

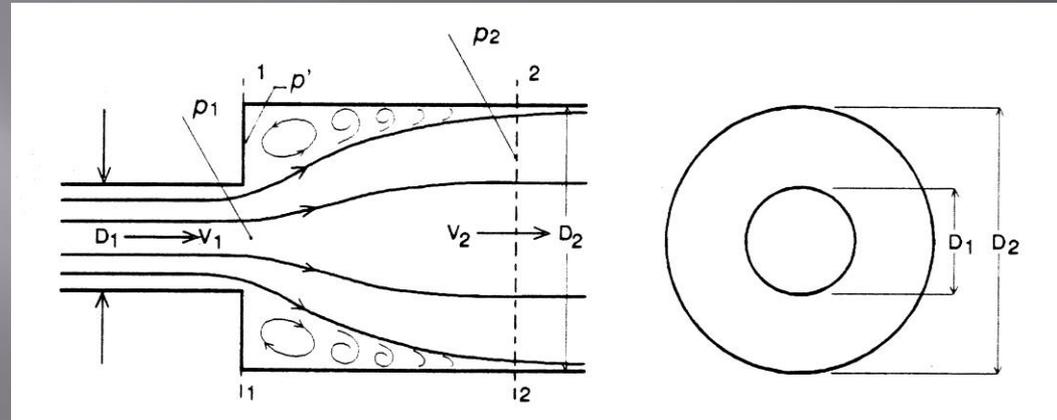
# ALIRAN FLUIDA PADA JARINGAN PIPA

# Kehilangan Tenaga Sekunder dalam Pipa

- ▣ Kehilangan tenaga sekunder dalam pipa terjadi karena adanya perubahan penampang pipa, sambungan, belokan dan katup.
- ▣ Pada pipa panjang, kehilangan tenaga sekunder jauh lebih kecil daripada kehilangan tenaga akibat gesekan, sehingga pada keadaan ini kehilangan tenaga sekunder dapat diabaikan.

# Kehilangan tenaga pada pipa yang mengalami perbesaran penampang

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



Dengan  $h_e$  : kehilangan tenaga sekunder

$$K = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

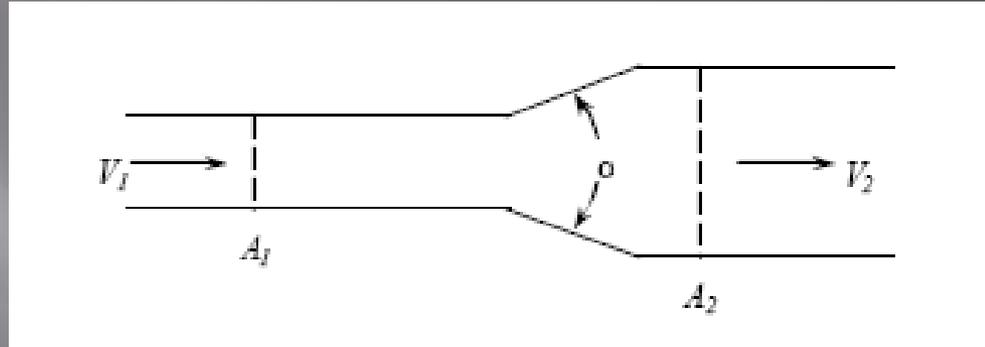
$A_1$  : luas tampang 1,  
 $A_2$  : luas tampang 2.

# Contoh

- ▣ Suatu pipa yang mengalirkan air diameternya berubah mendadak dari 10 cm menjadi 15 cm. Bila kecepatan aliran pada saat melewati pipa berdiameter 10 cm adalah 1,2 m/d, hitung kehilangan tekanan akibat perbesaran penampang tersebut.

Jika perbesaran penampang dibuat berangsur-angsur maka:

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

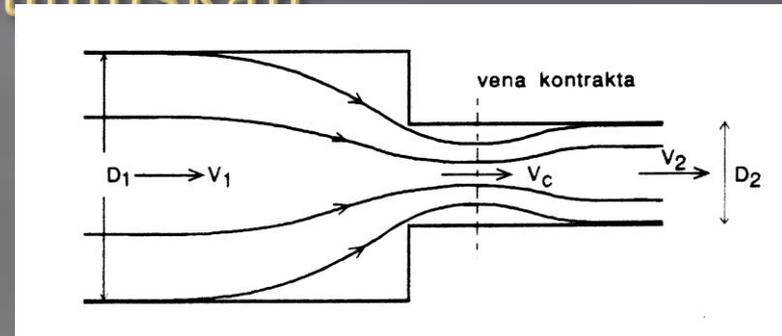


Dengan  $K'$  tergantung pada sudut perbesaran penampang  $\alpha$ .

$\alpha$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$
$K'$	0.078	0.41	0.49	0.6	0.67	0.72	0.72

Pada pipa yang mengalami pengecilan penampang secara mendadak maka kehilangan tenaga dirumuskan:

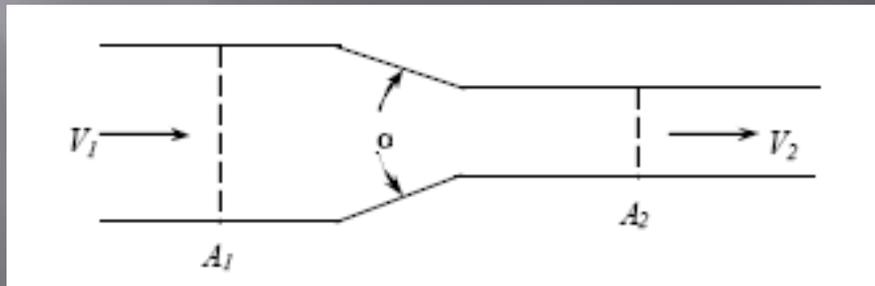
$$h_e = 0,44 \frac{V_2^2}{2g}$$



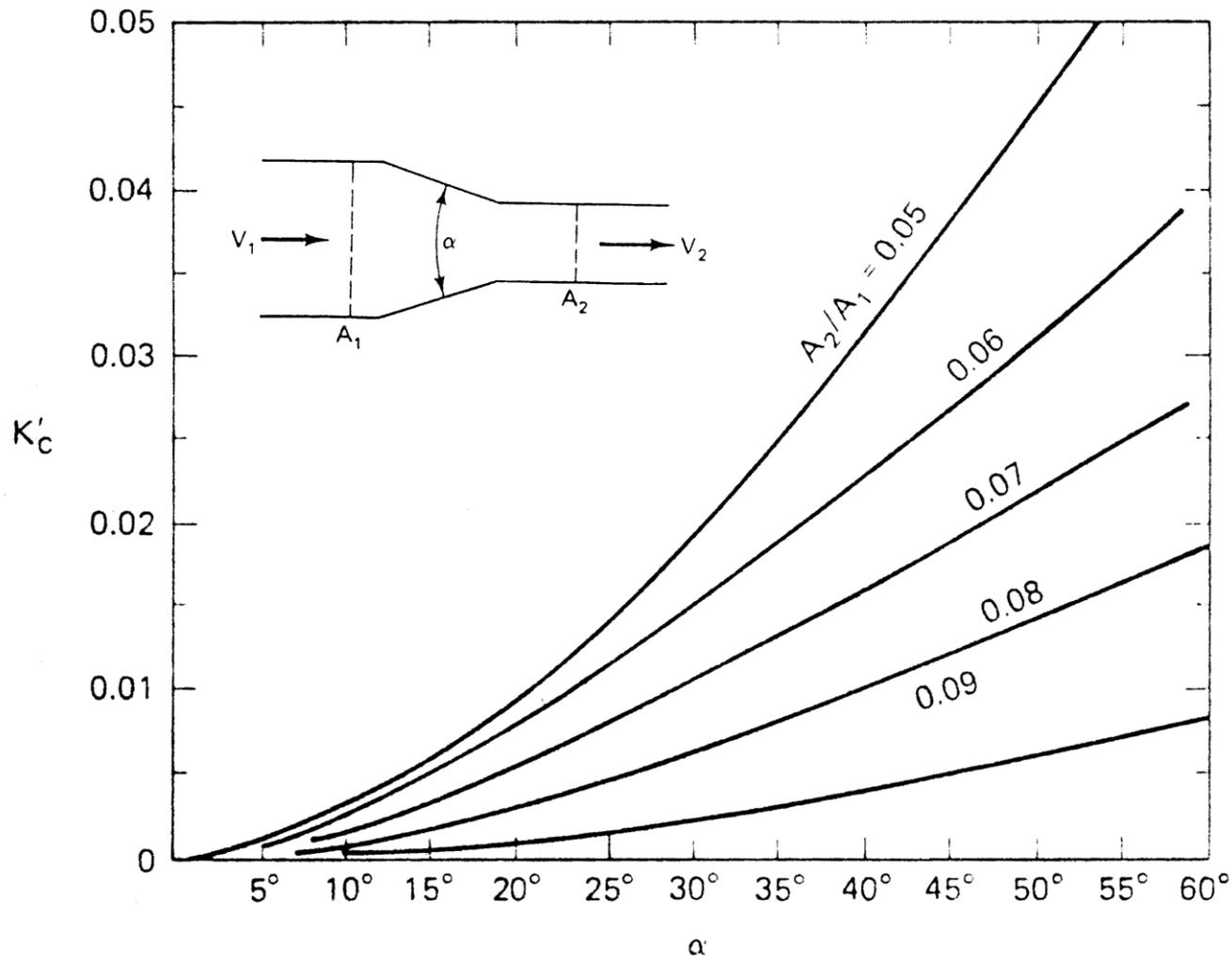
Sedangkan pengecilan penampang yang dibuat berangsur-angsur kehilangan tenaga diberikan oleh bentuk :

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

Nilai  $K_c'$  tergantung pada sudut transisi  $\alpha$  dan perbandingan luas tampang  $A_2/A_1$ .



# Nilai $K_c'$



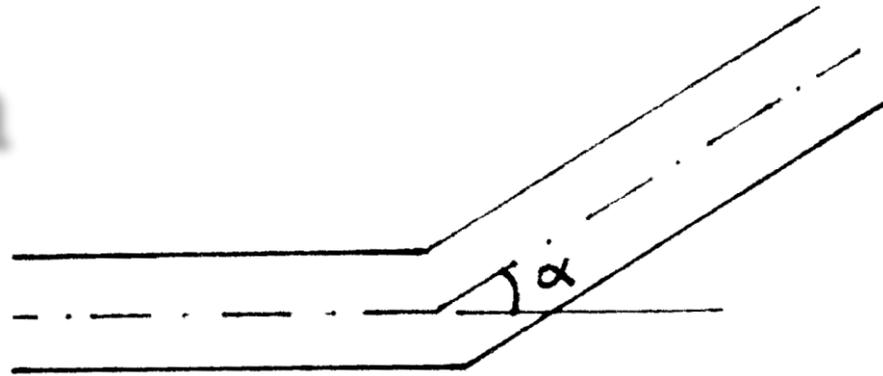
Belokan pipa juga menyebabkan kehilangan tenaga yang rumusnya serupa dengan rumus pada perubahan tampang, yaitu :

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

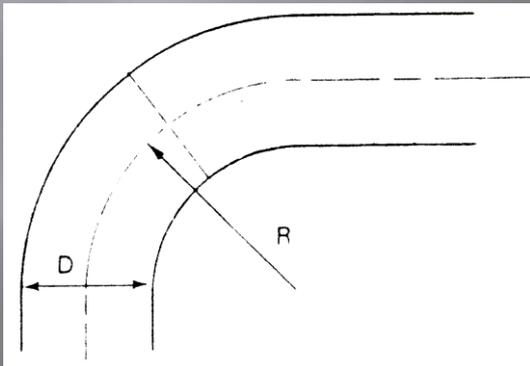
dengan  $K_b$  adalah koefisien kehilangan tenaga belokan yang tergantung pada sudut belokan.

# Belokan pipa

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



$\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$60^\circ$	$80^\circ$	$90^\circ$
$K_b$	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

# Contoh

- ▣ Berapakah kehilangan energi jika pipa membelok dengan sudut  $30^\circ$  dan kecepatan aliran  $0,85 \text{ m/d}$ .

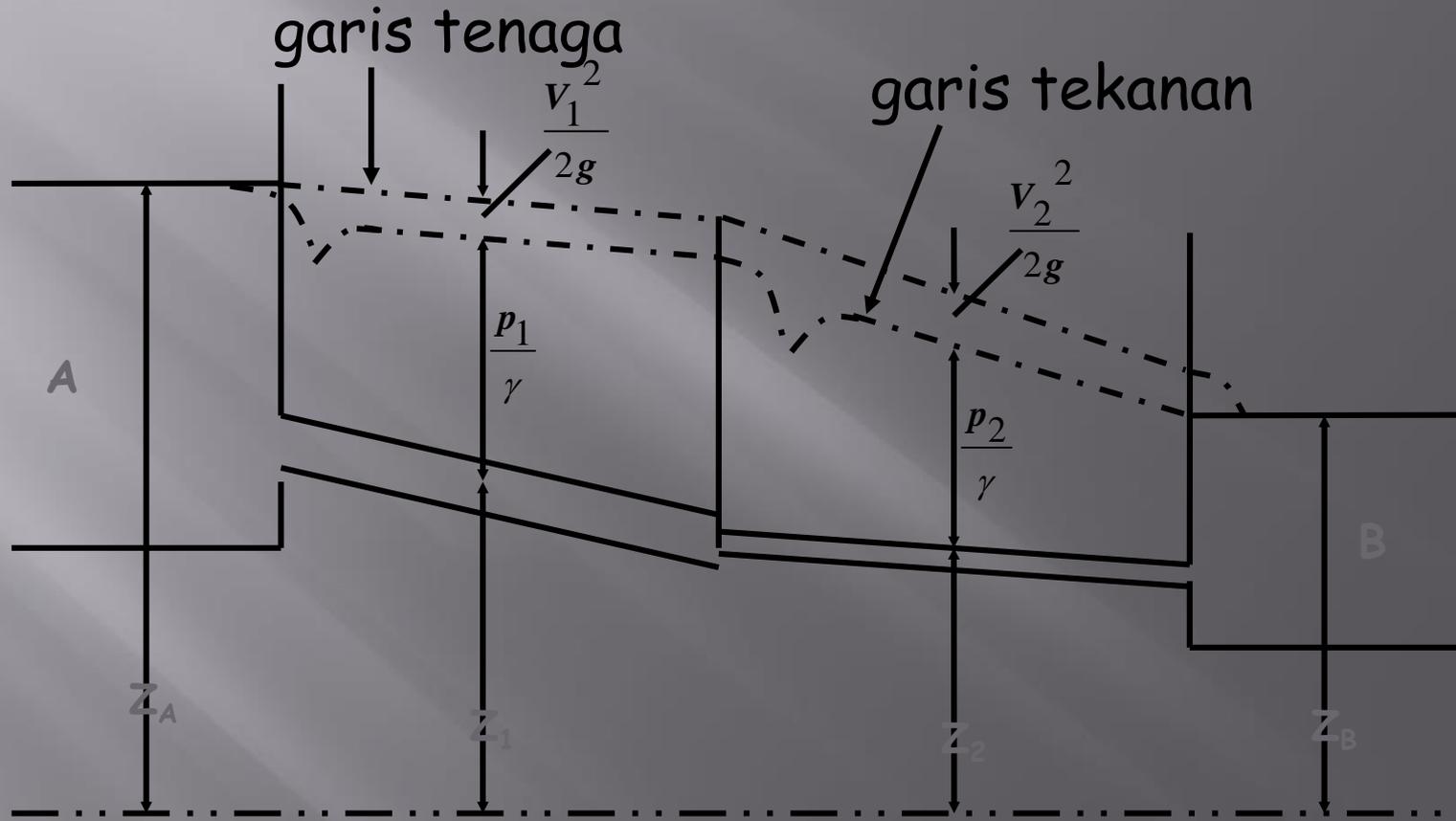
# Sistem Dan Jaringan Pipa

- ▣ Sistem pemipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat akibat terdapat perbedaan elevasi muka air atau karena digunakannya pompa. Contoh sistem pemipaan adalah jaringan air bersih/air minum, pipa pengalir minyak, pipa pembawa dan pipa pesat di PLTA, dsb.

# Garis Tenaga dan Garis Tekanan

- ▣ Berdasarkan persamaan Bernoulli, tinggi tenaga total di suatu titik pada pipa merupakan jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan. Garis yang menghubungkan titik-titik tinggi tenaga disebut garis tenaga (garis energi). Sedangkan garis yang menghubungkan titik-titik tinggi tekanan disebut sebagai garis tekanan. Garis tekanan terletak di bawah garis tenaga sebesar tinggi kecepatan dalam pipa.

# Garis tenaga dan garis tekanan



# Pipa dengan Turbin

- ▣ Salah satu penggunaan tenaga air yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia adalah untuk memutar turbin PLTA. Putaran turbin dengan kecepatan besar diperoleh dengan membuat ujung pipa meruncing dan tampang pipa jauh mengecil. Bagian ini disebut curat.
- ▣ Dengan mengabaikan kehilangan tenaga sekunder maka tinggi tekanan efektif  $H$  adalah sama dengan tinggi statis  $H_s$  dikurangi kehilangan tenaga akibat gesekan  $h_f$ .

$$H = H_s - h_f$$

## Daya yang tersedia pada curat :

$$D = QH\gamma \quad (\text{kgf m / d})$$

Atau

$$D = \frac{QH\gamma}{75} \quad (\text{hp})$$

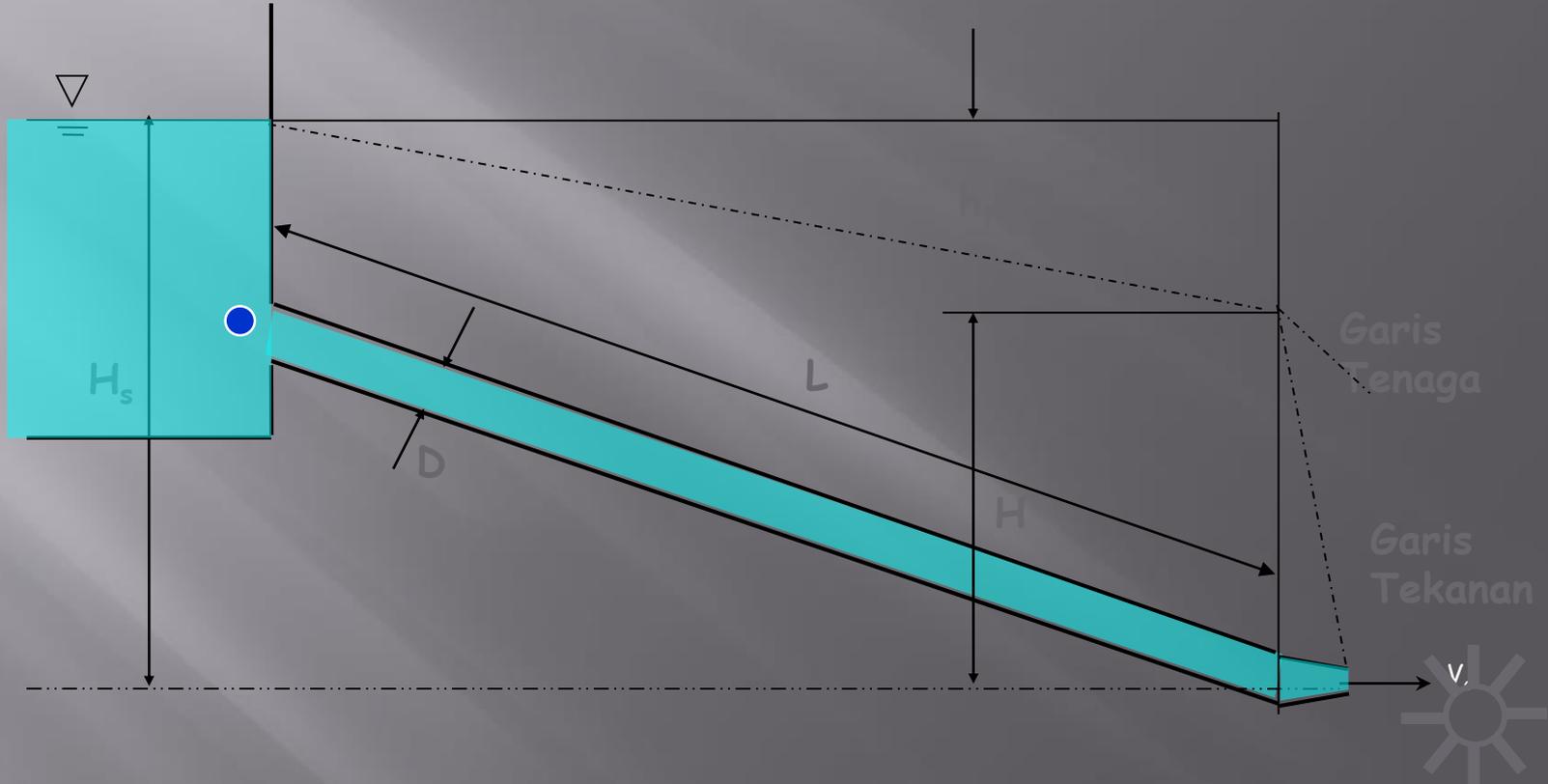
Dengan :

$Q$  : debit aliran ( $\text{m}^3/\text{d}$ )

$H$  : tinggi tekanan efektif (m)

$\gamma$  : berat jenis zat cair ( $\text{kgf}/\text{m}^3$ )

# Pipa dengan curat

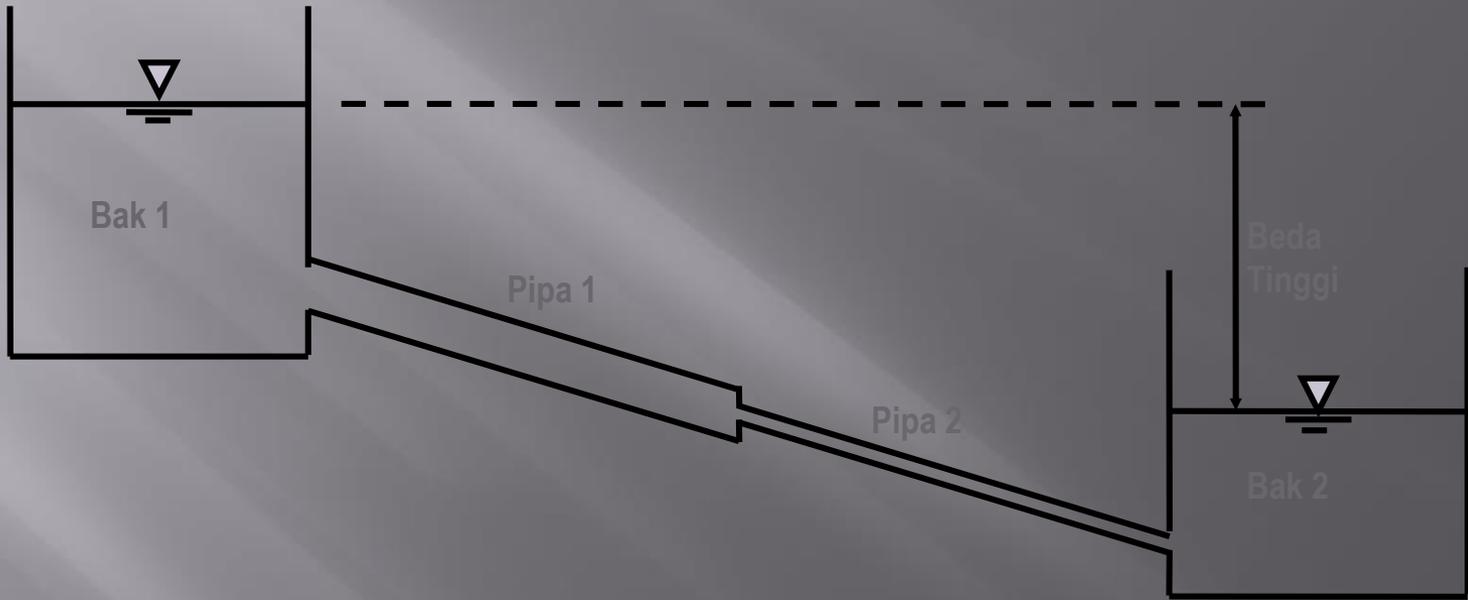


# Pipa Hubungan Seri

- ▣ Pipa disebut memiliki hubungan seri bila saluran pipa tersebut terdiri dari sambungan pipa-pipa dengan ukuran/diameter berbeda.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$H = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

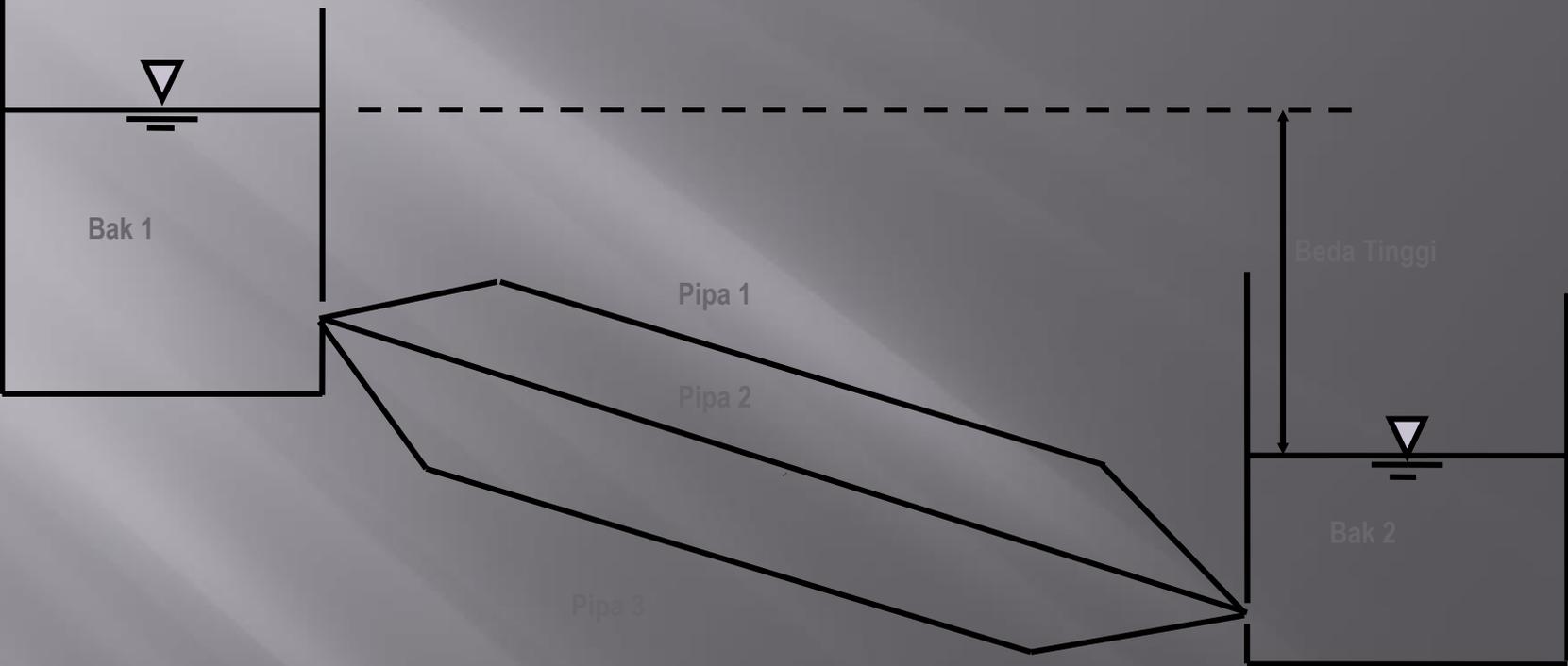


# Pipa Hubungan Paralel

- ▣ Pipa disebut memiliki hubungan paralel bila saluran pipa tersebut terdiri dari sambungan pipa-pipa yang bertemu di satu titik.

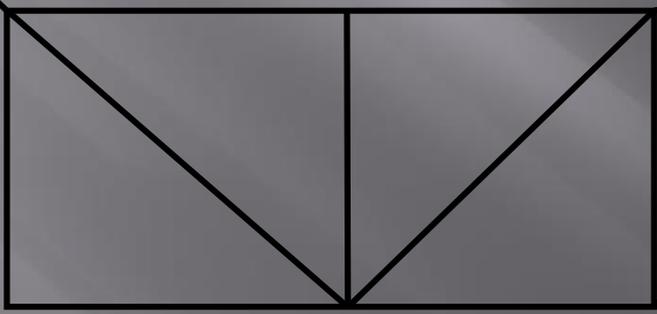
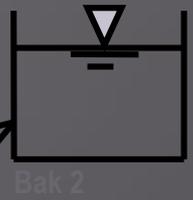
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$H = h_{f1} = h_{f2} = h_{f3}$$



# Jaringan pipa

- ▣ Pemakaian jaringan pipa yang paling banyak dijumpai dalam bidang teknik sipil adalah jaringan air bersih/air minum. Karena jaringan pipa merupakan bagian yang paling mahal maka perlu direncanakan dengan baik agar dicapai sistem distribusi yang efisien.
- ▣ Analisis jaringan pipa memerlukan perhitungan yang panjang dan rumit. Ada beberapa metode yang dipakai untuk menyelesaikannya. Salah satu yang akan dibahas dalam bahan ajar ini adalah Metode Hardy Cross.



# Metode Hardy Cross

- ▣ Dianggap bahwa karakteristik pipa dan aliran yang masuk dan keluar meninggalkan jaringan pipa diketahui dan akan dihitung debit pada setiap elemen dari jaringan tersebut. Jika tekanan pada seluruh jaringan juga dihitung maka tinggi tekanan pada satu titik harus diketahui.

# Prosedur perhitungan dengan metode Hardy Cross :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa  $Q_0$  hingga terpenuhi syarat kontinuitas.
2. Hitung kehilangan tenaga pada tiap pipa dengan rumus  $h_f = k Q^2$ .
3. Jaringan pipa dibagi menjadi sejumlah jaring tertutup sedemikian sehingga tiap pipa termasuk dalam paling sedikit satu jaring.
4. Hitung jumlah kerugian tinggi tenaga sekeliling tiap-tiap jaring, yaitu  $\sum h_f$ . Jika pengaliran seimbang maka  $\sum h_f = 0$ .
5. Hitung nilai  $\sum |2kQ|$  untuk tiap jaring.

6. Pada tiap jaring diadakan koreksi debit  $\Delta Q$ , supaya kehilangan tinggi tenaga dalam jaring seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut :

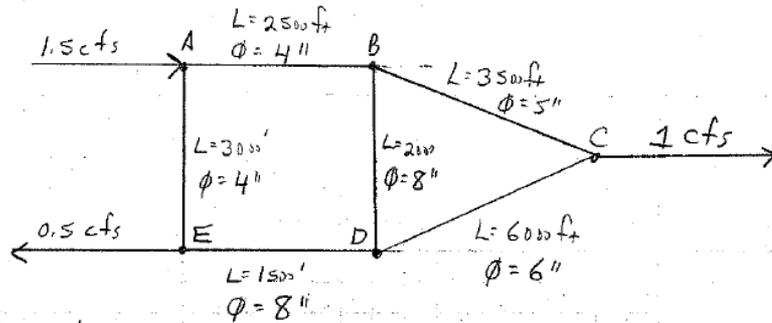
$$\Delta Q = \frac{\sum kQ_0^2}{\sum |2kQ_0|}$$

7. Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar  $Q = Q_0 + \Delta Q$ , prosedur dari 1 sampai 6 diulangi hingga akhirnya  $\Delta Q=0$ , dengan  $Q$  adalah debit sebenarnya,  $Q_0$  adalah debit dimisalkan dan  $\Delta Q$  adalah debit koreksi.

# Contoh Soal

- ▣ 2 loops; 6 pipes
  - By hand; 1 iteration
  - By spreadsheet

Calculate  $Q$  in each pipe of the network shown.



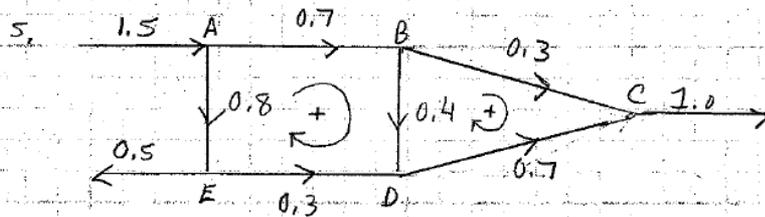
1.  $CW = +$

2/3 2 loops  
 Loop ABDE  
 Loop BCD

4  $K' = \frac{(0.0252) f L}{D^5}$   $f$  assumed to be 0.02 for all pipes

Pipe AB  $K' = \frac{(0.0252)(0.02)(2500)}{(0.3333)^5} = 306.2$

- Pipe BC  $K' = 140.5$
- DC  $K' = 96.8$
- BD  $K' = 7.7$
- ED  $K' = 5.7$
- AE  $K' = 367.4$



$$6. \quad \delta = \frac{-\sum K' Q_a^2}{2 \sum |K' Q_a|}$$

$\delta_{ABDE}$

$$= \frac{-[(306.2)(0.7)^2 + (7.7)(0.4)^2 - (5.7)(0.3)^2 - (367.4)(0.8)^2]}{2 [(306.2)(0.7) + (7.7)(0.4) + (5.7)(0.3) + (367.4)(0.8)]}$$

$$\delta_{ABDE} = +0.08$$

$\delta_{BCD}$

$$= \frac{-[(140.5)(0.3)^2 - (96.8)(0.7)^2 - (7.7)(0.4)^2]}{2 [(140.5)(0.3) + (96.8)(0.7) + (7.7)(0.4)]}$$

$$\delta = +0.16$$

7. Corrected flows

pipe AB	$0.7 + (0.08) = 0.78$
BC	$0.3 + (0.16) = 0.46$
DC	$0.7 - (0.16) = 0.54$
BD	$0.4 + (0.08) - (0.16) = 0.32$
ED	$0.3 - (0.08) = 0.22$
AE	$0.8 - (0.08) = 0.72$

Hardy-Cross Solution to example problem

2-loops (6 pipes)

Lng (ft) Dia. (ft)

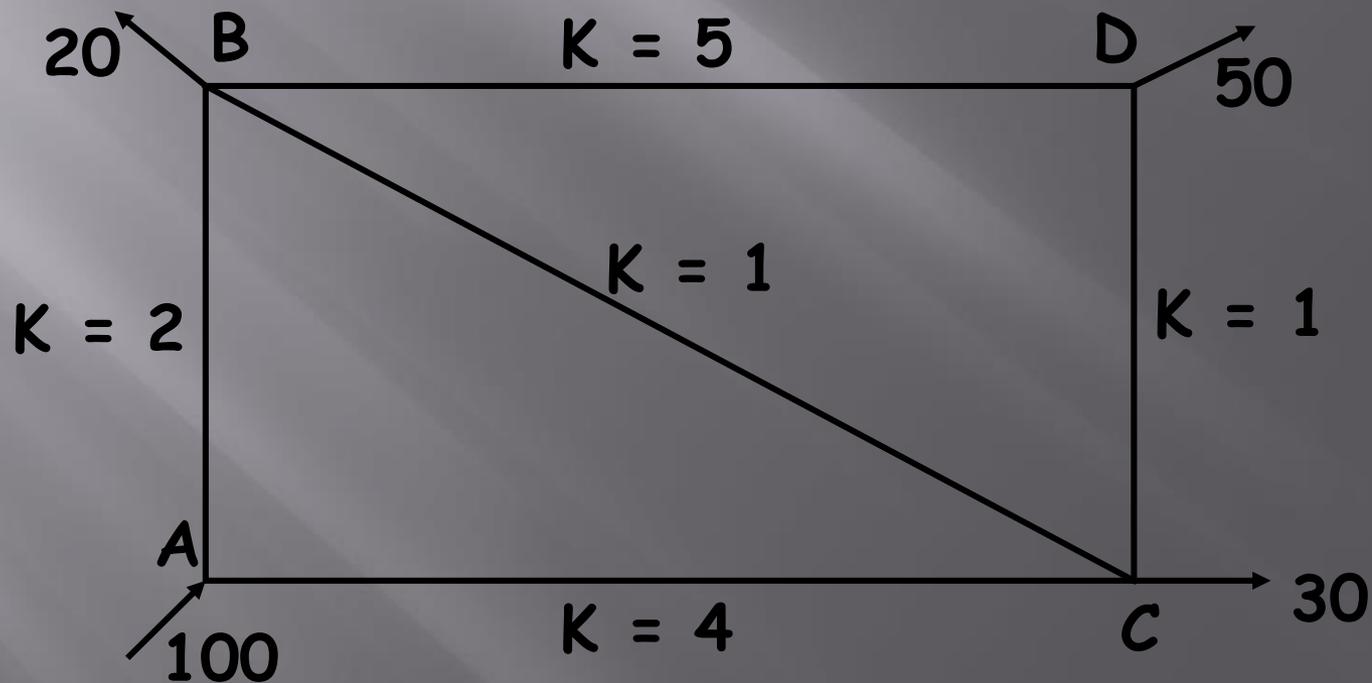
AB	K'=	306	AB	2500	0.33
BD	K'=	7.7	BC	3500	0.42
DE	K'=	5.7	DC	6000	0.50
EA	K'=	368	BD	2000	0.67
BC	K'=	140	ED	1500	0.67
CD	K'=	97	AE	3000	0.33
DB	K'=	7.7			

f= 0.02

Iteration	Loop 1				Loop 2				Loop 1 correction	Loop 2 correction	Corrected Loop 1				Corrected Loop 2			
	Qa-b	Qb-d	Qd-e	Qe-a	Qb-c	Qc-d	Qdb	Qa-b			Qb-d	Qd-e	Qe-a	Qb-c	Qc-d	Qdb		
1	0.70	0.40	0.30	0.80	0.30	0.70	0.40	0.08	0.16	0.78	0.32	0.22	0.72	0.46	0.54	0.32		
2	0.78	0.32	0.22	0.72	0.46	0.54	0.32	0.00	-0.01	0.78	0.33	0.22	0.72	0.45	0.55	0.33		
3	0.78	0.33	0.22	0.72	0.45	0.55	0.33	0.00	0.00	0.78	0.33	0.22	0.72	0.45	0.55	0.33		
4	0.78	0.33	0.22	0.72	0.45	0.55	0.33	0.00	0.00	0.78	0.33	0.22	0.72	0.45	0.55	0.33		

# Soal-soal

- Sebuah pipa seperti tergambar. Hitung besar debit dan arahnya pada tiap-tiap pipa.



# Soal-soal

1. Pada suatu pipa dengan diameter 150 mm dan panjang pipa 100 m, dilakukan pengukuran kecepatan sebagai berikut: pada jarak 25 mm dan 75 mm dari dinding pipa kecepatan alirannya adalah 0,815 m/d dan 0,96 m/d. Diketahui kondisi aliran dalam pipa adalah turbulen dengan dinding kasar. Hitung kekasaran dinding pipa, tegangan geser pada dinding pipa, dan kehilangan tenaga yang terjadi

# Soal-soal

2. Suatu pipa dari baja dengan panjang 2000 km, diameter 250 mm, mengalirkan air dengan suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Jika terjadi kehilangan energi sebesar 2 m, hitung debit aliran.
3. Tentukan dimensi pipa baja yang mengalirkan debit 500 lt/dt dan kehilangan energi maks yg diijinkan 5 m/km