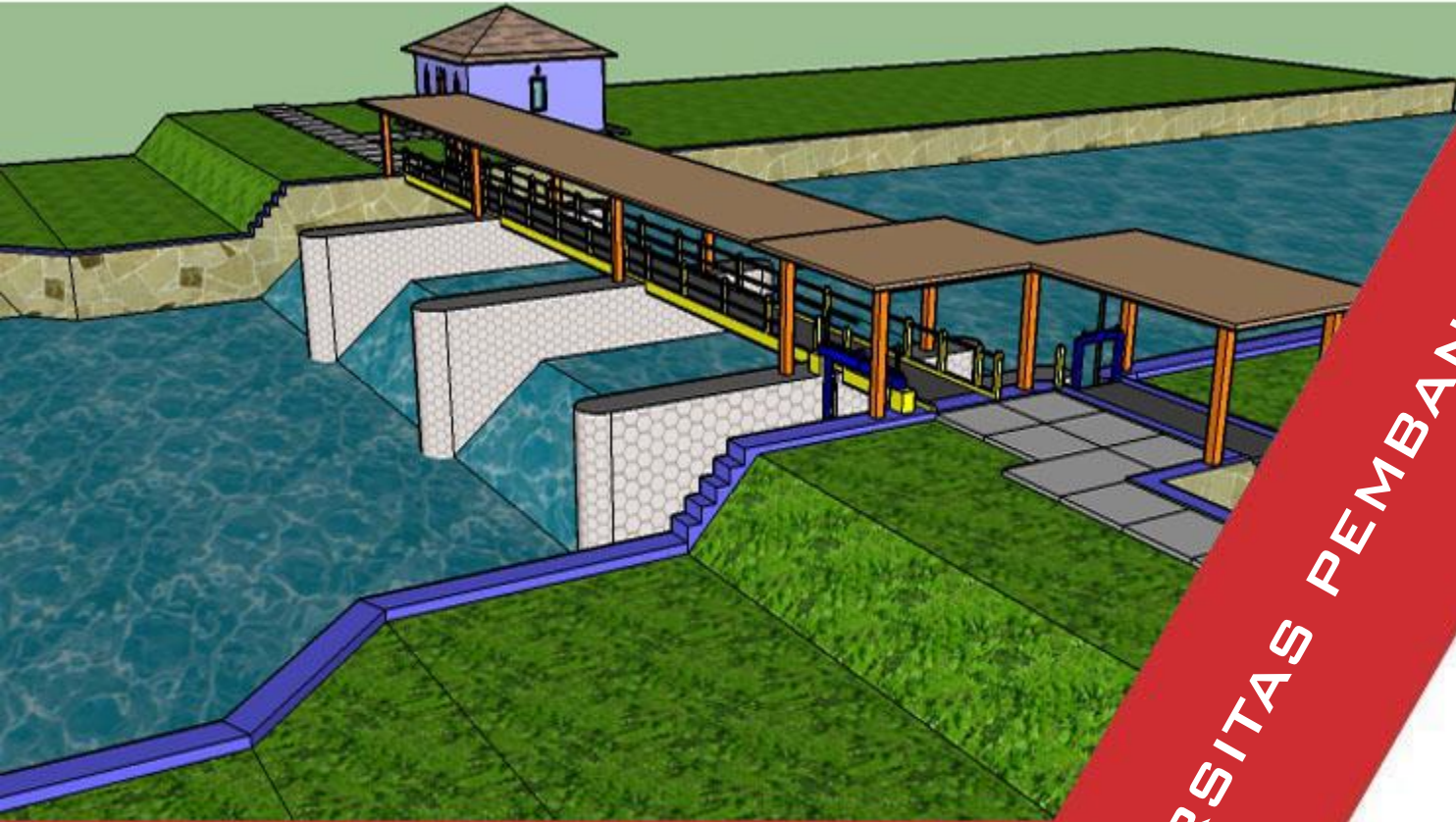


Pertemuan ke-4

TENAGA AIR

CIV-407



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Rizka Arbaningrum, ST., MT

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN JAYA



PLTA Aliran Sungai



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

Rencana Pembelajaran Semester (RPS)

1. Pendahuluan & Sejarah Tenaga Air
2. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Air
3. PLTA Dengan Waduk
4. PLTA Aliran Sungai
5. Dasar Debit Tenaga Air & Jalan Air
6. Terjun
7. Diagram Muatan Harian
8. **UTS**
9. Menghitung Volume Kolam Tahunan
10. Garis Masa Debit
11. Beberapa Tipe Bendungan
12. Turbin Air
13. Hubungan Kolam Tandon Harian dan Turbin
14. Pipa Pesat
15. Pipa Lepas
16. **UAS**



Pokok Bahasan PLTA Aliran Sungai

- 1. Komponen PLTA Aliran Sungai**
- 2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai**
- 3. Bendung**
- 4. Bangunan Pengambilan (intake)**
- 5. Kolam Pengendap**
- 6. Saluran Pembawa**
- 7. Kolam Penenang**
- 8. Pipa Pesat**



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

Salah satu di antara beberapa tipe PLTA adalah pembangkit listrik tenaga Mini Hidro (PLTM), yaitu pembangkit listrik tenaga air dengan output daya yang dihasilkan berkisar antara 1-10 MW.

Pembangkit listrik ini menggunakan bendung untuk mengalihkan aliran sungai ke turbin sehingga tidak menyebabkan genangan air seperti pada PLTA besar.

Secara garis besar proses PLTM adalah sebagai berikut ini. Air sungai dialihkan oleh **bendung** masuk ke **bangunan pengambilan**. Pasir yang terangkut aliran di endapkan di **saluran penangkap pasir**. Pasir yang mengendap di buang ke sungai melalui **bangunan pembilas**. Selanjutnya air dialirkan melalui **saluran pembawa** (headrace) menuju **kolam penenang** (forebay). Air yang tertampung di kolam penenang dialirkan melalui **pipa pesat** (penstock) menuju ke **rumah tenaga** (power house) untuk memutar **turbin**. Putaran turbin dihubungkan dengan generator sehingga terbangkitkan listrik. Air yang sudah digunakan memutar turbin dikembalikan melalui saluran pembuang (tailrace)

POKOK BAHASAN

1. **Komponen PLTA Aliran Sungai**
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

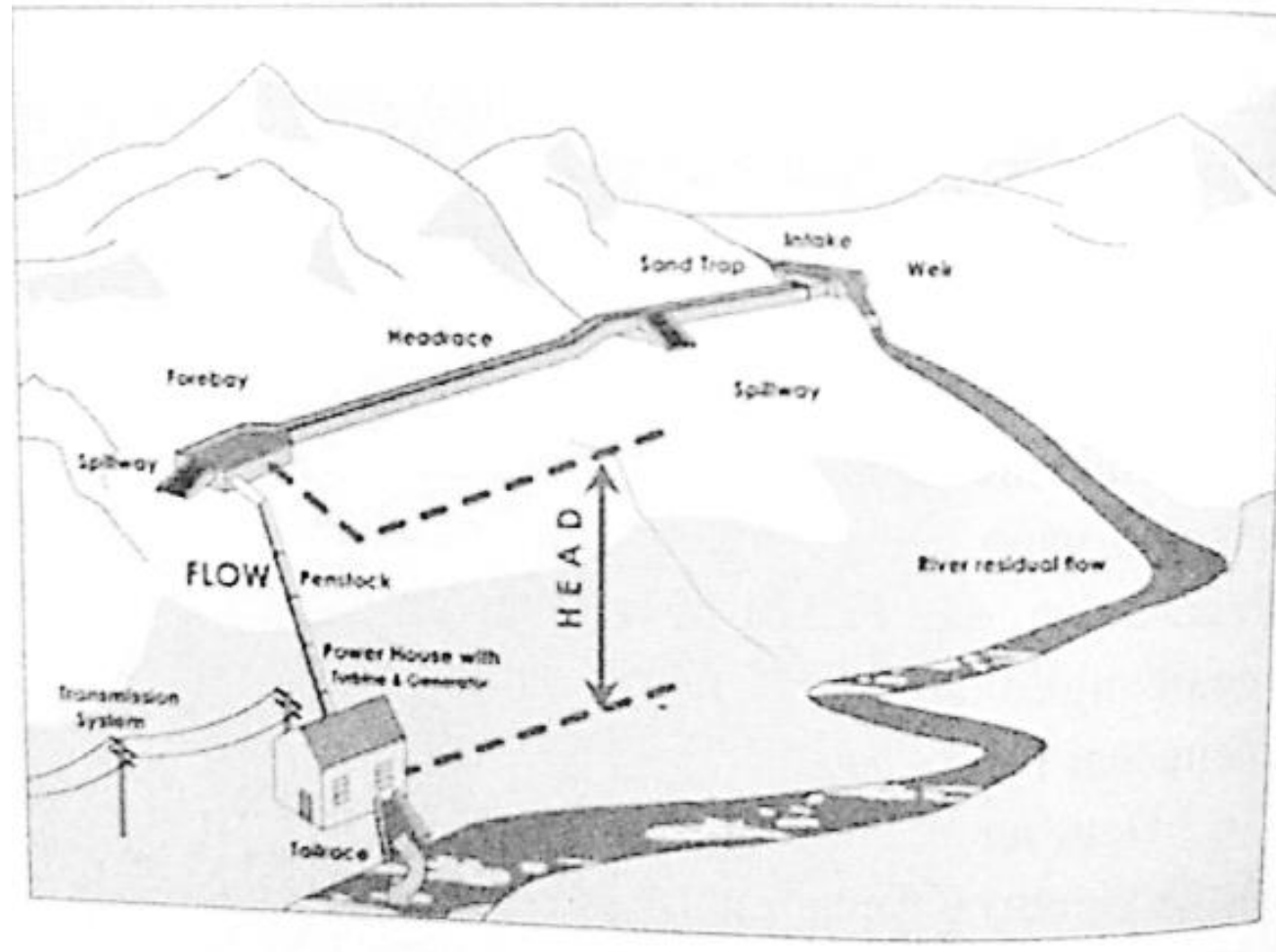
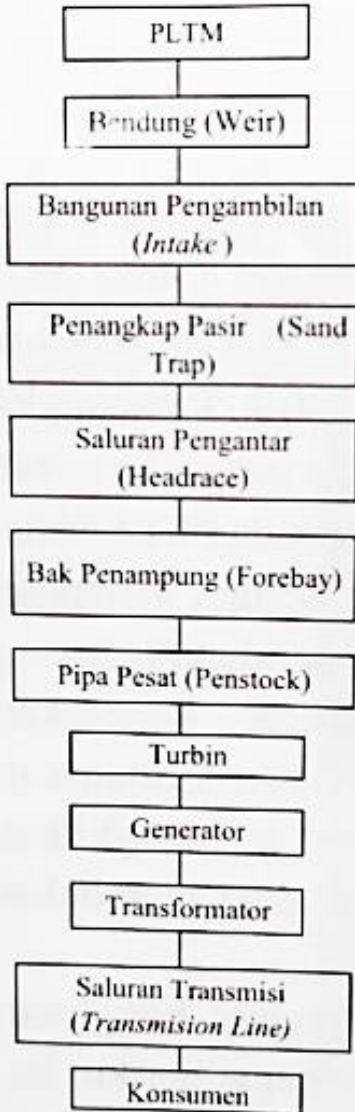
Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

POKOK BAHASAN

1. **Komponen PLTA Aliran Sungai**
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat





TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

Beberapa fasilitas PLTM meliputi bangunan sipil, perlengkapan hidromekanikal dan peralatan elektromekanikal.

Perencanaan hidraulis bangunan sipil meliputi :

- Bendung (intake)
- Kantong Lumpur (Sandtrap)
- Saluran Pengantar (water way)
- Kolam penenang (head pond)
- Pipa pesat (penstock)
- Rumah pembangkit (power house)
- Saluran pembuang (tailrace)

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. **Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai**
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



BENDUNG

Bangunan bendung adalah bagian dari bangunan utama fasilitas PLTM yang berada paling hulu dari system jaringan PLTM. Bangunan ini diperlukan untuk mengalihkan air sungai ke saluran pengantar dengan cara menaikkan muka air sungai.

Parameter penting adalah penentuan elevasi mercu bending yang sesuai dengan elevasi muka air di bagian hulu saluran pembawa yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Dalam penentuan elevasi mercu bending perlu dihitung kehilangan energi yang terjadi sepanjang saluran.

Parameter-parameter lain yang dihitung dalam perencanaan bending adalah sebagai berikut :

- a. Lebar bendung
- b. Tinggi muka air di mercu bending
- c. Profil mercu bending
- d. Kolam olak

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
- 3. Bendung**
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



BENDUNG

a. Lebar Bendung

Lebar bendung adalah jarak antara pangkal-pangkal bendung. Apabila di atas bendung dibuat jembatan dengan sejumlah pilar maka lebar efektifnya diberikan oleh persamaan berikut ini :

$$L_{eff} = L' - 2 (NK_p + K_a)H_e$$

Dengan :

L_{eff} = Lebar efektif mercu (m)

L' = Lebar bersih mercu (m)

N = Jumlah Pilar

K_p = Koefisien kontraksi pilar

K_a = Koefisien kontraksi abutmen

H_e = tinggi energi total diatasn mercu (m)

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
- 3. Bendung**
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

BENDUNG

a. Lebar Bendung

Tabel. Nilai Koefisien Kontraksi K_a dan K_p

Bentuk Pilar	K_p
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut-sudut yang dibulatkan pada jejari yang hampir sama dengan 0,1 dari tebal pilar.	0,02
Untuk pilar berujung bulat.	0,01
Untuk pilar berujung runcing.	0
Bentuk Abutmen	K_a
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada sudut 90° terhadap arah aliran.	0,2
Untuk pangkal tembok berbentuk bulat dengan tembok hulu pada sudut 90° terhadap arah aliran dengan $0,5 H_1 > r > 0,15 H_1$.	0,1
Untuk pangkal tembok berbentuk bulat dimana $r > 0,5 H_1$ dan tembok hulu pada sudut tidak lebih dari 45° terhadap arah aliran.	0,0

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
- 3. Bendung**
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

BENDUNG

b. Tinggi Muka Air di Mercu Bendung

Hubungan antara debit dan tinggi peluapan diatas mercu bending diberikan oleh bentuk berikut :

$$Q = C_d \frac{2}{3} L H_e^{1,5} \sqrt{\frac{2}{3} g}$$

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

$$H_d = H_e - H_a$$

Dengan :

Q = debit (m^3/det)

C_d = koefisien debit ($C_d = C_0 \times C_1 \times C_2$)

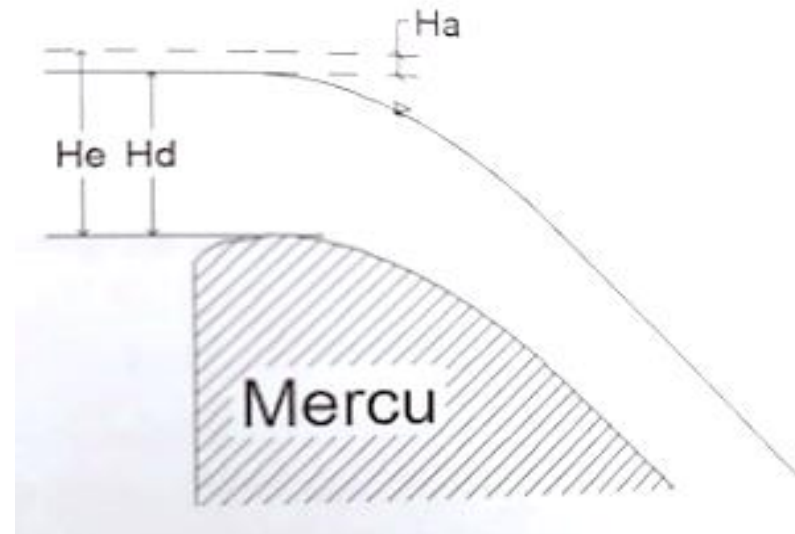
L = lebar efektif mercu (m)

H_e = total head di atas mercu (m)

H_d = tebal lapisan air di atas mercu (m)

V = kecepatan air di saluran pengarah (m/s)

g = gaya grafitasi ($\text{m/s}^2 \approx 9,81$)



C_0 = konstanta (1,30)

$$C_1 = \frac{P}{H_e}$$

C_2 = factor koreksi permukaan hulu

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

BENDUNG

c. Profil mercu bendung

Bentuk ambang ogee yang mendekati profil tergantung pada head rancangan (H_e), kemiringan dinding di hulu bendung dan jarak antara dasar sungau di hulu bendung dengan mercu bendung.

Bagian hulu mercu dapat berbentuk kurva tunggal dengan radius tertentu dan bagian hilirnya dapat ditentukan berdasarkan rumus di bawah :

$$\frac{y}{H_o} = -k \left(\frac{x}{H_o} \right)^n$$

H_o = Desain head pada mercu (m)
 $k = n$ = factor untuk mendefinisikan profil mercu berbentuk curat

Kemiringan Permukaan Hulu	K	n
Tegak Lurus	2.000	1.850
3 : 1	1.936	1.836
3 : 2	1.939	1.810
3 : 3	1.873	1.776

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
- 3. Bendung**
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

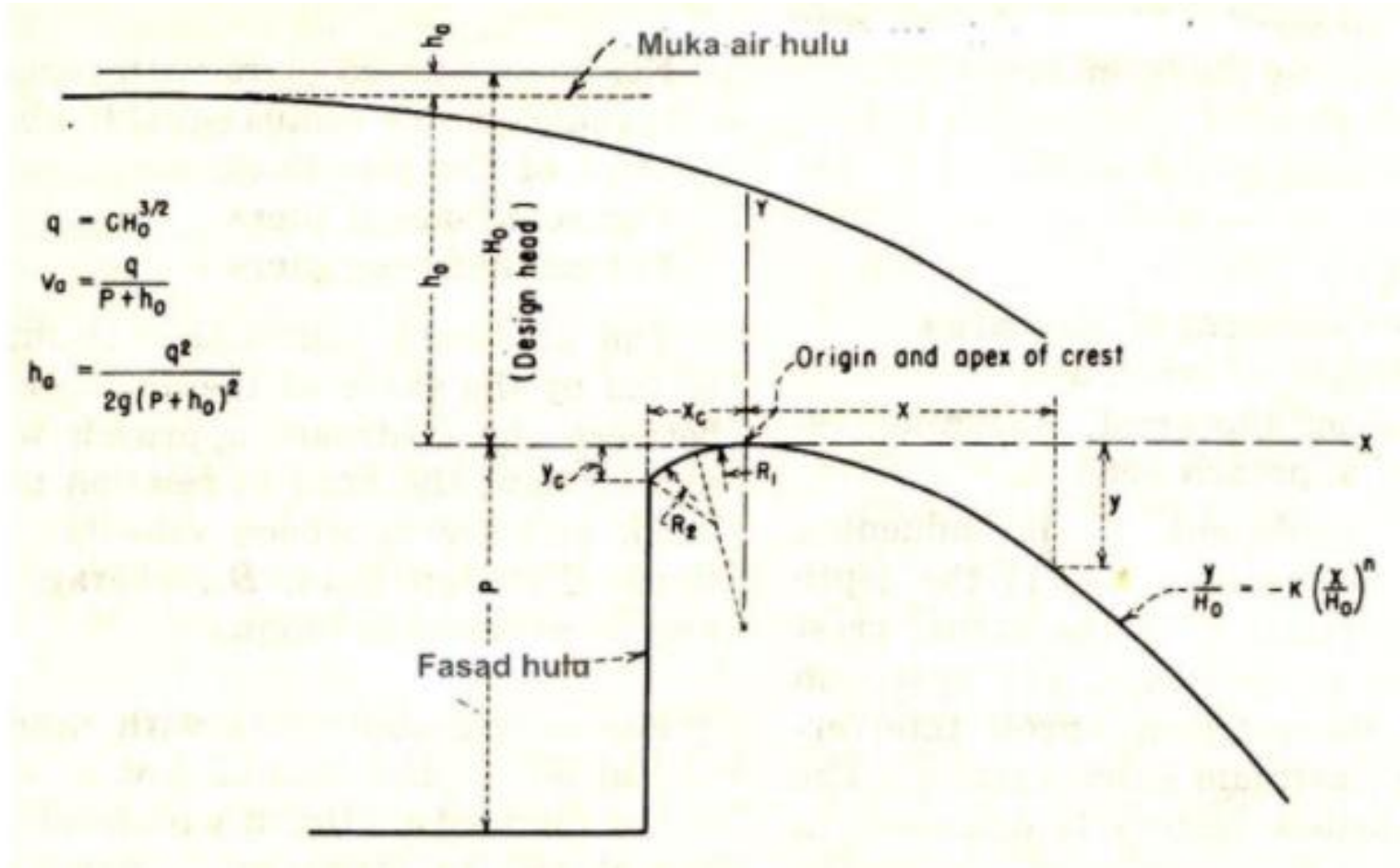
Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

BENDUNG

c. Profil mercu bendung



Bentuk mercu Ogee dengan muka hulu vertical

POKOK BAHASAN

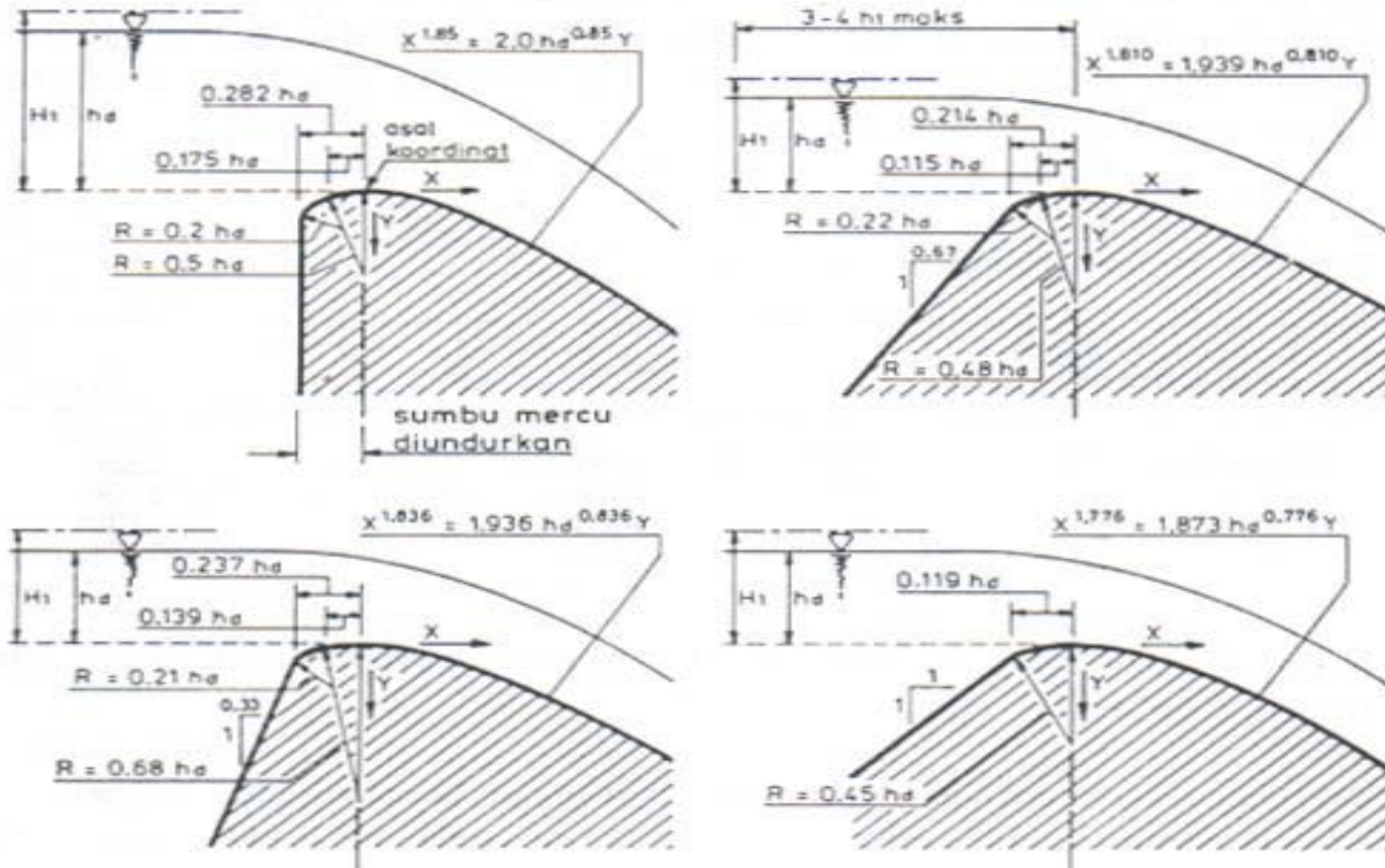
1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. **Bendung**
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



BENDUNG

c. Profil mercu bendung

Bentuk-bentuk bendung mercu Ogee



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

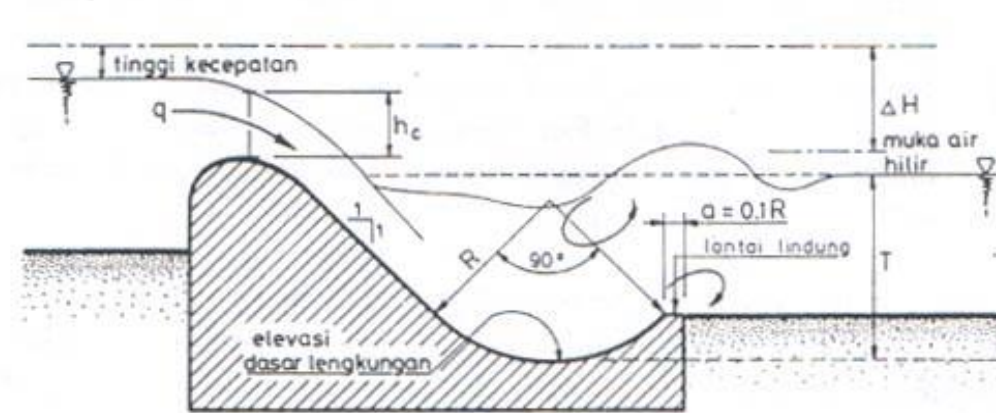
BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

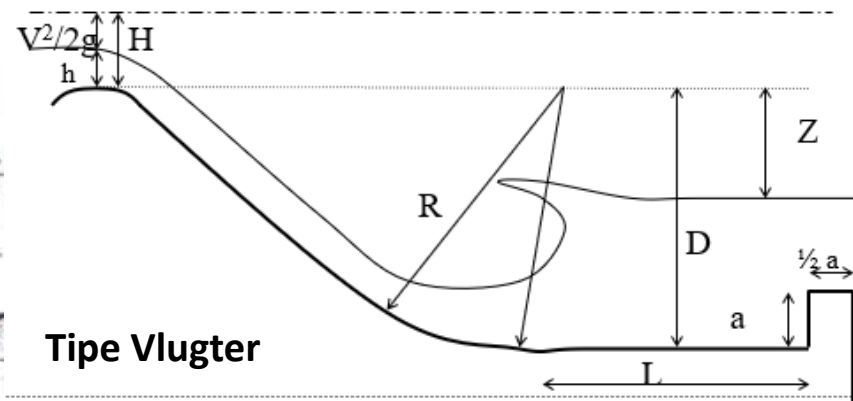
BENDUNG

d. Kolam Olak

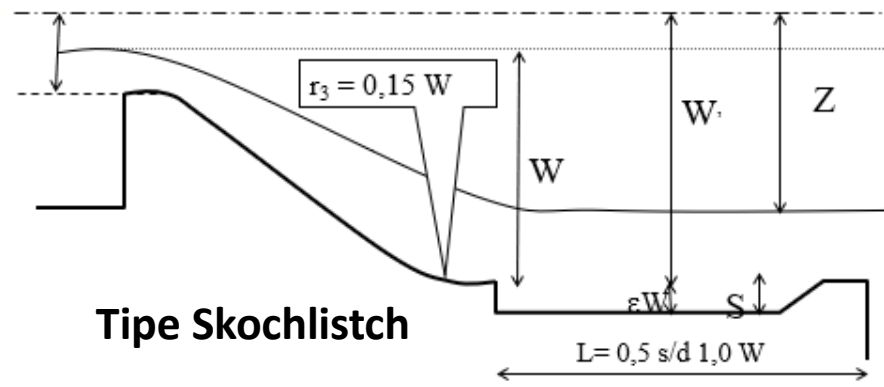
Kolam olak disebut juga stilling basin berfungsi sebagai peredam energi dari loncat air yang terjadi di hilir bendung. Energi yang dihasilkan oleh loncat air memiliki daya rusak yang tinggi dan dapat mengganggu stabilitas konstruksi bendung.



Tipe Bak Tenggelam



Tipe Vlugter



Tipe Skochlistsch

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

BENDUNG

d. Kolam Olak



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
- 3. Bendung**
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



BANGUNAN PENGAMBILAN (INTAKE)

Pintu pengambilan adalah sebuah konstruksi yang berupa pintu air. Air yang berada di aliran sungai dibelokkan melalui pintu ini dan merupakan sumber utama untuk menghasilkan energi listrik. Pintu intake di buat supaya debit air yang masuk kedalam saluran dapat terkontrol sehingga keruakan-kerusakan akibat kelebihan volume ataupun jumlah debit yang melebihi rencana dapat dihindari.

$$Q = \mu b a \sqrt{2gz}$$

Q = debit (m^3/detik)

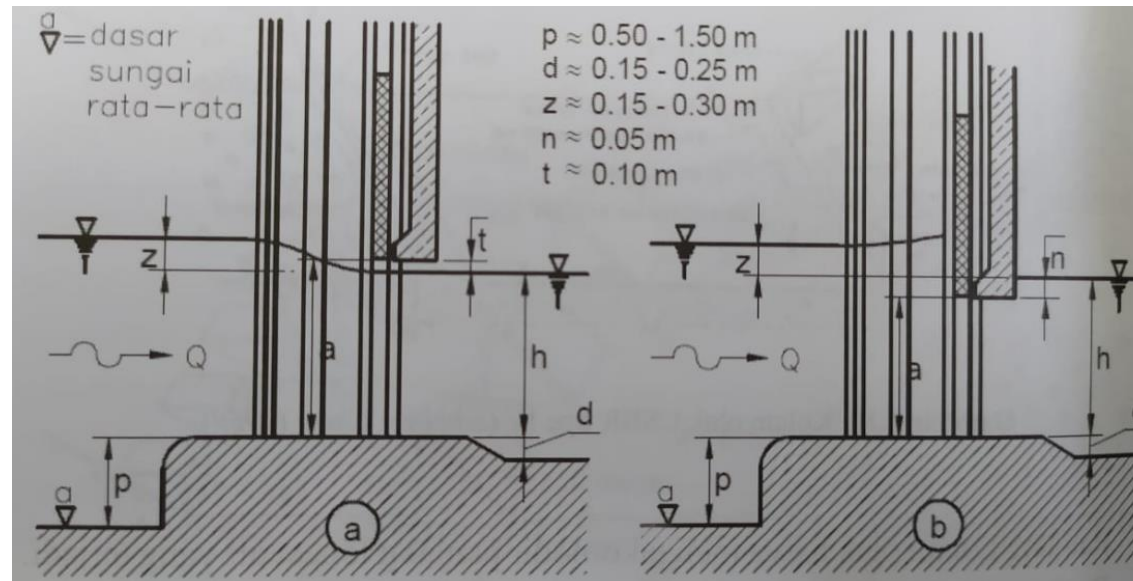
μ = koefisien debit, untuk bukaan dibawah permukaan air = 0,80)

a = tinggi bukaan pintu (m)

b = lebar pintu (m)

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

z = kehilangan tinggi energi pada bukaan (m)



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
- 4. Bangunan Pengambilan (intake)**
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

KOLAM PENGENDAPAN

Kolam pengendapan merupakan bangunan yang berfungsi untuk mencegah lewatnya partikel-partikel pasir yang masih terbawa oleh air setelah melewati pintu pengambilan. Kolam pengendap harus bias menjaga agar debit air yang berlebih tidak mengalir kesaluran, sehingga dalam desain kolam pengendap biasanya disertakan konstruksi bangunan pelimpah

$$l = \frac{V}{u} H_s \quad L_s = 2 l$$

l = Panjang minimum kolam pengendap (m)

H_s = kedalaman air di kolam pengendap (m)

U = kecepatan marginal pengendap untuk endapan yang akan diendapkan (0,1 m/s)

V = rata-rata kecepatan aliran ddi kolam pengendap (0,3-0,6 m/s)



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
- 5. Kolam Pengendap**
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

SALURAN PEMBAWA

Saluran pembawa adalah saluran yang menyalurkan air dari kolam pengendap menuju kolam penenang. Saluran ini merupakan saluran terpanjang yang ada dalam system bangunan air untuk pembangkit listrik tenaga mini hidro.

Pada umumnya, pada khusus perencanaan PLTM kemiringan saluran ditentukan antara 1/500 sampai 1/1.500.

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

Q = debit (m³/det)

A = Luasan dari potongan melintang (m²)

R = Jari-jari hidraulis, $R = A/P$

P = Panjang sisi basah

I = kemiringan mendatar saluran pembawa

n = koefisien kekasaran (manning)



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
- 6. Saluran Pembawa**
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



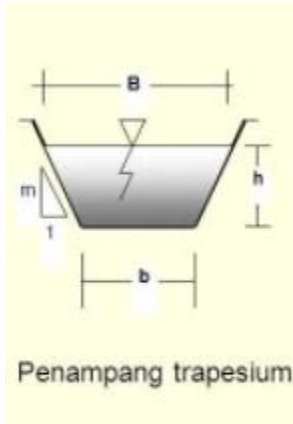
TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

SALURAN PEMBAWA



Penampang trapesium

	Rumus	Satuan
Lebar dasar	b	(m)
Lebar puncak	$B = b + 2mh$	(m)
Kedalaman air	h	(m)
Luas penampang basah	$A = bh + mh^2$	(m ²)
Keliling basah penampang	$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$	(m)
Jari-jari hidraulik penampang	$R = \frac{A}{P}$	(m)
Kedalaman hidraulik	$D = \frac{A}{B}$	(m)

Tabel Kekasaran Manning untuk saluran

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0,016 - 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 - 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 - 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 - 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 - 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 - 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 - 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 - 0,030

POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
- 6. Saluran Pembawa**
7. Kolam Penenang
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

KOLAM PENENANG

Bangunan kolam penenang merupakan konstruksi bangunan yang digunakan untuk mengontrol perbedaan debit dalam pipa pesat dan saluran pembawa dikarenakan fluktuasi beban yang terjadi.

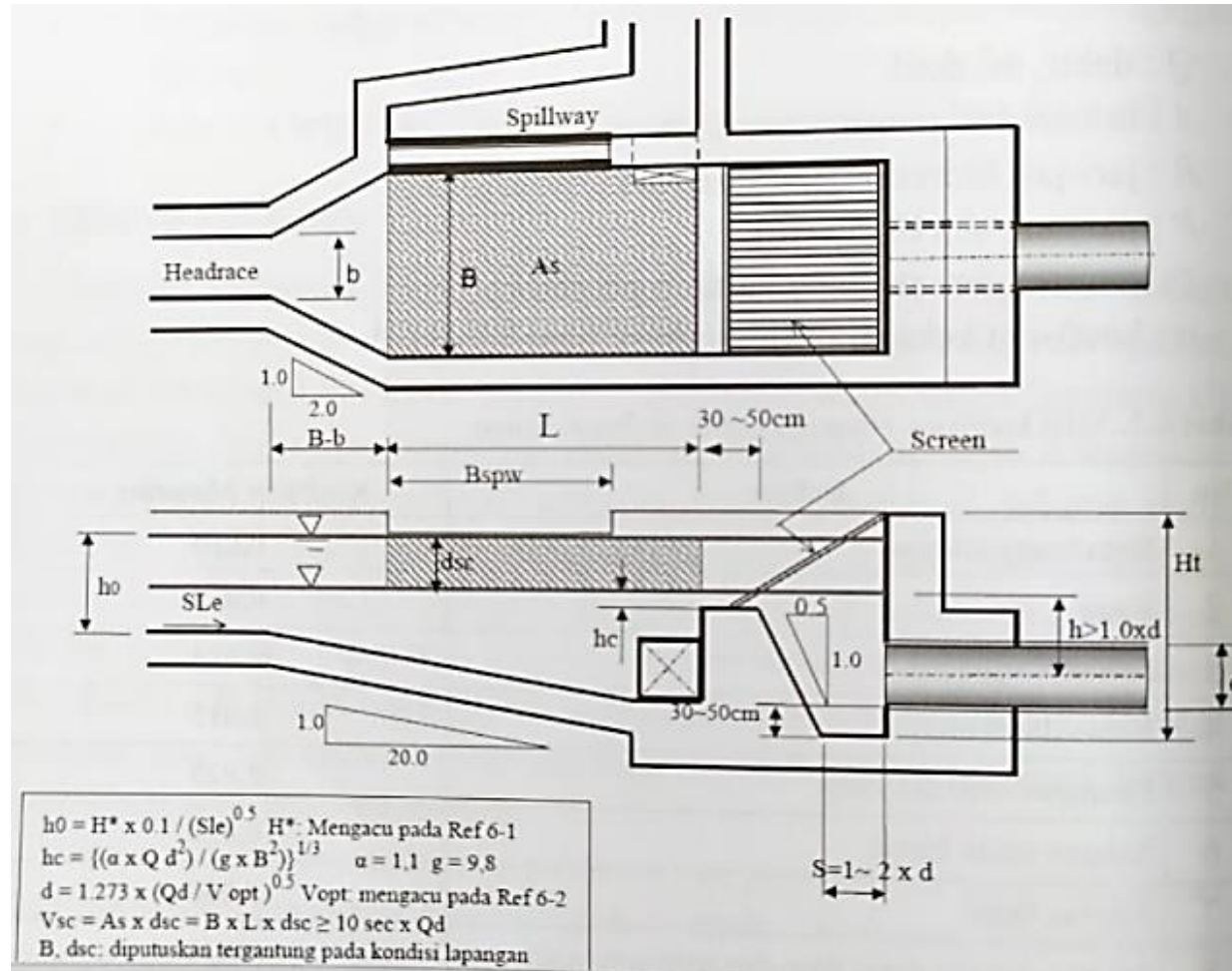
$$V_{sc} = A_s d_{sc} = B L d_{sc}$$

A_s = Luas Kolam Penenang

B = Lebar Kolam Penenang

L = Panjang Kolam Penenang

d_{sc} = selisih elevasi muka air pada debit maksimum (h_o) dan elevasi muka air pada peluap menuju pipa pesat yang memungkinkan dengan debit rencana (h_c)



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
- 7. Kolam Penenang**
8. Pipa Pesat



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB III

PLTA ALIRAN SUNGAI

PIPA PESAT

Pipa pesat merupakan pipa bertekanan yang mengalirkan air dari kolam penenang menuju turbin. Penempatan pipa pesat didalam tanah akan menjaga tekanan air yang ada dalam pipa dari perubahan suhu matahari dan hujan.

Bila pemasangan pipa pesat di atas muka tanah maka diperlukan konstruksi blok angker dan struktur pendukung sebagaiudukan pipa pesat untuk menahan pipa dan air didalamnya.



POKOK BAHASAN

1. Komponen PLTA Aliran Sungai
2. Dasar Perencanaan Hidraulis PLTA Aliran Sungai
3. Bendung
4. Bangunan Pengambilan (intake)
5. Kolam Pengendap
6. Saluran Pembawa
7. Kolam Penenang
8. **Pipa Pesat**



TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

TUGAS SOAL NO 1

Diketahui :

Lebar bersih mercu bendung/ Lebar sungai (L') = 10 m

Jumlah Pilar (N) = 3

Koefisien Kontraksi Pilar (K_p) = Pilar berujung bulat (Lihat Tabel. Nilai Koefisien Kontraksi K_a dan K_p)

Koefisien kontraksi abutment (K_a) = Pangkal Tembok berbentuk bulat (Lihat Tabel. Nilai Koefisien Kontraksi K_a dan K_p)

Tinggi energi total di atas mercu (H_e) = 0.5 m

Koefisien Debit (C_d) = 1

Kecepatan air (V) = 3 m/s

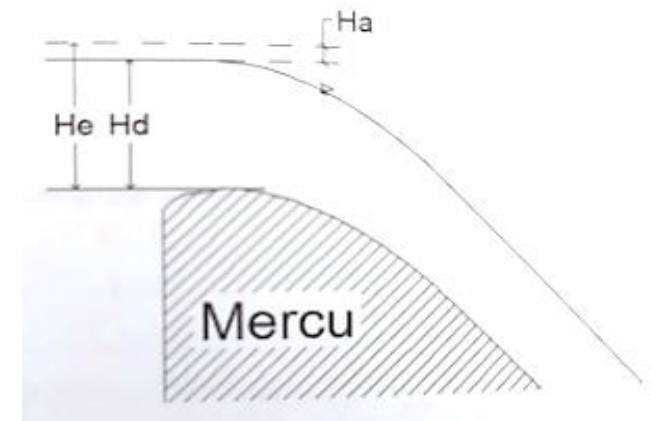
Ditanya :

1. Lebar efektif mercu bendung
2. Tinggi muka air di merju bendung (H_d)
3. Ilustrasikan Gambar Mukai air di atas mercu (H_e , H_d dan H_a)

$$L_{eff} = L' - 2 (NK_p + K_a)H_e$$

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

$$H_d = H_e - H_a$$





TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

TUGAS SOAL NO 2

Diketahui :

Kecepatan di kolam penenang (V_{sc}) = 2 m/s

Elevasi muka air pada debit maksimum (h_o) = 5 m

Elevasi muka air pada pada peluap menuju pipa pea (h_c) = 3 m

Panjang Kolam Penenang (L) = 10 m

Ditanya :

Berapakah Lebar Kolam Penenang ?

$$V_{sc} = A_s d_{sc} = B L d_{sc}$$

Catatan :

Kerjakan di selembar kertas , beri nama dan nim pada file name

Foto/scan hasil tugas, lalu upload di link one drive yang telah di sediakan di menu (Tugas pertemuan 4)

Tugas dikumpulkan paling lambat pada hari jumat, 9 Oktober 2020