

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Bendung (Bangunan Utama)

Bendung adalah struktur bangunan yang dibangun menggunakan beton, bronjong atau pasangan batu kali, yang posisinya melintang di saluran sungai, yang berguna untuk dapat mengatur ketinggian muka air supaya dapat dialirkan ke daerah yang membutuhkan. Selain untuk keperluan irigasi, bendung juga dipergunakan untuk kebutuhan lainnya, yaitu dapat membangkitkan listrik, untuk proses menggelontorkan suatu kota ataupun juga untuk kebutuhan air minum.

2.1.1. Jenis Bendung

a) **Berdasarkan jenis strukturnya**, bendung dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Bendung Gerak/Berpintu (*gated weir, barrage*)

ialah Bendung yang memiliki konstruksi pintu, yang dibangun dengan tujuan supaya tinggi muka air Sungai dapat diatur dengan cara membuka dan menutup pintu bendung. Pada bagian hulu bendung, ketinggian muka air bisa di kontrol tinggi rendahnya sesuai dengan yang diinginkan. Daerah hilir sungai atau muara merupakan tempat dimana bendung gerak dibangun dikarenakan ada banyaknya tebing-tebing sungai yang rata-rata lebih datar dari pada hulu sungai.

Ketika dalam keadaan banjir, ketinggian pada permukaan air pada hulu bendung bisa direndahkan. Hal yang dapat dilakukan adalah membiarkan pintu air terbuka, dengan begini air tidak akan melimpah keluar saluran sungai karena aliran air hanya terjadi pada pintu yang terbuka dan mengarah ke bagian hilir.

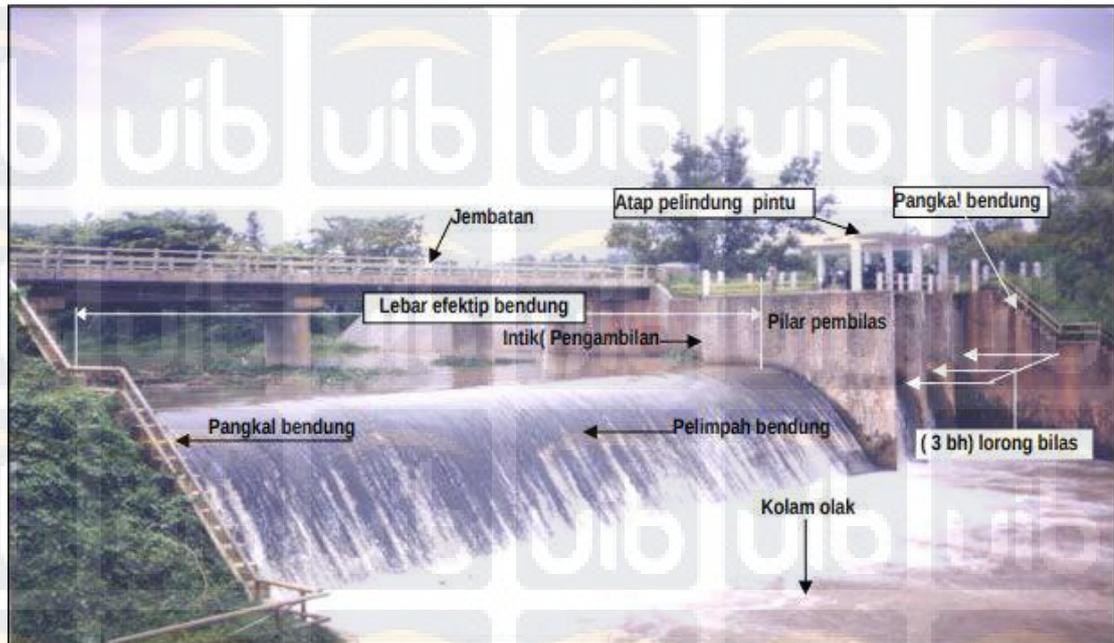


Gambar 2.1 Bendung Gerak

2. Bendung Tetap (Pelimpah, *fixed weir, uncontrolled weir*)

ialah Bendung yang dibangun secara permanen karena fungsinya tidak hanya meninggikan muka air tetapi juga melimpahkan air. Untuk jenis bendung ini, tinggi dari struktur bendungnya sudah memiliki standar tersendiri.

Pada bagian hulu bendung tetap, ketinggian dari permukaan air akan berubah sama dengan kecepatan air sungai yang dilaluinya. Ini artinya naik ataupun turunnya muka air tidak dapat diatur. Daerah hulu sungai merupakan tempat biasanya Bendung tetap dibangun. Ini dikarenakan adanya banyak tebing-tebing sungai pada daerah hulu yang rata-rata lebih curam daripada di daerah hilir. Jadi, ketika dalam keadaan banjir, ketinggian dari permukaan air pada bendung tetap yang dibangun di daerah hulu tidak melimpah keluar saluran sungai karena terjebak dengan tebing yang curam.



Gambar 2.2 Bendung Tetap (Pelimpah)

b) Berdasarkan fungsinya, bendung dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Bendung Penahan Pasang

Bendung ini sangat cocok dibangun di daerah sungai yang berdekatan dengan air laut. Apabila pasang surut terjadi, biasanya daerah sungai ini akan dimasuki oleh air asin akibat dari pasang surut tersebut. Tetapi air asin tersebut dapat dicegah untuk tidak memasuki daerah aliran sungai dengan membangun bendung ini.

2. Bendung Penyadap

Salah satu bendung yang sering dibangun di daerah irigasi karena fungsinya yang bermanfaat yaitu dapat menyadap air dari sungai dan dialiri menuju daerah irigasi tersebut untuk memenuhi keperluan akan air baku, pertanian dan lain sebagainya.

3. Bendung Pembagi Banjir

Bendung ini juga merupakan salah satu bendung yang sangat dibutuhkan terutama pada aliran sungai karena bendung ini berfungsi untuk mengatur muka air

sungai. Dengan adanya pengaturan ini, debit air banjir dan juga debit air rendah dapat dipisah berdasarkan kapasitas yang diinginkan. Biasanya bendung ini dibangun di percabangan sungai.

c) **Berdasarkan sifatnya**, bendung dibagi atas tiga, yaitu :

1. Bendung Permanen

Bendung permanen adalah suatu bendung yang dibangun di sebuah sungai dengan tujuan pembangunan tidak akan dibongkar lagi atau menjadi bangunan tetap. Sifat bangunan bendung ini seperti bendung beton, bendung pasangan batu, dan kombinasi antara pasangan batu dan beton.

2. Bendung Semi Permanen

Salah satu contoh dari pembangunan bendung semi permanen adalah bendung broncong.

3. Bendung Darurat

Jenis bendung ini biasanya dibangun di daerah pemukiman masyarakat terutama di daerah pedesaan. Bendung ini membantu masyarakat di pedesaan tersebut untuk dapat memenuhi kebutuhan air baku dan juga dapat membantu masyarakat dalam pertaniannya. Contoh dari pembangunan bendung darurat ini adalah bendung tumpukan batu.

2.1.2. Pemilihan Lokasi Bendung

Pada tahap ini, disarankan memilih tempat yang lebih banyak memberikan keuntungan dari beberapa aspek yakni aspek perancangan, pemeliharaan bendung, pelaksanaan, pengoperasian, dan dampak selama proses konstruksi dan lainnya.

Ada hal khusus yang menjadi ketetapan dalam tahapan ini yang didasari oleh beberapa faktor, yakni diantaranya :

a. Keadaan Topografi

Penyeleksian pada keadaan topografi ditentukan dari ketinggian sawah tertinggi yang akan dilewati air dan jika sudah diketahui ketinggian sawah tertinggi tersebut maka ketinggian bendung dapat ditetapkan

b. Keadaan Hidrologi

Faktor Hidrologi merupakan salah satu faktor terpenting yang harus diperhitungkan dari beberapa faktor, karena untuk dapat menentukan volume bendung bergantung pada kecepatan air yang direncanakan. Faktor hidrologi yang harus direncanakan adalah problematika banjir rencana, kalkulasi kecepatan air rencana, efektifitas curah hujan, dan pendistribusian curah hujan.

c. Kondisi Topografi

Berdasarkan pengamatan lokasi yang dipilih, aspek-aspek yang perlu diperhatikan oleh perencanaan bendung antara lain :

- Tinggi rencana dari bendung tidak boleh terlalu tinggi. Apabila bendung dirancang di bagian kolam sungai, alangkah baiknya jika tinggi rencana dari bendung tidak lebih dari tujuh meter dari dasar sungai, sehingga tidak akan mempersulit selama masa pelaksanaannya.
- Trase dari saluran induk harus terletak di tempat yang baik. Apabila pada proses penggalian tidak terlampaui dalam dan bendung juga tidak terlampaui tinggi, proses galian pada saluran induk dibatasi sampai dengan delapan meter agar tidak mempersulit selama proses pelaksanaan.

- Pada proses penempatan dari lokasi intake, untuk penempatannya dapat diperhatikan dari sisi hidraulik dan sedimen yang diangkut, jadi air yang mengalir ke bangunan pengambila tidak akan mengalami hambatan dan pengangkutan pada batuan yang masuk ke bangunan *intake* juga dapat dihindari.

d. Kondisi Hidrolis dan Morfologi

Pada kondisi ini, skema pengaliran sungai terdiri dari :

- Kecepatan dan arah dari aliran sungai pada saat kecepatan air sedang dan rendah dalam kondisi banjir
- Tinggi dari permukaan air pada kecepatan air banjir rencana
- Kedalaman dan lebar dari permukaan air pada saat kecepatan air banjir (sedang dan kecil)
- Kemampuan dan pembagian dari sedimen yang terangkut.

e. Kondisi Tanah Pondasi

Bangunan bendung akan stabil apabila pemilihan dari lokasi dimana tanah pondasi dari bangunan bendung ini dikategorikan cukup baik. Adapula faktor yang lainnya yang harus menjadi pertimbangan yaitu adanya potensi bencana alam seperti gempa dan adanya potensi gerusan yang disebabkan oleh arus dan lainnya.

f. Biaya Pelaksanaan

Salah satu faktor yang sangat menentukan dari suatu pemilihan lokasi akan dibangunnya bendun adalah biaya pelaksanaan konstruksi bendung.

Dari lokasi-lokasi yang dipilih, diperhatikan juga dari aspek biaya yang

dikategorikan tidak cukup mahal dan tidak mempersulit selama proses pelaksanaan pembangunan.

2.1.3. Bagian-Bagian Bendung

Dalam sebuah bangunan bendung, terdapat bagian-bagian bendung yang dianggap penting, yakni diantaranya :

a. Tubuh Bendung (*Weir*)

Ialah kerangka utama yang memiliki fungsi untuk meredam laju dari aliran sungai dan untuk meninggikan elevasi permukaan air dari ketinggian awal. Tubuh bendung umumnya dibuat dari material beton atau bronjong, pasangan batu kali, dan urugan tanah. Pada umumnya, bagian tubuh bendung dibangun secara melintang pada aliran sungai.

Bagian ini dapat dialiri air baik dalam kondisi normal maupun banjir.

Sebelum membangun struktur bendung, hal-hal yang harus diperhatikan adalah memiliki tingkat keamanan yang tinggi terhadap tekanan air,

tekanan yang mengakibatkan kecepatan air berubah secara mendadak,

tekanan bencana alam (gempa) dan akibat dari beban sendiri.

b. Bangunan Intake (Pengambilan)

Salah satu komponen bangunan pada bendung yang memiliki peran penting dalam memfungsikan bendung adalah bangunan *intake*.

Bangunan ini memiliki fungsi sebagai pengatur dari banyaknya air yang masuk ke dalam saluran dan ketika dalam kondisi banjir, bagian ini akan

di tutup untuk menghindari terselipnya benda-benda padat ke dalam

saluran. Letak dari *intake* adalah tegak lurus (90°) atau menyudut (45° -

60°) terhadap sumbu bangunan pembilas. Disarankan bangunan

pengambilan ini dibangun di daerah tikungan sungai, agar sedimen yang akan masuk ke bangunan pembilas dapat dikurangi.

c. Bangunan Pembilas

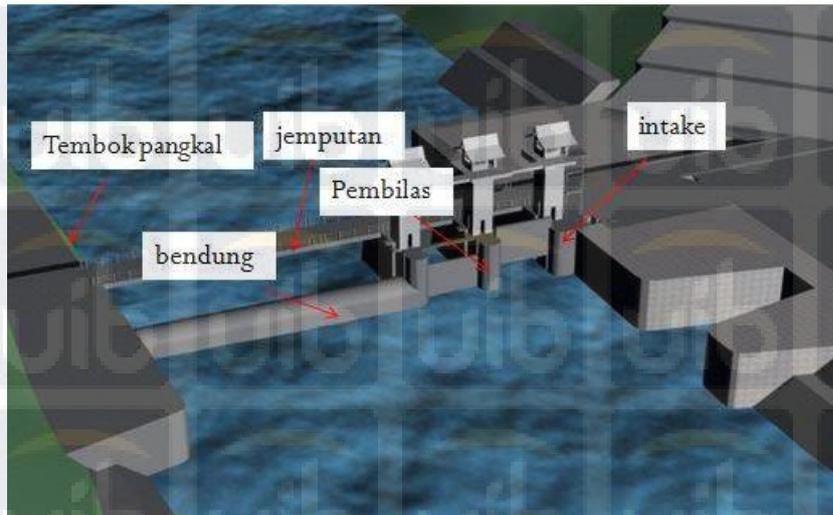
Komponen bangunan ini terletak berdampingan dan satu-kesatuan dengan bangunan pengambilan (*intake*). Fungsi dari bangunan ini adalah untuk dapat menguras lumpur yang terendap di bagian muka bendung yang berdekatan dengan pintu pengambilan. Dengan adanya bangunan pembilas dapat mengurangi jumlah angkutan sedimen yang masuk ke bangunan pengambilan.

d. Bagian Pilar

Komponen pilar ini berfungsi sebagai dudukan pintu penguras dan juga untuk dudukan jembatan (apabila jembatan ingin dibangun diatas bendung). Ukuran dari pilar ini bergantung dari beban yang ditahan oleh pilar. Penentuan dari beban yang dipikul oleh pilar dapat menentukan tebal dari pilar ini, biasanya untuk pilar dengan konstruksi pasangan batu kali memiliki ketebalan antara 2 sampai 3 meter, sementara untuk konstruksi pasangan dari beton memiliki ketebalan antara 1 sampai 2 meter dan untuk panjang pilar itu sendiri bergantung pada kebutuhan dan dimensi sungai.

e. Bangunan Pelengkap lainnya

Beberapa bangunan pelengkap yang wajib ada di konstruksi bendung yaitu kolam olak, sayap bendung, tembok penangkal, lantai udik dan dinding tirai, penduga muka air, pengarah arus tanggul banjir dan tanggul penutup atau tanpa tanggul dan lain sebagainya.



Gambar 2.3 Komponen-komponen pada Bendung

2.1.4. Persyaratan pada Konstruksi Bendung

Dalam pembangunan konstruksi bendung, faktor-faktor yang harus dipenuhi sehingga bangunan bendung dapat dinyatakan layak untuk digunakan.

Berikut faktor-faktor tersebut :

1. Dalam kondisi banjir, bangunan bendung harus memiliki kestabilan yang baik dan juga harus kuat dalam menahan tekanan air dalam kondisi tersebut.
2. Perhitungan kekuatan daya dukung tanah pada bagian bawah bendung adalah hal yang penting dalam pembuatan konstruksi bendung. Perhitungan ini dapat menentukan spesifikasi dari bendung seperti apa yang cocok pada kondisi tanah tersebut.
3. Kebocoran adalah hal yang harus dihindari dalam pembuatan konstruksi bendung. Biasanya kebocoran pada bendung dapat terjadi karena adanya aliran air sungai dan aliran air yang meresap kedalam tanah. Oleh karena harus didesain mampu menahan kebocoran (*seepage*).

4. Dalam pembangunan bendung, bendung harus direncanakan sesuai dengan Standar Perencanaan Irigasi KP – 02, salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan bendung adalah tinggi ambang. Ketinggian dari ambang harus dapat memenuhi tinggi dari permukaan air minimum yang dibutuhkan pada saluran sungai disekitarnya.
5. Selain tinggi ambang, faktor lain yang harus diperhitungkan oleh perencana adalah bentuk peluap. Perhitungan ini dapat membantu bendung untuk tidak merusak tubuh bendung karena pasir, kerikik dan batu-batu dapat dibawa oleh air dari sebelah hulu.

2.2. Hidraulik Bendung

2.2.1. Definisi Hidraulik Bendung

Perencanaan Hidrologi dan Hidrolis untuk bangunan di sungai seperti bendung memiliki dasar yang menjadi panduan perhitungannya yaitu Standar Nasional Indonesia No. 03-2401-1991. Dalam Standar ini dijelaskan bahwa desain pada bangunan di sungai dapat berupa bangunan tetap, bendung gerak, ataupun kombinasi dan tentu saja harus memiliki fungsi sebagai mana mestinya yaitu untuk dapat mengendalikan aliran dan angkutan beban atau pun benda di sungai dengan cara meninggikan muka air sungai (dapat disesuaikan dengan kebutuhan secara efisien).

Penting adanya perencanaan terhadap dimensi dari bendung agar desain perhitungan yang dirancang cocok dengan dimensi dari hulu sungai. Dari perencanaan hidraulik bendung ini juga dapat mengetahui faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam pembangunan bendung seperti kontrol bahaya kavitasi (bahaya yang akan terjadi akibat dari perubahan perilaku sungai).

2.2.2. Tahapan Desain Hidraulik Bendung

Tahapan-tahapan desain yang harus diperhatikan pada saat perencanaan hidraulik bendung antara lain :

1. Kelengkapan data awal. Data yang dimaksud adalah data debit banjir yang didesain pada sungai, debit pada bangunan penyadap ke bangunan *intake*, elevasi muka air pada sungai saat terjadinya banjir dan lainnya.
2. Perencanaan hitungan untuk menentukan elevasi dari mercu bendung.
3. Perencanaan hitungan untuk menentukan panjang dari mercu bendung.
4. Perencanaan hitungan untuk menetapkan lebar pembilas dan lebar pilar pembilas.
5. Perencanaan hitungan untuk menentukan ketinggian muka air banjir pada udik bendung.
6. Perencanaan hitungan untuk menetapkan dimensi dari mercu dan tubuh bendung.
7. Perencanaan hitungan untuk menetapkan ukuran hidraulik dari bangunan pengambilan.
8. Perencanaan hitungan untuk menetapkan ukuran hidraulik dari bangunan pembilas.
9. Perencanaan hitungan untuk menetapkan tipe, bentuk dan ukuran dari bangunan peredam energi.
10. Perencanaan hitungan untuk menentukan panjang dari rantai udik bendung dan kolam olak.
11. Perencanaan hitungan untuk menetapkan ukuran tembok pangkal, tembok sayap udik dan tembok sayap hilir dan sebagainya.

2.2.3. Perhitungan Hidraulik Bendung

2.2.3.1. Penentuan ketinggian mercu bendung

Sebelum menentukan tinggi dari mercu bendung, perencana biasanya harus menentukan terlebih dahulu jenis mercu bendung apa yang akan digunakan. Berikut beberapa jenis mercu bendung :

- a. **Mercu Bulat**, memiliki harga koefisien debit sebesar 44%. Harga Koefisien ini merupakan nilai tertinggi diantara jenis mercu lainnya. Selain itu, jenis mercu ini mampu mengurangi tinggi elevasi ari pada hulu saat banjir, jelas hal ini menjadi keuntungan yang sangat dicari.
- b. **Mercu Ogee**. Jenis mercu ini tidak umum digunakan alasannya karena jenis mercu ini memiliki tirai luapan pada bagian bawah yang ambangnya tajam aerasi. Mercu ogee cocok digunakan untuk tipe tanah pada sungai yang baik, karena pada tanah akan dibangun lantai muka untuk menahan pengurusan.
- c. **Mercu Vlughter**. Jenis mercu ini hanya digunakan pada kondisi tanah yang aluvial (tidak adanya batuan besar yang dibawa oleh sungai).

Apabila jenis mercu sudah ditentukan maka, dapat menghitung elevasi dari mercu bendung pada sungai tersebut. Penentuan ini biasanya direncanakan lebih rendah dari elevasi saluran, tujuannya adalah untuk menghindari air meluap ke daerah pinggiran sungai saat terjadi banjir.

2.2.3.2. Perencanaan Lebar Efektif Bendung

Pada perencanaan lebar efektif bendung harus menentukan dimensi dari bagian bendung, yaitu :

- Tinggi bendung (P) = Elevasi Mercu – Elevasi Lantai bendung

- Kemiringan sungai (i) = (Elev. Hulu sungai – Hilir sungai) / Jarak Sungai
- Lebar sungai rata-rata = Diambil nilai tengah
- Lebar bendung (B)

Lebar bendung yang direncanakan harus dikali dengan 1,2 dari lebar sungai rata-rata (KP-02 tahun 1991)

- Lebar penguras (b)

Lebar bangunan penguras minimum 1/6 – 1/10 kali lebar bendung (KP-02 tahun 1991).

- **Lebar Efektif Bendung (Be)**

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

Dimana : Be = Lebar efektif bendung (m)

B = Lebar mercu bendung (m)

n = Jumlah pilar (x buah)

Kp = Koefisien kontraksi pilar (**Tabel 3.1**)

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung (**Tabel 3.2**)

H₁ = Tinggi energi (direncanakan)

Tabel 2.1 Nilai Koef. Konstraksi Pilar

Jenis Pilar	Kp
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut – sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0.1 dari tebal pilar	0.02
Untukl pilar berujung bulat	0.01
Untuk pilar berujung runcing	0

Tabel 2.2 Nilai Koef. Konstraksi Pangkal Bendung

Jenis pangkal tembok	Ka
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran	0.20
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90° ke arah aliran dengan $r > 0.15 H_1$	0.10
Untuk pangkal tembok bulat dimana $r > 0.5 H_1$ dan tembok hulu tidak lebih dari 45° kearah aliran	0

2.2.3.3. Perhitungan Debit Banjir Rencana di Atas Mercu (Q) (KP-04,1986)

$$Q = \frac{2}{3} \times C_d \times B_e \times H_1^{1.5} \times \sqrt{\frac{2}{3} g}$$

Ket : Q = Debit banjir rencana (m³/det)

C_d = Keofisien debit

B_e = Lebar efektifits *weir* (m)

H₁ = Ketinggian energy di atas mercu bendung (m)

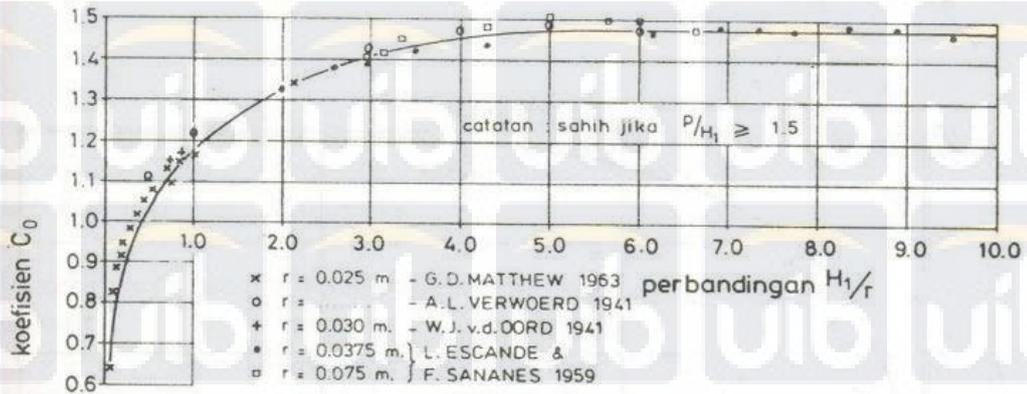
g = Gravitasi (9,81 m/det²)

Dalam perhitungan debit banjir rencana di atas mercu, ada beberapa tahapan yang harus diperhitungkan dan dicari terlebih dahulu, berikut tahapannya :

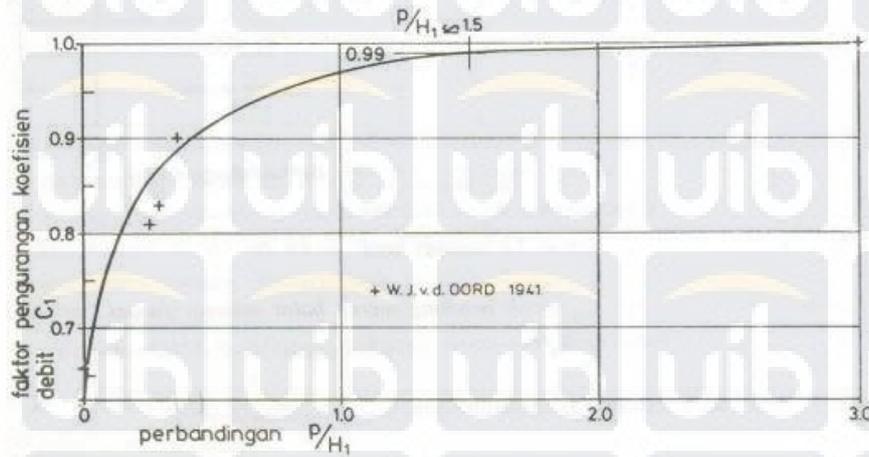
- Mencari nilai C_d

Untuk mendapatkan Harga C_d, maka nilai r (jari-jari hidrolis mercu) harus direncanakan terlebih dahulu. Setelah menentukan nilai dari r, maka Harga dari C_d dapat diperoleh dari nilai C₀, C₁, dan C₂ grafik dibawah ini

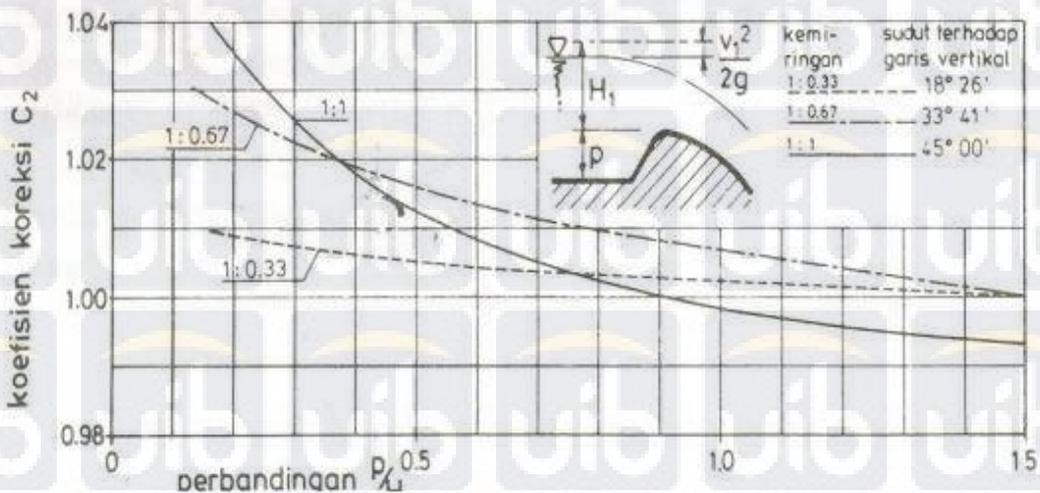
$$C_d = C_0 \times C_1 \times C_2$$



Gambar 2.4 Nilai C_0 untuk bendung mercu bulat dengan H_1/r fungsi perbandingan



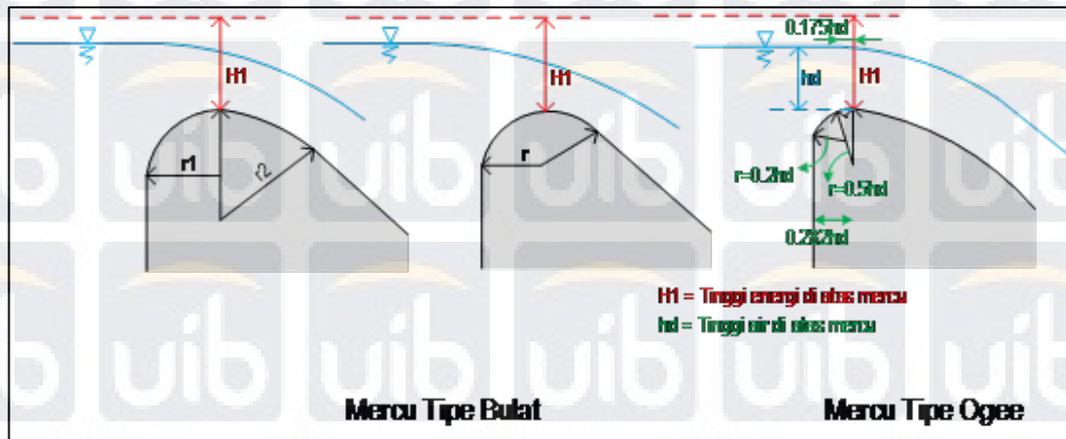
Gambar 2.5 Koef. C_1 dengan P / H_1 fungsi perbandingan



Gambar 2.6 Nilai koef. C_2 untuk bendung mercu ogee dengan muka hulu melengkung (menurut USBR 1960)

Nilai H_1 saling berkaitan dengan koefisien debit C_d sedangkan persamaan aliran debit melalui bendung berkaitan juga dengan H_1 dan lebar efektifnya, maka untuk dapat menyelesaikan persamaan tersebut dilakukan pencarian terhadap nilai C_d dari harga-harga koefisien C_0 , C_1 dan C_2 .

Nilai r sendiri diperoleh dari rumus dibawah ini :



Gambar 2.7 Nilai r (jari-jari hidrolis) pada mercu bendung

2.2.3.4. Perhitungan Tinggi Air di Atas Mercu pada Kondisi Banjir (H_d)

Untuk dapat mencari nilai dari tinggi air di atas mercu pada kondisi banjir, perlu mencari nilai dari kecepatan aliran peralihan terlebih dahulu, berikut rumusnya :

$$V_a = Q / A$$

Dimana : V_a = Kecepatan Aliran Peralihan (m^2/det)

Q = Debit banjir rencana di atas mercu (m^3/det)

A = Luas penampang basah (m^2) = $B_e (H_1 + P)$

Setelah mendapatkan nilai dari V_a , maka nilai H_d dapat dicari, berikut ini rumus mencari nilai H_d :

$$H_d = H_1 - V_a^2 / 2g$$

Dimana : $V_a^2 / 2g$ = Kehilangan tinggi energi (m)

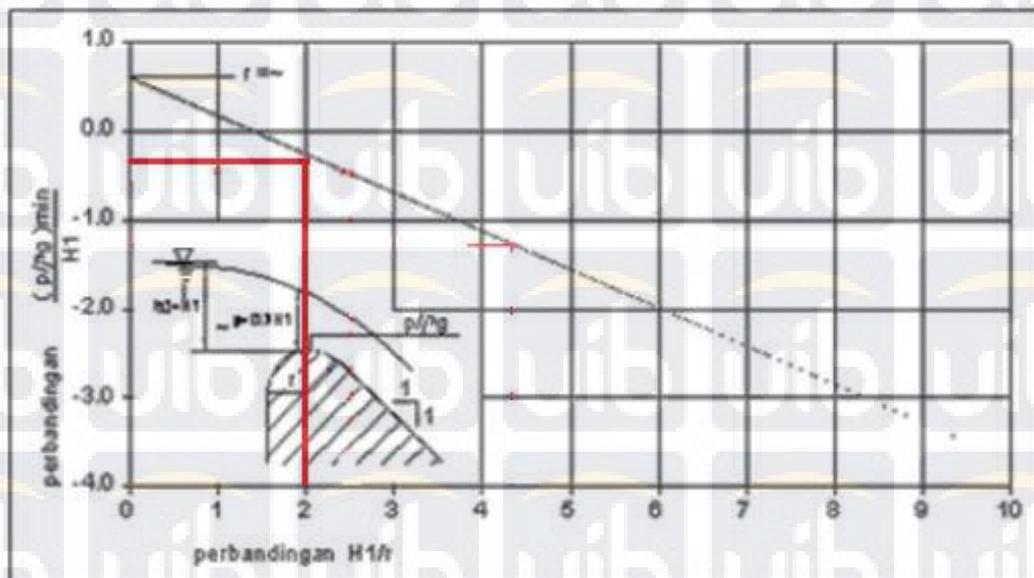
2.2.3.5. Kontrol Bahaya Kavitasasi

Tujuan dari adanya kontrol bahaya kavitasasi adalah untuk memperhitungkan nilai dari tekanan memiliki nilai yang rendah dan tingkat aliran juga rendah.

Apabila nilai dari tekanan tinggi dan tingkat aliran juga tinggi, dapat menyebabkan kerusakan pada katup, pipa dan peralatan lainnya akibat dari pengambilan beban yang berlebih atau diluar batas daya angkut yang direncanakan. Tidak hanya itu, jika bahaya kavitasasi terjadi, maka dapat menyebabkan adanya getaran disekitaran bendung dan kebisingan yang berlebihan.

Untuk dapat mencari nilai bahaya kavitasasi, maka dibutuhkan nilai tekanan yang terjadi pada mercu bendung. Apabila nilai tekanan dibawah -4 atm, maka kontrol terhadap bahaya kavitasasi dianggap "aman". Material yang digunakan pada bendung juga berperan penting dalam menjaga nilai kavitasasi agar tetap aman.

Perbandingan yang digunakan :

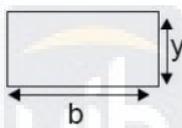
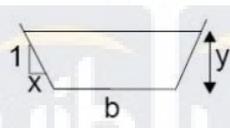
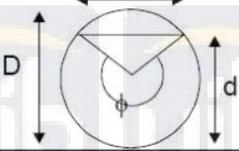


Gambar 2.8 Nilai tekan yang terjadi pada mercu bendung bulat dengan H_1/r fungsi perbandingan

2.2.3.6. Mencari Elevasi Muka Air Banjir di Hulu Mercu

Untuk menentukan elevasi air di Banjir hulu mercu memerlukan penjumlahan antara elevasi mercu dan tinggi air di atas mercu pada kondisi banjir.

Dalam perhitungan ini, juga berkaitan dengan tinggi air di hilir bendung ketika terjadinya banjir. Untuk mencari tinggi air di hilir bendung, dibutuhkan nilai dari debit rencana, lebar dasar sungai dan kemiringan sungai. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara menghitung luas basah dan keliling basah dari penampang profil sungai, setelah mendapatkan nilai tersebut, penentuan tinggi dari permukaan air banjir berdasarkan Q hilir (Debit Air Rencana pada hilir bendung) dapat dilakukan.

	Rectangle	Trapezoid	Circle
			
Area, A	by	$(b+xy)y$	$\frac{1}{8}(\phi - \sin \phi)D^2$
Wetted perimeter P	$b + 2y$	$b + 2y\sqrt{1+x^2}$	$\frac{1}{2}\phi D$
Top width B	b	$b+2xy$	$(\sin \phi/2)D$
Hydraulic radius R	$by/(b + 2y)$	$\frac{(b+xy)y}{b + 2y\sqrt{1+x^2}}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin \phi}{\phi}\right)D$
Hydraulic mean depth D_m	y	$\frac{(b+xy)y}{b + 2xy}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\phi - \sin \phi}{\sin(1/2\phi)}\right)D$

Tabel 2.3 Unsur-unsur Geometris Tampang Lintang Saluran

Berikut ini rumus untuk mencari Q hilir bendung :

$$Q = V \times A = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$$

Dimana : A = Luas penampang basah (m²)

P = Keliling penampang basah (m)

R = Jari-jari hidrolis penampang

n = Keofisien manning

I = Kemiringan Saluran

Untuk nilai dari koefisien manning bergantung dari tipe saluran dan jenis beton, dan biasanya nilai yang digunakan adalah nilai tertinggi pada keofisien manning tersebut. (Untuk contoh perhitungan dapat dilihat di Bab V mengenai tinggi air di hilir bendung.

No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1.	Beton			
	▪ Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	▪ Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	▪ Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	▪ Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2.	Tanah, lurus dan seragam			
	▪ Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	▪ Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	▪ Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	▪ Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3.	Saluran alam			
	▪ Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	▪ Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	▪ Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,08
	▪ Dataran banjir berumput pendek – tinggi	0,025	0,030	0,035
	▪ Saluran di belukar	0,035	0,050	0,07

Daftar lengkap dapat dilihat dalam Open Channel Hydraulics oleh Ven Te Chow.

Tabel 2.4 Tipikal harga keofisien kekasaran *Manning* (n) yang sering digunakan

2.2.4. Perhitungan Hidraulik Kolam Olak (Kolam Peredam Energi)

2.2.4.1. Penentuan Jenis Kolam Olak

Dalam perencanaan bendung, salah satu bagian penting dalam susunan strukturnya ialah kolam olak. Kolam olak biasanya dibangun di sisi hilir bendung karena loncatan air terjadi pada bagian ini. Loncatan air biasanya terjadi akibat dari

tingginya kecepatan air pada bagian hilir bendung, jika kolam olak tidak dibangun maka akan menyebabkan gerusan setempat. Oleh sebab itu, kolam olak berperan penting sebagai peredam energi dari tingginya kecepatan air yang terjadi di hilir sungai. Bentuk hidrolis dari kolam olak ditemukan pada pertemuan antara penampang miring, lengkung dan lurus.

Penentuan jenis kolam olak atau peredam energi ini bergantung pada keadaan pada tanah dasar sungai, perbedaan tinggi muka air di hulu dan hilir sungai, dan benda-benda berupa sedimen yang terangkut oleh aliran sungai di bendung.

Sebelum merencanakan hidrolis dari kolam olak, perlu adanya penentuan jenis kolam olak, berikut beberapa jenis kolam olak :

1) Ruang Olakan tipe Vlughter

Jenis tanah yang cocok untuk tipe ruang olakan ini adalah jenis tanah aluvial (tanah endapan yang terbentuk dari lumpur dan pasir halus yang mengalami erosi tanah) dan tidak terbawanya batuan-batuan dari aliran sungai ini.

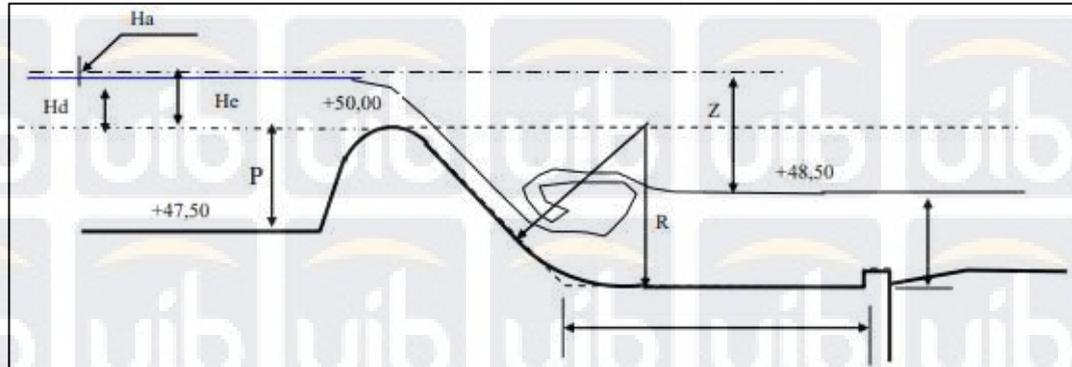
Hal yang mempengaruhi bentuk hidrolis dari kolam olakan adalah ketinggian dari energy yang ada atas mercu (H_e) bagian hulu dan perbedaan muka air banjir di hilir sungai dan tinggi energi di hulu (Z). Kedalaman dari tipe olak ini adalah $\leq 8,00$ m dan $Z \leq 4,50$ m. Berikut perhitungan hidrolis kolam olak tipe vlughter :

$$\text{Untuk } 1/3 \leq Z/H_e \leq 4/3 \rightarrow D = L = R = 0,6 = H_e + 1,4 Z \\ \rightarrow a = 0,20 H_e \sqrt{H_e/Z}$$

$$\text{Untuk } 4/3 \leq Z/H_e \leq 10 \rightarrow D = L = R = H_e + 1,1 Z \\ \rightarrow a = 0,15 H_e \sqrt{H_e/Z}$$

Keterangan :

D = kedalaman kolam diukur dari puncak mercu sampai permukaan kolam
 L = panjang kolam yang diukur dari perpotongan bidang miring dan horizontal
 R = jari-jari kolam, dengan titik pusat sejajar dengan elevasi mercu.
 a = end sill

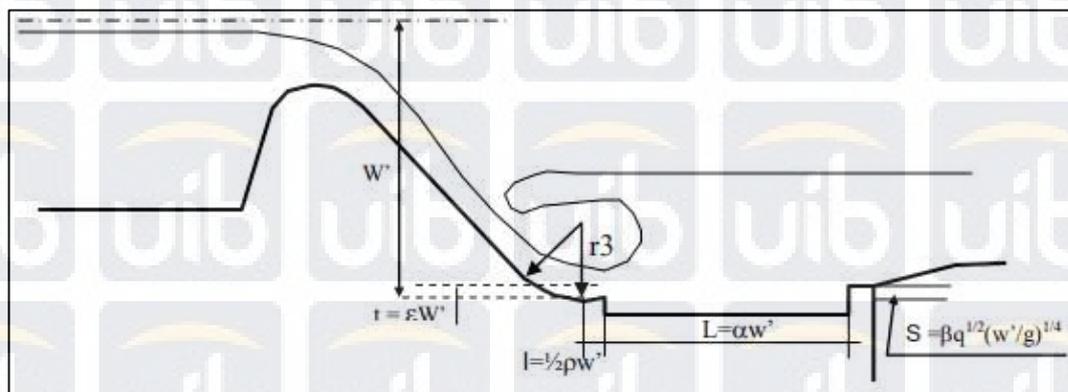


Gambar 2.9 Kolam Olak tipe Vlughter

2) Ruang Olakan tipe Schoklitsch

Jenis kolam olakan yang satu ini memiliki kemiripan dalam bentuk hidrolisnya dengan kolam olakan tipe vlughter. Faktor yang mempengaruhi bentuk hidrolis dari ruang olak ini sama dengan ruang olakan tipe vlughter yakni ketinggian dari energi diatas mercu dan beda ketinggian energi di hulu dan permukaan air banjir di hilir.

Kolam olak tipe Schoklitsch digunakan apabila nilai $D, L, R \geq 8,00$ m atau jika $Z \geq 4,50$ m. Dengan syarat lainnya ; $r_3 \geq 0,15 W'$; $s_{\min} = 0,10 W'$; $\rho = 0,15 W'$ dan nilai a harus memenuhi syarat $0,50 < a < 1,00$.



Gambar 2.10 Kolam Olak tipe Schoklitsch

3) Ruang Olakan tipe USBR

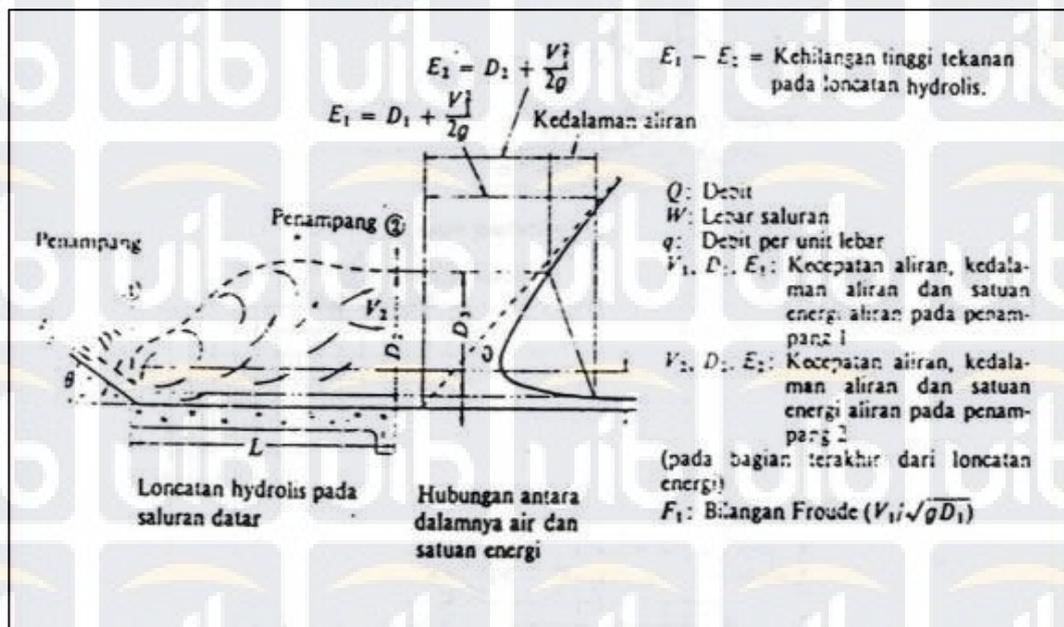
Jenis kolam olak ini hanya untuk kasus *head drop* ≥ 10 meter. Untuk tipe kolam olak ini dibagi menjadi empat jenis dan dibagi berdasarkan jenis hidraulik aliran dan tipe konstruksinya.

a) Kolam Olak USBR I

Ciri-ciri kolam olak USBR I antara lain :

- Ruang olakan datar, peredaman terjadi akibat benturan langsung dari aliran dengan permukaan dasar kolam.
- Ruang olakan /kolam menjadi panjang.
- Cocok untuk debit kecil, dengan kapasitas peredaman yang kecil.

Gambar 2.11 Persyaratan dan ciri-ciri Kolam Olak tipe USBR I



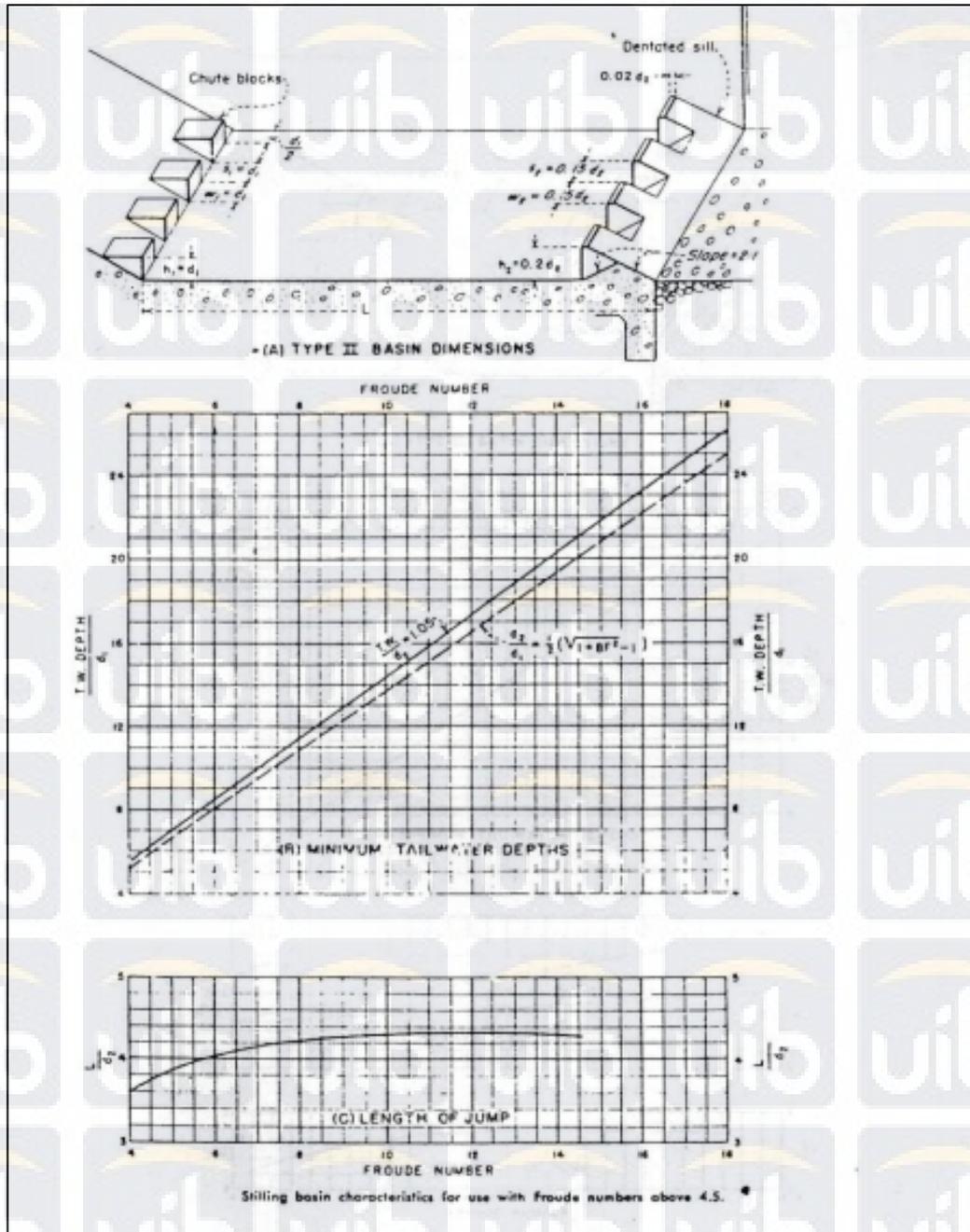
Gambar 2.12 Ruang Olakan tipe USBR I

b) Ruang Olakan USBR II

Ciri-ciri kolam olak USBR II antara lain :

- Ruang olak tipe ini memiliki blok-blok saluran tajam (gigi pemencar) di ujung hulu dan di dekat ujung hilir (*end sill*).
- Cocok untuk aliran dg tekanan hidrostatik > 60 m
- $Q > 45 \text{ m}^3/\text{det}$
- Bilangan Froud $> 4,5$

Gambar 2.13 Persyaratan dan ciri-ciri penggunaan kolam olak tipe USBR II

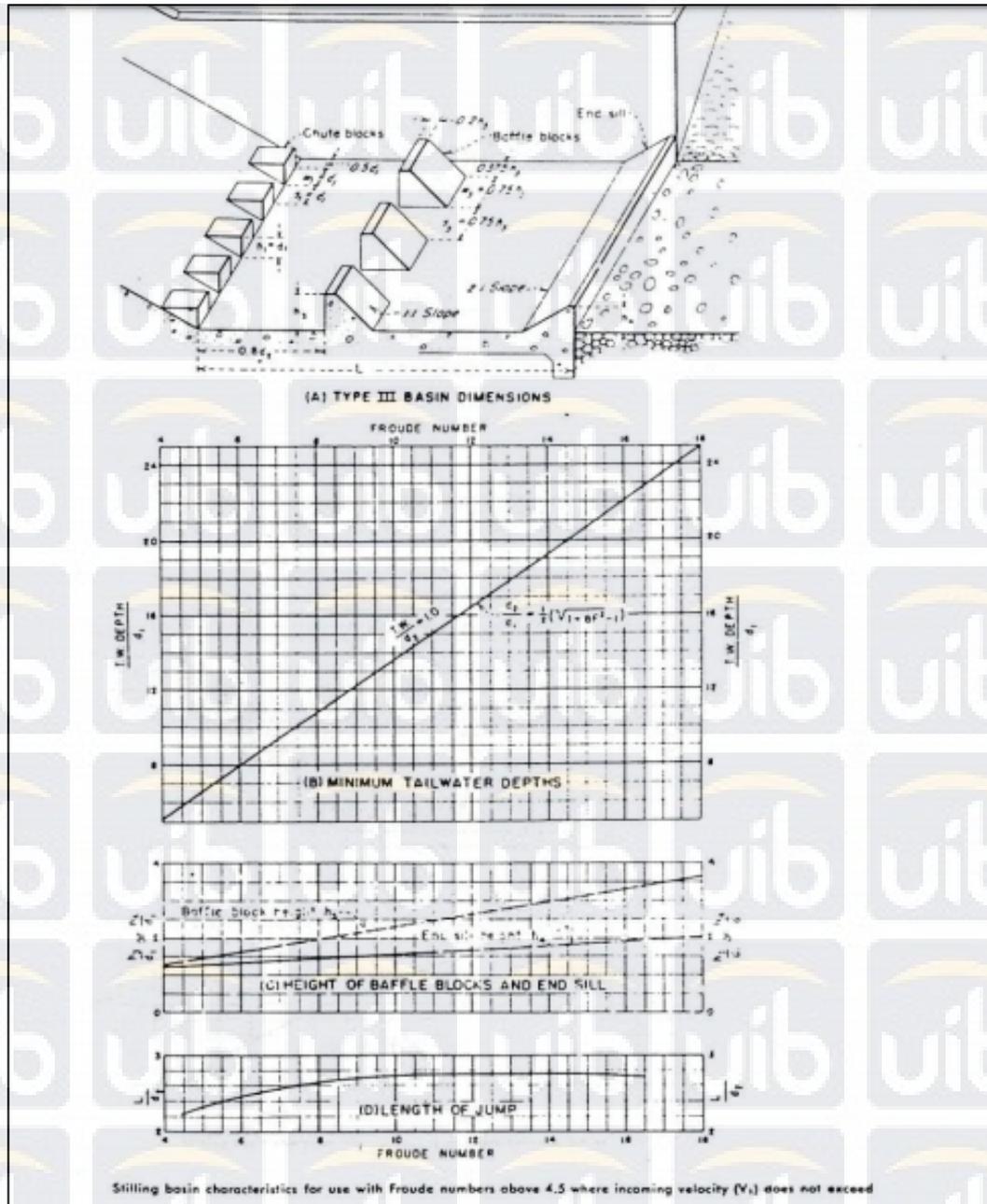


Gambar 2.14 Ruang Olakan tipe USBR II

c) Ruang Olakan USBR III

- Dipasang gigi pemencar di ujung hulu, pada dasar ruang olak dibuat gigi penghadang aliran, dan di ujung hilir dibuat perata aliran.
- Cocok untuk mengalirkan air dg tekanan hidrostatik rendah
- $Q < 18,5 \text{ m}^3/\text{det}$
- $V < 18,0 \text{ m}/\text{det}$
- Bilangan Froud $> 4,5$

Gambar 2.15 Persyaratan dan ciri-ciri Ruang Olak tipe USBR III

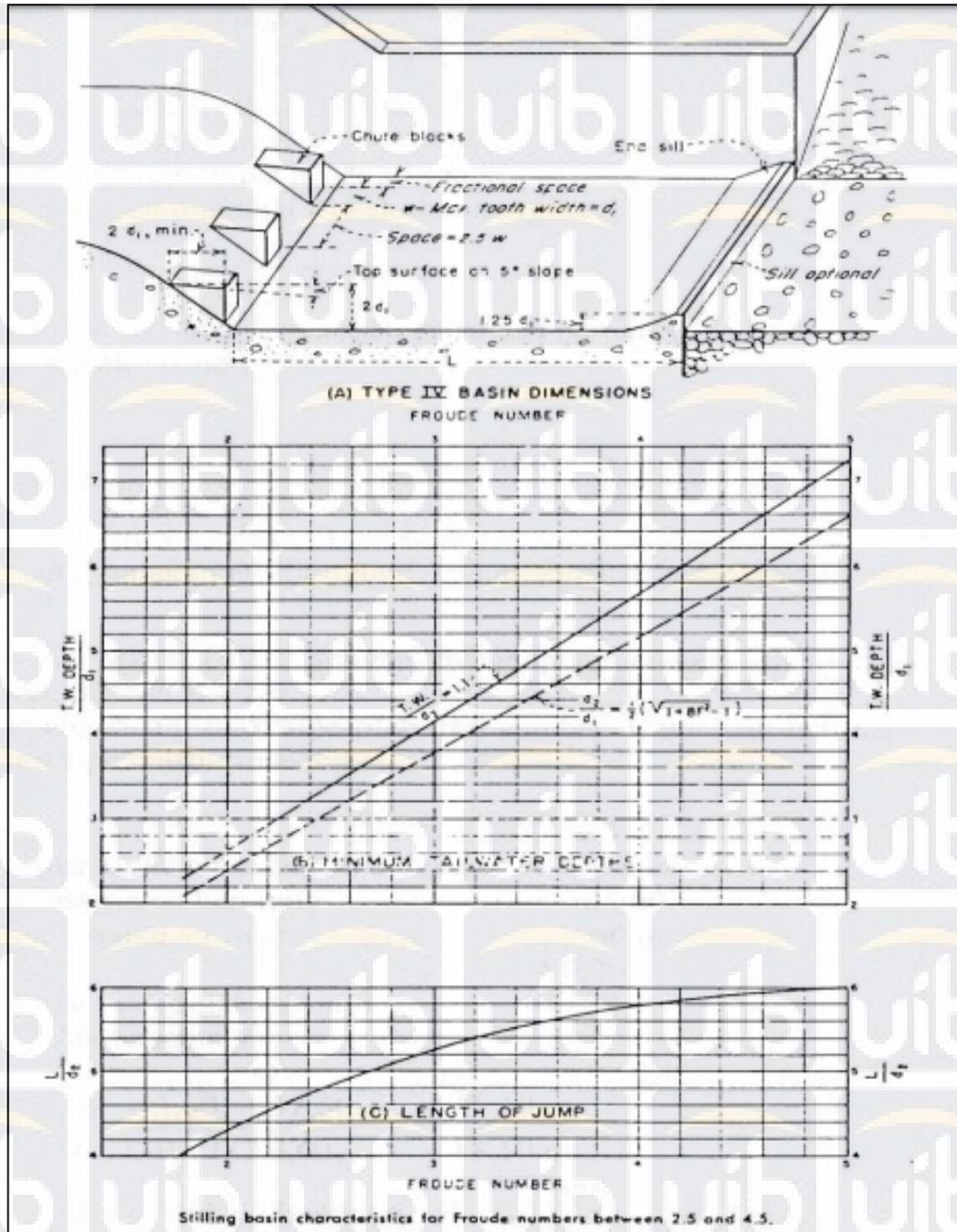


Gambar 2.16 Ruang Olakan tipe USBR III

d) Kolam Olak tipe USBR IV

- Dipasang gigi pemencar di ujung hulu, dan di ujung hilir dibuat perata aliran.
- Cocok untuk mengalirkan air dg tekanan hidrostatik rendah
- Bilangan Froud antara 2,5 - 4,5

Gambar 2.17 Persyaratan dan ciri-ciri Ruang Olakan tipe USBR IV



Gambar 2.18 Ruang Olakan tipe USBR IV

Berikut ini adalah tahapan-tahapan untuk dapat menentukan jenis kolam olak yang akan digunakan berdasarkan nilai Froude (Fr) :

- 1) Menghitung kecepatan awal loncatan air (V_1)

$$V_1 = \sqrt{2gx\left(\frac{1}{2}xH + z\right)}$$

Dimana : V_1 = Kecepatan awal loncatan air (m/det)

H_1 = Tinggi energi diatas mercu (m)

Z = Tinggi jatuh (m)

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

2) Menghitung Debit Satuan (m³/det/m)

$$q = Q / B_e$$

Dimana : q = Debit satuan (m³/det/m)

Setelah mendapat nilai q maka bisa mencari nilai Y_1 dengan rumus :

$$Y_1 = q / V_1$$

3) Menghitung nilai Froude

$$Fr = V_1 / \sqrt{g x Y_1}$$

Setelah mendapat nilai Fr maka dapat ditentukan jenis kolam olak dapat digunakan pada perencanaan bendung sesuai dengan Standar Perencanaan Irigasi KP – 02, Bangunan Utama).

2.2.4.2. Perhitungan Hidrolis Kolam Olak

Untuk penentuan ukuran hidrolis dari kolam olak, panjang kola olak (L) dan kedalaman kritis memiliki rumus yang sama.

a) **Panjang Kolam Olak (L)** $\rightarrow L = 2 x Y_1 x (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1)$

b) **Kedalaman Kritis** $\rightarrow hc = \sqrt[3]{q^2 / g}$

Untuk perhitungan hidrolis lainnya bergantung dari jenis kolam olak apa yang digunakan (dapat dilihat pada gambar 2.9 sampai dengan 2.18) dan untuk contoh perhitungan dapat dilihat langsung pada Bab V mengenai pembahasan perhitungan Kolam Olak tipe Vlugter.