

Pertemuan ke-13

## TENAGA AIR

CIV-407



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Rizka Arbaningrum, ST., MT

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN JAYA

# PIPA PESAT





# 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
6. Terjun dan Jalan Air
7. Review UTS
8. **UTS**
9. Turbin Air
10. Debit Rencana dan Garis Masa Debit
11. Kapasitas Kolam Tando Harian
12. Diagram Beban Satuan (Unit Load Curve)
13. Pipa Pesat
14. Pipa Lepas
15. Review UAS
16. **UAS**



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

## Pokok Bahasan

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT

Pipa pesat digunakan untuk membawa air dari kolam penenang menuju turbin. Pipa pesat terbuat dari pipa baja untuk bisa menahan tekanan dan kecepatan air yang besar. Biaya pembuatan pipa pesat sangat mahal sehingga diusahakan Panjang pipa pesat sependek mungkin, yang biasanya ditempatkan di daerah yang terjal.

Pipa pesat baja banyak digunakan di beberapa pembangkit tenaga listrik di Indonesia. Keunggulan pipa ini mampu menahan tekanan yang besar. Pemasangan dan penyambungan pipa dahulu menggunakan keliling, tetapi sekarang lebih banyak menggunakan sambungan las karena lebih mudah dan lebih kuat.



### POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT

Aliran zat cair rill sering disebut juga sebagai aliran viskos. Zat cair rill merupakan zat yang mempunyai kekentalan, yang disebabkan karena kohesi antar partikel zat cair. Kekentalan zat cair mengakibatkan perbedaan kecepatan partikel pada medan aliran.

Aliran viskos terdiri dari aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar terjadi ketika kecepatan aliran kecil sementara kekentalan besar, sedangkan aliran turbulen adalah sebaliknya. Aliran yang berada antara aliran laminar dan turbulen disebut aliran transisi.

Ada tiga faktor yang memengaruhi keadaan aliran. Menurut Reynolds ketiga faktor tersebut adalah kecepatan aliran  $V$ , diameter  $D$  dan kekentalan zat cair  $\nu$ .

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Dengan:

$V$  : kecepatan aliran

$D$  : diameter pipa

$\nu$  : kekentalan kinematik

- Besarnya angka Reynolds dapat menunjukkan jenis aliran.

$Re < 2000 \rightarrow$  aliran laminer

$2000 < Re < 4000 \rightarrow$  aliran transisi

$Re > 4000 \rightarrow$  aliran turbulen

## POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

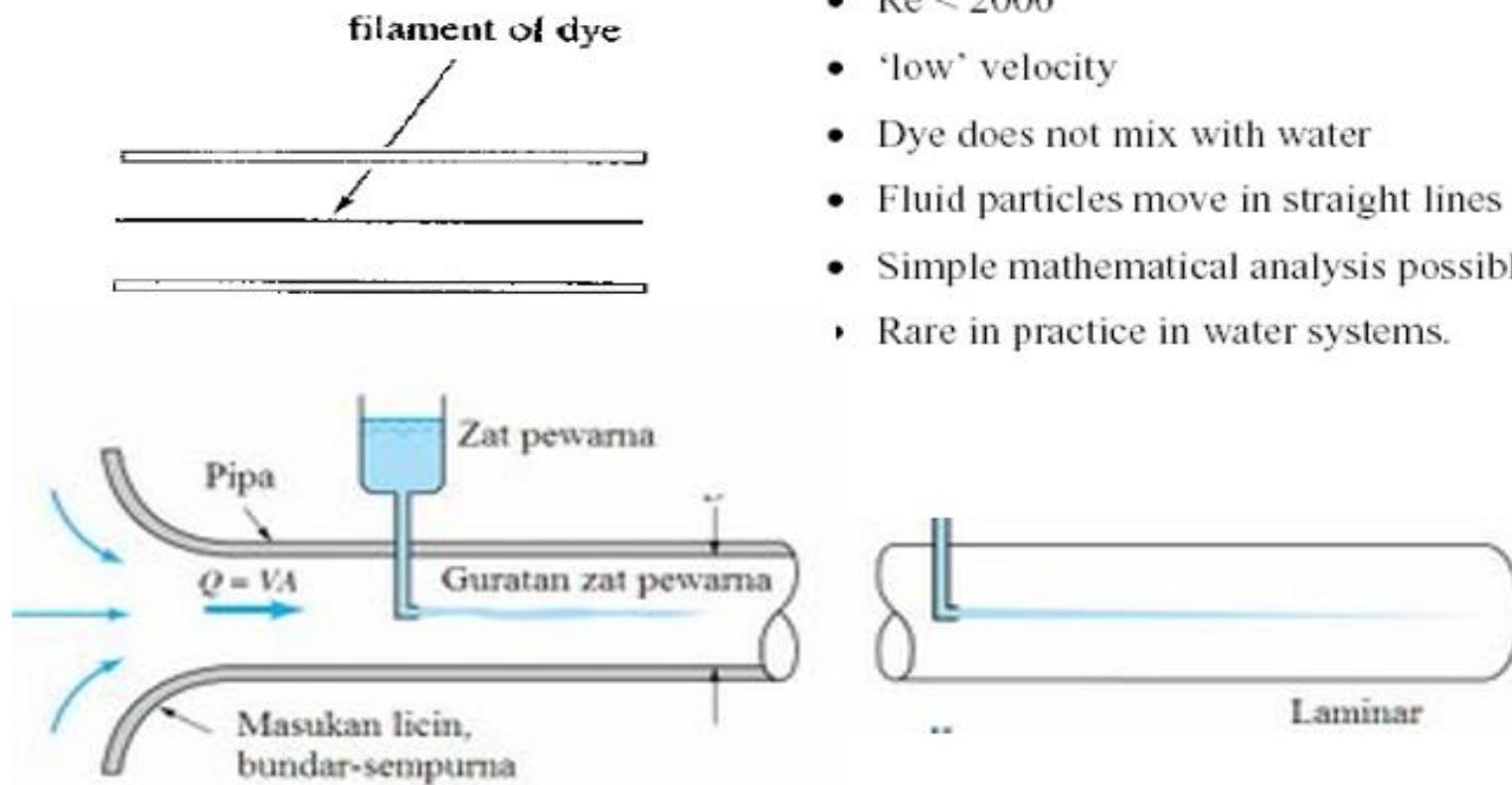
Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT



### MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106) ALIRAN LAMINER



### POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

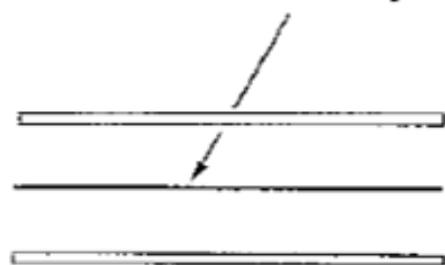
BAB XIII

## PIPA PESAT



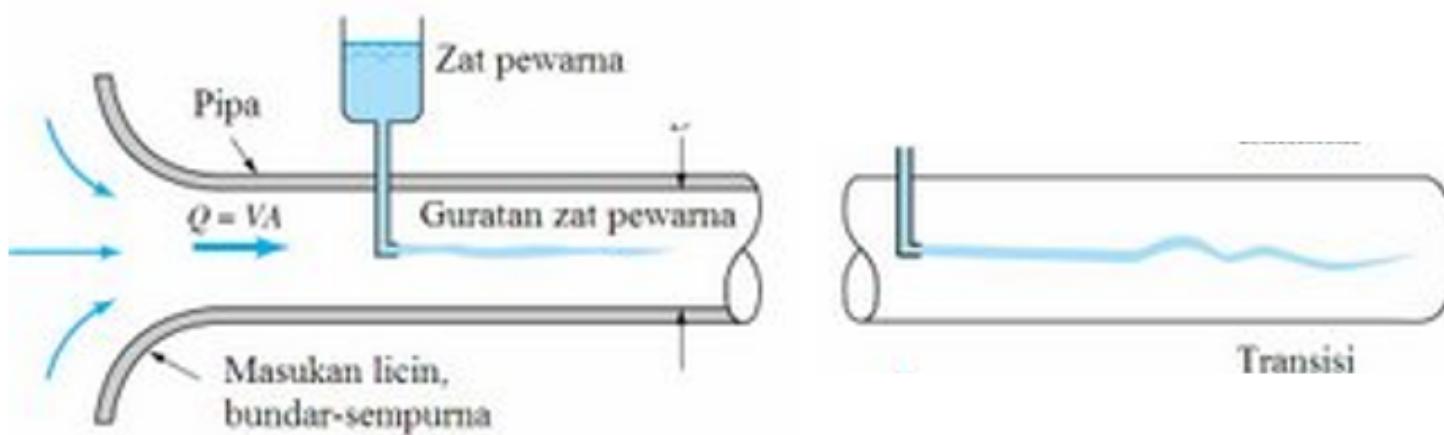
### MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106) ALIRAN TRANSISI

filament of dye



- $2000 > Re < 4000$
- ‘medium’ velocity
- Dye stream wavers in water - mixes slightly.

Laminar (viscous)



## POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer

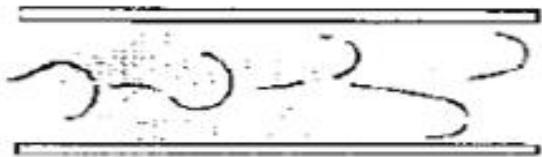


# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

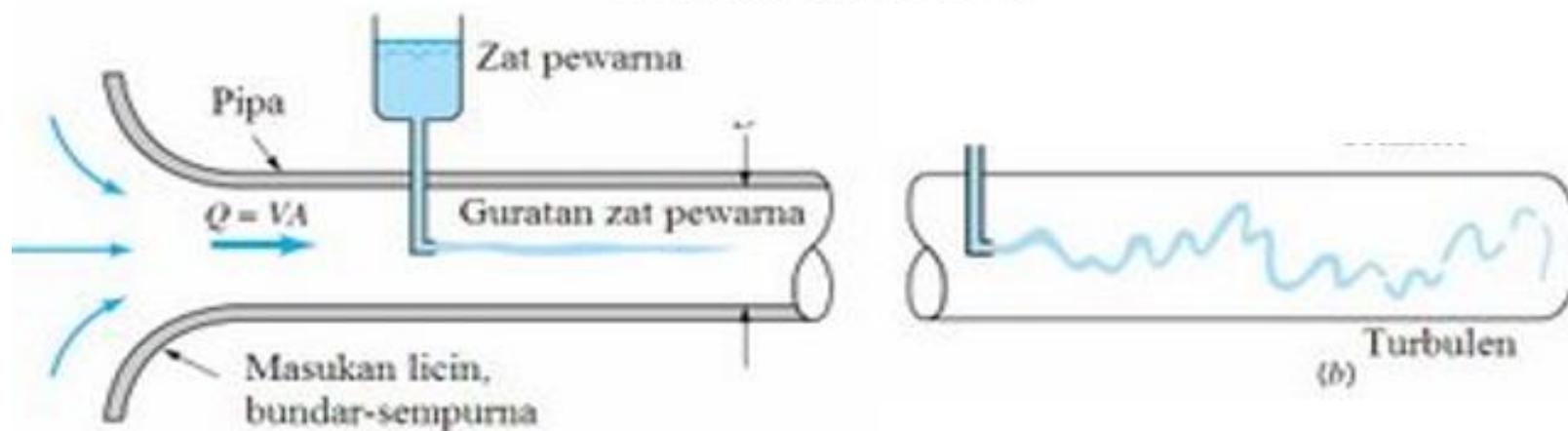


## MEKANIK FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106) ALIRAN TURBULEN



**Turbulent**

- $Re > 4000$
- 'high' velocity
- Dye mixes rapidly and completely
- Particle paths completely irregular
- Average motion is in the direction of the flow
- Cannot be seen by the naked eye
- Changes/fluctuations are very difficult to detect. Must use laser.
- Mathematical analysis very difficult - so experimental measures are used
- Most common type of flow.



BAB XIII

## PIPA PESAT

### POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

Simak Lebih lanjut  
materi pertemuan 6

BAB XIII

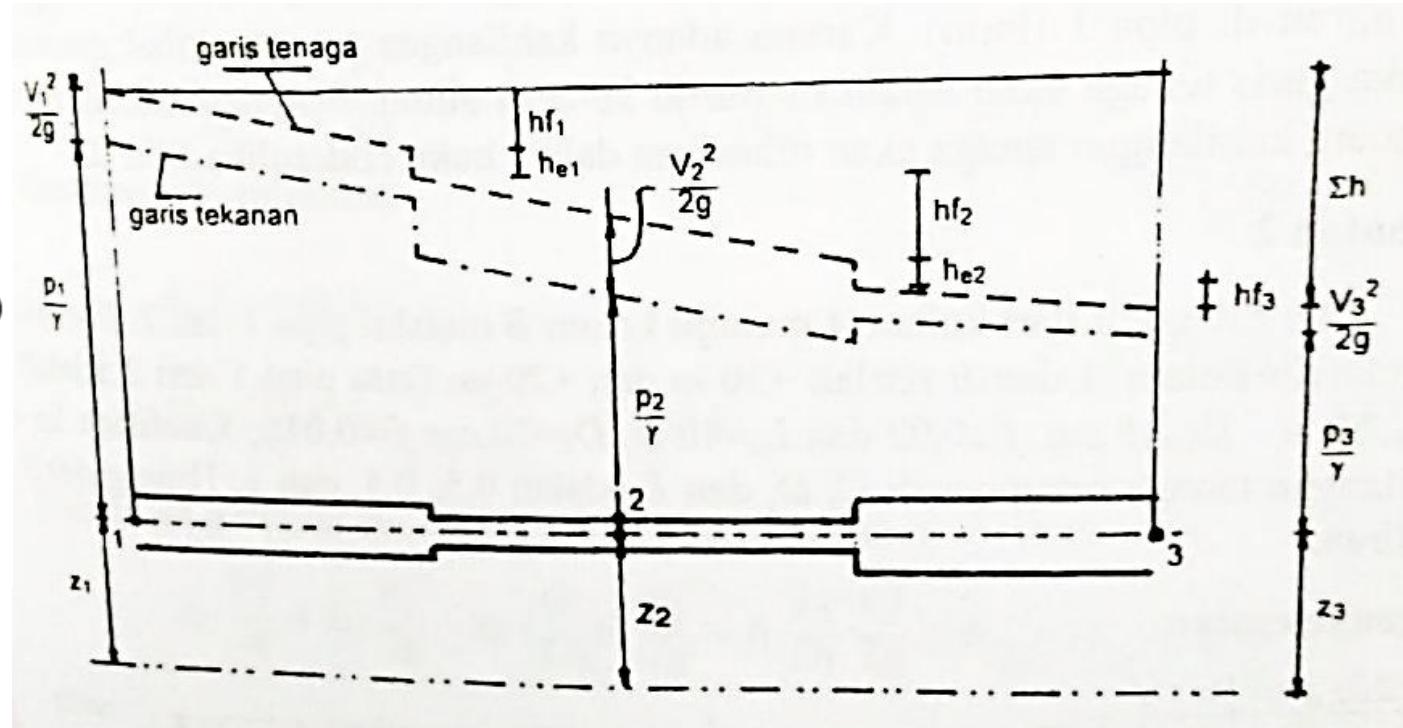
## PIPA PESAT

$H$  = tinggi energi

$z$  = elevasi (tinggi tempat)

$\frac{P}{\gamma}$  = tinggi tekan

$\frac{V^2}{2g}$  = tinggi kecepatan



$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_3 + \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + \Sigma h_f + \Sigma h_e$$

Kehilangan energi primer ( $h_f$ ):  $f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$

→ Terjadi karena gesekan pada pipa

Kehilangan energi sekunder ( $h_e$ ):  $K \frac{V^2}{2g}$

→ Terjadi karena perubahan penampang pipa

## POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. **Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa**
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT

Kecepatan  $V$  dan debit aliran  $Q$  merupakan faktor yang penting dalam studi hidraulika. Dalam hitungan praktis, rumus yang banyak digunakan adalah persamaan kontinuitas,  $Q=A.V$ , dengan  $A$  adalah tampang aliran.

$$Q=A.V$$

Meskipun rumus kontinuitas lebih sering digunakan untuk saluran terbuka, akan tetapi rumus ini juga dapat digunakan pada aliran di dalam pipa. Pada aliran turbulen berlaku rumus manning seperti pada berikut :

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{2}{3}}}$$

Keterangan :

$n$  = koefisien kekasaran manning

$P$  = panjang penampang basah (m)

$A$  = Luas pipa ( $m^2$ )

$S$  = kemiringan garis tenaga ( $H_f$  atau  $L$ )

Tipe pipa	Koefisien Manning $n$	
	Minimal	Maximal
Kaca, kuningan atau tembaga	0,009	0,013
Permukaan semen halus	0,010	0,013
Kayu	0,010	0,013
Besi tuang	0,011	0,015
Beton precast	0,011	0,015
Permukaan mortar semen	0,011	0,015
Pipa tanah dibakar	0,011	0,017
Besi	0,012	0,017
Batu dengan mortar semen	0,012	0,017
Baja dikeling	0,017	0,020
Permukaan batu dengan semen	0,020	0,024

## POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

$$S = \frac{10,29 n^2 Q^2}{D^{5,33}}$$

$$H_f : f \frac{6,875 L}{D^{1,65}} \frac{V^{1,85}}{C}$$

Keterangan :

V = Kecepatan m/s

D = Dimeter (m)

L = Panjang Pipa (m)

C = Koefisien Hanzen-Williams

Jenis Pipa	C
Asbestos semen	140
Besi tuang	
- Baru	130
- 10 tahun	107-113
- 20 tahun	89-100
- 30 tahun	75-90
Beton	
- Cetak ditempat(bekisting baja)	140
- Cetak ditempat (bekisting kayu)	120
Baja	
- Lapis aspal	150
- Pengecatan baru	150
- Baja keling	110
Kayu	120
Pipa Plastik	135-140

BAB XIII

## PIPA PESAT

### POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

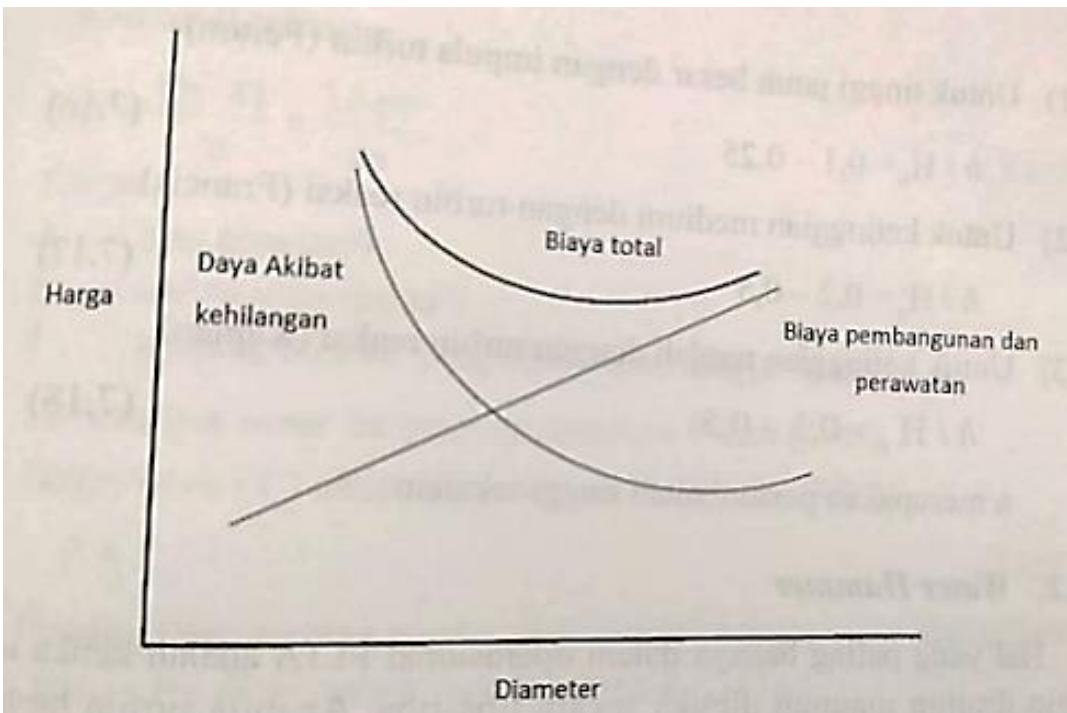
Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT

Diameter ekonomis pipa dapat diperoleh dengan membandingkan antara harga pembangunan pipa dan besarnya daya yang dihasilkan akibat kehilangan tenaga. Dalam perencanaan diameter diusahakan sekecil mungkin mengingat biaya pemasangan dan perawatan yang cukup mahal, akan tetapi dengan diameter yang kecil mengakibatkan kehilangan energi yang besar. Kehilangan energi hingga 4 % masih dapat diterima dalam perencanaan pipa peat.

$$D \text{ ekonomis} : 3,55 \left( \frac{Q^2}{2 g H} \right)^{1/4}$$



## POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
- 5. Penentuan Diameter Pipa Pesat**
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT

Penentuan ketebalan pipa berdasarkan pada material pipa, tegangan Tarik ultimatum, diameter pipa serta tekanan saat pengoperasian. Untuk aliran steady (debit diasumsikan konstan dengan waktu), tekanan pada satuan titik sepanjang pipa sama dengan ketinggiannya.

$$\delta_{\min} : \frac{D+508}{400} \quad \delta : \frac{(P D)(P D)}{(2 \sigma k)(2 \sigma k)} + \delta_{\min}$$

Keterangan :

$\delta$  = ketebalan pipa (mm)

D = Dimeter (m)

$\delta_{\min}$  = ketebalan pipa minimum (mm)

k = Koefisien pengelasan ( 1 untuk pipa sambungan, 0,9 untuk pengelasan yang telah diperiksa dengan x-ray)

$\sigma$  = tegangan izin Tarik ( 1400 kN/mm<sup>2</sup>)

P = tekanan hidrostatis dan penambahan tinggi akibat water hamer (kN/mm<sup>2</sup>)

## POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. **Penentuan Ketebalan Pipa**
7. Water Hammer



# TENAGA AIR (CIV 407)

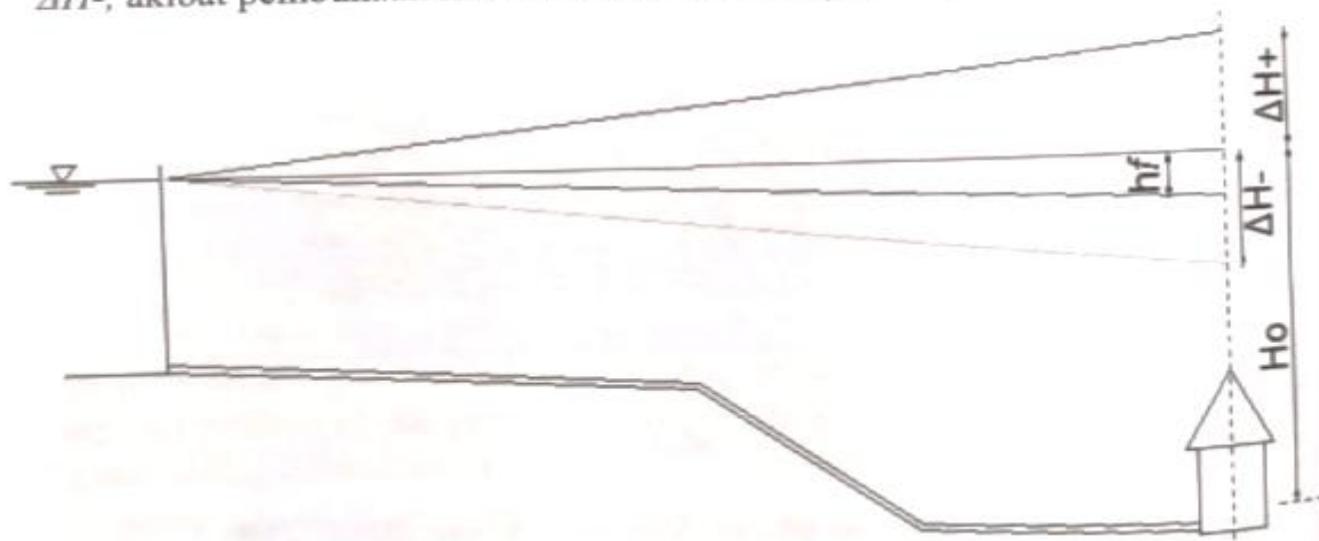
Rizka Arbaningrum, ST., MT

BAB XIII

## PIPA PESAT

Hal yang paling bahaya dalam operasional PLTA adalah ketika valve turbin di tutup maupun dibuka secara tiba-tiba. Apabila berhenti mendadak, akan terjadi penambahan tekanan akibat pukulan air (water hammer) dan apabila katub turbin di buka secara tiba-tiba maka akan menimbulkan kehampaan (vacuum) didalam pipa.

Ilustrasi penambahan ketinggian pada pipa pesat ketika dilakukan pembukaan dan penutupan pintu turbin ditunjukkan dalam Gambar 7.9. Penambahan ketinggian ( $\Delta H+$ ) dihitung dari muka air normal dikurangi dengan kehilangan energi dalam pipa, tinggi tekanan total pipa akibat penutupan katup turbin adalah  $H_o - h_f + (\Delta H+)$ . Sedangkan penurunan tekanan  $\Delta H-$ , akibat pembukaan katub turbin sebesar  $H_o - (\Delta H-)$ .



### POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Aliran Dalam Pipa
3. Kehilangan Tenaga pada Aliran melalui Pipa
4. Rumus-rumus Empirik
5. Penentuan Diameter Pipa Pesat
6. Penentuan Ketebalan Pipa
7. Water Hammer