

BAB V

PERENCANAAN DAM PENGENDALI SEDIMEN

5.1 Tinjauan Umum

Sistem infrastruktur merupakan pendukung fungsi-fungsi sistem sosial dan sistem ekonomi dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Sistem infrastruktur dapat didefinisikan sebagai fasilitas-fasilitas atau struktur-struktur dasar, peralatan-peralatan, instalasi-instalasi yang dibangun dan yang dibutuhkan untuk berfungsinya suatu sistem (dalam hal ini sistem tatanan kehidupan sosial dan ekonomi) masyarakat (Collins, 1988).

Definisi teknik juga memberikan spesifikasi apa yang dilakukan sistem infrastruktur dan mengatakan bahwa infrastruktur adalah aset fisik yang dirancang dalam sistem sehingga memberikan pelayanan publik yang terpenting. Salah satu tantangan utama dalam perencanaan sistem infrastruktur adalah mempertimbangkan bagaimana semua memberikan pengaruh pada lainnya, keterikatan satu sama lain dan dampak-dampaknya (Grigg, 1988).

Perencanaan infrastruktur merupakan proses dengan kompleksitas besar interdisiplin dan multisektoral. Harus diingat bahwa perancangan terlalu global akan tidak terlalu efektif, di sisi lain bila terlalu spesifik dan hanya tertuju pada misi *single purpose*, hal ini juga tidak bisa sukses karena perancangannya akan menjadi korban dari kekuatan politik oposisi-oposisi (Grigg, 1988).

Yang (mungkin) paling benar adalah perancangan yang pendekatan masalahnya pada tingkat yang tepat (*appropriate level*) dari perhatian global dengan pertimbangan matang pada dampak-dampak dan efek-efek eksternal, namun masih berkonsentrasi secara spesifik pada persoalan utama yang dimaksud. Satu ungkapan (*chorus*) yang sering didengar oleh para perancang adalah salah satu ungkapan dari manajer-manajer pelaksana yang mengatakan “*enough of studying, let’s get some action*” (Kodoatie dan Sugianto, 2002).

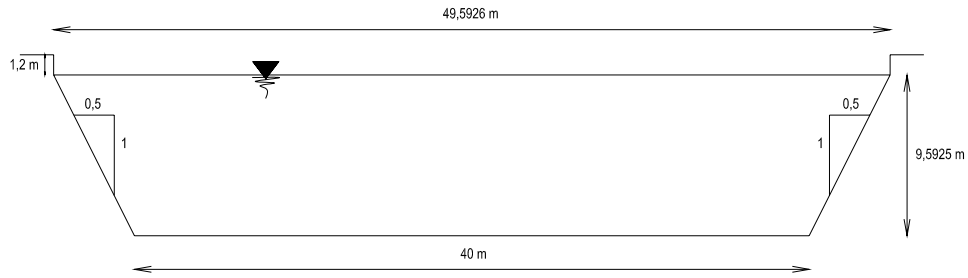
Wilson dan Marjuki (1993) menyarankan supaya para perancang rekayasa harus mendekati masalah desain struktur hidrolika dari

pertimbangan kerusakan, yang akan menjamin jika kegagalan struktur terjadi dan atau jika mungkin melebihi spesifikasi desain tanpa menimbulkan kegagalan struktural. Tidak cukup bila tanpa menimbulkan kegagalan struktural. Tidak cukup bila kita hanya mempertimbangkan periode ulang saja; apa yang diperlukan adalah suatu kesadaran mengenai resiko ditemuinya kondisi-kondisi tertentu selama periode waktu tertentu, dan konsekuensi-konsekuensinya dari aliran desain yang dilampaui, termasuk bahaya kehidupan dan ekonomi, lingkungan, dan pengaruh sosial dari kegagalan strukturnya. Maka hanya suatu pembenaran yang wajar sajalah yang dapat dibuat seperti misalnya apakah sudah cukup atau belum usaha yang telah dilakukan dalam :

- a. Identifikasi kejadian atau serangkaian kejadian yang dapat menuju kegagalan, dan penentuan probabilitas terjadinya.
- b. Identifikasi hal-hal spesifik pada struktur yang dapat memulai kegagalan sebagian (misalnya gagalnya pintu air beroperasi atau dioperasikan, hilangnya tenaga, dan lain-lain) dan perkiraan probabilitasnya.
- c. Kemungkinan kombinasi kejadian-kejadian pada a dan b.
- d. Konsekuensi-konsekuensinya, meliputi perkiraan biaya ekonomi, sosial, dan lingkungan untuk masing-masing kombinasi pada c.

Ketika dalam melakukan studi-studi ini akan tergantung pada sifat struktur yang bersangkutan. Yang paling jelas risikonya adalah bendungan, tetapi saluran terbuka dan bangunan pengendalinya, tanggul sungai dan bangunan penahan gelombang laut merupakan struktur hidrolik yang juga memerlukan analisa resiko. Akhirnya harus ada pertimbangan teknis tentang tingkat resiko yang diterima. Pertimbangan ini dapat dilakukan dengan baik dengan menggunakan kuantifikasi apapun tentang resiko yang dapat terjadi, dan kepada pemilik atau pihak yang berkepentingan haruslah selalu dijelaskan tentang dasar disarankannya tentang suatu tingkat pemasangan (Wilson dan Marjuki, 1993).

5.2 Perencanaan Peluap



Gambar 5-1 Peluap Main Dam

5.2.1 Tinggi Air Di Atas Peluap

Rumus :

$$Q = m_2 \times \frac{2}{15} \times C \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) \times h_3^{\frac{3}{2}} \quad (2-61)$$

Di mana :

Q = debit rencana (m^3/detik)

C = koefisien debit (0,6 – 0,66)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/\text{detik}^2$)

B_1 = lebar peluap bagian bawah (m)

B_2 = lebar muka air di atas peluap (m)

h_3 = tinggi muka air di atas peluap (m)

m_2 = kemiringan tepi peluap

Jika $m_2 = 0,5$ dan $C = 0,6$, maka rumus di atas menjadi :

$$Q = (0,71 \times h_3 + 1,77 \times B_1) \times h_3^{\frac{3}{2}} \quad (2-62)$$

Diketahui :

$Q = 1681,464 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Metode Weduwen)

$m_2 = 0,5$

$C = 0,6$

$B_1 = 40,00 \text{ m}$

$g = 9,81 \text{ m}/\text{detik}^2$

Sehingga didapat persamaan :

$$1681,464 = (0,71 \times h_3 + 1,77 \times 40) \times h_3^{\frac{3}{2}}$$

$$1681,464 = (0,71h_3 + 70,8) \times h_3^{\frac{3}{2}}$$

Dengan cara *trial error*, didapat nilai $h_3 = 7,855$ m dengan $Q = 1681,443 \text{ m}^3/\text{detik} \approx 1681,464 \text{ m}^3/\text{detik}$.

$$B_2 = B_1 + 2 \times m \times h_3$$

$$B_2 = 40 + 2 \times 0,5 \times 9 \times 9,5925$$

$$B_2 = 47,855 \text{ m}$$

5.2.2 Kecepatan Aliran di Atas Mercu

Rumus (Salamun, 2006) :

$$A_1 = \frac{1}{2} \times (B_1 + B_2) \times h_3 \quad (2-63)$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} \quad (2-64)$$

$$h_v = \frac{v_1^2}{2g} \quad (2-65)$$

$$h = h_3 + h_v \quad (2-66)$$

$$d = \frac{2}{3}h \quad (2-67)$$

$$A_2 = (B_1 + m \times d) \times d \quad (2-68)$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} \quad (2-69)$$

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (2-70)$$

Di mana :

h = tinggi muka air di atas peluap + tinggi kecepatan (m)

h_v = tinggi kecepatan (m)

d = kedalaman air di atas mercu (m)

A_1 = luas penampang basah pada ketinggian air setinggi *check dam* (m)

A_2 = luas penampang basah pada air di atas *check dam* (m)

v = kecepatan aliran di atas mercu (m/detik)

Perhitungan :

$$A_1 = \frac{1}{2} \times (40 + 47,855) \times 7,855 = 345,05 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{1681,464}{345,05} = 4,873 \text{ m/detik}$$

$$h_v = \frac{4,873^2}{2 \times 9,81} = 1,21 \text{ m}$$

$$h = h_3 + h_v = 7,855 + 1,21 = 9,065 \text{ m}$$

$$d = \frac{2}{3} \times 9,065 = 6,0433 \text{ m}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} (40 + 0,5 \times 6,0433) \times 6,0433 = 259,993 \text{ m}^2$$

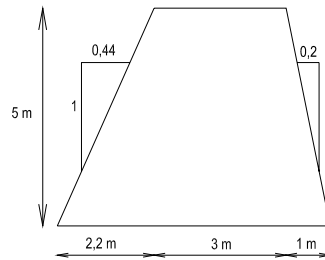
$$v_2 = \frac{1681,464}{259,993} = 6,4673 \text{ m/detik}$$

$$v = \frac{4,873 + 6,4673}{2} = 5,67 \text{ m/detik}$$

5.2.3 Tinggi Jagaan (*Free Board*)

Besarnya tinggi jagaan ditetapkan berdasarkan debit rencana yang bernilai $Q = 1681,464 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan melihat tabel 2-16, untuk $500 < Q < 2000$ tinggi jagaan adalah sebesar 1,0 m.

5.3 Perencanaan *Main Dam*



Gambar 5-2 Dimensi *Main Dam*

5.3.1 Tinggi *Main Dam*

Tinggi *main dam* ditentukan sebesar $H = 5 \text{ m}$.

5.3.2 Lebar Mercu Peluap

Berdasarkan tabel 2-19, lebar mercu peluap (b_1) ditentukan sebesar 3 meter dengan kriteria material berupa batu-batu besar dan kriteria hidrologis dengan *debris flow* kecil sampai dengan *debris flow* besar.

5.3.3 Penampang *Main Dam*

Untuk $H < 15$ m, kemiringan badan *main dam* di hulu 1 : m digunakan rumus (Sabo Engineering, 1990) :

$$(1 + \alpha)m^2 + [2(n + B) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha]m - (1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = 0 \quad (2-83)$$

$$\alpha = \frac{h_3}{H} \quad (2-84)$$

$$\beta = \frac{b_1}{H} \quad (2-85)$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_w} \quad (2-86)$$

Di mana :

γ_c = berat volume bahan (t/m^3)

γ_w = berat volume air dengan kandungan sedimen ($1,2 t/m^3$)

Kemiringan badan *dam* bagian hilir ditetapkan 1 : 0,2.

Perhitungan :

$$h_3 = 7,855 \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ m}$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 2,2 t/m^3$$

$$\gamma_w = 1,2 t/m^3$$

$$\alpha = \frac{h_3}{H} = \frac{7,855}{5} = 1,571$$

$$\beta = \frac{b_1}{H} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_w} = \frac{2,2}{1,2} = 1,833$$

$$(1 + 1,571)m^2 + [2(0,2 + 0,6) + 0,2(4 \times 1,571 + 1,833) + 2 \times 1,571]m - (1 + 3 \times 1,571) + 1,571 \times 0,6(4 \times 0,2 + 0,6) + (3 \times 0,2 \times 0,6 + 0,6^2 + 0,2^2) = 0$$

$$2,571m^2 + 6,3654m - 3,0003 = 0$$

m dicari dengan menggunakan rumus abc :

$$m_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$m_{1,2} = \frac{-6,3654 \pm \sqrt{6,3654^2 - 4 \times 2,571 \times 3,0003}}{2 \times 2,571}$$

$$m_{1,2} = \frac{-6,3654 \pm 8,4483}{5,142}$$

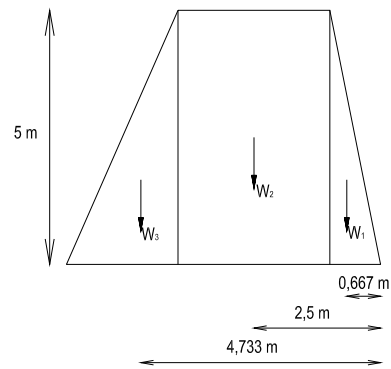
$$m_1 = -2,881 \text{ dan } m_2 = 0,405$$

Diambil $m = 0,44$

5.3.4 Tinjauan Terhadap Gaya-gaya yang Bekerja

Tinggi *main dam* (H) adalah 5 meter < 15 meter. Berdasarkan tabel 2-17, tidak ada gaya yang ditinjau untuk keadaan normal. Sedangkan untuk keadaan banjir, gaya – gaya yang ditinjau adalah :

a. Berat Sendiri (W)



Gambar 5-3 Gaya Berat Sendiri Main Dam

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$W = \gamma_c \times A \quad (2-71)$$

Di mana :

W = berat sendiri per meter

γ_c = berat volume bahan (pasangan batu 2,2 t/m³)

A = volume per meter

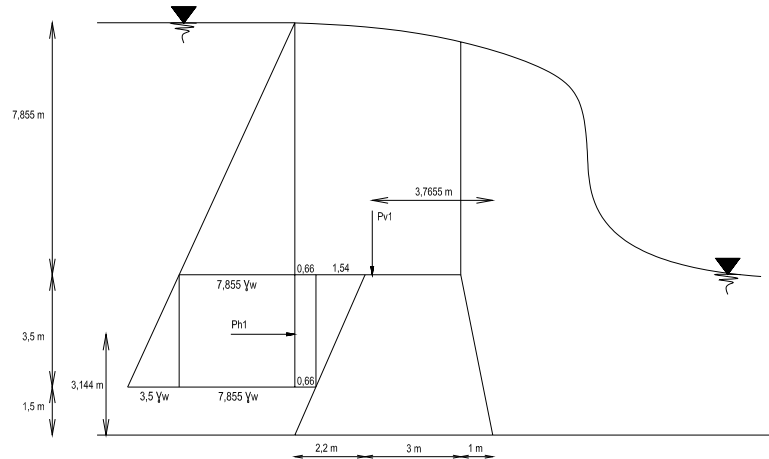
Perhitungan :

$$W_1 = \gamma_c \times A_1 = 2,2 \times (0,5 \times 1 \times 5) = 5,5 \text{ t/m}'$$

$$W_2 = \gamma_c \times A_2 = 2,2 \times (3 \times 5) = 33 \text{ t/m}'$$

$$W_3 = \gamma_c \times A_3 = 2,2 \times (0,5 \times 2,2 \times 5) = 12,1 \text{ t/m}'$$

b. Tekanan Air Statik (P)



Gambar 5-4 Gaya Tekan Air Statik Pada Main Dam

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$P = \gamma_0 \times h_w \quad (2-72)$$

Di mana :

P = tekanan air statik horisontal pada titik sedalam h_w (t/m^2)

γ_w = berat volume air ($1 t/m^3$)

h_w = kedalaman air (m)

Pada saat muka air banjir,

- Tekanan air horisontal adalah :

$$Ph_1 = \frac{(\gamma_w \times 7,855) + (\gamma_w \times 11,355)}{2} \times 3,5 = 33,6175 t/m'$$

- Titik tangkap Ph_1 terhadap O :

$$TPh_1 = \frac{(7,855 \times 3,5) \times 3,25 + (0,5 \times 3,5 \times 3,5) \times 2,667}{(27,4925 + 6,125)} = 3,144 m$$

- Tekanan air vertikal adalah :

$$Pv_1 = 1 \times \left[\left(\frac{2,2 + 0,66}{2} \right) \times 3,5 + 7,855 \times 5,2 \right] = 45,851 t/m'$$

- Titik tangkap Pv_1 terhadap O :

$$TPv_1 = \frac{(7,855 \times 5,2 \times 3,6) + (0,5 \times 1,54 \times 3,5 \times 5,026) + (0,66 \times 3,5 \times 5,87)}{(40,846 + 2,695 + 2,31)}$$

$$TPv_1 = 3,798 m$$

c. Perhitungan Stabilitas

- Resultan (R) gaya-gaya harus berada pada inti

Rumus :

$$x = \frac{M}{V} \quad (2-87)$$

$$e = \frac{b_2}{2} - x \quad (2-88)$$

Syarat :

$$\frac{1}{3}b_2 < x < \frac{2}{3}b_2 \quad (2-89)$$

$$e < \frac{1}{6}b_2 \quad (2-90)$$

Momen akibat berat sendiri

$$M_W = W_1 \times 0,667 + W_2 \times 2,5 + W_3 \times 4,733$$

$$M_W = 5,5 \times 0,667 + 33 \times 2,5 + 12,1 \times 4,733$$

$$M_W = 143,43783 \text{ tm/m'}$$

Momen akibat tekanan air

$$M_V = P v_1 \times 3,798 - P h_1 \times 3,144$$

$$M_V = 45,851 \times 3,798 - 33,6175 \times 3,144 = 68,4486 \text{ tm/m'}$$

$$M = M_W + M_V = 143,4378 + 68,4486 = 211,8864 \text{ tm/m'}$$

$$V = W_1 + W_2 + W_3 + P v_1$$

V = gaya vertikal (ton)

$$V = 5,5 + 33 + 12,1 + 45,851 = 96,451 \text{ t/m'}$$

$$x = \frac{M}{V}$$

$$x = \frac{211,8864}{96,451}$$

$$x = 2,197 \text{ m}$$

$$\text{Syarat } \frac{1}{3}b_2 < x < \frac{2}{3}b_2$$

$$b_2 = 1 + 3 + 2,2 = 6,2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{3} \times 6,2 < 2,197 < \frac{2}{3} \times 6,2$$

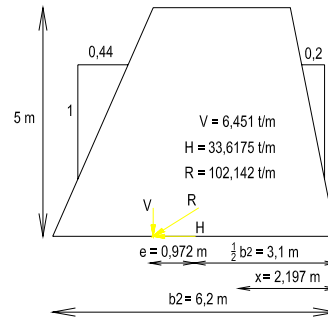
$$2,066 < 2,197 < 4,13 \text{ (memenuhi)}$$

$$e = \frac{b_2}{2} - x = \frac{6,2}{2} - 2,197 = 0,903 \text{ m}$$

$$\text{Syarat } e < \frac{1}{6} b_2$$

$$0,903 < \frac{1}{6} \times 6,2$$

$$0,903 < 1,033 \text{ (memenuhi)}$$



Gambar 5-5 Resultan Gaya Pada Main Dam

- Stabilitas terhadap geser

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$SF = \frac{V \times \tan \phi + C \times b_2}{H} \quad (2-91)$$

Di mana :

SF = faktor keamanan $> 1,2$

V = gaya vertikal (ton)

H = gaya horisontal (ton)

ϕ = sudut geser dalam tanah dasar

C = kohesi tanah (t/m^2)

b_2 = panjang bidang geser (m)

Perhitungan :

$$\phi = \frac{28+32}{2} = 30^\circ$$

$$C = \frac{0,07+0,09}{2} = 0,08 \text{ kg/cm}^2 = 0,8 \text{ t/m}^2$$

$$H = Ph_1 = 33,6175 \text{ t/m}$$

$$SF = \frac{(96,451 \times \tan 30^\circ) + (0,8 \times 6,2)}{33,6175} = 1,804 > 1,2 \text{ (aman)}$$

- Stabilitas terhadap guling

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$SF = \frac{M_v}{M_h} \quad (2-92)$$

Di mana :

SF = faktor keamanan $> 1,2$

M_v = jumlah momen gaya vertikal terhadap O (tm)

M_H = jumlah momen gaya horisontal terhadap O (tm)

Perhitungan :

$$SF = \frac{M_W + (Pv_1 \times 3,798)}{Ph_1 \times 3,144} = \frac{143,4378 + (45,851 + 3,798)}{(33,6175 \times 3,144)}$$

$$SF = 3,005 > 1,2 \text{ (aman)}$$

- Tegangan pada dasar pondasi

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$\sigma_{12} = \frac{V}{b_2} \left(1 \pm \frac{6e}{b_2} \right) \quad (2-93)$$

Di mana :

V = total gaya vertikal (ton)

b_2 = panjang bidang geser (m)

σ_{12} = tegangan maksimum/minimum pada dasar pondasi (t/m^2)

e = jarak dari titik tengah sampai R $\left(x - \frac{b_2}{2} \right)$ dalam meter

Perhitungan :

$$\sigma_{12} = \frac{96,451}{6,2} \left(1 \pm \frac{6 \times 0,903}{6,2} \right) = 15,5567 (1 \pm 0,874)$$

$$\sigma_{max} = 15,5567 \times 1,874 = 29,153 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 15,5567 \times 0,126 = 1,96 \text{ t/m}^2$$

- Daya dukung batas untuk tipe pondasi menerus

Rumus (*Das*, 1995) :

$$q_u = C \times N_c + \gamma \times D \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \quad (2-94)$$

Dimana :

$$C = 0,08 \text{ kg/cm}^2 = 0,8 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma = 1,69 \text{ t/m}^3$$

$$D = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 6,2 \text{ m}$$

$$\varphi = 30^\circ$$

Faktor daya dukung, diambil dari gambar 2-13 Grafik Faktor Daya Dukung Menurut Terzaghi :

$$N_c = 19$$

$$N_q = 8,5$$

$$N_\gamma = 5,5$$

Perhitungan :

$$q_u = 0,8 \times 19 + 1,69 \times 1,5 \times 8,5 + 0,5 \times 1,69 \times 6,2 \times 5,5$$

$$q_u = 65,562 \text{ t/m}^2 > \sigma_{max} = 29,153 \text{ t/m}^2$$

5.4 Perencanaan Pondasi

5.4.1 Kedalaman Pondasi

Rumus (Salamun, 2006) :

$$d_1 = \frac{1}{3}(H + h_3) \quad (2-95)$$

Di mana :

d_1 = kedalaman pondasi (m)

H = tinggi efektif *main dam* (m)

h_3 = tinggi muka air di atas peluap (m)

Perhitungan :

$$d_1 = \frac{1}{3}(5 + 7,855) = 4,285 \text{ m}$$

Karena tanah dasar sungai merupakan lapisan tanah keras, maka *main dam* tidak menggunakan pondasi tetapi strukturnya menyatu dengan lantai terjun (panjang lantai terjun *overlap* terhadap dasar *main dam*).

5.4.2 Penetrasi Pondasi

Pada dasar *dam* berupa batuan dan tanah keras, maka dasar *dam* pengendali sedimen ditempatkan 1,5 m dari permukaan batuan di hulu *main dam*.

5.5 Perencanaan Sayap

5.5.1 Kemiringan Sayap

Agar tidak ada limpasan pada sayap, maka ke arah tebing sayap dibuat lebih tinggi dengan kemiringan $1/N >$ kemiringan dasar sungai. Nilai N ditentukan sebesar 200, sehingga kemiringannya sebesar $\frac{1}{200} = 0,005 > 0,004448$ (kemiringan dasar sungai).

5.5.2 Lebar Sayap

Lebar sayap diambil sama dengan lebar mercu yaitu sebesar 3 m. Di bagian hulu sayap diberi tembok pelindung berbentuk *fillet*.

5.5.3 Penetrasi Sayap

Sayap harus masuk cukup dalam ke tebing karena tanah pada bagian tebing mudah tergerus oleh aliran air. Kedalaman sayap direncanakan 2 m ke arah dalam tebing.

5.6 Perencanaan Sub Dam dan Lantai

5.6.1 Letak Sub Dam dari Main Dam

Untuk *main dam* tidak begitu tinggi ($H = 5$ meter $<$ 15 meter), rumus yang dipakai (Salamun, 2006) :

$$L = 1,5 - 2,0(H_1 + h_3) \quad (2-96)$$

Di mana :

L = jarak antara *main dam* – *sub dam* (m)

H_1 = tinggi dari muka lantai sampai mercu *main dam* (m)

h_3 = tinggi muka air di atas peluap (m)

Perhitungan :

$$H_1 = 5 \text{ m}$$

$$h_3 = 7,855 \text{ m}$$

$$L = 2 \times (H_1 + h_3) = 2 \times (5 + 7,855) = 19,2855 \text{ m}$$

Diambil $L = 22$ m

5.6.2 Penampang *Sub Dam*

a. Lebar mercu *sub dam* sama dengan lebar mercu *main dam*.

$$b_1' = b_1 = 3 \text{ m}$$

b. Kemiringan badan *sub dam* di bagian hilir ditetapkan sama dengan *main dam* yaitu 1: 0,2.

5.6.3 Tinggi *Sub Dam*

Untuk *sub dam* tidak begitu tinggi, rumus yang dipakai :

$$H' = H_2 + h_4 \quad (2-104)$$

Di mana :

H' = tinggi *sub dam* (m)

H_2 = tinggi *overlapping* (m) yang dibatasi oleh rumus :

$$H_2 = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) H_1 \quad (2-105)$$

h_4 = kedalaman penetrasi (m)

H_1 = tinggi *main dam* (m)

Perhitungan :

$$H_2 = \frac{1}{4} \times 5 - \frac{1}{3} \times 5 = 1,25 - 1,667$$

$$H_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$h_4 = 1,5 \text{ m}$$

$$H' = 1,5 + 1,5 = 3 \text{ m}$$

5.6.4 Tebal Lantai/*Apron*

Lantai direncanakan dengan kolam olak, sehingga rumus yang dipakai (Salamun, 2006) :

$$t = 0,1(0,6H_1 + 3h_3 - 1) \quad (2-109)$$

Dimana :

t = tebal lantai (m)

H_1 = tinggi dari muka lantai batuan dasarsampai mercu *main dam* (m)

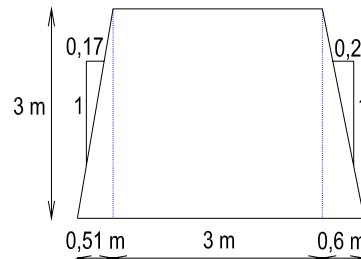
h_3 = tinggi muka air di atas peluap (m)

Perhitungan :

$$t = 0,1 \times (0,6 \times 5 + 3 \times 7,855 - 1) = 2,5565 \text{ m}$$

Diambil $t = 3,1 \text{ m}$

5.6.5 Tinggi Muka Air di Atas Peluap



Gambar 5-6 Dimensi Sub Dam

Perhitungan :

$$Q = 1681,464 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$C = 0,6$$

$$m_2 = 0,5$$

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$B_1 = 35 \text{ m}$$

$$Q = (0,71h_2 + 1,77B_1)h_2^{\frac{3}{2}} \quad (2-62)$$

$$1681,464 = (0,71h_2 + 1,77 \times 35)h_2^{\frac{3}{2}}$$

$$1681,464 = (0,71h_2 + 61,95)h_2^{\frac{3}{2}}$$

Dari hasil *trial and error*, didapat nilai $h_2 = 8,4895 \text{ m}$ dengan

$$Q = 1681,468 \text{ m}^3/\text{detik} \approx 1681,464 \text{ m}^3/\text{detik}.$$

$$B_2 = B_1 + 2 \times m \times h_2 = 35 + 2 \times 0,5 \times 8,4895 = 43,4895 \text{ m}$$

5.6.6 Kemiringan Badan Sub Dam

Kemiringan Badan Hilir ditentukan 1 : 0,2. Sedangkan

kemiringan badan hulu :

$$\alpha = \frac{h_2}{H'} = \frac{8,4895}{3} = 2,83$$

$$\beta = \frac{b_1'}{H'} = \frac{3}{3} = 1$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_w} = \frac{2,2}{1,2} = 1,833$$

$$(1 + 2,83)m^2 + [2(0,2 + 1) + 0,2(4 \times 2,83 + 1,833) + 2 \times 2,83]m - (1 + 3 \times 2,83) + 2,83 \times 1(4 \times 0,2 + 1) + 1,833(3 \times 0,2 \times 1 + 1^2 + 0,2^2) = 0$$

$$3,83m^2 + 10,6906m - 1,39 = 0$$

m dicari dengan menggunakan rumus abc

$$m_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-10,6906 \pm \sqrt{10,6906^2 - 4 \times 3,83 \times (-1,39)}}{2 \times 3,83}$$

$$m_{12} = \frac{-10,6906 \pm 11,644}{7,66}$$

$$m_1 = -2,916$$

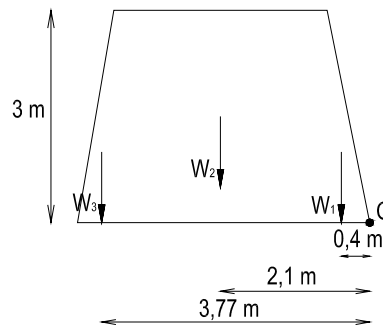
$$m_2 = 0,124 \approx 0,17$$

Diambil $m = 0,17$

5.6.7 Tinjauan Terhadap Gaya – Gaya yang Bekerja

Tinggi *sub dam* (H) = 3 meter < 15 meter. Berdasarkan tabel 2-17, tidak ada gaya yang ditinjau untuk keadaan normal sedang untuk keadaan banjir gaya – gaya yang ditinjau adalah :

a. Berat sendiri (W)



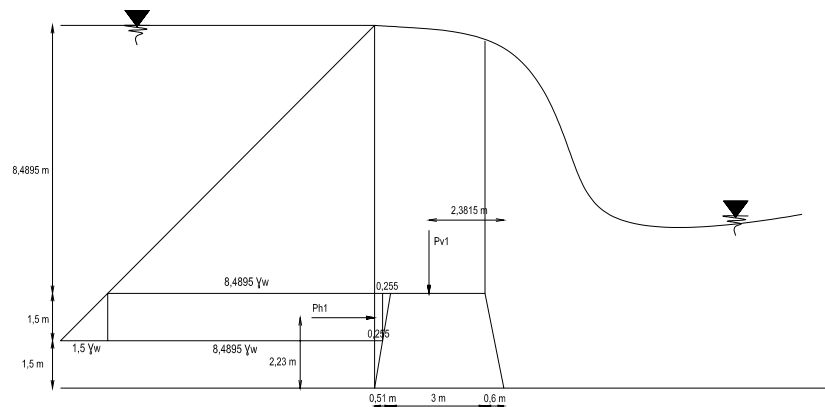
Gambar 5-7 Gaya Akibat Berat Sendiri Pada *Sub Dam*

$$W_1 = \gamma_c \times A_1 = 2,2 \times (0,5 \times 0,6 \times 3) = 1,98 \text{ t/m}^3$$

$$W_2 = \gamma_c \times A_2 = 2,2 \times (3 \times 3) = 19,8 \text{ t/m}^3$$

$$W_3 = \gamma_c \times A_3 = 2,2 \times (0,5 \times 0,51 \times 3) = 1,683 \text{ t/m}^3$$

b. Tekanan Air Statik



Gambar 5-8 Gaya Tekan Air Statik Pada Sub Dam

Pada saat muka air banjir

- Tekanan air horizontal adalah :

$$Ph_2 = \frac{(\gamma_w \times 8,4895) + (\gamma_w \times 9,9895)}{2} \times 1,5 = 13,859 \text{ t/m'}$$

- Titik tangkap Ph_2 terhadap O :

$$TPh_2 = \frac{(8,4895 \times 1,5) \times 2,25 + (0,5 \times 1,5 \times 1,5) \times 2}{(12,734 + 1,125)} = 2,23 \text{ m}$$

- Tekanan air statik vertikal adalah :

$$Pv_2 = \gamma_w \times A_2$$

$$Pv_2 = 1 \times \left[8,4895 \times 3,51 + \left(\frac{0,51 + 0,255}{2} \right) \times 1,5 \right]$$

$$Pv_2 = 30,372 \text{ t/m'}$$

- Titik tangkap Pv_2 terhadap O :

$$TPv_2 = \frac{(8,4895 \times 3,51) \times 2,355 + (0,5 \times 0,255 \times 1,5) \times 3,77 + (0,255 \times 1,5) \times 3,9825}{(29,798 + 0,191 + 0,3285)}$$

$$TPv_2 = 2,3815 \text{ m}$$

c. Perhitungan stabilitas

- Resultan (R) gaya-gaya harus berada pada inti

Momen akibat berat sendiri

$$M_W = W_1 \times 0,4 + W_2 \times 2,1 + W_3 \times 3,77$$

$$M_W = 1,98 \times 0,4 + 19,8 \times 2,1 + 1,683 \times 3,77 = 48,717 \text{ tm/m'}$$

Momen akibat tekanan air

$$M_p = Pv_2 \times 2,3815 - Ph_2 \times 2,23$$

$$M_p = 30,372 \times 2,3815 - 13,859 \times 2,23 = 41,4253 \text{ tm/m'}$$

$$M = M_W + M_p = 48,717 + 41,4253 = 90,1423 \text{ tm/m'}$$

$$V = W_1 + W_2 + W_3 + P v_2$$

$$V = 1,98 + 19,8 + 1,683 + 30,372 = 53,835 \text{ t/m'}$$

$$x = \frac{M}{V} = \frac{90,1423}{53,835} = 1,674 \text{ m}$$

$$\text{Syarat, } \frac{1}{3} b_2 < x < \frac{2}{3} b_2$$

$$b_2 = 4,11 \text{ m}$$

$$\frac{1}{3} \times 4,11 < 1,674 < \frac{2}{3} \times 4,11$$

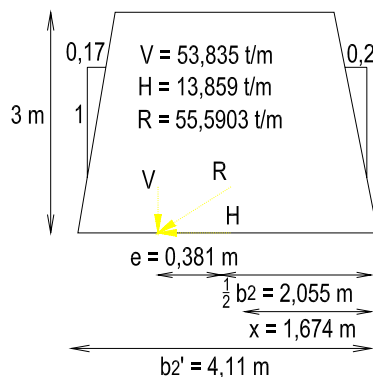
$$1,37 < 1,674 < 2,74 \text{ (memenuhi)}$$

$$e = \frac{b_2}{2} - x = \frac{4,11}{2} - 1,674 = 0,381 \text{ m}$$

$$\text{Syarat, } e < \frac{1}{6} b_2$$

$$0,381 < \frac{1}{6} \times 4,11$$

$$0,381 < 0,685 \text{ (memenuhi)}$$



Gambar 5-9 Resultan Gaya Pada Sub Dam

- Stabilitas terhadap geser

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$SF = \frac{V \times \tan \phi + C \times b_2}{H} \quad (2-91)$$

Di mana :

SF = faktor keamanan $> 1,2$

V = gaya vertikal (ton)

H = gaya horisontal (ton)

ϕ = sudut geser dalam tanah dasar

C = kohesi tanah (t/m^2)

b_2 = panjang bidang geser (m)

Perhitungan :

$$\phi = \frac{28+32}{2} = 30^\circ$$

$$C = \frac{0,07+0,09}{2} = 0,08 \text{ kg/cm}^2 = 0,8 \text{ t/m}^2$$

$$H = Ph_2 = 13,859 \text{ t/m}$$

$$SF = \frac{(53,835 \times \tan 30^\circ) + (0,8 \times 4,11)}{13,859} = 2,479 > 1,2 \text{ (aman)}$$

- Stabilitas terhadap guling

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$SF = \frac{M_v}{M_H} \quad (2-92)$$

Di mana :

SF = faktor keamanan $> 1,2$

M_v = jumlah momen gaya vertikal terhadap O (tm)

M_H = jumlah momen gaya horisontal terhadap O (tm)

Perhitungan :

$$SF = \frac{M_W + (Pv_2 \times 2,3815)}{Ph_2 \times 2,23}$$

$$SF = \frac{48,717 + (30,372 \times 2,3815)}{(13,859 \times 2,23)} = 3,917 > 1,2 \text{ (aman)}$$

- Tegangan pada dasar pondasi

Rumus (*Sabo Engineering*, 1990) :

$$\sigma_{12} = \frac{V}{b_2} \left(1 \pm \frac{6e}{b_2} \right) \quad (2-93)$$

Di mana :

V = total gaya vertikal (ton)

b_2 = panjang bidang geser (m)

σ_{12} = tegangan maksimum/minimum pada dasar pondasi (t/m^2)

e = jarak dari titik tengah sampai R $\left(x - \frac{b_2}{2} \right)$ dalam meter

Perhitungan :

$$\sigma_{12} = \frac{53,835}{4,11} \left(1 \pm \frac{6 \times 0,381}{4,11} \right) = 13,0985(1 \pm 0,556)$$

$$\sigma_{max} = 13,0985 \times 1,556 = 20,3812 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{min} = 13,0985 \times 0,444 = 5,816 \text{ t/m}^2$$

- Daya dukung batas untuk tipe pondasi menerus

Rumus (Das, 1995) :

$$q_u = C \times N_c + \gamma \times D \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \quad (2-94)$$

Dimana :

$$C = 0,08 \text{ kg/cm}^2 = 0,8 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma = 1,69 \text{ t/m}^3$$

$$D = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 4,11 \text{ m}$$

$$\varphi = 30^\circ$$

Faktor daya dukung, diambil dari gambar 2-13 Grafik

Faktor Daya Dukung Menurut Terzaghi :

$$N_c = 19$$

$$N_q = 85$$

$$N_\gamma = 5,5$$

Sehingga, daya dukung batas untuk pondasi menerus :

$$q_u = 0,8 \times 19 + 1,69 \times 1,5 \times 85 + 0,5 \times 1,69 \times 4,11 \times 5,5$$

$$q_u = 55,849 \text{ t/m}^2 > \sigma_{max} = 20,3812 \text{ t/m}^2$$

5.7 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Berupa konstruksi tembok tepi, dengan ketentuan sebagai berikut :
elevasi pondasi tembok tepi direncanakan sama dengan elevasi lantai terjun, tetapi harus terletak di luar titik jauh dari *main dam*. Direncanakan sejauh 6 meter dari *main dam*.

Kemiringan standar V : H = 1 : 0,5

Ketinggian tembok tepi direncanakan sama dengan ketinggian sayap *sub dam*.

5.8 Selimut Beton

Selimut beton berfungsi untuk melapisi struktur *main dam*, lantai terjun dan *sub dam* dari gerusan material sedimen yang terbawa oleh air sungai agar bangunan tetap kokoh sesuai umur rencananya (Sosrodarsono dan Tominaga, 1985). Selimut beton direncanakan mutu K225 dengan tebal 30 cm. Tulangan rangkap berdiameter 12 mm dengan jarak 20 cm arah vertikal dan horisontal. Tulangan pada selimut beton *dam* berfungsi untuk mengikat beton dan bukan berfungsi struktural (menahan beban).