

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bendung**

Bendung adalah suatu bangunan yang biasanya dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton yang terletak melintang pada sebuah sungai yang dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan ke saluran melalui bangunan pengambilan (*intake*). Tentu saja bangunan ini dapat digunakan untuk kepentingan selain irigasi, seperti untuk air minum atau pembangkit listrik. Menurut macamnya bendung dibagi menjadi dua yaitu bendung tetap dan bendung gerak.

Bendung tetap adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya tidak dapat diubah, sehingga muka air di hulu bendung tidak dapat diatur sesuai yang dikendaki atau elevasi muka air di hulu bendung berubah sesuai dengan debit air sungai yang melimpas. Bendung tetap biasanya dibangun pada daerah tengah dan hulu sungai.

Bendung gerak adalah bendung yang terdiri dari ambang yang dapat bergerak (pintu sorong, radial dan tipe lainnya), sehingga dapat mengatur elevasi muka air banjir sesuai dengan yang dikehendaki. Bendung ini biasa digunakan di sungai-sungai pada bagian hilir sungai atau muara.

Konstruksi bendung memiliki bagian-bagian tertentu yang memiliki fungsi yang berbeda beda. Bagian-bagian inilah yang akan bekerja agar operasional bendung bekerja dengan baik. Bagian-bagian dari konstruksi bendung secara umum yaitu:

1. Tubuh bendung, merupakan struktur utama yang berfungsi untuk membendung laju aliran sungai dan menaikkan tinggi muka air sungai dari elevasi awal.
2. Pintu air, berfungsi untuk mengatur membuka dan menutup aliran air di saluran.
3. Pintu pengambilan (intake) berfungsi untuk mengatur banyaknya air yang masuk ke saluran dan mencegah masuknya benda-benda padat dan kasar ke dalam saluran.
4. Kolam peredam energi, diciptakan untuk menurunkan kekuatan aliran air agar potensi gerusan setempat dapat diminimalisir.
5. Bangunan pembilas, merupakan salah satu perlengkapan pokok bendung yang terletak di dekat intake. Bangunan pembilas berfungsi untuk menghindarkan angkutan sedimen dasar dan mengurangi angkutan sedimen layang masuk ke intake.

## 2.2. Perencanaan Struktur Bendung

Sebelum pembangunan sebuah konstruksi bendung terlebih dahulu ditentukan lokasi dimana bendung itu akan dibangun. Selain itu banyak hal-hal yang harus diperhatikan misalnya konstruksi bendung harus direncanakan sedemikian rupa agar seluruh daerah dapat dialiri air.

### 2.2.1 Lebar Bendung

Lebar bendung adalah jarak antar kedua pangkal bendung (abutment). Lebar bendung sebaiknya diambil sama dengan lebar rata-rata sungai atau dengan lebar maksimum hendaknya tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata.

Lebar efektif bendung adalah lebar bendung yang bermanfaat untuk melewati debit. Lebar efektif bendung lebih kecil dari lebar bendung dikarenakan adanya pilar dan pintu penguras. (*Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986*)

$$B_e = B_n - 2(n K_p + K_a) H_1$$

Di mana :

n = jumlah pilar

K<sub>p</sub>= koefisien kontraksi pilar

K<sub>a</sub>=koefisien kontraksi

H<sub>1</sub>= tinggi energi (m)

B<sub>n</sub>= lebar mercu yang sebenarnya

Be= lebar efektif mercu

| 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 arah aliran                             | 0,20  |
| Bulat bersudut $90^\circ$ ke arah 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  |

**Tabel 1.** Harga Koefisien Kontraksi

### 2.2.2 Mercu Bendung

Mercu bendung adalah bagian dari bendung yang berfungsi untuk mengatur tinggi air minimum, melewati debit banjir dan untuk membatasi tinggi genangan yang akan terjadi. Di Indonesia umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah yaitu mercu bulat dan mercu ogee.

#### a. Mercu Bulat

Mercu bendung bulat mempunyai koefisien debit yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mercu bendung ambang lebar. Pada sungai, ini akan banyak memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. Harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung streamline dan tekanan negatif pada mercu. Tinggi energi di atas mercu dapat dihitung dengan persamaan tinggi energi – debit, untuk ambang bulat dan pengontrol segi empat yaitu :

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot b \cdot H_1^{1.5}$$

Di mana :

$Q$  = debit,  $m^3/dt$

$C_d$  = koefisien debit ( $C_d = C_0.C_1.C_2.$ )

$g$  = percepatan gravitasi,  $9,8 m/dt^2$

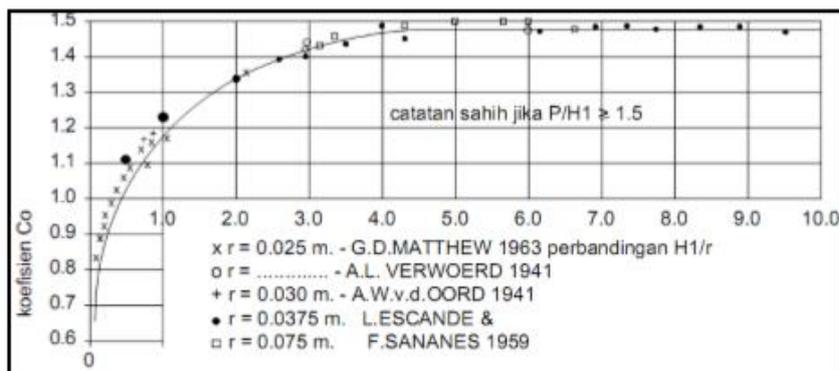
$b$  = lebar mercu,  $m$

$H_1$  = tinggi air di atas mercu,  $m$

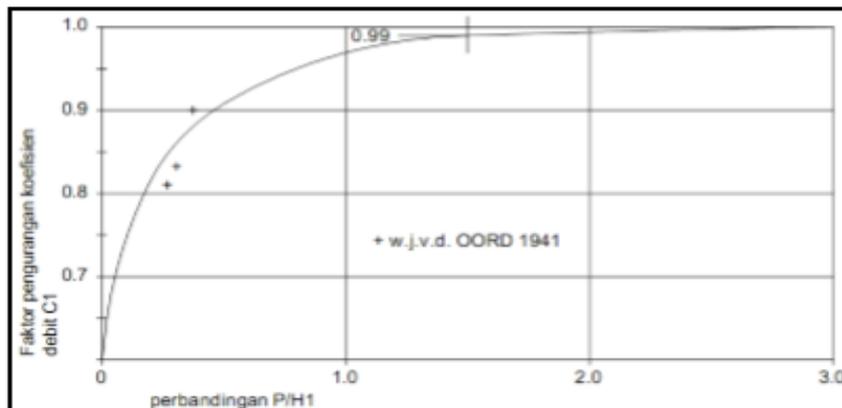
$C_0$  = fungsi  $r$  = jari-jari mercu ,( gambar 2.1 )

$C_1$  = fungsi  $P$  = tinggi mercu,( gambar 2.2 )

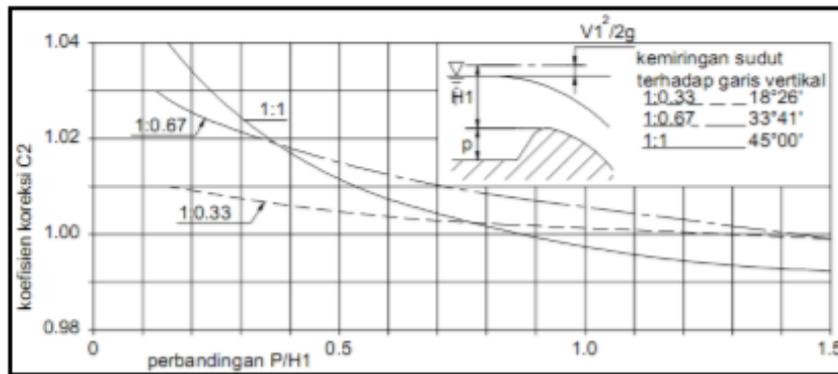
$C_2$  = fungsi dan kemiringan muka hulu,( gambar 2.3 )



Gambar 2.1. Koefisien  $C_0$



Gambar 2.2. Koefisien  $C_1$



**Gambar 2.3.** Koefisien C2

Tinggi muka air banjir diatas mercu dapat di hitung dengan persamaan (Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986) yaitu :

$$H_d = H_1 - k$$

$$K = \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \frac{Q}{B_e \times H_1}$$

Di mana :

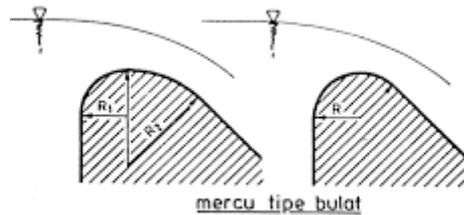
Q = debit, m<sup>3</sup>/ dt

Cd = koefisien debit (Cd = C0.C1.C2.)

g = percepatan gravitasi, 9,8 m/dt<sup>2</sup>

b = lebar mercu (m)

H1 = tinggi air di atas mercu (m)



**Gambar 2.4.** Mercu Tipe Bulat

b. Mercu Ogee

Mercu Ogee adalah sebuah mercu bendung yang memiliki bentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit rendah, air akan memberikan tekanan kebawah pada mercu.

$$\frac{Y}{Hd} = \frac{1}{K} \left[ \frac{X}{Hd} \right]^n$$

Di mana :

X dan Y = koordinat-koordinat permukaan hilir bendung

Hd = tinggi air di atas mercu

K dan n = konstanta dari faktor kemiringan permukaan hulu

| Kemiringan permukaan hilir | k     | N     |
|----------------------------|-------|-------|
| Vertikal                   | 2.000 | 1.850 |
| 1 - 0.33                   | 1.936 | 1.836 |
| 1 - 0.67                   | 1.939 | 1.810 |
| 1 - 1                      | 1.873 | 1.776 |

**Tabel 2 .** konstanta dari faktor kemiringan permukaan hulu

|                            |      |   |
|----------------------------|------|---|
| Hd                         | 3.39 | m |
| X hulu dari Rb (0.175 Hd)  | 0.59 | m |
| X hulu dari Rk (0.282 Hd)  | 0.96 | m |
| Jari jari mercu hulu (Rk)  | 0.68 | m |
| Jari-jari mercu hilir (Rb) | 1.7  | m |

**Tabel 3 .** Jari-jari untuk ujung mercu ogee

Persamaan lengkung bendung:

$$X^{1.85} = 2.0 \text{ Hd}^{0.85} Y$$

$$\text{Hd} = 3.39$$

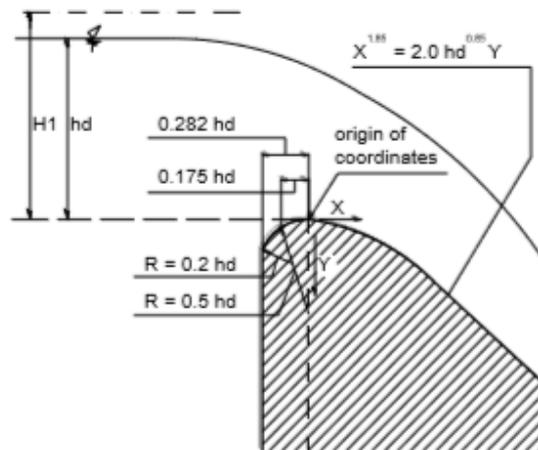
$$Y = 0.17699 X^{1.85}$$

$$dy/dx = 1$$

$$1 = 0.32743 X^{0.85}$$

$$X = 3.719$$

$$Y = 2.010$$



**Gambar 2.5.** Mercu Tipe Ogee

| X     | Y     |
|-------|-------|
| 0.000 | 0.000 |
| 0.500 | 0.049 |
| 1.000 | 0.177 |
| 1.500 | 0.375 |
| 2.000 | 0.638 |
| 2.500 | 0.964 |
| 3.000 | 1.351 |
| 3.500 | 1.797 |
| 3.719 | 2.010 |

**Tabel 4.** Koordinat Lengkung Mercu Oge

### 2.2.3 Bangunan Pengambilan (*Intake*)

Bangunan pengambilan adalah sebuah bangunan yang berupa pintu air yang merupakan suatu komponen pada bendung yang berfungsi untuk mengelakkan air dari sungai dalam jumlah yang diinginkan. Bangunan ini biasanya dilengkapi dengan penghalang sampah agar sampah tidak masuk kedalam aliran air. Bangunan ini biasanya berada ditepi sungai dan merupakan satu kesatuan dengan bangunan pembilas. Perencanaan bangunan pengambilan meliputi debit

pengambilan serta dimensi lebar dan tinggi bukaan pintu pengambilan. Adapun besarnya nilai debit yang dapat mengalir melalui pintu pengambilan harus memenuhi persamaan berikut ini. (*Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986*)

$$Q = \mu a b \sqrt{2 g z}$$

$$v = \sqrt{2 g z}$$

$$z = \frac{1}{\mu} \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Dimana:

a = tinggi bukaan pintu (m)

b = lebar bukaan pintu (m)

$\mu$  = koefisien debit dengan nilai 0,8 untuk bukaan dibawah permukaan air  
kehilangan energi

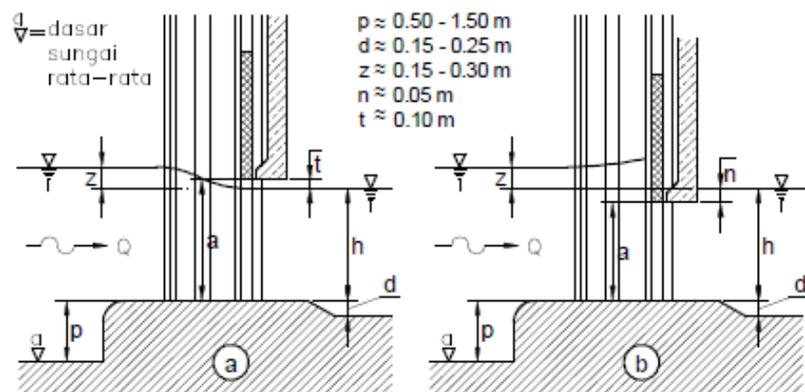
g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

z = kehilangan tinggi energi pada bukaan (m)

Elevasi ambang bangunan pengambilan ditentukan dari tinggi dasar sungai. Tinggi ambang ( $p$ ) direncanakan diatas dasar sungai dengan ketentuan sebagai berikut:

- 0.50 m jika sungai hanya mengangkut lanau.
- 0.50 m – 1.00 m jika sungai juga mengangkut pasir dan kerikil.
- m – 1.50 m jika sungai juga mengangkut batu-batu bongkah.

Hal tersebut dimaksudkan agar sedimen-sedimen tidak ikut terbawa kedalam saluran pengambilan.



**Gambar 2.6.** Pintu Pengambilan

## 2.2.4 Bangunan Pembilas

Bangunan pembilas adalah salah satu perlengkapan pokok bendung yang terletak di dekat intake. Berfungsi untuk menghindarkan angkutan muatan sedimen dasar dan mengurangi angkutan muatan sedimen layang masuk ke intake. Berdasarkan letak bangunannya di dalam bendung terdapat dua buah bangunan pembilas, yaitu di bagian hulu dekat intake dan di hilir setelah kantong lumpur.

- Bangunan pembilas di dekat intake

Bangunan penguras berfungsi untuk mengontrol pergerakan sedimen, menghindarkan angkutan muatan dasar dan mengurangi angkutan muatan layang ke bangunan pengambilan.

- Bangunan pembilas setelah kantong lumpur

Bangunan pembilas setelah kantong lumpur berfungsi untuk menguras sedimen keluar dari saluran kantong lumpur dengan aliran yang berkecepatan tinggi.

### **2.2.5 Bangunan Peredam Energi**

Bangunan peredam energi bendung adalah struktur dari bangunan di hilir tubuh bendung yang terdiri dari beberapa tipe, bentuk dan di kanan kirinya dibatasi oleh tembok pangkal bendung dilanjutkan dengan tembok sayap hilir dengan bentuk tertentu. Fungsi Bangunan adalah untuk meredam energi air akibat pembendungan, agar air di hilir bendung tidak menimbulkan penggerusan setempat yang membahayakan struktur.

#### **a. Prinsip Peredam Energi**

Prinsip peredam energi pada bangunan peredam energi adalah dengan cara menimbulkan gesekan air dengan lantai dan dinding struktur, gesekan air dengan air, membentuk pusaran air berbalik vertikal ke atas dan ke bawah serta pusaran arah horizontal dan menciptakan benturan aliran ke struktur serta membuat loncatan air di dalam ruang olakan.

#### b. Faktor Pemilihan Tipe

Dalam memilih tipe bangunan peredam energi sangat bergantung kepada berbagai faktor antara lain : Tinggi pembendungan, Keadaan geoteknik tanah dasar misalnya jenis batuan, lapisan, kekerasan tekan, diameter butir, dsb, Jenis angkutan sedimen yang terbawa aliran sungai, Kemungkinan degradasi dasar sungai yang akan terjadi di hilir bendung, Keadaan aliran yang terjadi di bangunan peredam energi seperti aliran tidak sempurna/tenggelam, loncatan aliran yang lebih rendah atau lebih tinggi dan sama dengan kedalaman muka air hilir (tail water).

#### **2.2.6 Kolam Olak**

Kolam olak yang sering digunakan di Indonesia ada dua tipe, yaitu kolam olak tipe Vlugter dan kolam olak tipe Bak tenggelam.

##### 1. Kolam olak tipe Vlugter

Bentuk hidrolis kolam olak tipe Vlugter merupakan pertemuan suatu penampang miring, penampang melengkung dan penampang lurus. Tipe ini digunakan karena mempunyai dasar aluvial dengan sungai yang tidak banyak membawa sedimen yang berdiameter besar. Dalamnya lantai ruang olakan dari puncak mercu tidak lenih dari 8 meter.

Perhitungan dimensi peredam energi tipe Vlugter menggunakan rumus  
(Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986):

$$q = Q / Be$$

$$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

jika  $0,5 < \frac{Z}{hc} \leq 2,0$  maka  $t = 2,4 hc + 0,4 Z$

jika  $2,0 < \frac{Z}{hc} \leq 15,0$  maka  $t = 3 hc + 0,1 Z$

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

D = R = L dalam m

Dimana:

Q = debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/dt)

q = debit satuan, (m<sup>3</sup>/dt/m')

Be = lebar bendung (m)

hc = kedalaman kritis (m)

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

a = tinggi ambang akhir (m)

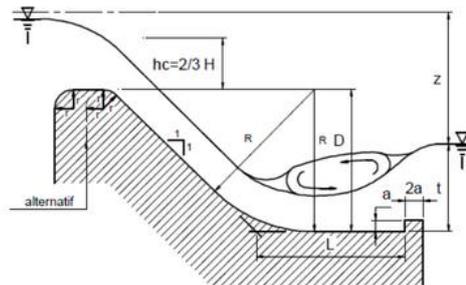
D = kedalaman lantai peredam energi (m)

$R$  = jari-jari kolam olak (m)

$L$  = panjang lantai peredam energi (m)

$z$  = beda tinggi muka air hulu dan hilir (m)

$t$  = Kedalaman air hilir (m)



**Gambar 2.7.** Kolam olak tipe Vlugter

## 2. Kolam Olak tipe Bak Tenggelam

Kolam olak tipe Bak Tenggelam telah digunakan sejak lama dengan sangat berhasil pada bendung-bendung rendah dan untuk bilangan-bilangan Fruede rendah. Kriteria- kriteria dasar sebagaimana diberikan oleh USBR sulit untuk diterapkan bagi perencanaan bendung dengan tinggi energi rendah. Perhitungan dimensi peredam energi menggunakan rumus (*Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986*) yaitu :

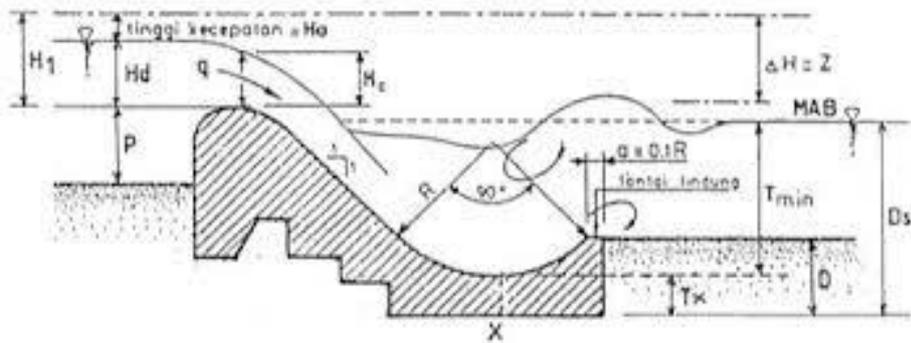
$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Dimana:

$h_c$  = kedalaman kritis (m)

$g$  = percepatan gravitasi = 9,81 m/detik<sup>2</sup>

$q$  = debit persatuan lebar



**Gambar 2.8.** Kolam olak tipe Bak Tenggelam