah wilayah dataran tinggi meliputi daerah kecamatan Klojen, Sukun, Lowokwaru, Dau, Blimbing dan Daerah Kecamatan Kedungkandang bagian barat. Tingkat kemiringan di dataran tinggi cukup bervariasi, di beberapa tempat merupakan suatu daerah dataran dengan kemiringan 2 – 5°, sedangkan dibagian lembah perbukitan rata-rata kemiringan 8 – 15%

Pengolahan Data

Besarnya debit yang melimpas di atas bendung yang berkaitan dengan harga koefisien pelimpah debit (C) yang akan berubah sesuai dengan perubahan debit.

- Kondisi bendung I .

Kondisi bendung pada saat air melimpas dengan harga koefisien pelimpah debit (c) maka akan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = C . B . h^{2/3}$$

Dengan : C = koefisien limpasan

B = lebar bendung

h = tinggi terjunan

- Kondisi Bendung II.

Dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Dengan :

Q_1 = debit yang lewat bentangan

bendung (Deflasi)
 Q_2 =debit yang melimpah (Inflasi)
 $Q_2 = Q_1$, semua deflasi dihitung dengan cara coba – coba (*submerged flow*)
 Dicoba Elevasi muka air di *down stream* akan menggunakan angka C (koefisien limpasan) sehingga bisa mengetahui : h_1 , h_d , b_{ef} , dan Q , sehingga untuk mengetahui angka pada elevasi muka air di *down stream*
 Dengan cara yang sama untuk *Design Flood Water Level* (DFWL) dilakukan cara coba–coba (trial and error) tinggi elevasi di hilir, sehingga diperoleh besar debit pada kondisi air banjir.

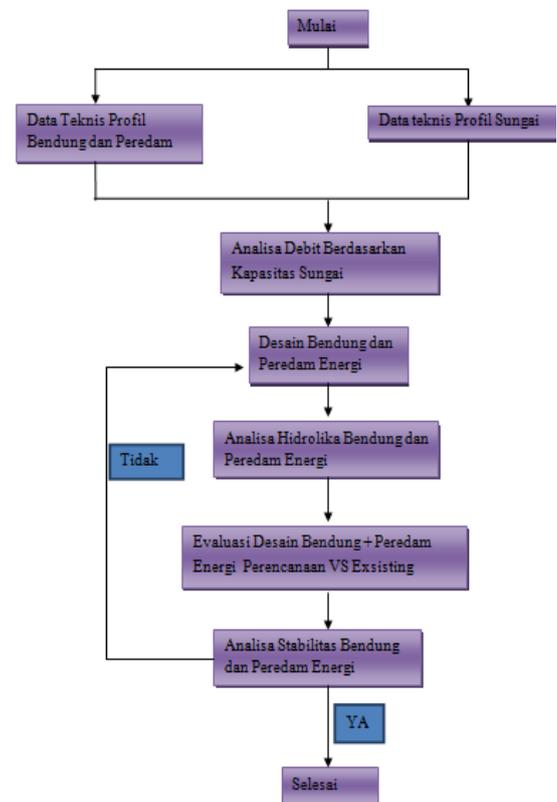
Analisa Hidrolika Untuk Perencanaan Dimensi Dan Elevasi Lantai Peredam Energi

Dari perhitungan kapasitas pengaliran debit yang melimpas di atas mercu bendung, diperoleh beberapa besaran debit yang perlu untuk dianalisa, yaitu selain debit pada saat deflasi juga debit yang lebih kecil dan melimpah diatas mercu bendung.

Panjang loncatan hidrolis.

Loncatan yang terjadi dapat didorong ke hilir atau dapat menjadi terendam tergantung dari apakah kedalaman air hilir adalah lebih kecil atau lebih besar daripada kedalaman yang berurutan dengan h_1 . Loncatan hidrolis dapat digunakan sebagai peredam energi, yang meliputi sebagian atau seluruh kolam kanal saluran yang disebut kolam olakan. Peredam energi tersebut berguna untuk mencegah erosi yang mungkin terjadi pada saluran pelimpah, dengan cara memperkecil kecepatan aliran pada lapisan pelindung hingga pada suatu titik di mana aliran tidak mempunyai kemampuan untuk mengikis dasar saluran di bagian hilir.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1 : Bagan Alir Penelitian

PEMBAHASAN

Profil Muka Air di Atas Bendung

Langkah perhitungan :

- Tentukan harga Z
- Dengan coba-coba didapat nilai Y_z
- Hitung V_z dan F_z
- Elevasi lereng bendung = elevasi mercu bendung – z
- Elevasi muka air = elevasi lereng bendung + Y_z

Persamaan yang digunakan :

- Perhitungan Y_z

$$V_z = \sqrt{2.9,81 (Z + He - z)}$$

- Perhitungan V_z

$$Y_z = \frac{Q}{B_e \cdot V_z}$$

- Perhitungan $Fr = Fr = \frac{V_z}{\sqrt{g \cdot Y_z}}$

- Elevasi lereng bendung = $108,622 - Z$

- Elevasi muka air = Elevasi lereng bendung + Yz

$$H_o = \left(\frac{1}{c} \times \frac{Q}{Be} \right)^{2/3}$$

$$= \left(\frac{1}{1} \times \frac{7,356}{6,04} \right)^{2/3} = 1,141 \text{ m}$$

$$V_z = \sqrt{2 \cdot 9,81 (Z + H_e - z)}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9,81 (3,5 + 0,75 - 1)} = 7,981 \text{ m/dt}$$

$$Y_z = \frac{Q}{B_e \cdot V_z}$$

$$= \frac{7,356}{6,04 \times 7,981} = 0,153 \text{ m}$$

$$\frac{Q}{B_e} = V_z \cdot Y_z$$

$$= 7,981 \times 0,153 = 1,218 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Fr = \frac{V_z}{\sqrt{g \cdot Y_z}}$$

$$= \frac{7,981}{\sqrt{9,81 \cdot 0,153}} = 6,522$$

Dimana :

Q = debit rencana yang mengalir = 7,356 m³/dt

Be = lebar efektif bendung = 10 m

Vz = kecepatan aliran air pada kedalaman kritis

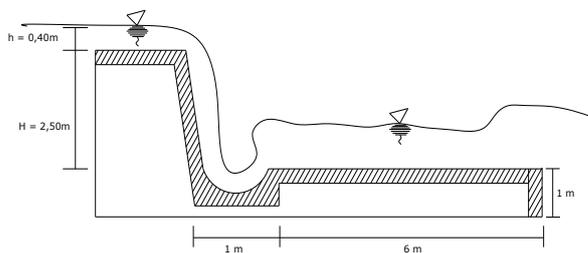
Yz = kedalaman kritis

Fr = bilangan Froude

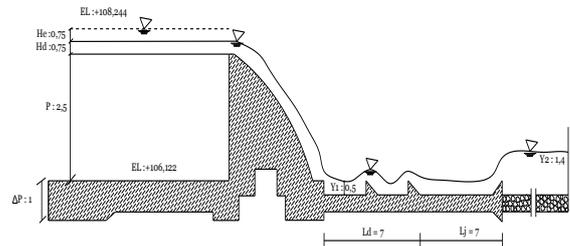
z = 1 m

Z = P + z = 2,5 + 1 = 3,5 m

Gambar Profil Bendung



Gambar 2 : Bendung Existing di lokasi



Gambar 3 : Bendung yang direncanakan.

Panjang Loncatan Hidrolis

Loncatan hidrolis yaitu naiknya air secara tiba-tiba dari air yang mengalir dengan kecepatan tinggi berkedalaman rendah bergabung dengan air yang mengalir dengan kecepatan rendah dan berkedalaman tinggi.

Rumus untuk perhitungan panjang loncatan hidrolis :

$$L_j = 5 (Y_2 - Y_z)$$

Dengan :

Lj = panjang loncatan

Yz = kedalaman air sebelum loncatan

Y2 = tinggi loncatan di hilir

Jadi : Lj = 5 (Y2 - YZ)

$$= 5 \cdot (1,403 - 0,153) = 6,25 \approx 7 \text{ m}$$

Elevasi Dasar Kolam Olakan

Dimensi Kolam Olakan

Data teknis :

Fr = 4,5

Untuk Fr >= 4,5 dan V < 18 m/dt, maka digunakan Kolam Olakan USBR Tipe III

Kedalaman air di kolam olakan

Yb = Y2

$$= 1,403 \text{ m}$$

Panjang kolam olakan (Ld)

$$L_d = 5 \cdot Y_b = 5 \cdot 1,403 = 7,0 \text{ m}$$

Analisa Stabilitas Konstruksi

Konstruksi lantai peredam yang telah direncanakan harus dikontrol stabilitasnya terhadap gaya – gaya yang bekerja, baik dalam kondisi normal maupun gempa.

Analisa stabilitas yang dilakukan terhadap konstruksi lantai peredam anergi meliputi :

= Stabilitas terhadap guling

= Stabilitas terhadap geser
 = Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Adapun gaya – gaya yang bekerja antara lain :

Tekanan air statis

- = Tekanan air dinamis
- = Tekanan tanah
- = Berat air
- = Berat sendiri bangunan
- = Gaya akibat pengaruh gempa
- = Tekanan uplift

Rumus – rumus analisa stabilitas

$$SF = \frac{\sum M_t}{\sum M_g}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapat panjang loncatan hidrolis sejauh 7 m (lebih besar dari panjang kolam olak), maka untuk mencegah terjadinya gerusan pada lantai kolam olakan, direncanakan panjang kolam olakan \approx panjang loncatan hidrolis (= 7 m).

Tinggi (qc), panjang (Pc), dan lebar (bc) chute block :

$$Qc = Pc = bc = Y_j = 0,146 \text{ m}$$

Tinggi end sill (ambang ujung)

$$As = \frac{Y_z(18 + Fr)}{18} = 0,153(18 + 6,5)/18 = 0,208 \text{ m}$$

Jarak antara chute block (Sc):

$$Sc = Y_z = 0,153 \text{ m}$$

Tinggi block halang (n3) :

$$n_3 = \frac{Y_z(4 + Fr)}{6} = 0,153(4 + 6,5)/6 = 0,267 \text{ m}$$

Lebar dan jarak antara block halang (n) :

$$n = 0,5 \cdot n_3 = 0,5 \cdot 0,267 = 0,134 \text{ m}$$

Jarak antara baffle block dengan chute block (La) :

$$La = 0,82 \times Y_2 = 0,82 \times 1,403 = 1,150 \text{ m}$$

Jarak antara dinding dengan chute block

$$dc = 0,5 \times Y_z = 0,5 \times 0,153 = 0,076 \text{ m}$$

Jarak antara dinding dengan baffle block

$$db = 0,375 \cdot n_3 = 0,375 \cdot 0,267 = 0,100 \text{ m}$$

Tebal ujung atas baffle block (tb) :

$$tb = 0,2 \cdot n_3 = 0,2 \cdot 0,267 = 0,053 \text{ m}$$

Gaya – gaya resultante yang bekerja pada bendung adalah:

$$R_v = -185,70 \text{ kN}$$

$$R_H = +22,20 \text{ kN}$$

Mo = - 743,62 kNm di sekitar titik 0 (+)

Garis tangkap gaya resultante sekarang dapat ditentukan sehubungan dengan titik 0.

$$h = \frac{\sum M_H}{\sum R_H} = 126/22,20 = 5,68 \text{ m}$$

$$v = \frac{\sum M_V}{\sum R_V} = 868,6/185,7 = 4,68 \text{ m}$$

Eksentrisitas :

$$e = (L/2) - (M/R_v) = (20,9/2) - (743,6/185,7) = 6,44 > 3,5 \text{ m} \dots \text{OK}$$

Daya Dukung Tanah :

$$\sigma = R_v/L (1 + 6e/L) = 185,7/20,9 (1 + 6 \cdot 6,44/20,9) = 25,33 \text{ kN/m}^2 < 150 \dots \text{OK}$$

$$\sigma_{maks} = 108,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 2,20 \text{ kN/m}^2$$

Daya dukung yang diijinkan untuk pasir dan kerikil adalah 200 – 600 kN/m²

Keamanan S untuk daya dukung adalah:

$$S = \frac{\sigma_{semua}}{\sigma_{maks}} = \frac{200}{108} = 1,85 > 1,25 \dots \text{OK}$$

Keamanan terhadap gelincir tanpa tekanan tanah pasif :

$$S = f \times \frac{R_v}{R_H} = 0,5 \times \frac{185,70}{22,20} = 4,18 > 1,5 \dots \text{OK}$$

Keamanan terhadap gelincir dengan tekanan tanah pasif :

$$S = f \times \frac{R_v}{R_H - \sum E_p} = 0,5 \times \frac{-185,70}{22,20 - 56,55} = 2,70 > 1,5 \dots \text{OK}$$

Tabel 1: Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

Rekapitulasi Hasil Perhitungan	Muka Air Banjir	Muka Air Rendah
1. Stabilitas Guling	6,44 > 3,5 m ...OK	378 > 1,5 → OK
2. Stabilitas Geser	2,70 > 1,5 ...OK	6,65 > 1,5 → OK
3. Daya Dukung Tanah	25,33 kN/m ² < 150 ...OK	23,35 KN/m ² < 150 kN/m ² → OK

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa ..

Profil bendung existing dan peredam energi yang dihitung adalah: b , h , A , P , S , R , V , Q , dan Fr . Dari perhitungan tersebut profil aliran adalah super kritis dengan nilai $Fr = 6,25$ berada dibawah hilir bendung. Kolam olak yang akan dipakai adalah kolam olak USBR tipe III karena dari hasil perhitungan didapat nilai Froude (Fr) $6,5$ diatas $4,5$ sehingga peneliti harus merencanakan model bendung dan peredam energi yang akan dipakai. Berdasarkan perhitungan peredam energi maka dihasilkan panjang loncatan hidrolis adalah 14 m yang terdiri dari perhitungan Loncatan Hidrolis (L_j) yang didapat adalah $6,25$ m ≈ 7 m, dan Panjang kolam olak (L_d) adalah 7 m. Melihat dari kondisi lapangan dimana panjang lintasan loncatan hidrolis kurang dari 14 m maka peneliti menggunakan chute block setiap $3,5$ m dengan maksud untuk lebih mempercepat peredam energi. Sesuai dengan gambar karakteristik kolam olak. Hasil perhitungan evaluasi panjang kolam olak $L_j + L_d$ terhadap existing yaitu berpengaruh pada desain peredam energi dan material yang akan dipilih pasangan batu dimensi, dengan jumlah momen adalah $-604,78$ kNm yaitu beban mati dan tekanan air pada saat debit rendah dan banjir, sehingga peneliti merencanakan model kolam olak yang akan dipakai sesuai dengan model kolam olak yang ada pada gambar perencanaan diatas, maka hasil perhitungan stabilitas guling, geser pada perencanaan peredam energi adalah aman dengan:

$Fr : 6,5 > 4,5$ USBR tipe III

Eksentrisitas (e) : $6,65 > 3,5$...OK

Tekanan tanah (σ_{maks}) : $= 23,35$

$kN/m^2 < 150$ kN/m^2 ...OK

Geser (S) : $3,78 > 1,5$... OK

Sehingga dapat diketahui bahwa stabilitasnya aman.

SARAN

Untuk mengantisipasi dan mengurangi kerusakan pada kolam olak USBR tipe III yang terjadi kerusakan peredam energi pada bangunan bendung, maka saran yang kami sampaikan antara lain :
Pemeliharaan rutin dengan jangka waktu tertentu meliputi pembersihan sampah yang dapat mengakibatkan pendangkalan dan penyumbatan aliran air. Penyusun menyadari bahwa penulisan tugas akhir yang berjudul **'Evaluasi Panjang Kolam Olak (L_d) dan panjang loncatan (L_j) pada Peredam Energi Bendung. Jl. Terusan Kecubung, Kota Malang'** ini masih jauh dari yang sempurna karena keterbatasan waktu dan tenaga. Penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang konstruktif untuk bisa menyempurnakan hasil studi penelitian ini agar lebih bermanfaat baik bagi mahasiswa generasi baru maupun pihak lain yang memiliki bakat dibidang ini.

Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan analisis hidrolika dari hasil perencanaan model USBR tipe III di modifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym, 1986. *Technical Standart of Rubber Dam*, Second Edition, Kokudo Kaihatsu Gijutsu Sentaa, Japan
- Sosrodarsono, Suryono., 1983, (Varshney, 1971) *Koefisien Daya Dukung Tanah*, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta
- Moore (1943) Rand (1955) dan Dominguez (1958, 1974) (Montes, 1998) *Kedalaman konjungsi dan jarak loncatan hidraulik terjunan tegak*
- .Anonim., 1986, *Karakteristik Kolam Olak Untuk Bilangan Froude (Fr) di atas*
- KP - 02.2010, *Perbitungan Dimensi Peredam Energi*, Keputusan Direktur Jenderal Pengairan, Indonesia
- Rangga Raju K.G., 1989:, *Aliran berubah berangsur – angsur.*

