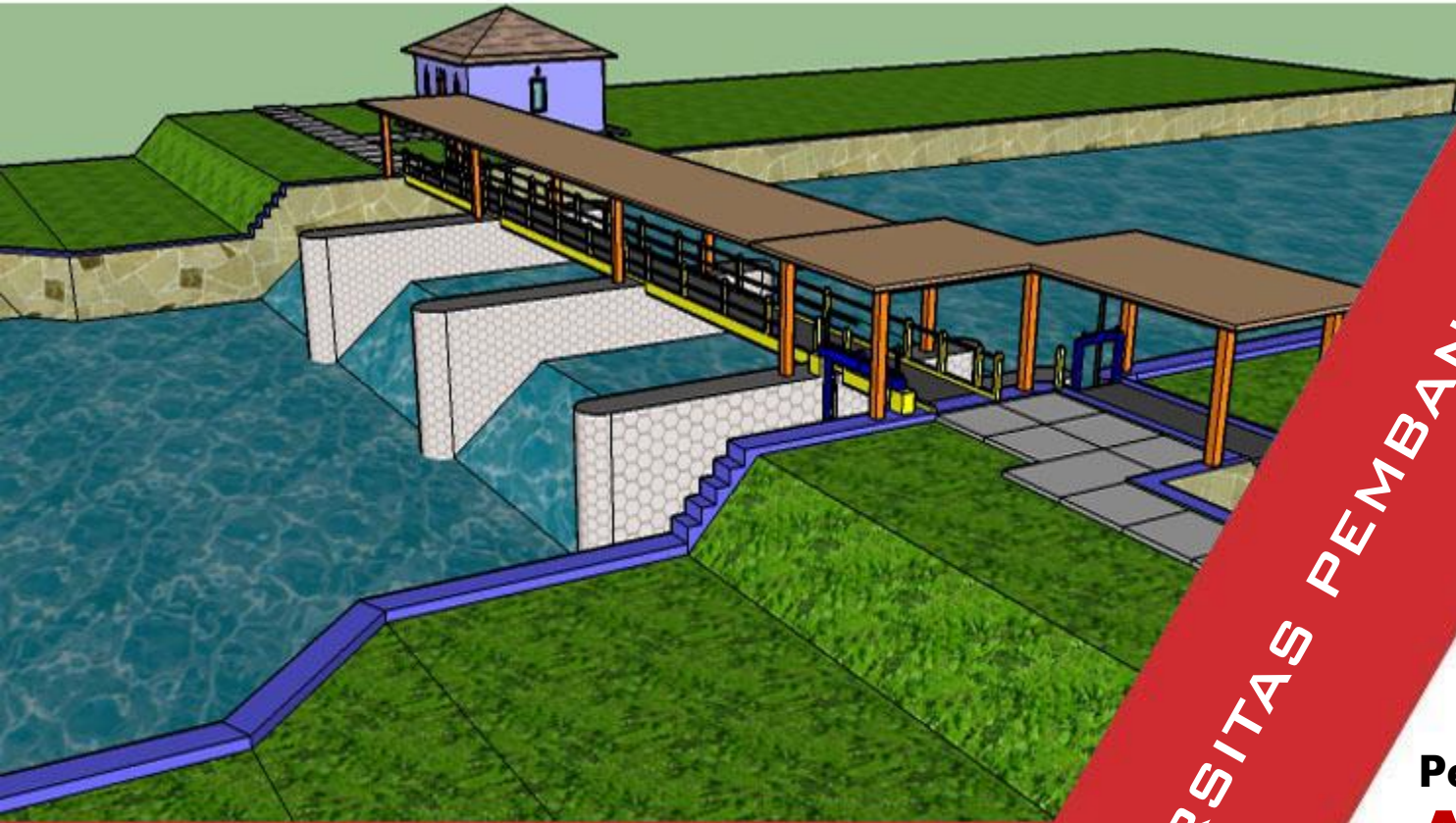


MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA

CIV-106



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN JAYA



Pertemuan ke-12

Aliran Melalui Pipa

Rizka Arbaningrum, ST., MT
rizka.arbaningrum@upj.ac.id



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

Rencana Pembelajaran Semester (RPS)

1. PENGANTAR MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA
2. SIFAT-SIFAT ZAT CAIR
3. HIDROSTATIKA
4. KESEIMBANGAN BENDA TERAPUNG
5. KESETIMBANGAN RELATIF
6. KINEMATIKA ZAT CAIR
7. PERSAMAAN BERNOULLI
- 8. UJIAN TENGAH SEMESTER**
9. PERSAMAAN MOMENTUM
10. ALIRAN MELALUI LUBANG DAN PELUAP
11. ALIRAN ZAT CAIR
12. ALIRAN MELALUI PIPA
13. ALIRAN MELALUI SISTEM PIPA
14. ALIRAN MELALUI SALURAN TERBUKA
15. MODEL DAN ANALISIS DIMENSI
- 16. UJIAN AKHIR SEMESTER**



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

Pokok Bahasan



ANGKA REYNOLD

KEHILANGAN ENERGI PRIMER/ GESEKAN

PERSAMAAN TAHANAN GESEK

RUMUE EMPIRIS

PENGALIRAN DALAM PIPA TIDAK LINGKARAN

KEHILANGAN ENERGI SEKUNDER
(PEMBESARAN, PENGECILAN DAN BELOKAN)



PIPA

- Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh.
- Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk jenis aliran saluran terbuka.

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

MANFAAT ALIRAN DALAM PIPA

BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA



POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



KEHILANGAN ENERGI

- Fluida yang mengalir melalui pipa dapat berupa zat cair atau gas. Sedangkan jenis aliran yang terjadi dapat **laminer** atau **turbulen**. Aliran zat cair riil yang melalui pipa selalu disertai kehilangan tenaga searah dengan aliran

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Angka Reynolds mempunyai bentuk:

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

Dengan:

V : kecepatan aliran

D : diameter pipa

ν : kekentalan kinematik

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



- Besarnya angka Reynolds dapat menunjukkan jenis aliran.

$Re < 2000 \rightarrow$ aliran laminar

$2000 < Re < 4000 \rightarrow$ aliran transisi

$Re > 4000 \rightarrow$ aliran turbulen

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

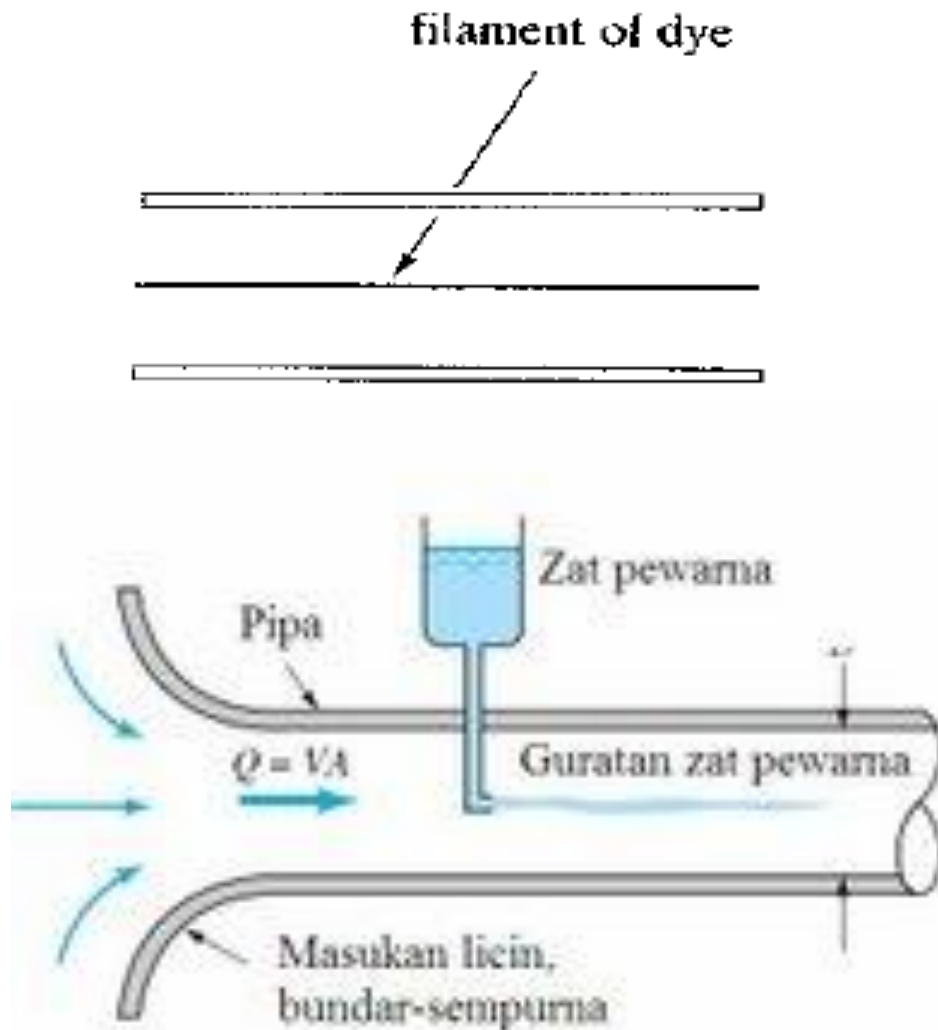
ALIRAN LAMINER

BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



- $Re < 2000$
- 'low' velocity
- Dye does not mix with water
- Fluid particles move in straight lines
- Simple mathematical analysis possible
- Rare in practice in water systems.



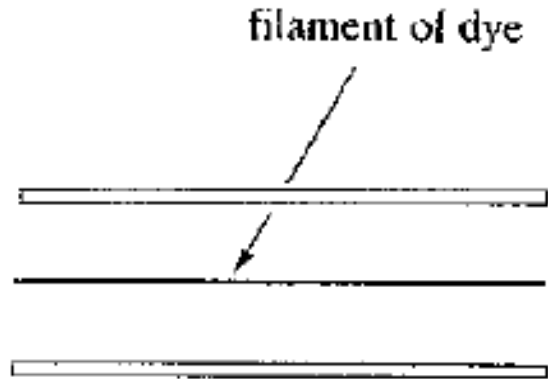


MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

ALIRAN TRANSISI

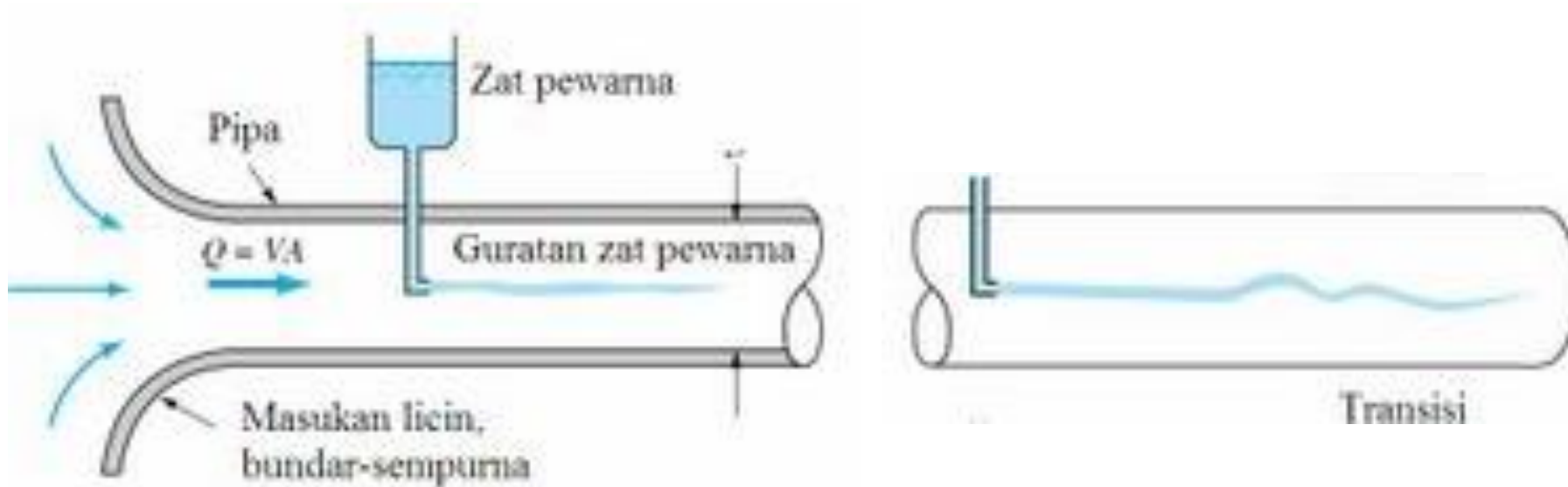
BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA



Laminar (viscous)

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



POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder

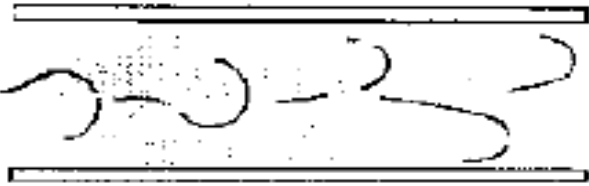


MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

ALIRAN TURBULEN

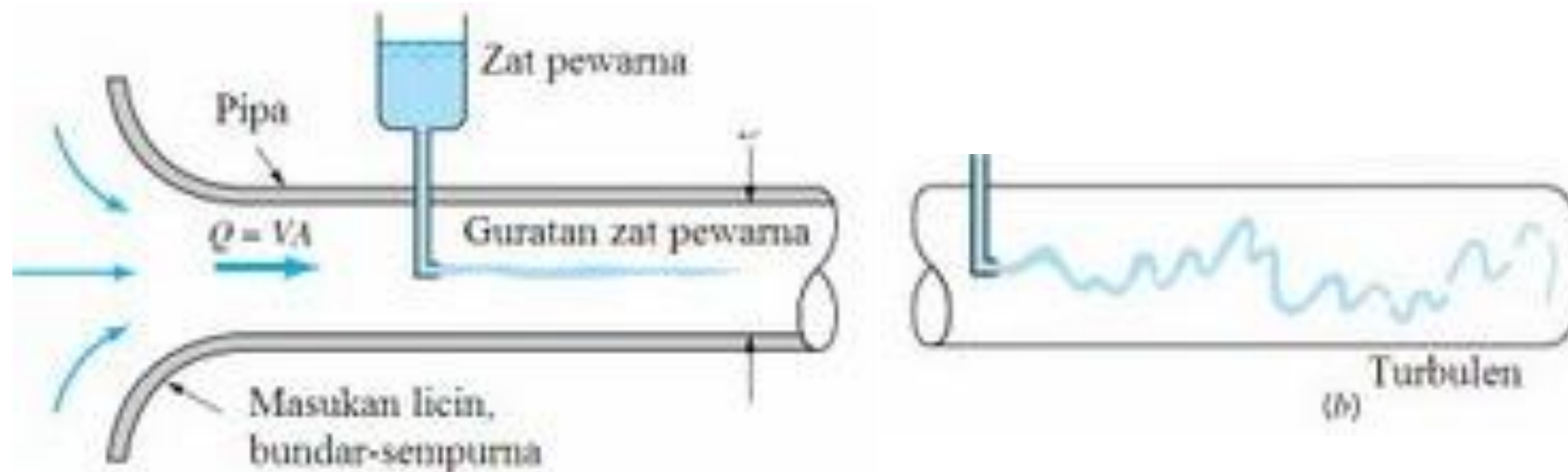
BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA



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.



POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Air mengalir melalui pipa berdiameter 150 mm dan kecepatan 5,5 m/d. Kekentalan kinematik air adalah $1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{d}$. Selidiki tipe aliran!

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder

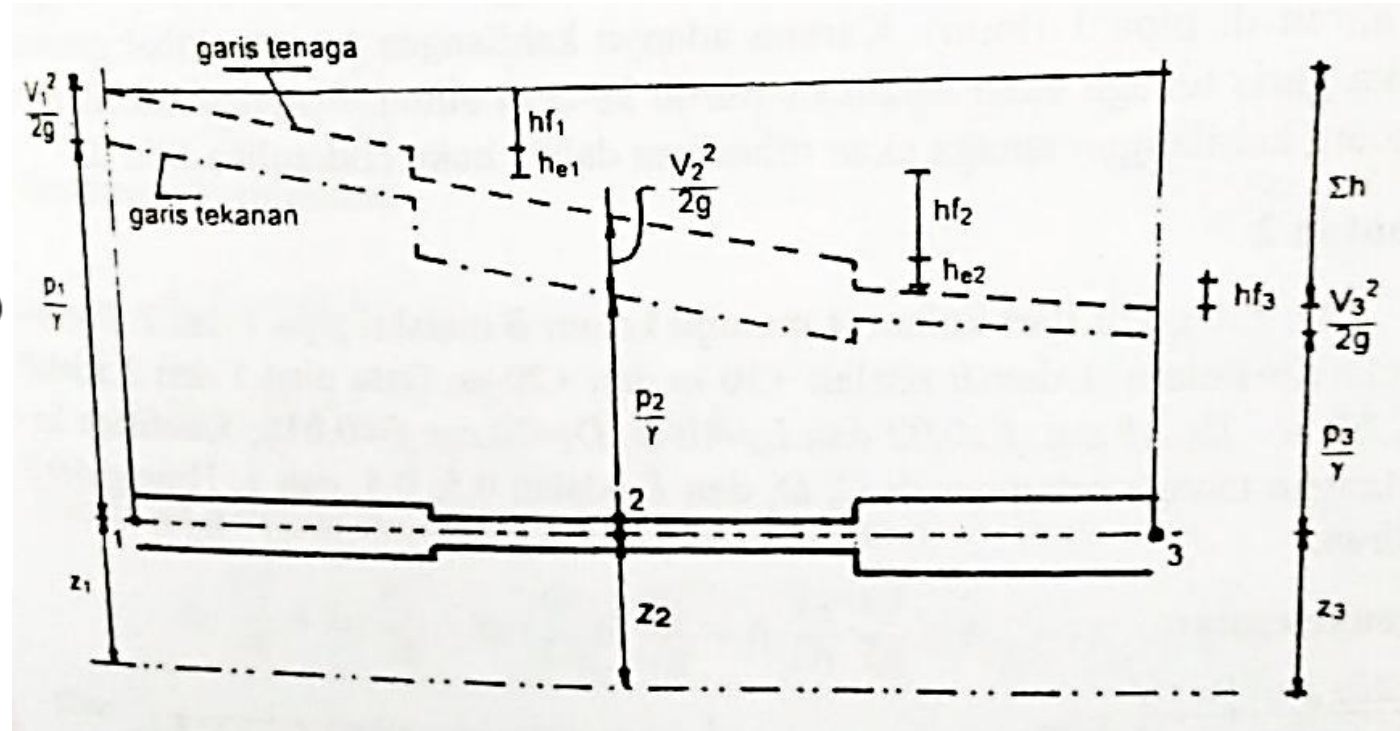


MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

KONSEP

BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA



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

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

Kehilangan energi primer (k): $f \frac{L}{D}$

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



- Pada aliran laminar, kehilangan tenaga terutama disebabkan oleh adanya kekentalan fluida dan tidak dipengaruhi oleh bidang batas atau kekasaran dinding, seperti ditunjukkan oleh persamaan Poiseuille sebagai berikut :
- dengan

ν : kekentalan kinematik

V : kecepatan aliran;

L : panjang pipa;

g : percepatan gravitasi;

D : diameter pipa.

$$h_f = \frac{32\nu VL}{gD^2}$$

Persamaan di atas dapat ditulis dalam bentuk persamaan Darcy-Weisback :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{dengan} \quad f = \frac{64}{\text{Re}}$$

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Koefisien gesek pada pipa halus

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \rightarrow \text{Untuk Aliran Turbulen } (4000 < Re < 10^5)$$

Dalam praktek, pipa yang digunakan kebanyakan tidak halus tetapi mempunyai kekasaran dinding. Tahanan pada pipa kasar lebih besar daripada pipa halus.

Koefisien gesek pada pipa kasar

Untuk **pipa kasar** nilai f tidak hanya tergantung pada angka Reynolds tetapi juga pada sifat dinding pipa yaitu kekasaran k/D atau :

$$f = \phi(Re, k / D) \rightarrow \text{Untuk Aliran Laminer, Turbulen dan Transisi}$$

Pada tahun 1944, Moody mengemukakan suatu grafik yang memberi gambaran f tergantung angka Reynolds (Re) dan kekasaran relatif (k/D). Grafik tersebut dikenal sebagai grafik Moody (Gambar di bawah).

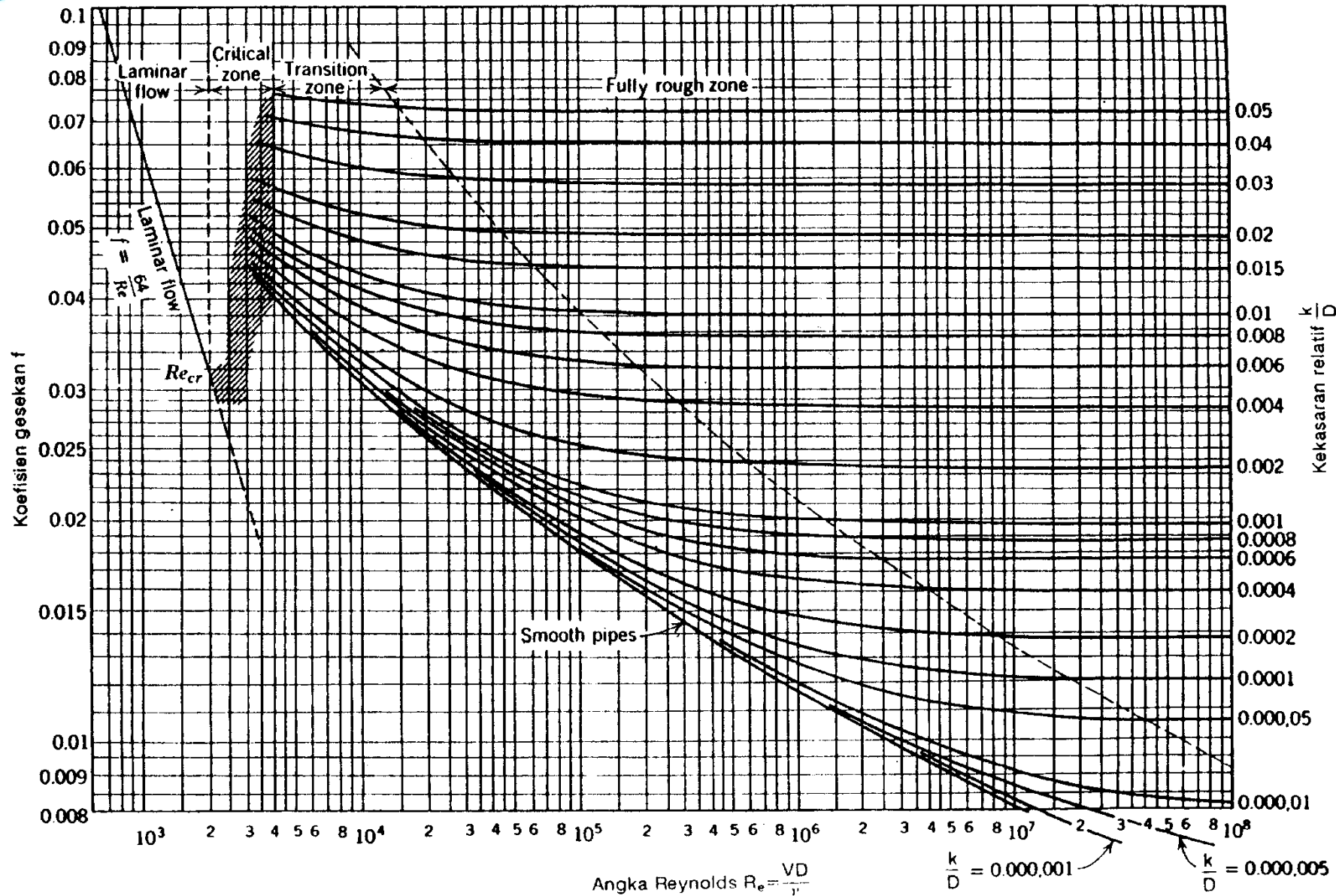
POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. **Persamaan Tahanan Gesek**
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

Grafik Moody



BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Beberapa nilai kekasaran pipa (k) dapat dilihat pada tabel di bawah.

Jenis pipa (baru)	Nilai k (mm)
■ Kaca	0,0015
■ Besi dilapis aspal	0,06 – 0,24
■ Besi tuang	0,18 – 0,90
■ Plester semen	0,27 – 1,20
■ Beton	0,30 – 3,00
■ Baja	0,03 – 0,09
■ Baja dikeling	0,90 – 9,00
■ Pasangan batu	6

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Soal

1. Hitung kehilangan tenaga karena gesekan di dalam pipa sepanjang 1500 m dan diameter 20 cm, apabila air mengalir dengan kecepatan 2 m/d. Koefisien gesekan $f = 0,02$.
2. Air mengalir melalui pipa berdiameter 150 mm dan kecepatan 5,5 m/d. Kekentalan kinematik air adalah $1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{d}$. Apabila panjang pipa 2 km dan jenis pipa baja dengan nilai k sebesar 0,05. hitunglah kehilangan tenaga/energi akibat gesekan didalam pipa.

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Soal 1

Kehilangan tenaga

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0,02 \times \frac{1500}{0,2} \times \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m}$$

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



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. Apabila kecepatan dan tampang aliran diketahui, maka debit aliran dapat dihitung. Demikian pula jika kecepatan dan debit aliran diketahui maka dapat dihitung luas tampang aliran yang diperlukan untuk melewati debit tersebut.

1. Rumus Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

V = Kecepatan rerata

R = jari-jari hidraulis ($R=D/4$ untuk pipa lingkaran)

n = koefisien kekasaran Manning (lihat tabel)
nilainya berbeda-beda untuk tiap bahan pipa.

I = Kemiringan pipa/garis tenaga

$$I = \frac{h_f}{L}$$

2. Rumus Chezy

$$V = C \sqrt{RI}$$

V = kecepatan rerata

C = Koefisien Chezy tergantung pada kekasaran dinding

R = Jari-jari hidraulis

I = Kemiringan pipa/garis tenaga

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

KOEFISIEN MANNING

BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA

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. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



MEKANIKA FLUIDA DAN HIDROLIKA (CIV-106)

Pengaliran pada pipa tidak lingkaran

BAB XII

ALIRAN DALAM PIPA

Kehilangan Energi

$$h_f = \frac{f}{4} \frac{L}{R} \frac{V^2}{2g}$$

Angka Reynold

$$\text{Re} = \frac{4RV}{\nu}$$

Koefisien kehilangan energi (f) dapat dicari menggunakan diagram moody (k/D) diganti dengan (k/4R)

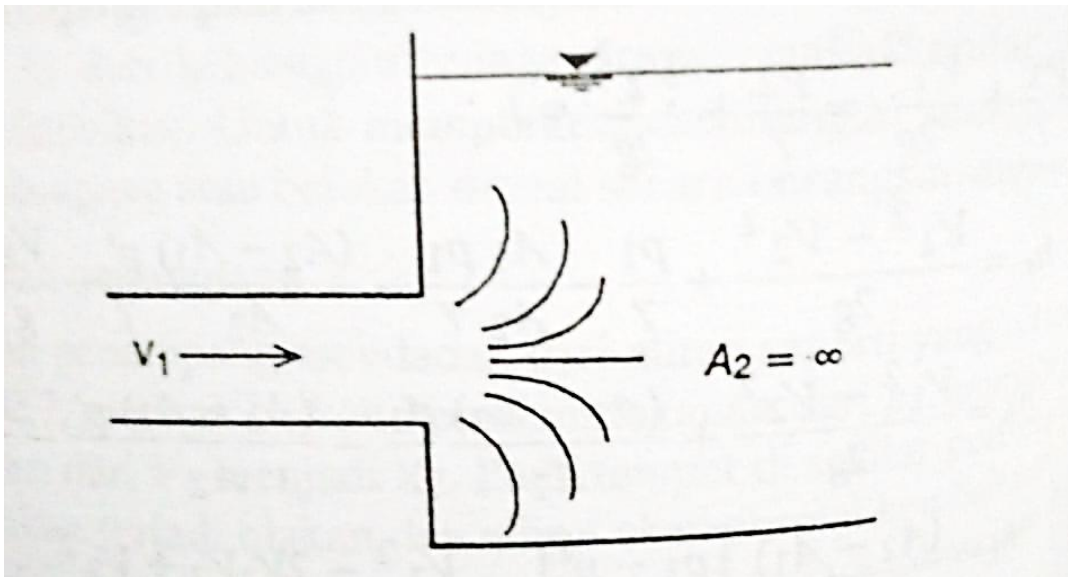
POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Pembesaran Penampang

$$K = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \quad \rightarrow \quad h_e = K \frac{V^2}{2g}$$



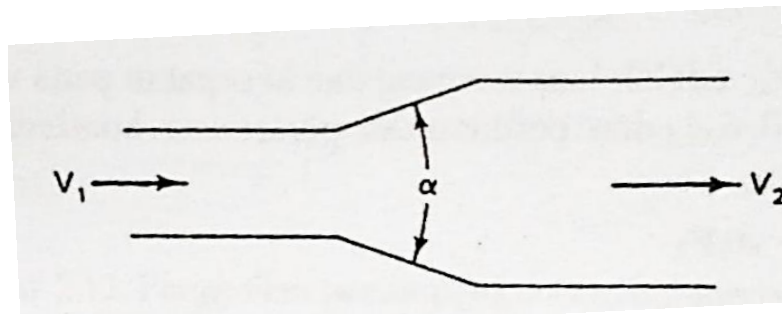
POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Pembesaran Penampang

$$h_e = K' \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$



α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	75°
K'	0,078	0,31	0,49	0,60	0,67	0,72	0,72

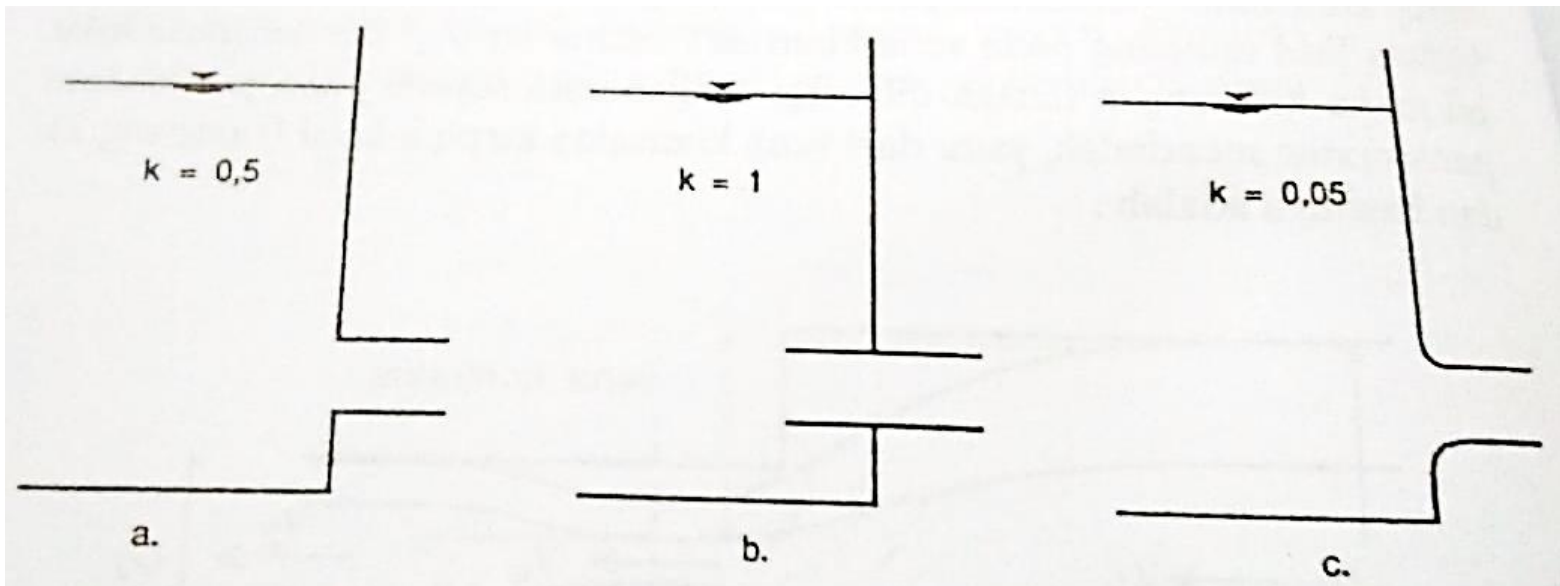
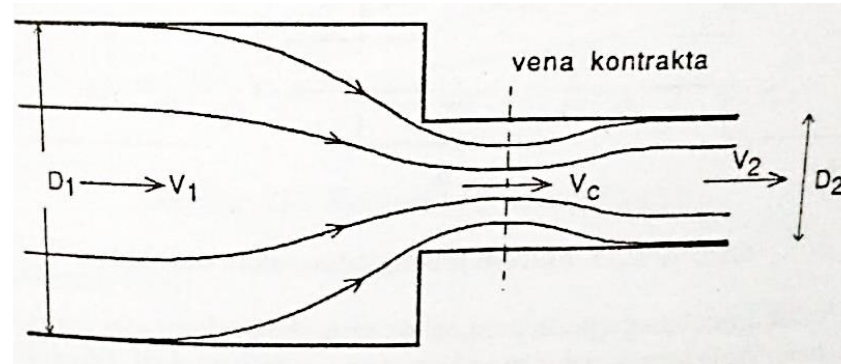
POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Pengecilan Penampang

$$h_e = K \frac{V_2^2}{2g}$$



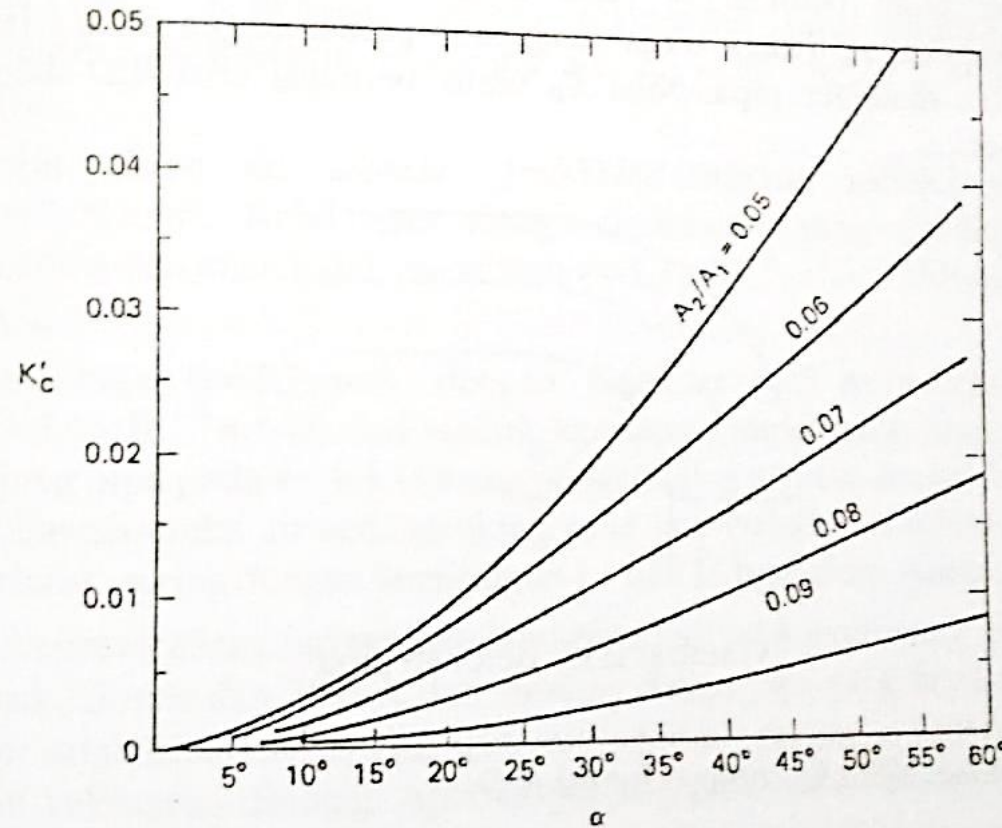
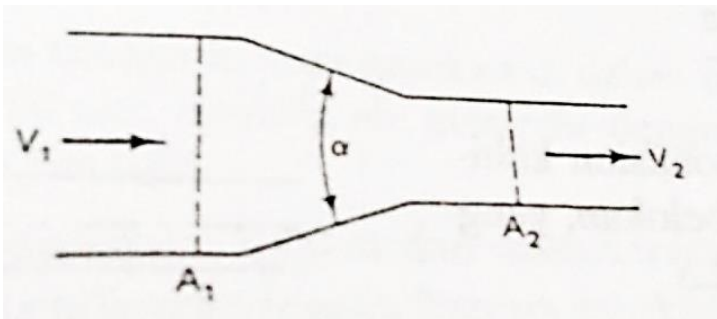
POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder



Pengecilan Penampang

$$h_e = K' \frac{V_2^2}{2g}$$



Gambar 2.13. Koefisien K_c' sebagai fungsi α

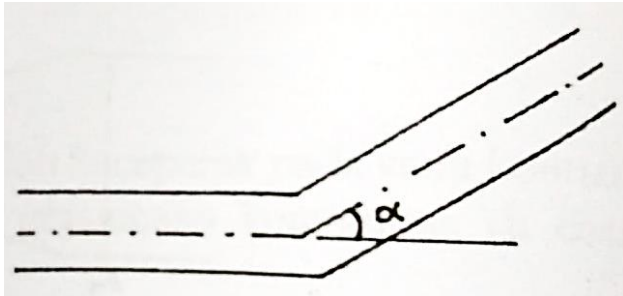
POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder

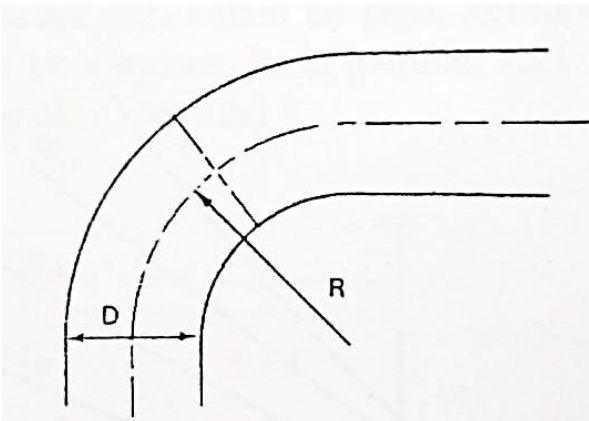


Belokan Pipa

$$h_b = K_b \frac{V_2^2}{2g}$$



α	20°	40°	60°	80°	90°
K_b	0,05	0,14	0.36	0,74	0,98



R/D	1	2	4	6	10	16	20
K_b	0.35	0.19	0.17	0.22	0.32	0.38	0.42

POKOK BAHASAN

1. Pendahuluan
2. Angka Reynold
3. Kehilangan Energi Primer
4. Persamaan Tahanan Gesek
5. Rumus Empiris
6. Pengaliran dalam Pipa Tidak Lingkaran
7. Kehilangan Energi Sekunder

TERIMAKASIH