

# REDESAIN BENDUNG GERAK SEMBAYAT DEGAN MENGUNAKAN PINTU RADIAL

Fajry Widyanto, Umboro Lasminto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: [fajrywidyanto@gmail.com](mailto:fajrywidyanto@gmail.com) [umboro@ce.its.ac.id](mailto:umboro@ce.its.ac.id)

*Bendung gerak Sembayat berada di wilayah sungai Bengawan Solo terletak pada 110 ° 18 sampai 112 ° 45' bujur timur dan 6 ° 49 sampai 8 ° 08' lintang selatan yang masih dalam tahap pembangunan dan terletak di Desa Sembayat Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan desain pintu vertikal (pintu Sluice) dengan Q50 tahunan sebesar 2350m<sup>3</sup>/detik. Bendung gerak dibangun untuk mengatasi banjir dan kekeringan.*

*Metode yang digunakan untuk mendesain ulang pintu air agar tidak terjadi banjir dan kekeringan adalah dengan menggunakan permodelan penampang sungai di sekitar bendung gerak dengan menggunakan program bantu HEC-RAS. simulasi dilakukan untuk memperoleh bukti dan jumlah pintu agar tidak terjadi luapan air*

*Tugas akhir ini didapatkan pintu radial berjumlah 9 dengan  $h = 6$  meter dan  $b = 15$  meter dengan menggunakan material baja standar SM490Y pada lengan pintu dan daun pintu.*

**Kata kunci :** Bendung Gerak, Sembayat

## I PENDAHULUAN

Desa Sidomukti terletak di Provinsi Jawa Timur tepatnya di Kabupaten Lamongan. Sebagian besar penduduknya bekerja sebagai buruh tani. Seperti yang kita ketahui, bahwa para buruh tani sangat membutuhkan air bersih baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam pertanian. Sulitnya pasokan air bersih dapat menghambat siklus pertanian.

Pembangunan bendungan di daerah Sembayat Sidomukti mempunyai peranan penting, sebab disadari makin berkurangnya air bersih (*fresh water*) untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih penduduk di sekitar daerah Sembayat Sidomukti, sehingga diharapkan warga akan menggunakan sarana tersebut.

Lancar atau tidaknya pasokan air akan membawa dampak pada hasil kebun dan tambak, yang sebagian besar warga yang tinggal di daerah tersebut

bekerja sebagai petani, dan akan membawa dampak yang cukup besar terhadap kehidupan masyarakat.

Pembangunan Bendung Gerak Sembayat Gresik, Jawa Timur ini diharapkan dapat membawa kemajuan di berbagai bidang terutama dalam hal pertanian, sehingga pemerintah senantiasa berupaya meningkatkan hasil pangan. Mengingat negara kita sebagai negara agraris maka perlu kita tingkatkan sistem hasil pangan dengan memperbaiki sumber air.

Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan pasokan air bersih yang stabil untuk rumah tangga, industri, irigasi dan budidaya ikan, meskipun musim kemarau. *Barrage* (bendung pintu gerak) adalah struktur utama untuk pasokan air ke daerah yang paling hilir, Kota Gresik dan daerah utara Kabupaten Gresik.

Redesain dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik terutama dalam pengurangan gaya gesek yang terjadi, serta mengurangi endapan sedimen dasar bendung dan merubah lebar pintu.

### 1.1 PERUMUSAN MASALAH

Adapun perumusan masalah dari tugas akhir yang akan diangkat adalah sebagai berikut :

1. Berapa debit rencana dan elevasi permukaan air rencana Bendung Sembayat
2. Bagaimana desain pintu eksisting Bendung Sembayat
3. Bagaimana desain pintu radial Bendung Gerak Sembayat
4. Perencanaan pola operasi pintu

### 1.2 TUJUAN

Proyek pembangunan Bendung Gerak Sembayat sebagai konstruksi pembendung, penampung dan pengatur tinggi muka air, dengan adanya proposal tugas akhir ini diharapkan menghasilkan banyak manfaat sesuai dengan maksud dan tujuannya yaitu :

1. Mengetahui debit rencana elevasi permukaan air bendung Sembayat
2. Mendesain dimensi pintu eksisting bendung
3. Mengetahui bagian-bagian yang menerima gaya akibat tekanan air
4. Memperoleh desain pintu radial Bendung Gerak Sembayat

### 1.3 MANFAAT

Adapun manfaat yang diharapkan diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis, sebagai syarat pengajuan Tugas Akhir bidang hidroteknik Jurusan Teknik Sipil

## II METODOLOGI

### 2.1 TINJAUAN UMUM

Metode yang digunakan dalam studi ini pada beberapa pokok pikiran, teori dan rumusan yang ada pada beberapa literatur diharapkan dapat memperoleh cara untuk mendesain bendung gerak menggunakan radial gate yang baik dan tepat.

### 2.2. LANGKAH YANG DILAKUKAN

#### 2.2.1 SURVEY PADA DATA PROYEK

Survey pada data proyek dilakukan agar memperoleh perbandingan dari desain awal bendung dengan desain yang akan dijadikan sebagai studi tugas akhir. Untuk memperoleh data proyek dilakukan dengan cara:

- Melakukan identifikasi tempat proyek  
Cara ini dilakukan untuk mengetahui kondisi riil di lapangan yang akan dijadikan sebagai studi tugas akhir;
- Melakukan wawancara dengan Petugas Lapangan;  
Hal ini dilakukan untuk mengetahui lebih jelas dan terperinci mengenai daerah studi;

#### 2.2.2 STUDI LITERATUR

Studi ini dilakukan sebagai acuan untuk mengetahui langkah-langkah yang dilakukan yang bersangkutan dengan studi tugas akhir. Bahan acuan didapat dari berbagai sumber dan referensi dari Petugas Lapangan.

#### 2.2.3 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan untuk mempermudah penyelesaian permasalahan yang ada pada studi. Adapun data-data tersebut adalah:

- Data debit banjir di daerah sungai Sembayat  
Digunakan mengetahui berapa dimensi bendungan.
- Data elevasi  
Data tersebut untuk mengetahui perbedaan antara upstream dan downstream.
- Dimensi bendung Sembayat  
Digunakan sebagai tolak ukur desain baru yang akan dijadikan studi.

- Data longcross sungai
- Data Perencanaan bendung sebelumnya

### 2.2.4 ANALISA DAN PROSES PERHITUNGAN

Tahap analisa dan proses perhitungan mencakup sebagai berikut:

1. Menghitung debit rencana  
Analisa debit rencana meliputi perhitungan debit banjir maksimal.
2. Elevasi permukaan air rencana  
Menentukan jumlah dan lebar pintu
3. Menentukan desain pintu  
Kegiatan ini meliputi perhitungan dan perencanaan desain pintu.
4. Menentukan ukuran pintu dan pondasi bendung  
Kegiatan ini meliputi perhitungan stabilitas dari desain tersebut.
5. Menghitung kekuatan dari desain  
Dari data-data yang didapatkan dapat diketahui perbedaan antara desain sebelumnya dengan desain akan dijadikan sebagai studi tugas akhir.

## III PERENCANAAN BENDUNG GERAK

### 3.1 Pendahuluan Perencanaan

Bangunan utama dapat didefinisikan sebagai semua bangunan yang direncanakan di sepanjang sungai atau aliran.

### 3.2 Pengertian Perencanaan Bendung Gerak

Seperti yang diuraikan sebelumnya, bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang berfungsi meninggikan muka air agar dapat dialirkan ketempat yang memerlukan.

### 3.3 Perhitungan *Main channel Capacity*

Perhitungan ini sangat penting dilakukan, oleh karena MAB hilir ini merupakan patokan untuk merencanakan kolam olakan (peredam energi). Dengan adanya MAB ini dapat di hitung berapa kedalaman lantai ruang olakan.

Ada pun faktor utama yang harus dimiliki adalah peta situasi sungai di sekitar bendung, yaitu 1

km ke udik dan 1 km ke hilir serta ke arah kiri dan kanan sepanjang 0,5 km dari as rencana bendung. Kemudian profil memanjang sungai tersebut beserta profil melintangnya.

Setelah itu yang perlu di perhatikan pula ialah keadaan sungai itu sendiri, tipe-tipe sungai seperti berbatu, pasir, atau berumput mempunyai nilai kekasaran yang berbeda.

Profil memanjang di gunakan untuk mencari kemiringan rata-rata sungai, dengan jalan menjumlahkan kemiringan dari setiap profil dari setiap profil dan dibagi dengan jumlah profil kurangi satu, maka akan didapat kemiringan rata-rata di sekitar bendung, atau dengan kata lain

$$I_{rata-rata} = \sum \frac{I}{(n-1)}$$

Profil Melintang digunakan untuk mencari luas tampang basah rata-rata sungai (F rata-rata)

Kemudian :  $Q = A \times V$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Dimana :

Q = Debit Sungai

A = luas tampang basah sungai

V = Kecepatan aliran sungai

Untuk mencari V dapat di gunakan metode :Manning :

Dimana : n = koefisien kekerasan Manning

R = jari-jari hidrolis

I = kemiringan rata-rata sungai

Chezy :

$$V = C \sqrt{R I}$$

Basin :

$$C = \frac{87}{\left(1 + \frac{V}{R}\right)}$$

Dimana : C = koefisien Chezy (koefisien kekerasan sungai)

R = jari-jari hidrolis

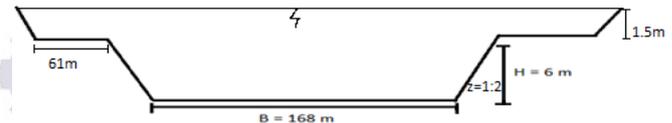
I = kemiringan rata-rata sungai

Bila debit banjir sudah di ketahui, maka didapatkan tinggi air banjir tersebut

### PERHITUNGAN:

Kemiringan rata-rata = 0.00004 (S)

Luas profil rata-rata = 1080 m<sup>2</sup> (dengan asumsi kedalaman 6 m)



Gambar 1 Penampang sungai yang direncanakan

- Keliling basah

$$(o) = P = B + 2y \sqrt{1 + 2^2} \\ = 168 + 2 \times 6 \sqrt{1 + 2^2} = 195 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis =  $R = \frac{A}{P}$

$$R = 1080/195$$

$$R = 5.53 \text{ m}$$

- Koefisien kekasaran sungai = 0.025

$$V = \frac{1}{0.025} \times 5.53^{2/3} \times 0.00004^{0.5}$$

$$= 0.79 \text{ m/det}$$

$$Q = A \times V$$

$$= 1080 \times 0.79$$

$$= 853.20 \text{ m}^3/\text{det}$$

### 3.3.1 Aliran Melalui Penampang

Aliran yang melalui saluran harus direncanakan untuk tidak mengakibatkan erosi maupun tidak mengakibatkan endapan sedimen untuk itu perancangan cukup menghitung ukuran-ukuran saluran dengan analisis hidraulika sehingga dapat menghasilkan ukuran yang efisien dan ekonomis.

#### 3.3.1.1 Rumus Chezy

Seperti yang telah diketahui, bahwa perhitungan untuk aliran melalui saluran terbuka hanya dapat dilakukan menggunakan rumus empiris, karena adanya banyak variabel yang berubah-ubah. Untuk itu berikut ini disampaikan rumus-rumus empiris yang banyak digunakan untuk merencanakan saluran terbuka.

Chezy berusaha mencari hubungan bahwa zat cair yang melalui saluran terbuka akan menimbulkan tegangan geser (tahanan) pada dinding saluran

$$V = C \sqrt{RS}$$

Dimana:

V= kecepatan aliran

R= jari-jari hidrolis

S= kemiringan dasar saluran

- Perhitungan

$$\text{Harga } C = \frac{157.6}{1+m/\sqrt{r}} \Rightarrow \frac{157.6}{1+2,36/\sqrt{5.6}} = 78.90$$

$$V = 78.90 \sqrt{5,6 \times 0.0004} = 1.180 \text{ m/s}$$

- Menghitung debit menggunakan rumus manning

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = 1080 \frac{1}{0.025} 5.6^{2/3} \times 0.00004^{1/2}$$

$$Q = 861.60$$

KESIMPULAN:

Dari hasil perhitungan ternyata didapatkan hasil yang berbeda, antara penggunaan rumus *chezy* dan rumus *manning*, maka dari itu sampel diambil dengan hasil yang terbesar dengan metode rumus *manning*  $Q = 861.60 \text{ m}^3/\text{det}$

### 3.4 Kapasitas Aliran Sungai

Kapasitas aliran sungai dilakukan untuk mengetahui desain floodplain dengan rencana  $Q_{50}$  yaitu  $2530 \text{ m}^3/\text{det}$ , untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan perbandingan tinggi muka air dengan debit aliran atau *rating curve*.

#### 3.4.1 Perencanaan Floodplain

Panjang *long storage* dapat dijadikan acuan untuk merencanakan *floodplain* sehingga dapat menampung debit sesuai dengan data yang telah didapatkan dari lapangan, *floodplain* sendiri di gunakan untuk mencegah terjadinya luapan air sungai.

Direncanakan :

- Lebar floodplain 314 m
- Kedalaman *floodplain* 1.5m dari muka air *main channel capacity*

Sehingga kapasitas floodplain dapat dihitung sebagai berikut :

$$A = (b + zy) y + (A_{\text{main channel}})$$

$$A = (314 + 2 \times 1.5) 1.5 + (1080)$$

$$\text{Maka } A = 1555.5 \text{ m}^2, P = 323.541, R = 4.80, n = 0.016$$

- Setelah mendapatkan luas maka dapat dihitung sebagai berikut

$$Q = V \times A$$

$$Q = 2.441 \times 316$$

$$\text{Maka } Q = 1160.69 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Kesimpulan : dengan di tambahkannya floodplain dapat melewati  $Q$  sebesar  $1662.68 \text{ m}^3/\text{det} + 1160.69 \text{ m}^3/\text{det} = 2823.37 \text{ m}^3/\text{det}$ .
- tanggul dibangun sampai 35088 m sesuai panjang *long storage*.
- Dengan kedalaman *floodplain* 1.5m maka dapat mengalirkan debit  $Q_{50}$  dengan aman tanpa meluber.

### 3.5 Penentuan Lebar Efektif Bendung

Lebar bendung yaitu jarak antara pangkal (abutment). Sebaiknya lebar bendung ini sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil (bagian yang lurus). Biasanya lebar total bendung diambil antara 1.0 – 1.2 dari lebar 168m sungai pada ruas yang stabil. Agar pembuatan peredam energi tidak terlalu sulit dibuat, maka aliran persatuan lebar harus di batasi sampai sekitar 12 – 14  $\text{m}^3/\text{detik}$  dan memberikan tinggi energi maksimum 3.5 – 4.5 m.

Lebar efektif bendung :

$$Be = B - 2(n.Kp + Ka)H_1$$

Dengan :

Be = lebar efektif bendung

B = lebar bendung ( lebar total- lebar pilar)

n = jumlah pilar

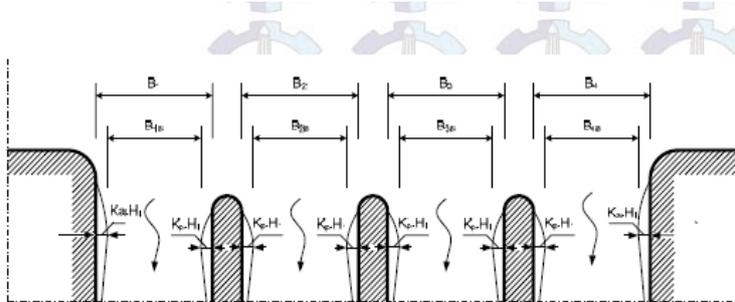
Kp = koef kontraksi pilar

Ka = koef kontraksi pangkal bendung

H1 = Tinggi energi

Tabel 1 Koefisien pada pilar bendung

Pilar	Kp
Berujung segi empat dengan ujung yang dibulatkan dengan $r \approx 0,1 t$	0,002
Berujung bulat	0,01
Berujung runcing	0,00
Pangkal Tembok	Ka
Segi empat bersudut $90^\circ$ ke rah aliran	0,20
Bulat bersudut $90^\circ$ ke rah aliran dengan $0,5 He > r > 0,15 He$	0,10
Bulat bersudut $45^\circ$ ke arah aliran dengan $r > 0,5 He$	0,00



Gambar 2 Notasi pada pilar

**PERHITUNGAN:**

Diketahui

Lebar antar pilar pintu = 15 m (pilar)

$$B = 15 - 2(0.01) \times 6 = 14.88 \text{ m}$$

Diketahui

Lebar antar pilar pintu = 15 m (titik pangkal tembok)

$$B = 15 - 2(0.01 + 0.1) \times 6 = 13.68 \text{ m}$$

**3.6 Aliran Lewat Bawah Pintu**

Aliran bawah pintu dapat dihitung dengan data yang diketahui yaitu seperti :

Y1	:tinggi muka air didepan pintu
Y2	:tinggi air setelah bukaan pintu
W	:tinggi bukaan pintu
R	:jari-jari pintu radial
A	:tinggi pusat pintu radial ke lantai
Cc	:faktor koreksi terhadap pintu radial
q	:debit per 1 meter lebar
$\theta$	:sudut pintu radial ( $58^\circ$ )

dimana:

$$Cc = 1 - 0.75\theta + 0.36 \times \theta^2$$

Cc (faktor koreksi terhadap pintu radial) sendiri dicari untuk mengetahui tinggi air yang lewat bawah pintu sebelum terjadinya loncatan yang dapat dilihat dari *rating curve*

Mencari harga q per 1 meter lebar

$$1.71 =$$

$$0.6 \times 0.665 \times 0.4 \sqrt{2 \times 9.8 - 0.5(0.665 \times 0.4)}$$

Mencari harga V

$$6.43 = \sqrt{2 \times 9.8(6 - 0.5 \times 0.4)}$$

Setelah mendapatkan nilai tersebut maka dapat dicari *froude number* dengan seperti berikut:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{Cc \times y^2}}$$

$$3.98 = \frac{6.43}{\sqrt{0.665 \times 0.266}}$$

Didapat *Froude number* sebesar 3.98

Dalam beberapa kasus aliran bawah bahwasanya terjadi beberapa jenis loncatan air

**3.7 Kolam Peredam Energi**

Bila kita membuat bendung pada aliran pada aliran sungai baik pada palung maupun pada sodetan, maka pada sebelah hilir bendung terjadi loncatan air. Kecepatan pada daerah itu masih tinggi, hal ini akan menimbulkan gerusan setempat (*local scouring*).

Untuk meredam kecepatan yang tinggi itu dibuat suatu konstruksi peredam energi. Bentuk hidrolisnya adalah merupakan suatu pertemuan antara penampang miring, lengkung dan lurus.

Secara garis besar konstruksi peredam energi dibagi menjadi 4 (empat) tipe yaitu:

- Ruang olak tipe Vlughter
- Ruang olak tipe Schoklistch
- Ruang olak tipe Bucket
- Ruang olak tipe USBR

Pemilihan tipe peredam energi tergantung pada

- Keadaan tanah dasar
- Tinggi perbedaan muka air hili dan hilir
- Sedimen yang diangkut aliran sungai

Diketahui

$$\text{Bukaan pintu kritis} = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{Froude number} = 3.98$$

$$d2 = 1.37 \text{ m}$$

Dengan *froude number* 3.98 maka dapat dilihat pada bab2 untuk pemilihan kolam olakan maka yang tepat menggunakan kolam olakan tipe *USBR III*

**3.7.1 Perhitungan Panjang Loncatan**

Dalam pengoperasian pintu dalam bendung gerak harus disimulasikan bukaan agar dapat mengetahui panjang loncatan

Dimana :  $a$  = bukaan pintu  
 $y_1$  = tinggi permukaan air

dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{L}{d2}$$

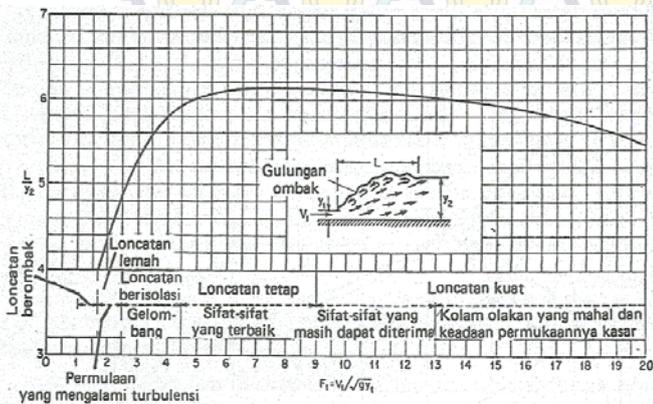
$3.98 = \frac{L}{d2}$  didapat dari grafik  $\frac{L}{d2} = 5.8$

$d2$  diketahui 1.371

$L = 1.371 \times 5.8$

Maka panjang kolam olakan adalah  $7.9m = 8m$

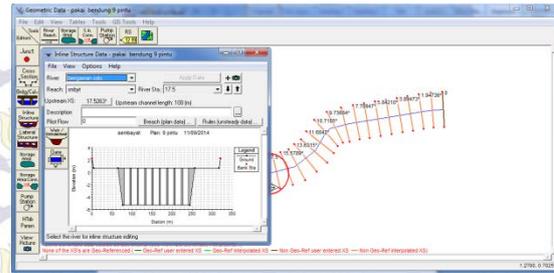
Hasil ini akan coba dibandingkan dengan grafik panjang loncatan dari grafik panjang loncatan hasilnya sama antara grafik dari USBR III dengan grafik panjang loncatan.



Gambar 3 Grafik Panjang Loncatan

**3.8 Sungai Menggunakan Bendung**

Sama seperti sebelumnya untuk melihat kapasitas sungai dengan menggunakan bendung di program HEC-RAS hanya memasukan stuktur bendungnya di menu *inline structure* seperti gambar dibawah:



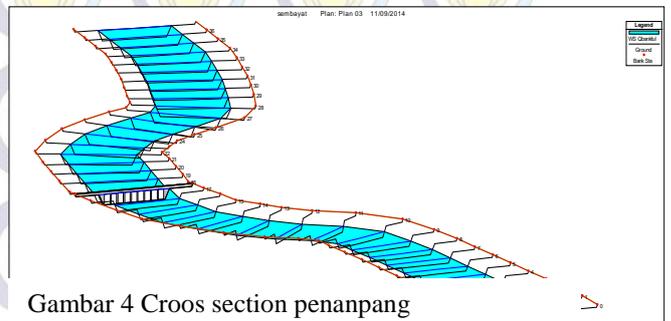
Pada perencanaan yang terdapat pada tugas akhir bendung di letakan di stasiun titik 17.5, hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh bangunan air di hulu dan hilir. untuk itu dilakukan berbagai percobaan bukaan pintu dengan menggunakan HEC-RAS.

**Simulasi grup pintu**

- Grup 1 = 1 dan 9
- Grup 2 = 2 dan 8
- Grup 3 = 3 dan 7
- Grup 4 = 4 dan 6
- Grup 5 = 5

**3.9 Simulasi Bukaan Pintu Dalam Kondisi Main channel**

1. Percobaan pertama dilakuan dengan memasukan semua grup 1 sampai 5 (9pintu) dengan elevasi jagaan EL +0.7m pada sta 37.



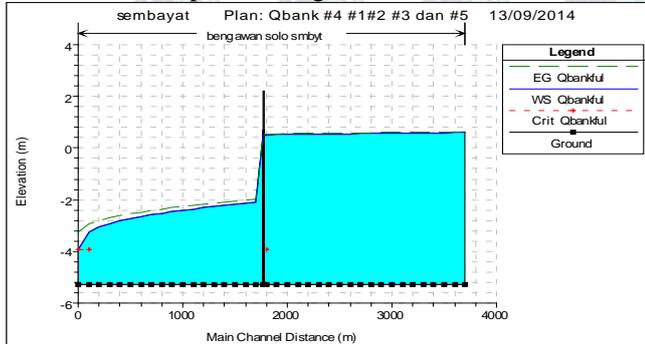
Gambar 4 Croos section penampang

Gambar Bada Elevasi Hulu dan Hilir menggunakan bendung

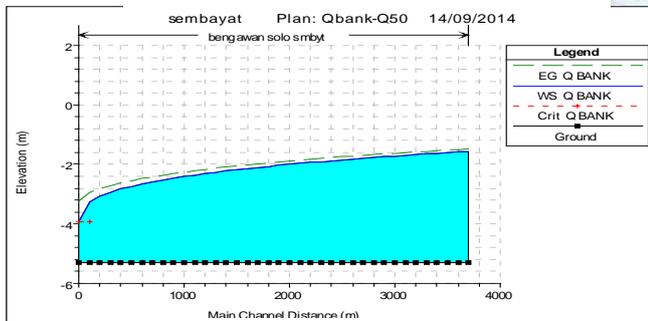
Jika dilihat secara lebih jelas dapat disimpulkan bahwa 9 pintu dibuka tidak efektif dalam pengoperasiannya, dari data HEC-RAS didapat bahwa :  
 Grup #1 dibuka dengan  $H=6m$   
 Grup #2 dibuka dengan  $H=0.8m$   
 Grup #3 dibuka dengan  $H=0m$   
 Grup #4 dibuka dengan  $H=0m$   
 Grup #5 dibuka dengan  $H=0m$   
 Dengan hasil seperti ini dapat dikatakan 9 pintu tidak perlu dioperasikan seluruhnya dalam kondisi *Q main channel*.

### 3.10 Kesimpulan Data HEC-RAS

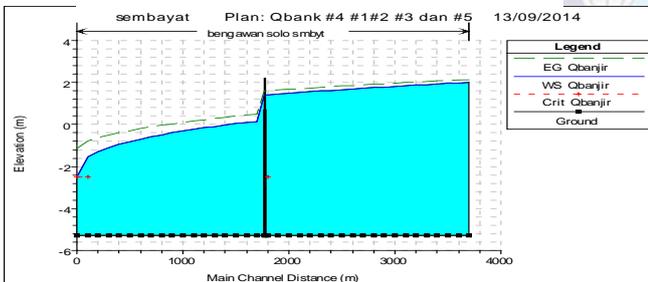
Dari hasil-hasil percobaan diatas dapat disimpulkan terdapat pengaruh antara tidak adanya bendung dan adanya bendung, hal ini disebabkan adanya perbedaan lebar sungai yang telah dibangun bendung sehingga memiliki luasan yang lebih kecil dari kondisi tanpa bendung.



Gambar 5 Qmain berbendung



Gambar 6 Qmain tanpa bendung

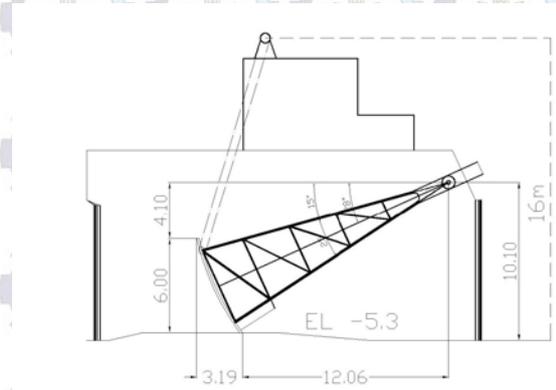


Gambar 7 Qbanjir berbendung

Dari gambar diatas dapat dilihat dalam kondisi berbendung dan tanpa bendung ternyata dalam kondisi banjir pun masih dikatakan aman tidak sampai meluber melewati tanggul yang telah direncanakan.

Secara fungsi dibangunnya bendung gerak dikarenakan apabila sungai bengawan solo mengalami kekeringan maka bendung dapat menahan laju air dan menjadikan sungai sebagai long storage disaat musim kering atau kemarau, bendung akan dibuka seluruhnya apa bila Q banjir melewati bendung sehingga sungai akan berfungsi normal tanpa adanya penghalang.

### 3.11 Pembebanan dan Pemilihan Material Beban Normal



Gambar 8 Dimensi Pintu Bendung

- *Horizontal Hydrostatic Load*

$$PH = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \omega$$

$$PH = \frac{1}{2} \cdot 6^2 \cdot 1,00$$

$$= 18 \text{ tf/m}$$

PH = *Hydrostatic Horizontal Load*

H = *Desain Head* = 6m

ω = *Specific Gravity* = 1.00 (tf/m<sup>3</sup>)

- *Combinasi Load*

$$P = \sqrt{PH^2 + PV^2}$$

$$= \sqrt{18^2 + 9.496^2}$$

$$= 20.351 \text{ tf/m}$$

- *Direction of Combine Load*

$$\theta = \tan^{-1} (PV / PH)$$

$$= \tan^{-1} (9.496 / 18)$$

$$= 27.8141^\circ$$

$$= \frac{27.8141^\circ}{180^\circ} \times \pi$$

$$= 0.4852 \text{ rad}$$

- *Wave Height Due to Earthquake*

$$he = \frac{k \cdot \tau}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{g \cdot H2}$$

Dimana

k = *Intensitas Seismic* : 0.09

τ = *Periode Gempa* = 1 detik

g = 9.8 m/s

H2 = 5.9 m (*diasumsi dari*

*tinggi sebenarnya* 6 m)

$$he = \frac{0.09 \times 1.0}{2 \times \pi} \cdot \sqrt{9.8 \cdot 5.9} = 0.108 \text{ m}$$

### Horizontal Load Saat Gempa

- Hydrostatic Load

Dipakai  $H1 = 5.9 + 0.018 \text{ m}$

$$H2 = 5.9 \text{ m}$$

$$H3 = 0.008 \text{ m}$$

$$PH_s = \frac{1}{2} (H1^2 - H3^2) \cdot \omega$$

$$\frac{1}{2} (6.008^2 - 0.008^2) \cdot 1.00 =$$

$$= 18.048 \text{ tf/m}$$

- Hydrodynamic Load

$$PH_d = \frac{7}{12} \cdot k \cdot H^{3/2} \cdot H2^{1/2} \cdot \omega$$

$$= \frac{7}{12} \times 0.09 \times 5.9^{3/2} \times 5.9^{1/2} \times$$

$$1$$

$$= 1.8275 \text{ tf/m}$$

- Inersia Force

$$P1 = Wg \cdot k$$

$$= 20.351 \times 0.09$$

$$= 1.83159 \text{ tf}$$

Dimana  $Wg$  : Beban Mati = 20.351 tf

### Vertical Load Saat Gempa

- Hydrostatic Load

$$PV_s = \frac{1}{2} \cdot (L \cdot H) + \frac{R \cdot 2}{2} \cdot \left( \frac{\theta_1}{180^\circ} \cdot \pi \cdot \sin \theta_1 \right) \cdot \omega$$

$$= 12.3023 \text{ tf/m}$$

- Hydrodynamic Load

$$PV_d = \frac{PH_d}{PH_s} \cdot PV_s$$

$$= \frac{1.8275}{18.048} \times 12.3023$$

$$= 1.2475 \text{ tf/m}$$

- Combination Load

$$Ps = \sqrt{(PH_s \cdot B + PH_d \cdot B + P1)^2 + (PV_s \cdot B + PV_d \cdot B)^2}$$

$$= \sqrt{18.048 \times 15 + 1.8275 \times 15 + 1.83159)^2 + (12.3023 \times 15 + 1.2457 \times 15)^2}$$

$$= 362.321 \text{ tf}$$

Dimana  $B$  : Lebar Pintu = 15m

$$Ps^1 = \frac{Ps}{B}$$

$$= \frac{362.321}{15}$$

$$= 24.154 \text{ tf/m}$$

### Momen Reaksi Force dan Defleksi

Upper Arm

$$RA = \frac{\sin \theta^2}{\sin \theta} \cdot P$$

$$= \frac{\sin 5.77^2}{\sin 10.77} \times 20.351$$

$$= 10.948 \text{ tf/m}$$

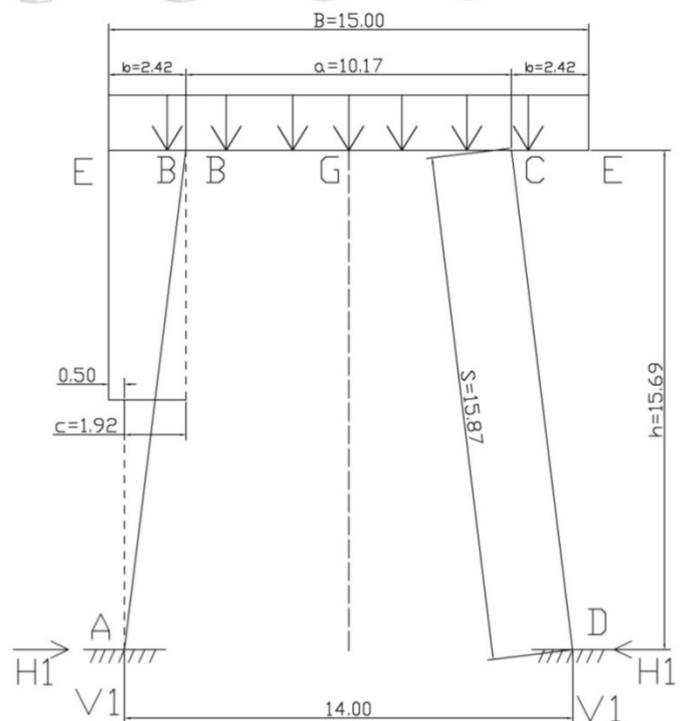
Tower Arm

$$RB = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta} \cdot P$$

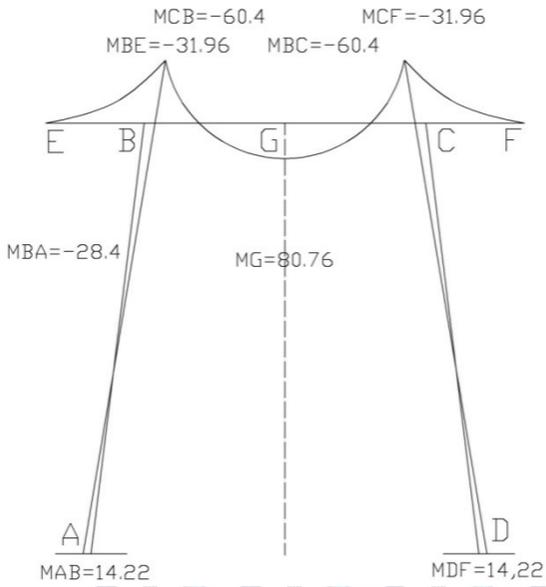
$$= \frac{\sin 5}{\sin 10.77} \times 20.351$$

$$= 9.491 \text{ tf/m}$$

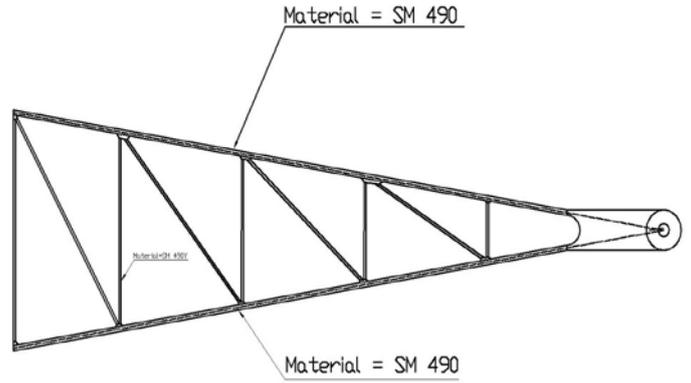
### 3.12 Gaya Yang Pada *Frame Pintu*



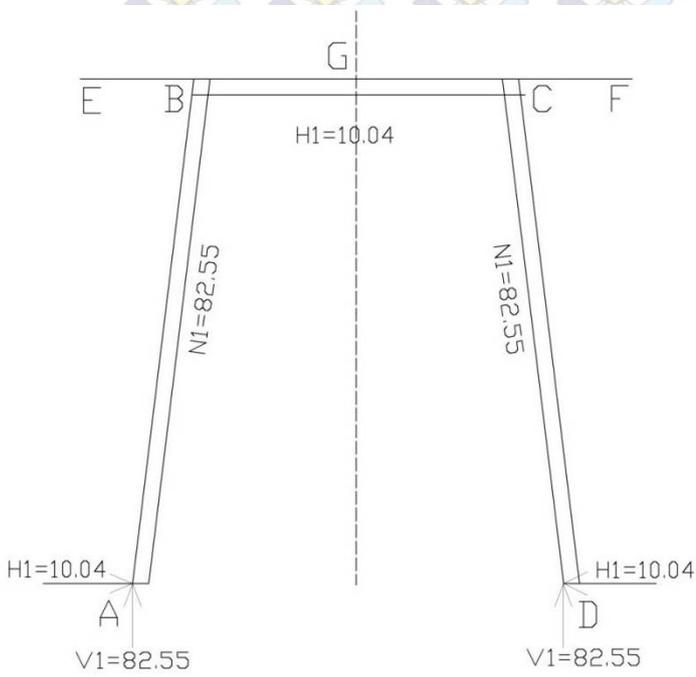
Gambar 9 Notasi Ukuran Pintu



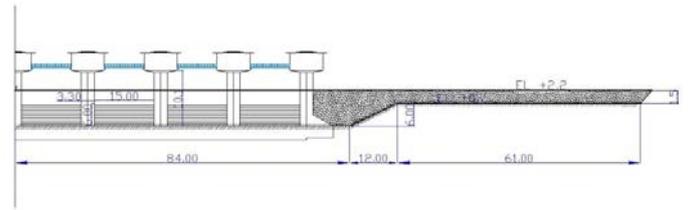
Gambar 10 Gaya Bending Momen



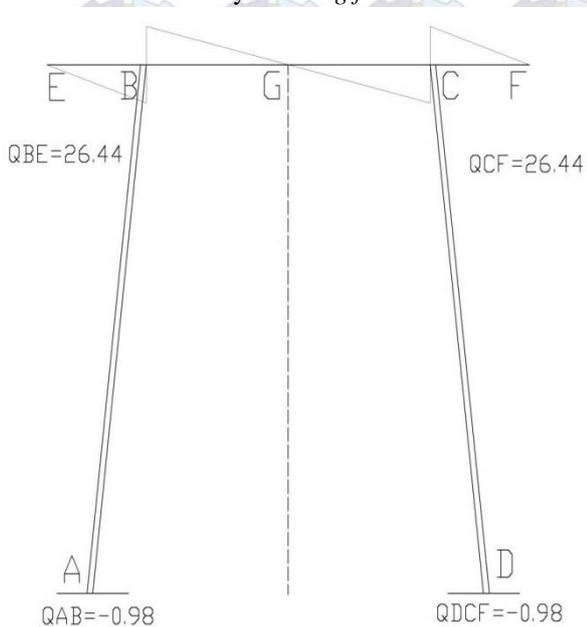
Gambar 13 frame lengan daun pintu



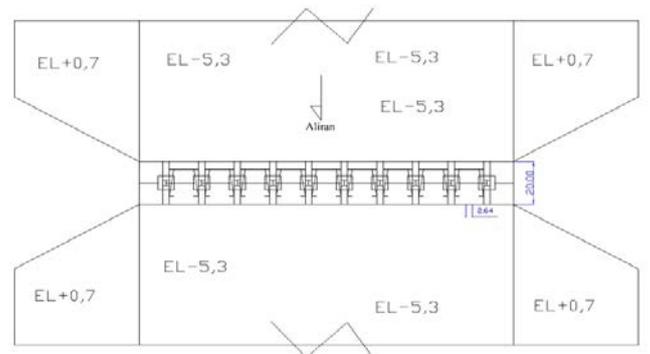
Gambar 11 Gaya Shering force



Gambar 14 tampak depan



Gambar 12 Gaya Combine Load



Gambar 15 tampak atas

## IV KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari uraian secara umum dan perhitungan secara teknis pada bab – bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Debit yang akan di rencanakan dengan menggunakan *Q<sub>main Channel</sub>* sebesar 861.6 m<sup>3</sup>/det dan *Q<sub>banjir</sub>* sebesar 2530 m<sup>3</sup>/det , Dari analisa *Manning* dan *Chezy* didapat debit *main channel* sebesar 861.6 m<sup>3</sup>/det berada di EL + 0.6 m di titik 36 dan debit maksimal yang dapat melewati saluran sebesar 2823.37 m<sup>3</sup>/det berada di EL +2.00 m dititik 36 dengan elevasi tanggul EL + 2.2 m.
- 2) Pada analisa hidrolika didapatkan perencanaan sebagai berikut:
  - a).Type pintu : *Radial gate*
  - b).Tinggi pintu : 6.0 m
  - c). Lebar pintu : 15.0 m
  - d). Jumlah pintu : 9 pintu
  - e).Elevasi puncak pintu : + 0.70 m
  - f). Lebar pilar : 3.30 m
  - g).Type kolam olakan : Kolam olakan USBR Type III
  - h).Panjang kolam olakan : 8.0 m
- 3) Simulasi bukaan pintu menggunakan program HEC-RAS, dengan percobaan tiap grup pintu dan percobaan semua grup pintu pada Q 50 dan Q normal, pada Q normal dilakukan percobaan bukaan pintu sebanyak 3 dan 4 dengan masing-masih bukaan yang berbeda pada tiap grup pintu, pada Q50 dilakukan percobaan bukaan pintu sebanyak 9 pintu dengan bukaan yang berbeda pada tiap grup pintu dan dinyatakan aman.
- 4) Desain pintu radial pada bendung gerak sembayat memiliki sudut  $\Theta$  58°, tinggi pilar 10.1m dari dasar sungai, lebar pilar 3,3m dan pajang pilar 20m. Panjang lengan total 15.73m dengan material baja SM490Y.

### 4.2 Saran

Tugas Akhir ini masih bisa dikembangkan lagi untuk studi lanjut antara lain sebagai berikut

1. Sebagaimana diketahui bahwa desain asli dari Bendung Gerak Sembayat menggunakan pintu vertikal berjumlah 7 pintu dengan lebar 20 m. Hal ini dapat dilakukan perbandingan simulasi bukaan pintu dan besar gaya yang bekerja

pada pintu antara desain lama dengan desain baru. Dengan ini akan memberikan tambahan manfaat bagi pelaksana proyek bendung gerak.

2. Simulasi masih bisa dikembangkan dalam hal penggerusan (*local scouring*) yang terjadi di pilar bendung gerak

### DAFTAR PUSTAKA

- Bengawan Solo River Basin Management Board , (2008), “*Detail Design For Sembayat Barrage of Lower Solo River Basin Improvement Project Phase-2, Volume I, Main Report*” Jakarta:Bengawan Solo River Basin Management Board Flood Control and River Improvement Phase II Project
- Chow Ven Te ,(1985), “Hidrolika Saluran Terbuka” , Erlangga, Jakarta.
- Detail Design on Bojonegoro Barrage of Lower Solo River Basin Improvement Project (2003),”*Volume II, Supporting Report, Annex-I, Design Calculation Report*” Flood Control and Coast Protection Project,
- Hendeson F. M., (1996), “Open Channel Flow”, Macmillan, New York
- Munson Bruce R., Donald F. Young, (2005), “Mekanika Fluida 2”, Erlangga, Jakarta
- Richard H. French ,(1987) , “Open-Channel Hydrolics” , Mc Graw Hill, Singapore
- Smith, (1978), “Hydraulic Structures”, University of Saskatchewan Printing, Saskatoon Canada
- Triatmodjo Bambang, (1994), “Hidrolika 1” , Beta Offset, Yogyakarta.