

## Perencanaan Pintu Pelimpah Bendungan Margatiga Kabupaten Lampung Timur Provinsi Lampung

Lidya Susanti<sup>1)</sup>  
Eddy Purwanto<sup>2)</sup>  
Endro P. Wahono<sup>3)</sup>

### Abstract

*Spillway has an important role for both operating rules as well as a safety structure, particularly during flood, of a dam. In Margatiga Dam, gated-spillways were designed in order to regulate discharge to downstream mainly for irrigation purpose. The Margatiga Dam, located in East Lampung Regency, is a rock fill type of dam with vertical core, formed from specific clay materials. The dam was designed to supply the Sragi's irrigation area mostly located in East Lampung Regency, which has more than 80% of its citizen are farmers. The main objective of this research is to design gate leaf structure of the spillway, in the form of skin plates and beams that fulfill safety requirement of the structure. Design was performed for two conditions, which are during normal water level, and during the flood conditions. Based on those two conditions, the most extreme forces was selected as the basis of the structural design. The loads, which are used for design, consist of hydrostatic pressure, sediment pressure, dynamic pressure during the earthquake, and the hydrodynamic pressure. This research provide dimension of the gate leaf of the concerned spillway. Thickness of the steel plates is 13 mm, meanwhile the dimension of girder plates are 900x300 mm, 860x100 mm, and 900x150 mm, for the horizontal beams, vertical beams, and the edge of the beams respectively. Thickness of flense and web for all the beams are designed to be 13 mm and 5 mm respectively. Design of the gate provide maximum deflection of the beams for 10.06 mm and maximum deflection of the plates is 5.16 mm, which are considered to fulfill the safety requirement for the conditions during probable maximum discharge ( $Q_{PMF}$ ).*

*Keywords : spillway, gate leaf,  $Q_{PMF}$ , girder plate*

### Abstrak

Bangunan pelimpah memiliki peran penting bagi keamanan struktur khususnya saat banjir di sebuah bendungan. Pada Bendungan Margatiga, pelimpah berpintu didesain untuk menyalurkan air ke hilir dengan tujuan utama untuk memenuhi kebutuhan irigasi. Bendungan Margatiga, terletak di Kabupaten Lampung Timur, merupakan bendungan urugan dari batu dengan inti vertikal yang terdiri atas material lempung tertentu. Bendungan Margatiga dibuat untuk memenuhi kebutuhan daerah irigasi khususnya Kabupaten Lampung Timur yang lebih dari 80% dari masyarakatnya berprofesi sebagai petani. Penelitian ini bertujuan merencanakan struktur daun pintu (*gate leaf*), berupa pelat dan balok pintu pelimpah yang memenuhi syarat keamanan struktur. Perencanaan dilakukan pada dua kondisi, yaitu pada saat muka air normal, dan pada saat muka air banjir. Dari kedua kondisi tersebut, dipilih nilai gaya dalam terbesar sebagai dasar perhitungan perencanaan struktur. Jenis beban yang digunakan dalam perencanaan adalah tekanan hidrostatik, tekanan sedimen, tekanan dinamik selama gempa, dan tekanan hidrodinamis. Dari hasil penelitian, didapatkan dimensi *gate leaf*. Ketebalan pelat baja sebesar 13 mm, pelat girder untuk balok horizontal berukuran 900x300 mm, balok vertikal sebesar 860x100 mm, balok tepi berukuran 900x150 mm, dengan tebal flens dan web untuk semua balok adalah 13 mm dan 5 mm. Perencanaan menghasilkan lendutan balok maksimum sebesar 10,06 mm dan lendutan pelat maksimum sebesar 5,16 mm, yang mana telah memenuhi syarat keamanan untuk kondisi banjir maksimum ( $Q_{PMF}$ ).

Kata kunci : pelimpah, gate leaf,  $Q_{PMF}$ , pelat girder

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel : lidyasusanti12@gmail.com

<sup>2)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: eddypurwanto55@gmail.com

<sup>3)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. Surel: epwahono@eng.unila.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia mendefinisikan bendungan sebagai bangunan berupa tanah, batu, beton, atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat juga dibangun untuk menampung limbah tambang atau lumpur. Salah satu bagian dari bendungan adalah bangunan pelimpah atau disebut *spillway*. Bangunan pelimpah atau *spillway* merupakan aspek yang penting dalam suatu bendungan. *Spillway* merupakan bangunan pelengkap suatu bendungan yang berfungsi untuk membuang kelebihan air ke arah hilir. Bangunan pelimpah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *ungated spillway* (bangunan pelimpah tanpa pintu) dan *gated spillway* (bangunan pelimpah dengan pintu). Kedudukan bangunan pelimpah sebagai bangunan pengamanan bendungan dari limpasan mengharuskan ketelitian dalam perencanaannya.

Kabupaten Lampung Timur yang terletak di Provinsi Lampung merupakan kawasan pertanian yang mayoritas penduduknya adalah petani. Untuk memenuhi kebutuhan akan fasilitas pendukung irigasi, dan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada Kabupaten Lampung Timur, maka dibangunlah Bendungan Margatiga. Bendungan Margatiga terletak di Desa Negeri Jumanten, Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Bendungan Margatiga merupakan bendungan urugan tipe zonal dengan inti lempung dan urugan batu.

Pada tahun 2015, dilakukan pekerjaan review desain Bendungan Margatiga oleh PT. Virama Karya. Sebelum pekerjaan ini, potensi Bendungan Margatiga telah diidentifikasi pada pekerjaan studi Bendungan Margatiga pada tahun 2003 oleh Konsultan Nippon Co, yang kemudian disusul dengan pekerjaan *feasibility*. Pada tahun 2013, dilakukan pekerjaan detail desain Bendungan Margatiga oleh PT. Wahana Krida Konsultan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat perencanaan struktur pintu pelimpah, dengan menggunakan beberapa data dari pekerjaan *review* desain Bendungan Margatiga.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Bendungan Urugan

Bendungan urugan adalah suatu bendungan yang dibangun dengan cara menimbunkan bahan-bahan, seperti : batu, kerikil, pasir, dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi sebagai pengangkat permukaan air yang terdapat di dalam waduk di udiknya (Sosrodarsono, 1977).

### 2.2. Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Bangunan pelimpah atau *spillway* adalah bangunan beserta instalasinya untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan bendungan (Soedibyo, 2003).

### 2.3. Pintu Air

Pintu air digunakan untuk membuka, mengatur, dan menutup aliran di saluran baik saluran yang terbuka maupun yang tertutup.

### 2.4. Data Mekanika Tanah

Salah satu cara untuk mendapatkan data karakteristik tanah adalah dengan melakukan pengujian penetrasi standar atau standard penetration test (SPT) yang dilakukan pada saat pelaksanaan penyelidikan geologi dengan pengeboran inti.

Tabel 1. Hubungan Antara Angka N dan Gaya Dukung Tanah yang Diperkenankan.

	Angka N	< 10	10-30	30-50	> 50		
<b>Pasir</b>	Kepadatan Relatif	Lepas	Sedang	Padat	Sangat padat		
	Daya dukung tanah yang diperkenankan (t/m)	Dibutuhkan pemadatan	7-25	24-45	> 45		
	Angka N	< 2	2-4	4-8	8-15	15-30	> 30
<b>Lempung</b>	Kepadatan Relatif	Sangat halus	Halus	Sedang	Keras	Lebih keras	Sangat keras
	Daya dukung tanah yang diperkenankan (t/m)	< 2	2-4,5	4,5-9	9-18	18-36	> 36

Sumber : Suyono, 2003

### 2.5. Data Hidrologi

Debit banjir rencana adalah debit banjir terbesar yang masih dapat ditahan oleh suatu bangunan dengan aman.

### 2.6. Mawar Angin (*Windrose*)

Mawar angin atau windrose adalah grafik yang menggambarkan kecepatan dan arah angin dalam suatu lokasi tertentu.

### 2.7 Respon Spektrum

Respon spektrum adalah suatu spektrum yang ditampilkan dalam grafik yang menampilkan dalam grafik yang menampilkan hubungan antara percepatan dan periode gempa, dalam suatu lokasi tertentu.

### 2.8. Pembebanan Pintu Pelimpah

Pembebanan yang diperhitungkan untuk perencanaan pintu yang ditetapkan oleh *Hydraulic Gate and Penstock Association of Japan*, terdiri atas banyak jenis beban, yaitu sebagai berikut:

#### 2.8.1. Beban Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik bekerja pada bidang permukaan pintu, merupakan beban yang terbentuk akibat air yang berada dalam kondisi diam. Semakin besar kedalaman air, maka semakin besar tekanan hidrostatik yang bekerja. Tekanan hidrostatik dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \gamma_o \cdot h_o \quad (1)$$

Untuk menghitung  $h_o$ , tinggi gelombang mengikuti aturan sebagai berikut:

- i. Kondisi muka air normal : tinggi gelombang akibat angin + tinggi gelombang akibat gempa
- ii. Kondisi muka air banjir : tinggi gelombang akibat angin

#### 2.8.1.1. Tinggi Gelombang Akibat Angin

Besar tinggi gelombang akibat angin dihitung berdasarkan metode S.M.B (*Sverdrup Munk Bretschneider*).

$$h_w = 0,00086 \cdot V^{1,1} \cdot F^{0,45} \quad (2)$$

### 2.8.1.2. Tinggi Gelombang Akibat Gempa

Tinggi gelombang akibat gempa dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$h_e = \frac{k \cdot \tau}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{g \cdot H} \quad (3)$$

### 2.8.2. Beban Tekanan Sedimen

Tekanan sedimen dihasilkan oleh lumpur yang menumpuk pada dasar pintu. Tekanan sedimen dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_e = C_e \cdot \alpha_1 \cdot d \quad (4)$$

### 2.8.3. Beban Tekanan Dinamik Selama Gempa

Tekanan dinamik yang bekerja pada pintu dihitung berdasarkan rumus *Westergaard*:

$$\Sigma P_d = 0,583 \cdot \alpha_0 \cdot k \cdot H^2 \quad (5)$$

### 2.8.4. Beban Tekanan hidrodinamik

Tekanan hidrodinamik terjadi karena air yang bergerak. Peningkatan beban maksimum karena vibrasi yang diakibatkan oleh tekanan hidrodinamik kurang lebih sebesar 10% dari beban hidrostatis (Hydraulic Gate and Penstock Association, 1981). Besarnya beban hidrodinamik dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$F = \alpha_0 \cdot Q \cdot (\Delta V) \quad (6)$$

## 2.9. Perencanaan Pintu Pelimpah

### 2.9.1. Jumlah Balok Horizontal

Jumlah balok horizontal dicari dengan dengan metode *trial error*. Namun dapat digunakan rumus empiris seperti berikut:

$$N = \frac{100 \cdot h}{t} \sqrt{\frac{Hm}{2 \cdot \sigma_{adm}}} \quad (7)$$

### 2.9.2. Jarak Antar Balok Horizontal

Posisi balok horizontal pada pintu yang memiliki elevasi yang sama dengan air dapat dicari menggunakan rumus:

$$yk = \frac{2 \cdot h}{3 \cdot \sqrt{n}} |k^{3/2} - (k - 1^{3/2})| \quad (8)$$

## 2.10. Struktur Baja

### 2.10.1. Pelat Girder

Pelat girder adalah komponen struktur lentur yang tersusun dari beberapa elemen pelat. Komponen struktur yang dapat dikategorikan sebagai pelat girder adalah profil baja dengan web langsing. Kuat momen nominal dari pelat girder diambil dari nilai terkecil dari keruntuhan tekuk torsi lateral (yang tergantung panjang bentang) dan tekuk lokal flens (yang tergantung pada tebal flens tekan).

**2.10.2. Desain Komponen Struktur untuk Geser**

Kekuatan geser nominal pada komponen struktur dengan badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser menurut SNI 129-2015 adalah:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \tag{9}$$

**2.10.3. Sambungan Las Sudut**

Ukuran las sudut tidak boleh kurang dari ukuran seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Ukuran Minimum Las Sudut.

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut (mm)
Sampai dengan 6	3
Lebih besar dari 6 sampai dengan 13	5
Lebih besar dari 13 sampai dengan 19	6
Lebih besar dari 19	8

Sumber : SNI 129-2015

**2.11. Lendutan Pelat**

Lendutan maksimum yang terjadi pada pelat yang dibebani beban terdistribusi dan dijepit pada semua sisi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f = \frac{\alpha \cdot P \cdot lnx^4}{E \cdot t^3} \tag{10}$$

Nilai  $\alpha$  merupakan fungsi dari dimensi pelat, seperti tabel di bawah ini:

Tabel 3. Nilai  $\alpha$  – Koefisien Pelat Persegi Panjang untuk Beban Seragam dengan Seluruh Tumpuan Jepit.

l <sub>ny</sub> /l <sub>nx</sub>	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	$\infty$
$\alpha$	0,0138	0,0188	0,0226	0,0251	0,0267	0,0277	0,0284

Sumber : Thimoshenko, 1945

**3. METODE PENELITIAN**

**3.1. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung.

**3.2. Data-data yang Digunakan**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang digunakan berasal dari instansi yang terkait pada penelitian ini. Adapun data sekunder yang digunakan adalah:

- i. Data hidrologi PT. Virama Karya
- ii. Gambar konstruksi PT. Virama Karya
- iii. Data mekanika tanah PT. Virama Karya
- iv. Data angin BMKG Masgar
- v. Data respon spektrum gempa

**3.3. Perumusan Konsep dan Perencanaan**

**3.3.1. Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan data debit maksimum. Pada penelitian ini, analisis hidrologi menggunakan hasil perhitungan dari PT. Virama Karya

### 3.3.2. Perencanaan Struktur Baja

Perencanaan struktur baja dilakukan untuk menghitung ketebalan pelat, serta dimensi balok pada pintu pelimpah yang mampu menahan beban yang bekerja.

### 3.4. Peraturan Perencanaan yang Dipakai

Perhitungan pembebanan mengacu kepada Technical Standards for Gates and Penstock Association of Japan, sedangkan kombinasi pembebanan mengacu kepada SNI 1728:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Sedangkan perhitungan struktur baja mengacu kepada SNI 03-1729 (2002) tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung serta SNI 1729 (2015) tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

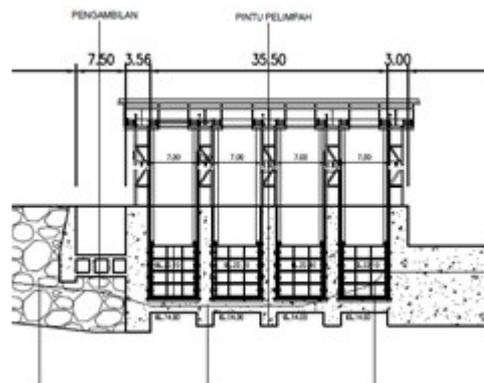
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Umum Perencanaan

#### 4.1.1. Data Umum Pintu Pelimpah Bendungan Margatiga

Dari pekerjaan model test dan sertifikasi Bendungan Margatiga, didapat data sebagai berikut:

Muka air banjir PMF	: +25,68 m
Muka air banjir / Elevasi pintu	: +22,00 m
Elevasi dasar ambang	: +14,00 mm
Tinggi pintu	: $22,00 - 14,00 = 8$ m
Lebar Pintu	: 7 m
Jumlah pintu	: 4 buah
Debit yang dialirkan oleh pintu	: 1824,95 m <sup>3</sup> /detik



Gambar 1. Tampak Depan Pintu (Sumber PT. Virama Karya).

#### 4.1.2. Data Umum Geoteknik Bendungan Margatiga

Tabel 4. Hasil Uji Penetrasi Standards.

No.	Kedalaman (m)	N SPT
1	3,0 – 3,45	>50
2	6,0 – 6,45	>50
3	9,0 – 9,45	>50
4	12,0 – 12,45	>50

Sumber : PT. Virama Karya

#### 4.1.3. Data Umum Gempa Kabupaten Lampung Timur

Tabel 5. Parameter Gempa Kota Sukadana.

No.	Parameter Gempa	Nilai
1	SS (g)	0,041
2	S1 (g)	0,026
3	FA	1,2
4	FV	1,7
5	SMS (g)	0,049
6	SM1 (g)	0,044
7	SDS (g)	0,032
8	SD1 (g)	0,030
9	To (detik)	0,182
10	Ts (detik)	0,912

Sumber : puskim.pu.go.id

#### 4.1.4. Data Umum Angin

Dari windrose yang diperoleh dari BMKG Masgar (2015), diketahui bahwa arah angin dominan pada sudut  $296^\circ$  arah Barat Daya dengan kecepatan rata-rata antara 5,7 m/s sampai dengan 8,8 m/s.

#### 4.1.5. Data Umum Material

Material yang dipakai dalam perencanaan pintu adalah jenis baja BJ 37 dengan klasifikasi bahan sebagai berikut:

Tegangan putus minimum,  $f_u$  : 370 MPa

Tegangan leleh minimum,  $f_y$  : 240 Mpa

### 4.2. Perencanaan Pintu

#### 4.2.1. Perhitungan Pembebanan

Pembebanan dianalisis pada saat pintu tertutup dengan dua kondisi, yaitu pada saat muka air normal (kondisi 1 : elevasi 8 m) dan muka air banjir (kondisi 2 : elevasi 11,68 m). Berat sendiri struktur tidak diperhitungkan karena arah kerja beban terhadap gravitasi (ke bawah), tidak sejajar dengan beban lain dan mengurangi risiko guling dan geser pada pintu. Beban angin tidak diperhitungkan karena pada dua kondisi, permukaan pintu seluruhnya tertutupi air, sehingga tidak ada permukaan pintu yang kontak langsung dengan udara luar.

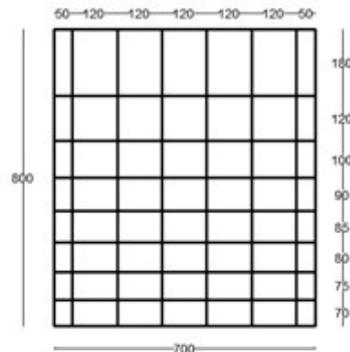
Tabel 6. Besar Beban pada Masing-Masing Kondisi.

No.	Jenis Beban	Kondisi 1	Kondisi 2
1.	Tekanan hidrostatis	$h_{total} = 8,29$ m $P = 8,29$ t/m <sup>2</sup>	$H_{total} = 11,78$ m $P = 11,8$ t/m <sup>2</sup>
a	Tinggi gelombang akibat angin	$h_w = 0,0981$ m	$h_w = 0,0981$ m
b	Tinggi gelombang akibat gempa	$h_e = 0,1929$ m	-
2.	Tekanan Sedimen	$P_e = 0,825$ t/m <sup>2</sup>	$P_e = 0,825$ t/m <sup>2</sup>
3.	Tekanan Dinamik Selama Gempa	$\Sigma P_d = 5,59$ t/m	$\Sigma P_d = 11,93$ t/m
4.	Tekanan Hidrodinamik	-	$F = 109,5$ ton

#### 4.2.2. Jumlah Balok Horizontal dan Balok Vertikal

Banyaknya balok horizontal dihitung berdasarkan Persamaan 7, dan untuk jarak antar balok horizontal dihitung dengan Persamaan 8. Penentuan jumlah balok dicoba dengan cara *trial and error*. Berdasarkan hasil perhitungan, dengan mempertimbangkan efisiensi dari segi harga, berat sendiri struktur serta kemudahan pemasangan dan perawatan, maka dipilih tebal pelat 13 mm dan jumlah balok horizontal sebanyak 7 buah untuk desain awal pintu.

#### 4.2.3. Konfigurasi Pintu



Gambar 2. Konfigurasi Pintu.

#### 4.2.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi 1 :  $U = 1,6 L$

Kombinasi 2 :  $U = 1,0 E + L$

Kombinasi 3 :  $U = 1,0 E$

#### 4.2.5. Analisis Struktur

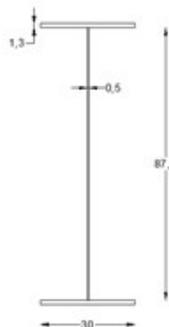
Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program SAP 2000 versi 14. Hasil menunjukkan bahwa gaya dalam maksimum terjadi pada kondisi 2.

Tabel 7. Nilai Gaya Dalam Maksimum Balok.

Nama Balok	Momen Maksimum	Lintang Maksimum
Balok Melintang	76,065 ton meter	41,319 ton
Balok Memanjang	30,571 ton meter	19,532 ton
Balok Tepi	60,766 ton meter	31,799 ton

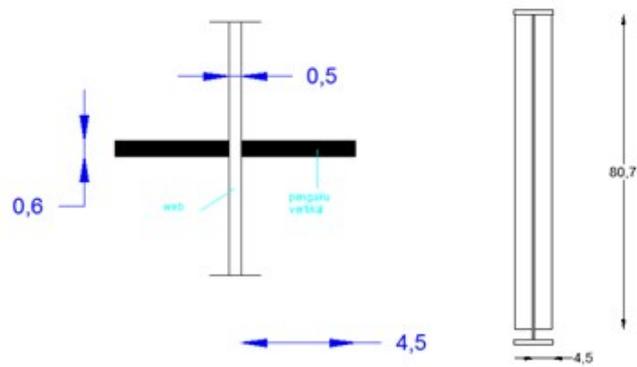
#### 4.2.6. Perencanaan Balok

##### 4.2.6.1. Balok Horizontal



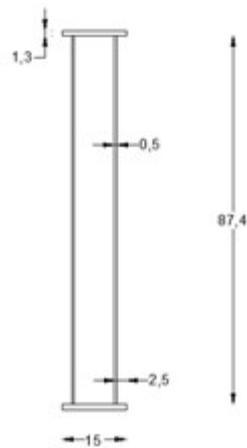
Gambar 3. Penampang Balok Horizontal.



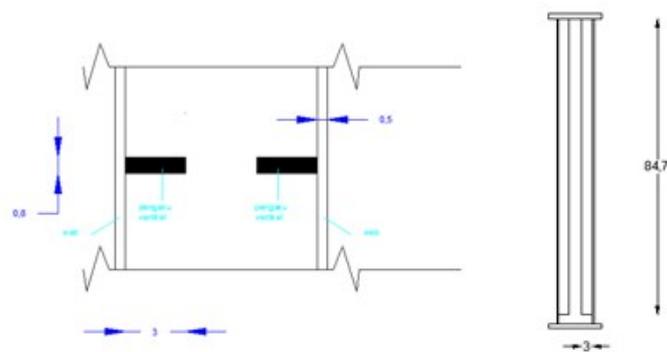


Gambar 7. Pengaku Transversal pada Balok Vertikal.

#### 4.2.6.3. Balok Tepi



Gambar 8. Penampang Balok Tepi.



Gambar 9. Pengaku Transversal pada Balok Tepi.

#### 4.2.7. Lendutan Balok

Tabel 8. Lendutan Balok.

Nama Balok	Lendutan Balok (mm)	Lendutan Batas (mm)
1	10,0606	
2	7,5896	
3	8,0619	L/240
4	8,5803	=
5	9,0047	
6	9,0698	29,1667
7	8,2244	
8	7,6221	
9	8,0188	

#### 4.2.8. Lendutan Pelat

Tabel 9. Lendutan Pelat.

Pelat	Lny (mm)	Lnx (mm)	H (mm)	Lendutan (mm)
1	1800	500	4680	0,1853
2	1800	1200	4680	5,1621
3	1200	500	6180	0,2447
4	1200	1200	6180	3,9442
5	1000	500	7280	0,2811
6	1200	1000	7280	3,6695
7	900	500	8230	0,3063
8	1200	900	8230	2,5692
9	850	500	9105	0,3287
10	1200	850	9105	2,4113
11	800	500	9930	0,3474
12	1200	800	9930	2,1635
13	750	500	10705	0,3559
14	1200	750	10705	1,8961
15	700	500	11430	0,3601
16	1200	700	11430	1,5923

Pada tabel 9 dapat dilihat bahwa lendutan maksimum pelat terjadi pada pelat 2, yaitu sebesar 5,16 mm. Pada SNI 1729 (2015) tentang baja, tidak diatur mengenai lendutan batas pada pelat baja. Maka nilai lendutan batas dibandingkan dengan lendutan batas pada pelat beton. Berdasarkan SNI 2847 (2013) tentang beton, untuk komponen struktur lantai yang tidak menumpu atau disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar memiliki batas lendutan  $l/360$ . Maka lendutan batas pelat adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Perbandingan Lendutan Aktual dan Lendutan Batas.

Pelat	Lendutan (mm)	Lendutan Batas (mm)
1	0,1853	5
2	5,1621	5
3	0,2447	3,33
4	3,9442	3,33
5	0,2811	2,78
6	3,6695	3,33
7	0,3063	2,5
8	2,5692	3,33
9	0,3287	2,36
10	2,4113	3,33
11	0,3474	2,22
12	2,1635	3,33
13	0,3559	2,08
14	1,8961	3,33
15	0,3601	1,94
16	1,5923	3,33

Pada beberapa pelat, nilai lendutan lebih besar dari lendutan batas. Hal ini dapat dimaklumi karena baja bersifat daktail dan beton bersifat getas. Nilai regangan leleh baja untuk BJ 37 adalah sebesar 0,0012. Regangan maksimum pada beton adalah 0,003 sedangkan pada baja BJ 37, regangan dapat terjadi pada rentang 0,0012 – 0,005. Dengan mengambil nilai regangan baja sebesar 0,005 maka dapat dibuat perbandingan kekuatan mulur baja terhadap beton adalah sebesar 5/3, dengan kata lain, kekuatan mulur baja adalah 1,67 kali dari kekuatan mulur beton, sehingga lendutan batas baja yaitu pada pelat 2 dapat dianggap sebesar  $5 \text{ mm} \times 1,67 = 8,35 \text{ mm}$  (kurang dari lendutan yang terjadi).

## 5. Kesimpulan

Pembebanan kondisi 2, yaitu pada muka air banjir menghasilkan nilai gaya dalam yang lebih besar daripada kondisi 1 (pada saat muka air normal). Hal ini dikarenakan tekanan hidrodinamik yang bekerja pada saat muka air banjir, memberikan hasil yang sangat signifikan terhadap gaya dalam yang terjadi. Untuk menghasilkan perencanaan yang paling efisien, setiap balok horizontal harus menerima beban yang besarnya sama. Dari hasil perhitungan didapat tebal pelat pada struktur pintu adalah sebesar 13 mm, sedangkan balok pada struktur pintu menggunakan pelat girder dengan ukuran 900x300 mm pada balok horizontal, 860x100 mm pada balok vertikal, 900x150 mm pada balok tepi, dengan tebal flens dan web untuk semua balok adalah 13 mm dan 5 mm. Perencanaan telah memenuhi syarat keamanan struktur, dengan lendutan maksimum pada balok 10,06 mm, dan pada pelat sebesar 5,16 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- BMKG Masgar, 2015, *Data Windrose*.  
Hydraulic Gate and Penstock Association, 1982, *Technical Standards for Gates and Penstock*, Jepang.  
Sosrodarsono Suyono dan Takeda Kensaku, 1977, *Bendungan Type Urugan*. Pradaya Pramita, Jakarta..

- PT. Virama Karya, 2016, Pekerjaan Model Test dan Sertifikasi Bendungan Margatiga.
- Soedibyo, 2003, Teknik Bendungan, Pradaya Paramita, Jakarta.
- SNI 1729, 2015, Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- SNI 2847, 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Timoshenko, 1945, *Strenght of Materials Part II : Advance Theory and Problems*, D Van Nostard Company, Inc, New York.