

## Kerugian Aliran di Dalam pipa

Kerugian aliran didalam pipa dibagi menjadi dua yaitu:

1. Kerugian mayor
2. Kerugian minor

**Kerugian mayor** adalah kerugian yang disebutkan karena gesekan pada aliran di dalam pipa. Sedangkan **kerugian minor** disebabkan karena adanya perubahan penampang, bengkokan, katub dan sambungan pipa serta aksesoris pipa lainnya yang dipasang pada jaringan pipa.

Kerugian mayor dinyatakan dengan menggunakan persamaan (1) :

$$h_L = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan lebih lanjut dari persamaan (1) dan cara mendapatkan nilai faktor gesekan ( $f$ ) dapat di lihat di materi perkuliahan pertemuan ke 5.

Kerugian minor dinyatakan dengan menggunakan persamaan (2) :

$$h_{Lm} = K_L \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

$K_L$  adalah koefisien yang diperoleh dari hasil eksperimen.

Secara umum nilai  $K_L$  dinyatakan dengan menggunakan persamaan (3)

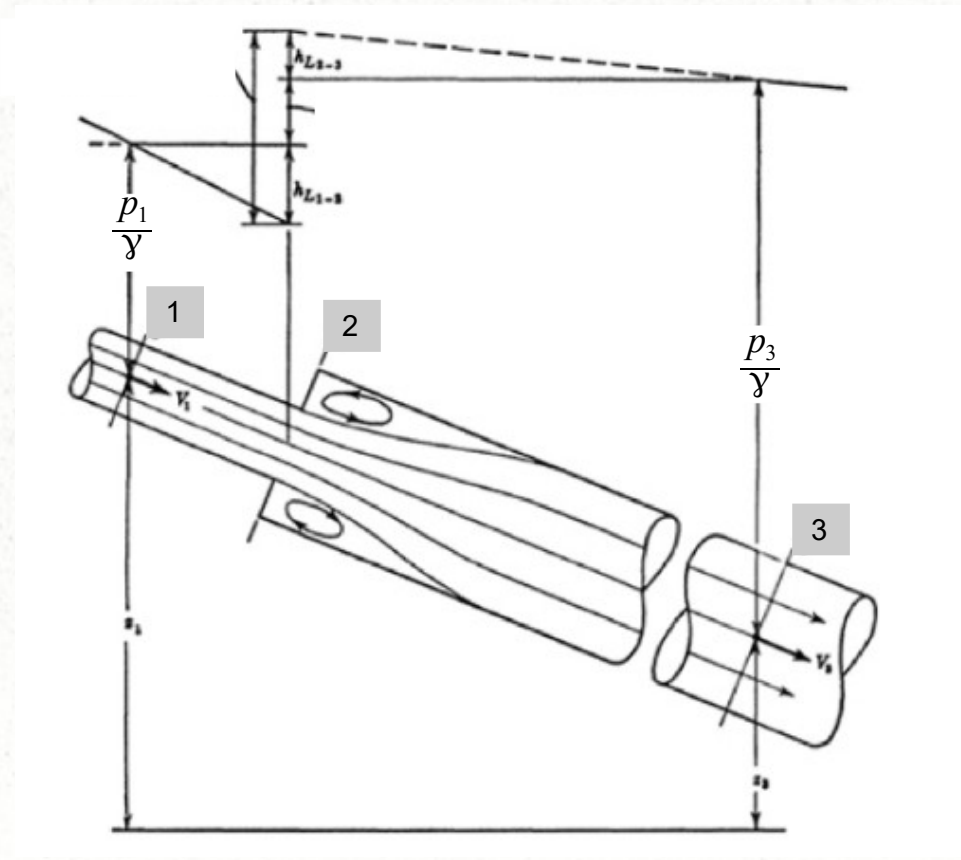
$$K_L = f\left(\frac{\rho V d}{\mu}, bentuk\right) \dots\dots\dots(3)$$

Pada aliran di dalam pipa, sering ditemui adanya bengkokan, perubahan saluran tiba-tiba, saluran masuk reservoir, pembesaran gradual pipa, pengecilan pipa tiba-tiba, katub dan lainnya. Sehingga untuk suatu jaringan pipa ditemui nilai  $K_L$  yang berbeda . Oleh karena itu kerugian minor pada pipa dari persamaan (3) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$h_{Lm} = \Sigma K_L \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4)$$

## Kerugian pada Pembesaran Pipa Tiba-tiba

Analisis untuk menentukan koefisien pada pipa yang mengalami pembesaran tiba-tiba menggunakan Gambar 1.



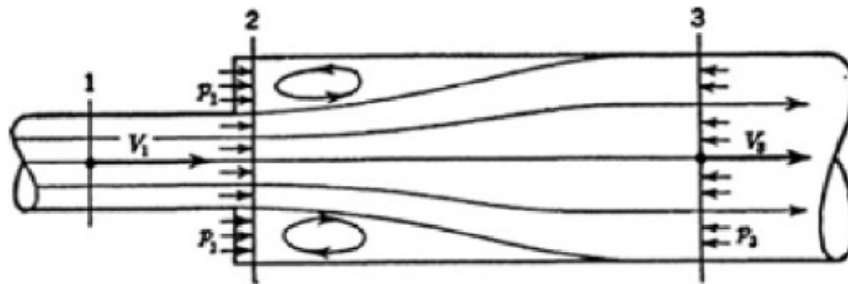
Gambar 1. Pembesaran pipa tiba-tiba (Vennard, 1940)

Aplikasi persamaan Bernoulli pada titik 1 dan 3 dari gambar 1 menghasilkan :

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + z_3 + h_{L_{1-2}} + h_{L_m} + h_{L_{2-3}}$$

$$\frac{p_3}{\gamma} + z_3 - \frac{p_1}{\gamma} - z_1 + h_{L_{1-2}} + h_{L_{2-3}} = \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_3^2}{2g} - h_{L_m} \quad \dots\dots\dots(5)$$

*Keterangan :*  
*p* = tekanan , *V* = kecepatan  
*z* = elevasi,  $\gamma$  = berat jenis  
*h<sub>L1-2</sub>* = kerugian gesekan pada 1-2  
*h<sub>L2-3</sub>* = kerugian gesekan pada 2-3  
*h<sub>Lm</sub>* = kerugian minor



Gambar 2. Detail pembesaran pipa (Vennard, 1940)

Aplikasi persamaan impuls-momentum pada Gambar 2 menghasilkan persamaan,

$$F = p_3 A_3 - p_1 A_2 = \frac{Q\gamma}{g} (V_1 - V_3)$$

Dari Gambar 2 diperoleh  $A_2 = A_3$ , sehingga diperoleh persamaan,

$$\frac{p_3 - p_1}{\gamma} = \frac{Q}{A_3} \frac{V_1 - V_3}{g} = \frac{V_3(V_1 - V_3)}{g} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan pengabaikan kerugian gesekan pada pipa persamaan (5) menjadi,

$$\frac{p_3 - p_1}{\gamma} = \frac{V_1^2 - V_3^2}{2g} - h_{Lm} \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan (6) dan (7) masing masing dalam bentuk  $\frac{p_3 - p_1}{\gamma}$

$$\frac{p_3 - p_1}{\gamma} = \frac{V_3(V_1 - V_3)}{g}$$
$$\frac{p_3 - p_1}{\gamma} = \frac{V_1^2 - V_3^2}{2g} - h_{Lm}$$

menghasilkan

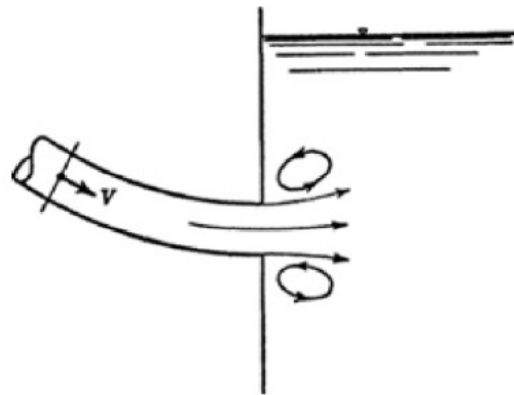
$$\frac{2V_3(V_1 - V_3)}{2g} = \frac{V_1^2 - V_3^2}{2g} - h_{Lm}$$

kerugian pada pembesaran tiba tiba :

$$h_{Lm} = \frac{V_1^2 - V_3^2}{2g} \dots\dots\dots(8)$$

### Kerugian pada Saluran Masuk Reservoir

Pipa yang berisi fluida yang dialirkan pada penampung, pada saluran masuk reservoir terdapat kerugian minor



Gambar 3. Saluran masuk reservoir (Vennard, 1940)

Untuk menentukan kerugian pada Gambar 3 menggunakan persamaan (8) berikut:

$$h_{Lm} = \frac{V_1^2 - V_3^2}{2g}$$

Dari Gambar 3 diperoleh  $V_3 = 0$  , sehingga persamaan (8) menjadi

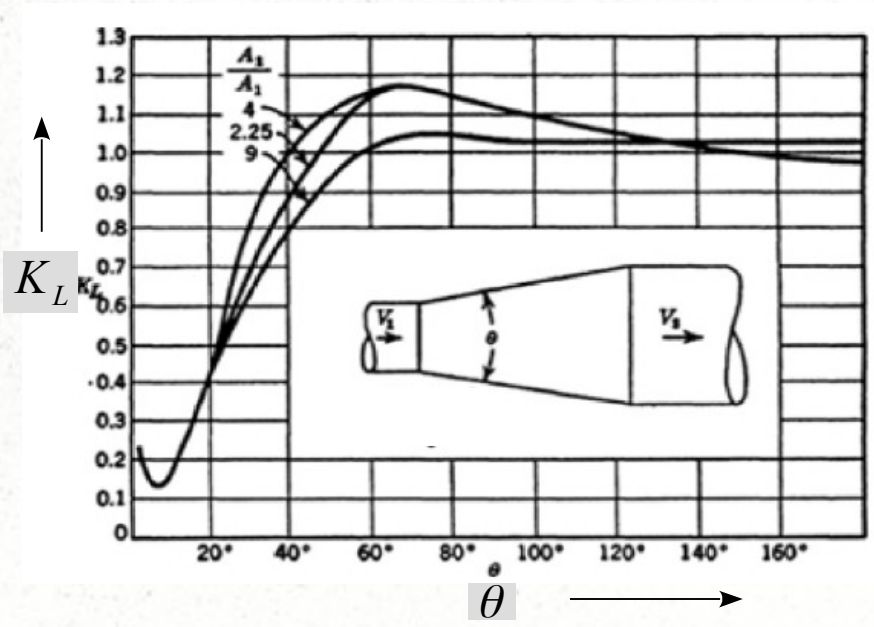
$$h_{Lm} = \frac{(V_1^2 - 0)}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} \text{ , menghasilkan } h_{Lm} = \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots(9)$$

**Kerugian pada Pembesaran Pipa Gradual**

Kerugian pembesaran gradual ditentukan dengan menggunakan persamaan,

$$h_{Lm} = K_L \frac{(V_1 - V_3)^2}{2g} \dots\dots\dots(10)$$

$K_L$  di peroleh dari Gambar 4



Gambar 4. koefisien pembesaran gradual (Vennard, 1940)

Contoh:

Pipa air horizontal memiliki diameter 12 inc, kemudian mengalami pembesaran gradual dengan sudut  $20^\circ$  menjadi 24 inc. Laju aliran air  $10 \text{ ft}^3/\text{s}$  dan tekanan pada pipa 12 inc adalah  $20 \text{ lb}/\text{in}^2$ . Tentukan tekanan pada pipa 24 inc dengan mengabaikan adanya gesekan.

Deketahui :

$$p_{12} = 20 \text{ lb}/\text{in}^2$$

$$Q = 10 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\theta = 20^\circ$$

$$D_{12} = 12 \text{ inc dan } D_{24} = 24 \text{ inc}$$

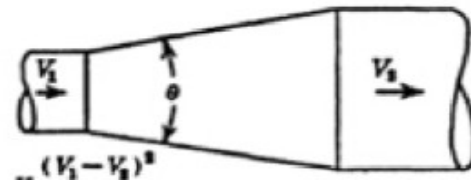
Ditanya  $p_{24}$  ?

Penyelesaian :

$$Q = AV \longrightarrow Q = A_{12} V_{12} \longrightarrow V_{12} = \frac{Q}{A_{12}}$$

$$V_{12} = \frac{10}{\frac{\pi}{4} \left( \frac{12}{12} \right)^2} = 12,7 \text{ ft/s}$$

(Vennard, 1940)



$$V_{24} = \frac{Q}{A_{24}} \rightarrow V_{24} = \frac{10}{\frac{\pi}{4} \left( \frac{24}{12} \right)^2} = 3,18 \text{ ft/s}$$

note :  
 1 ft = 12 inc  
 1 ft<sup>2</sup> = 144 inc<sup>2</sup>  
 $\gamma = 62,4 \text{ lb/ft}^3$   
 $g = 32.2 \text{ ft/s}^2$

Dari Gambar 4 diperoleh  $K_L = 0,43$

Aplikasi persamaan Bernoulli dengan memperhitungkan kerugian minor dihasilkan

$$\frac{p_{12}}{\gamma} + \frac{V_{12}^2}{2g} + z_{12} = \frac{p_{24}}{\gamma} + \frac{V_{24}^2}{2g} + z_{24} + K_L \frac{(V_{12} - V_{24})^2}{2g}$$

$$\frac{20 \times 144}{62,4} + \frac{(12,7)^2}{2 \times 32,2} + 0 = \frac{p_{24}}{\gamma} + \frac{(3,18)^2}{2 \times 32,2} + 0 + 0,43 \frac{(12,7 - 3,18)^2}{2 \times 32,2}$$

$$46,16 + 2,5 + 0 = \frac{p_{24}}{\gamma} + 0,157 + 0 + 0,605 \rightarrow 46,16 + 2,5 - 0,157 - 0,605 = \frac{p_{24}}{\gamma}$$

$$\frac{p_{24}}{\gamma} = 47,9 \leftarrow 47,9 = \frac{p_{24}}{\gamma}$$

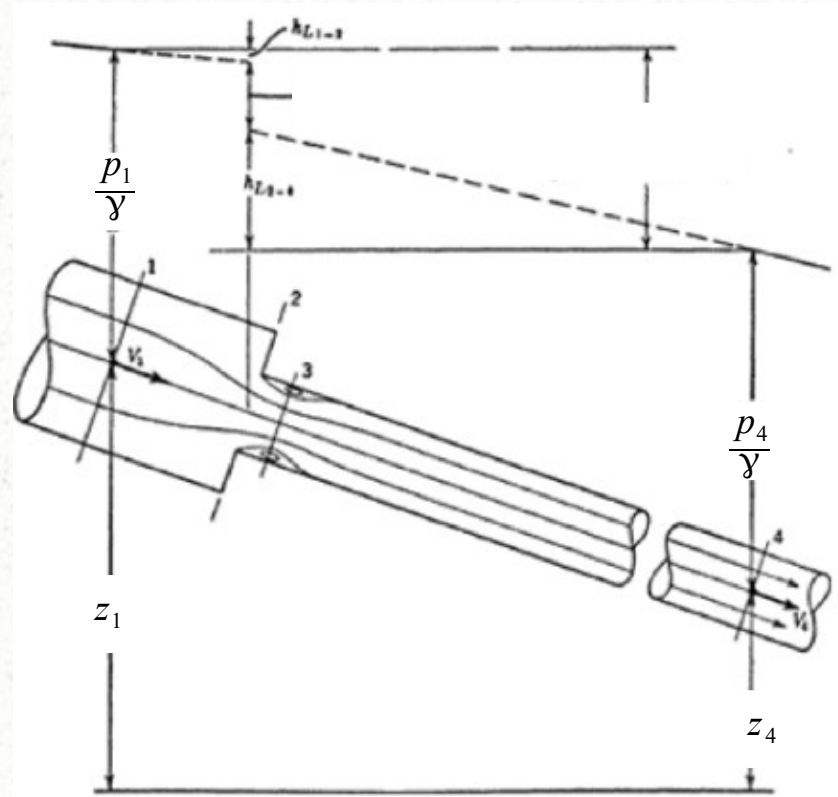
$$p_{24} = \gamma \times 47,93$$

$$p_{24} = 62,4 \text{ lb/ft}^3 \times 47,9 \text{ ft} = 2988,96 \text{ lb/ft}^2$$

$$p_{24} = \frac{2988,96}{144}$$

$$p_{24} = 20,76 \text{ lb/inc}^2$$

## Kerugian pada Pengecilan Pipa Tiba-tiba



Gambar 5. pengecilan pipa tiba-tiba (Vennard, 1940)

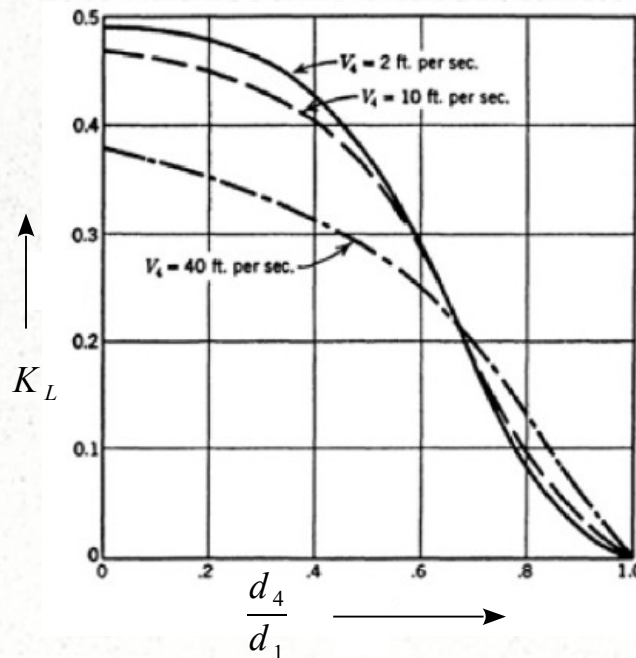
$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g} + z_4 + h_{L_{1-2}} + h_{L_m} + h_{L_{2-4}}$$

$$\left( \frac{p_1}{\gamma} + z_1 - \frac{p_4}{\gamma} + z_4 \right) - h_{L_{1-2}} - h_{L_{2-4}} = \frac{V_4^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + h_{L_m}$$

menghasilkan :

$$h_{L_m} = K_L \frac{V_4^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$V_4 = V =$  kecepatan pada pipa yang kecil



Gambar 6. koefisien pengisian tiba tiba (Vennard, 1940)

## Kerugian pada Katub

Persamaan untuk mencari kerugian minor secara umum dapat ditulis:

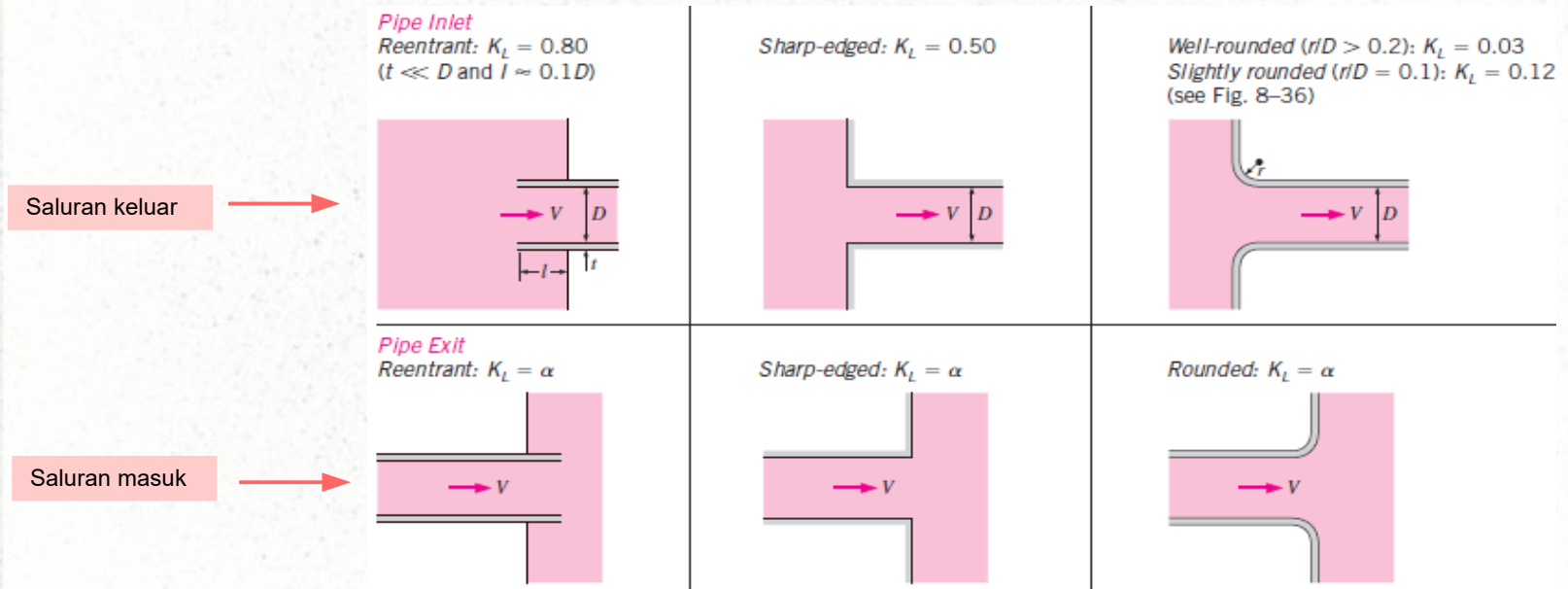
$$h_{Lm} = K_L \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(12)$$

Tabel 1. Koefisien kerugian minor pada katub (Vennard, 1940)

Jenis katub	$K_L$
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve, wide open	.19
¾ open	1.15
½ open	5.6
¼ open	24.0
Return bend	2.2
Standard tee	1.8
90° elbow	.90
45° elbow	.42

# Kerugian pada Saluran Keluar dan Masuk

$$h_{Lm} = K_L \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(13)$$

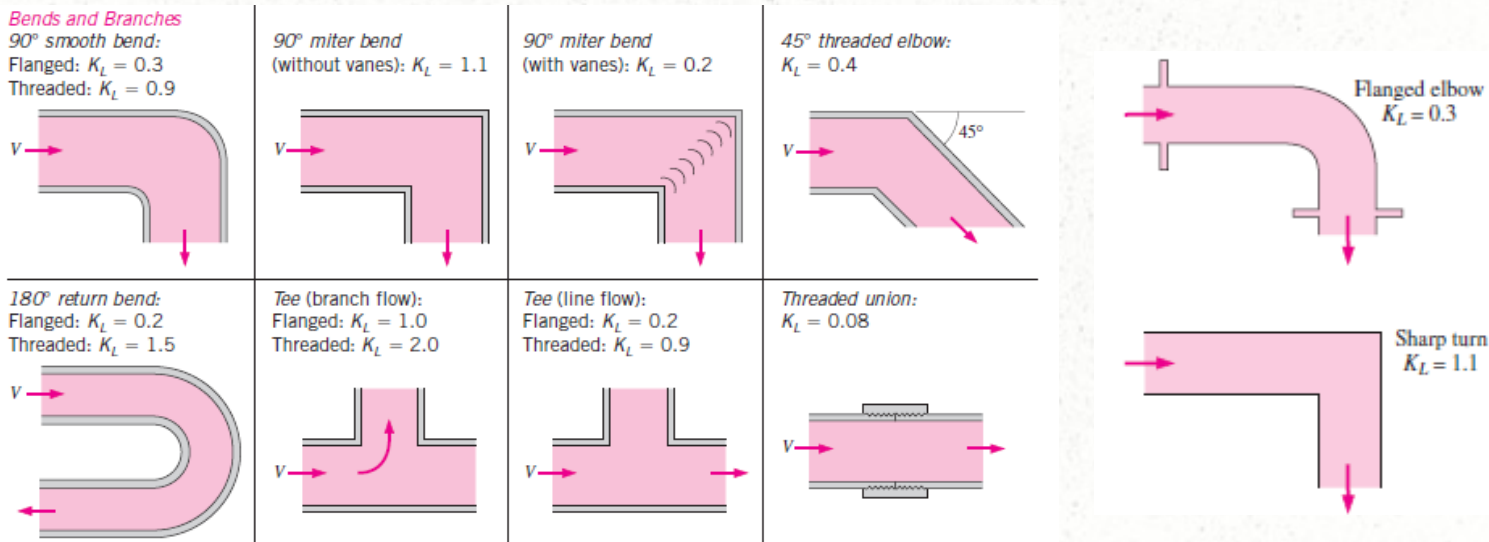


Note: The kinetic energy correction factor is  $\alpha = 2$  for fully developed laminar flow, and  $\alpha \approx 1$  for fully developed turbulent flow.

Gambar 7. Kerugian saluran masuk dan keluar (Cengel dkk, 2018)

## Kerugian pada Bengkokan dan Sambungan Pipa

$$h_{Lm} = K_L \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(14)$$



Gambar 8. Kerugian benkokan dan sambungan (Cengel dkk, 2018)