

PEMBERIAN SILL (Z) PADA AWAL SALURAN TRANSISI PELIMPAH SAMPING STUDI KASUS PADA PELIMPAH BENDUNGAN BAYANG-BAYANG KABUPATEN BULUKUMBA

Mohammad Taufiq

Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
e-mail : m_taufiq@ub.ac.id

ABSTRAK

Bangunan Pelimpah Samping (*side spillway*) berfungsi mengalirkan air banjir yang menyebabkan naiknya muka air di bendungan, hal ini untuk menghindarkan dari bahaya over topping. Pada awal perencanaan pelimpah samping, penentuan dasar saluran sangat penting karena akan berpengaruh terhadap kemampuan mengalirkan debit supaya tidak terjadi aliran tenggelam (*submerged*) yang akan menyebabkan ketidaksempurnaan kemampuan pengaliran debit pada pelimpah.

Banyak kasus pada pemodelan spillway yang mempunyai saluran transisi tidak lurus karena kondisi medan atau lokasi yang tidak memungkinkan untuk dibuat lurus, hal ini akan menimbulkan aliran silang (*cross flow*) pada saluran transisi dan peluncur. Hal demikian tidak boleh terjadi karena akan menyebabkan ketidaksempurnaan aliran. Untuk itu maka diperlukan adanya ambang atau sill pada awal saluran transisi untuk mengarahkan agar supaya tidak terjadi aliran silang. Pendekatan tingginya ambang atau sill bisa diperkirakan dengan rumus empiris, agar supaya dalam penentuan sill dalam pemodelan tidak dilakukan dengan cara coba-coba.

Kata kunci : saluran transisi, rumus empiris, ambang

ABSTRACT

The function of Side Spillway to aim floods that cause rise of the water level in the dam, this is to avoid the dangers of over-topping. At the beginning of the planning side spillway, the determination of the channel base is very important because it will affect the ability of discharge that does not happen submerged flow which will cause imperfections in the ability of discharge at the spillway.

Many cases in the modeling of the transition channel spillway that has not straight because of field conditions or locations that do not allow to be made straight, this will cause cross-flow at the transition and chut channel. This case should not happen because it will cause unperfect flow. For that we need a threshold or sill in the early transition to direct the flow so that no cross flow occurs. Approach the threshold or sill height can be estimated with empirical formulas, in order that the determination of sill in the modeling is not done by trial and error.

Key words : transition channel, empirical formula, sill

PENDAHULUAN

Lokasi bendungan Bayang-Bayang terletak disebelah barat laut kota Bulukumba dan berjarak sekitar 22 km,

terletak pada aliran sungai Bialo.

Secara administrasi daerah ini termasuk kedalam wilayah kampung Batuara desa Gattareng, kecamatan

Gantareng, kabupaten Bulukumba propinsi sulawesi selatan.

Bendungan Bayang-Bayang direncanakan untuk mengairi sawah Jaringan Irigasi Bayang-Bayang Kabupaten Bulukumba Sulawesi Selatan seluas 3500 Ha.

PERMASALAHAN

Permasalahan dalam penelitian ini adalah, pemberian sill atau ambang (Z) pada awal saluran transisi untuk mengarahkan aliran pada saluran yang tidak lurus atau ada belokan, masalah belokan ini merupakan awal dari adanya aliran silang (*cross flow*) pada saluran, sehingga perlu pemberian ambang atau sill pada awal belokan dengan tujuan untuk menyeimbangkan arah aliran agar tidak terjadi aliran silang pada saluran transisi dan peluncur.

Pemberian ambang atau sill ini adalah merupakan langkah awal agar tinggi dari ambang tidak diperkirakan dalam pembuatan model test, dengan kata lain perubahan aliran akibat terjadinya pemberian ambang sudah diketahui terlebih dahulu kondisi aliran yang ada diatas ambang

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pemecahan dari beberapa temuan dan permasalahan yang ada dalam perjalanan perencanaan, pengawasan dan pelaksanaan proyek.

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan tingginya ambang atau sill dapat diperkirakan dengan cara empiris,
2. Penentuan tingginya sill yang sesungguhnya dalam model sudah dapat diperkirakan dari awal perencanaan, untuk penyeimbang aliran dapat disesuaikan dalam pelaksanaan model menurut arah aliran silang,
3. Coba-coba tingginya ambang dalam perhitungan empiris ini sudah dapat memberikan gambaran kondisi aliran

TINJAUAN PUSTAKA

1. Kapasitas Debit Pelimpah

Dimensi saluran pengatur type bendung pelimpah dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = C L H^{(3/2)}$$

dimana :

Q = debit rencana (m^3/dt)

C = koefisien limpahan

L = lebar efektif bendung (m)

H = total tinggi tekanan air di atas mercu bendung (m)

2. Saluran Pelimpah Samping

Penampang memanjang dari pelimpah samping dihitung dengan rumus yang digunakan dari I. Hinds :

$$Q_x = q X$$

$$V_x = a X^n$$

$$Y = \frac{n+1}{n} hv$$

dimana :

Q_x = debit pada titik X (m^3/dt)

q = debit per unit lebar yang melewati pelimpah ($m^3/dt/m$)

X = jarak antara tepi udik bendung dengan titik pada mercu bendung (m)

V = kecepatan rata-rata aliran air didalam saluran samping pada titik tertentu (m/dt)

a = koefisien yang berhubungan dengan kecepatan aliran air didalam saluran samping

n = eksponen untuk kecepatan aliran air didalam saluran samping (0,4 - 0,8)

Y = perbedaan elevasi antara mercu pelimpah dengan permukaan air didalam saluran samping pada bidang Ax

hv = tinggi tekanan kecepatan aliran ($hv = v^2/2g$)

Angka a dan n pada rumus di atas perlu dicari untuk mendapatkan biaya konstruksi saluran samping yang ekonomis dan mempunyai bentuk hidrolis yang menguntungkan.

Untuk mendapatkan harga a dan n dipergunakan metode coba banding.

Lebar dasar side channel direncanakan makin kehilir semakin besar. Diharapkan pada saat melewati debit banjir rencana, permukaan air didalam saluran samping membentuk bidang yang hampir datar dengan penampang basah paling efektif.

3. Perhitungan Elevasi Muka Air di Pelimpah Samping

Elevasi muka air di side channel dihitung berdasarkan titik kontrol pada akhir saluran transisi.

Saluran transisi ini menghubungkan side channel dengan saluran peluncur yang mempunyai lebar dasar saluran sama, dan untuk menghindari aliran-aliran yang helisoidal. Saluran transisi ini dibuat sesimetri mungkin dengan data sebagai berikut :

Ujung udik : merupakan akhir saluran samping

Ujung hilir :

- merupakan titik akhir saluran transisi sebelum masuk kedalam saluran peluncur
- direncanakan terjadi aliran kritis
- dipakai sebagai titik kontrol

Dengan didapatnya kedalaman air di hilir side channel, maka profil muka air disepanjang side channel dapat ditentukan dengan cara coba banding dengan menggunakan rumus :

$$\Delta Y = \frac{Q_1}{g} \frac{(V_1 + V_2)}{(Q_1 + Q_2)} \left\{ (V_1 + V_2) + \frac{V_2(Q_2 - Q_1)}{Q_1} \right\}$$

dimana :

- Q_1 = debit air di bagian hulu
- Q_2 = debit air di bagian hilir
- V_1 = kecepatan air di bagian hulu
- V_2 = kecepatan air di bagian hilir
- ΔY = selisih muka air di bagian hulu dan hilir
- g = percepatan gravitasi (m^2/dt)

4. Tinggi Muka Air Karena Adanya Sill (Z) Pada awal Transisi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung muka air dengan adanya sill adalah menggunakan persamaan garis energi sebagai berikut :

$$E_1 = E_2$$

$$Y_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = Y_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + Z$$

Dimana :

- Y = tinggi muka air (m)
- α = koefisien koreolis
- V = kecepatan air (m/dt)
- g = percepatan gravitasi
- Z = tinggi ambang atau sill (m)

PEMBAHASAN

1. Kapasitas Debit Pelimpah Samping

Debit banjir rencana :

$$Q_{100} = 228.34 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{1000} = 305.75 \text{ m}^3/\text{det}$$

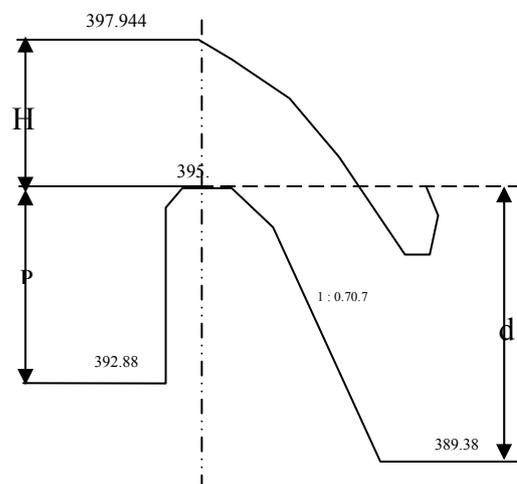
Debit rencana outflow sebagai berikut :

$$Q_{100} = 224.93 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{HWL. EL. } 396.983 \text{ m}$$

$$Q_{1000} = 300.785 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{HWL. EL. } 397.197 \text{ m}$$



Gambar 1 : Gambar Aliran Diatas Pelimpah

2. Perencanaan Hidrolis Saluran Pelimpah Samping

(1) Penampang memanjang dari pelimpah samping

Penampang ambang yang ditinjau untuk :

$$\text{bagian hulu} : X = 10,00 \text{ m}$$

$$\text{bagian hilir} : X = 100,00 \text{ m}$$

Direncanakan :
 $X_1 = 0.00 \text{ m}$ $b_1 = 20.00 \text{ m}$
 $X_2 = 100.00 \text{ m}$ $b_2 = 30.00 \text{ m}$
 $Z_1 = 0.70$
 $Z_2 = 0.00$
 $q = 3.008 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$

Harga d dapat dihitung dengan rumus :

$$d = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 2(Z_1 + Z_2) A}}{(Z_1 + Z_2)}$$

Untuk :

$X = 10.00$ $b = 21.000 \text{ m}$
 $X = 100.00$ $b = 300.00 \text{ m}$

Untuk :

$X = 10.00$ $D_1 = d_1 + Y_1$
 $X = 100.00$ $D_2 = d_2 + Y_2$

Maka Pembiayaan (P) dari kolam penam pung dapat dinyatakan sebagai :

$$P = D_1 + 2 D_2$$

Perhitungan coba banding untuk penentuan a dan n. Dari perhitungan coba banding di dapatkan harga-harga :

$a = 0.20$
 $n = 0.65$

Kehilangan tinggi tekanan gesekan secara kasar dapat dihitung dengan rumus Manning dengan koefisien kekasaran diambil $n = 0.014$.

Dilihat dari bentuk dasar saluran samping hasil perhitungan adalah berupa garis lengkung, sehingga pelaksanaan konstruksinya akan cukup sulit.

Untuk menghindari kesulitan dalam pelaksanaan maka bentuk penampang memanjang dasar saluran dirubah menjadi garis lurus.

Penyesuaian ini dilakukan dengan menghubungkan titik akhir garis lengkung dengan titik yang letaknya $1/3 - 1/10$ dari panjang pelimpah, dan diukur dari ujung garis lengkung.

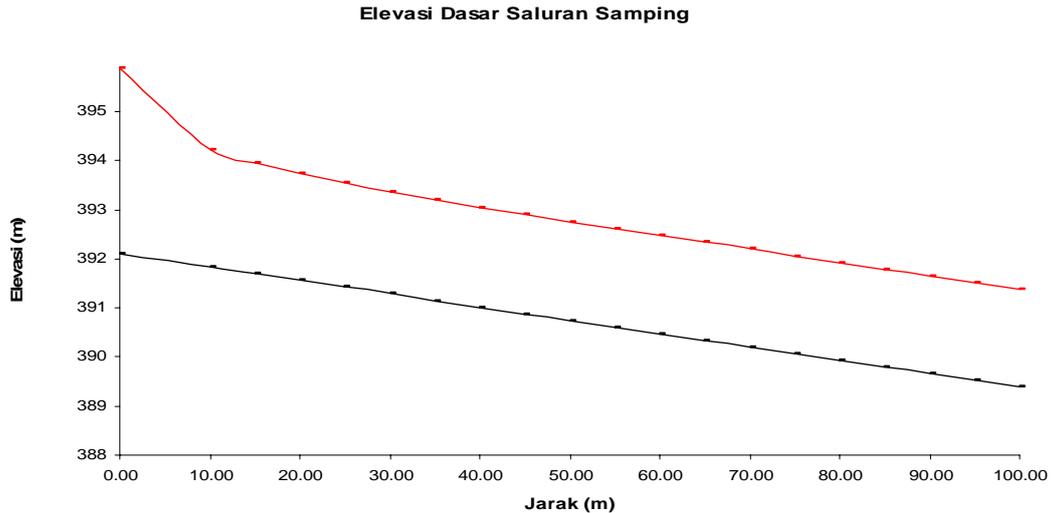
Maka slope garis lurus adalah :

$$S = (370.497) - (371.312) / 30$$

$$S = 0.027184$$

Tabel 1 : Hasil Perhitungan Elevasi Dasar Saluran

X	D + hf	El Dasar Side Channel Teoritis	El Dasar Sesungguhnya
0.00		395.889	392.104
10.00	1.666	394.223	391.832
15.00	1.930	393.959	391.697
20.00	2.148	393.741	391.561
25.00	2.340	393.549	391.425
30.00	2.516	393.373	391.289
35.00	2.679	393.210	391.153
40.00	2.835	393.054	391.017
45.00	2.985	392.904	390.881
50.00	3.130	392.759	390.745
55.00	3.272	392.617	390.609
60.00	3.412	392.477	390.473
65.00	3.550	392.339	390.337
70.00	3.688	392.201	390.201
75.00	3.824	392.065	390.065
80.00	3.960	391.929	389.930
85.00	4.096	391.793	389.794
90.00	4.233	391.656	389.658
95.00	4.366	391.523	389.522
100.00	4.503	391.386	389.386



Gambar 2 : Elevasi Dasar Saluran Samping

Pada Gambar 2, terlihat ada penurunan dasar saluran dari yang sesungguhnya menjadi elevasi dibawahnya sebesar 2,00 m. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya aliran tidak sempurna pada debit banjir maksimum boleh jadi (Q_{PMF}),

$$\begin{aligned}
 B &= 30.000 \text{ m} \\
 n &= 0.014 \\
 Z &= 0.000 \\
 q &= 7.498 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

(2) Perhitungan elevasi muka air di pelimpah samping

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{((B + Z d c) d c)^3}{(B + 2 Z d c)}$$

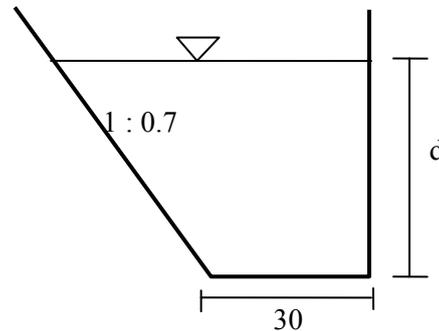
Elevasi muka air di side channel dihitung berdasarkan titik kontrol pada akhir saluran transisi.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai kiri} &= 5157.340 \\
 \text{Nilai kanan} &= 5157.340 \\
 d_{c \text{ trial}} &= 1.789 \text{ m} \\
 V_c &= q / d_c = 4.190 \text{ m}/\text{dt} \\
 h_c &= V_c^2 / 2g = 0.895 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Saluran transisi ini menghubungkan side channel dengan saluran peluncur yang mempunyai lebar dasar saluran sama, dan untuk menghindari aliran-aliran yang helisoidal.

Kedalaman air pada titik akhir side channel :

Saluran transisi ini dibuat sesimetri mungkin dengan data sebagai berikut :



Ujung udik :

- merupakan akhir saluran samping
- lebar dasar = 20 m

Ujung hilir :

- merupakan titik akhir saluran transisi sebelum masuk kedalam saluran peluncur
- direncanakan terjadi aliran kritis
- lebar dasar diambil = 30 m
- dipakai sebagai titik kontrol

$$Q_{100} = 224.93 \text{ m}^3/\text{dt} > (0.25 \times Q_{PMF} = 160.58 \text{ m}^3/\text{dt})$$

$$\begin{aligned}
 A &= (30.00 + 30.00 + 0.7 \times d) \times d/2 \\
 A &= (60.00 + 0.7 \times d) \times d/2 \\
 A &= 30.00 d + 0.35 d^2 \\
 V &= Q/A = 224.930 / (30.00d + 0.35 d^2)
 \end{aligned}$$

$$S_0 = 0.0000$$

Dengan persamaan Bernoulli dapat dicari kedalaman d :

$$d + h_v = d_c + h_c + 0.2 (h_c - h_v)$$

Jadi persamaannya sekarang :

$$d + V^2/2g = 1.789 + 0.895 + 0.2 \times (0.895 - V^2/2g)$$

Dengan cara coba-coba didapat d (kedalaman di hilir side channel) :

$$d = 2.166 \text{ m}$$

Dengan didapatnya kedalaman air di hilir side channel, maka profil muka air disepanjang side channel dapat ditentukan dengan cara coba banding

dengan mempergunakan rumus :

$$\Delta Y = \frac{Q_1}{g} \frac{(V_1 + V_2)}{(Q_1 + Q_2)} \left\{ (V_1 + V_2) + \frac{V_2(Q_2 - Q_1)}{Q_1} \right\}$$

dimana :

Q1 = debit air di bagian hulu

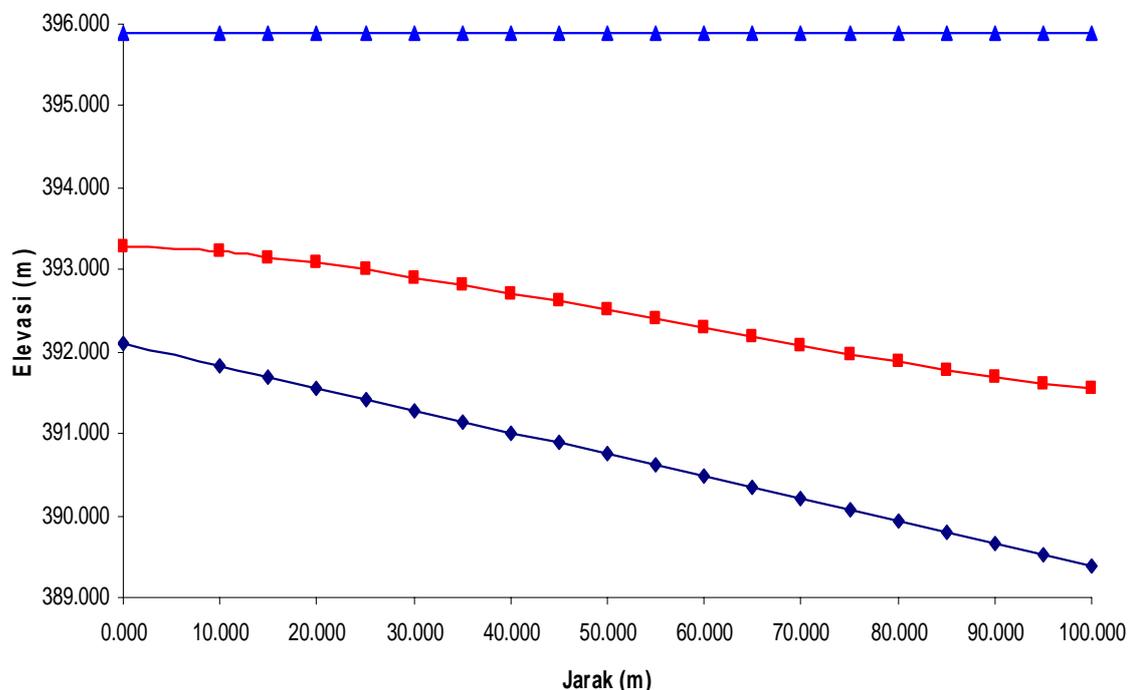
Q2 = debit air di bagian hilir

V1 = kecepatan air di bagian hulu

V2 = kecepatan air di bagian hilir

ΔY = selisish muka air di bagian hulu dan hilir

g = percepatan gravitasi (m^2/dt)



Gambar 3 : Elev Muka Air Pada Saluran Samping Pada Q₁₀₀

3. Tinggi Muka Air Karena Adanya Sill (Z) Pada Awal Saluran Transisi

Untuk Debit Q₁₀₀ Th

Saluran segi empat dengan q = 2.249 m³/dt/m'

Aliran seragam dengan kedalaman air di hulu (Y₁) = 2.166 m

Pada saluran dibuat sill dengan menaikkan dasar setinggi Z Koef Coriolis (α) = 1.1

1) Hubungan muka air di hulu sill (Y₁) dengan di atas sill (Y₂) dan tinggi sill (Z) V₁ = q/Y₁ = 1.04 m/dt

$$Y_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = Y_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + Z$$

V₂ = q/Y₂ = q/Y₂ m/dt

Persamaan yang digunakan :

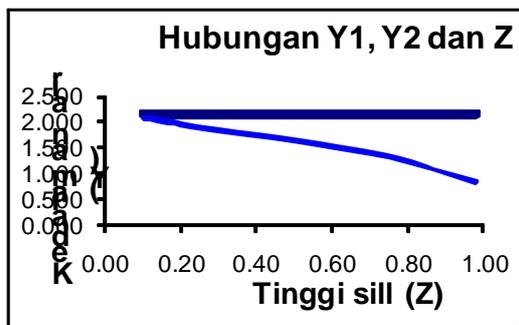
$$E_1 = E_2$$

Persamaannya sekarang :

$$Y_2^3 - 2,226 Y_2^2 + Z Y + 0,284 = 0$$

Tabel 2 : Hubungan Tinggi Sill (Z) Dengan Muka Air Q₁₀₀ Th

Z	0.10	0.20	0.50	0.75	0.98	1.00
Y1	2.166	2.166	2.166	2.166	2.166	2.166
Y2	2.060	1.952	1.618	1.312	0.828	0.828
Trial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01



Gambar 4 : Hubungan Kedalaman Muka Air Dengan Tinggi Sill (Z) Q₁₀₀ Th

2) Kedalaman Kritis

Perhitungan kedalaman kritis dihitung dengan rumus:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{1,1 q^2}{g}}$$

$$Y_c = 0,828 \text{ m}$$

3) Tinggi sill minimum (Z_c) yang menyebabkan aliran kritis di atas sill

$$E_1 = E_c + Z_c,$$

$$E_c = 3/2 Y_c = 1.242$$

$$Z_c = E_1 - E_c$$

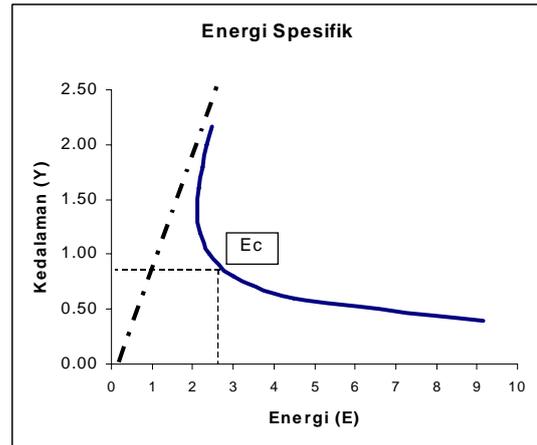
$$E_1 = Y_1 + 1.1 (q^2)/(2g Y_1^2) = 2.226$$

$$Z_c = 0.98 \text{ m}$$

4) Potongan memanjang (dasar saluran, muka air dan garis energi)

Tabel 3 : Perhitungan Energi Spesifik Q₁₀₀ Th

Y	$\alpha q^2/(2gY^2)$	E
0.40	8.76	9.16
0.60	3.89	4.49
0.80	2.19	2.99
1.00	1.40	2.40
1.20	0.97	2.17
1.40	0.72	2.12
1.60	0.55	2.15
1.80	0.43	2.23
2.00	0.35	2.35
2.16	0.30	2.46



Gambar 5 : Energi Spesifik Pada Q₁₀₀ Th - Menghitung profil muka air :

Pada kondisi $Z > Z_c$ ($Z = 1.0 \text{ m}$)

Pada kondisi ini terjadi kenaikan muka air pada hulu sill, untuk itu dicari muka air hulu yang baru.

$$E_1 = \Delta Z + E_c$$

$$= \Delta Z + 3/2 Y_c$$

$$Y_1 + \alpha q^2/(2gY_1^2) = 1.0 + 1.242$$

$$Y_1 + 0.06 Y_1^{-2} = 2.242$$

Sehingga Persamaannya :

$$Y_1^3 - 2.242 Y_1^2 + 0.06 = 0$$

dengan cara coba-coba $Y_1 = 2.182 \text{ m}$

Sehingga :

$$Y_1 = 2.182$$

$$Y_2 = 0.828$$

$$V_1 = 1.031$$

$$V_2 = 2.717$$

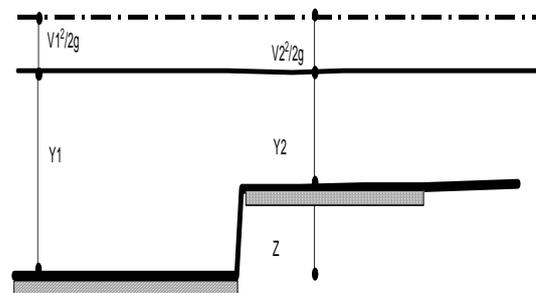
$$\alpha v^2/2g = 0.060$$

$$\alpha v^2/2g = 0.414$$

$$E_1 = E_2 + Z$$

$$E_1 = 2.242$$

$$E_2 = 2.242 \quad \text{----> OK}$$



Gambar 6 : Profil Muka Air Pada Saluran Setelah Adanya Sill (Z) Pada Q₁₀₀ Th

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari permasalahan ini adalah, perhitungan pelimpah samping harus memperhatikan beberapa hal :

- a) Penentuan dasar pelimpah harus mempertimbangkan terhadap kemampuan pelimpah mengalirkan debit Q_{1000} th dan Q_{PMF} , supaya aliran di atas pelimpah mengalir secara sempurna tidak terjadi aliran submerged
- b) Jika kondisi arah saluran mengharuskan terjadi belokan, pertimbangan pembuatan sill (z) menjadi penting, mengingat sering terjadi aliran *Cross Flow* pada kondisi yang demikian,
- c) Pemberian sill (Z) pada awal saluran transisi, memberikan beberapa indikasi (kondisi aliran) dengan berbagai kedalaman air (Y) yang tertuang dalam perhitungan Energi Spesifik

Saran, perhitungan di dalam penelitian ini hanya merupakan kajian teoritis, tentunya harus dibuktikan dengan kondisi yang sesungguhnya (model test). Tetapi dalam kajian teoritis ini merupakan awal pendekatan dalam menentukan langkah dalam pembuatan model, terutama untuk menghilangkan aliran cross flow bila benar-benar terjadi, sebagai bahan penentu tingginya sill (Z) dalam model.

DAFTAR PUSTAKA

- Soejono Sosrodarsono, "Bendungan Type Urugan", PT. Pradnya Paramita, Jakarta 1976
- United States Department Of The Interior Bureu Of Reclamation, "Design Of Gravity Dams", Denver Colorado, 1976
- United States Department Of The Interior Bureu Of Reclamation," Hydraulic Design Of Stilling Basins And Energy Dissaptors, Denver Colorado