

BAB II

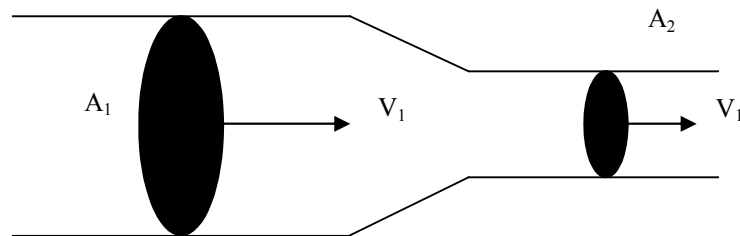
LANDASAN TEORI

2.1 Fluida Bergerak

Yang dimaksud dengan fluida bergerak adalah zat alir atau zat yang dapat mengalir. Diantaranya adalah zat cair dan udara. Dalam fluida bergerak, fluida dianggap selalu fluida ideal. Fluida ideal mempunyai sifat tidak kompresibel, berpindah tanpa mengalami gesekan, dan alirannya stasioner.

2.2 Persamaan Kontinuitas

Jika fluida mengalir melalui pipa yang penampangnya berbeda, misalkan yang satu mempunyai penampang A_1 dan yang lain A_2 , maka debit aliran pada kedua penampang itu adalah sama. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2-1 aliran fluida dalam pipa

$$Q_1 = Q_2$$

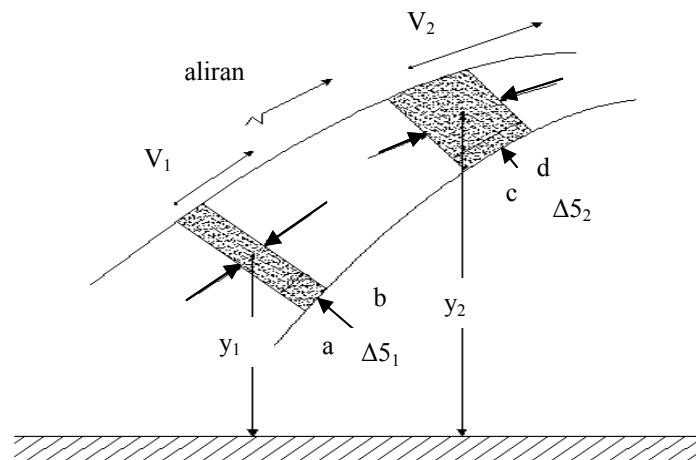
$$\rho \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho \cdot A_2 \cdot V_2$$

Karena ρ sama maka :

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

2.3 Hukum Bernoulli

Penurunan persamaan Bernoulli, Zemansky (1991 : 329-336). Bila fluida yang tak dapat dimampatkan mengalir sepanjang pembuluh aliran (*tube of flow*) yang penampang lintangnya tidak sama besar, maka kecepatannya akan berubah, yaitu, dapat bertambah atau berkurang. Karena itu tentu ada gaya resultan yang bekerja terhadapnya, dan ini berarti bahwa tekanan sepanjang pembuluh aliran itu berubah, walaupun ketinggiannya tidak berubah. Untuk dua titik yang ketinggiannya berbeda, perbedaan tekanan tidak hanya bergantung pada perbedaan tinggi permukaan, tetapi juga pada perbedaan antara kecepatan di masing-masing titik tersebut.



Gambar 2-2. Usaha netto yang dilakukan terhadap unsur yang dilukis agak dihitamkan sama dengan pertambahan energi kinetik dan energi potensial.

Gambar 2-2 melukiskan bagian sebuah pembuluh aliran. Unsur kecil fluida (dilukis agak dihitamkan), yang bergerak dari suatu titik ke titik yang lainnya di sepanjang pembuluh itu. Misalkan y_1 ialah ketinggian titik pertama di atas suatu permukaan acuan, v_1 kecepatan di titik ini, A_1 luas penampang lintang pembuluh, dan P_1 tekanan. Segenap besaran ini dapat berubah-ubah dari titik ke titik, dan y_2 , v_2 , A_2 dan P_2 ialah harganya pada titik kedua.

Karena fluida itu menderita tekanan di semua titik, terhadap kedua permukaan unsur kecil tersebut bekerja dengan gaya yang mengarah ke dalam, seperti yang ditunjukkan oleh anak panah (garis tebal). Waktu unsur ini bergerak dari titik pertama ke titik kedua, gaya yang bekerja terhadap muka kirinya melakukan usaha positif dan bekerja terhadap muka kanannya, gaya negatif. Usaha netto, atau selisih antara usaha positif dan usaha negatif tersebut, sama dengan perubahan energi kinetik unsur yang bersangkutan ditambah perubahan energi potensialnya.

Dimisalkan A ialah luas penampang lintang pembuluh itu di suatu titik P ialah tekanan di sana, maka gaya terhadap satu permukaan unsur fluida di titik itu ialah PA. Pada gerak yang terlukis dalam diagram, usaha yang dilakukan oleh gaya yang bekerja terhadap muka kiri unsur fluida ialah

$$\int_a^c F_s ds = \int_a^c PA ds \dots\dots\dots (Ref. Buku Rumus K.GIECK)$$

Disini ds adalah jarak yang pendek pada panjang pembuluh aliran. Batas integritas dari a ke c, karena batas-batas ini adalah posisi awal dan posisi akhir muka kiri itu. Integritas dapat ditulis

$$\int_a^c PA ds = \int_a^b PA ds + \int_b^c PA ds \dots\dots\dots (Ref. Buku Rumus K.GIECK)$$

Dengan cara yang sama, usaha gaya yang bekerja terhadap muka kanan unsur itu ialah

$$\int_b^d PA ds = \int_b^c PA ds + \int_c^d PA ds \dots\dots\dots (Ref. Buku Rumus K.GIECK)$$

Usaha netto ialah :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{netto}} &= \int_a^b PA ds + \int_b^c PA ds - \int_b^c PA ds - \int_c^d PA ds \\
 &= \int_a^b PA ds - \int_c^d PA ds \dots\dots\dots (Ref. Buku Rumus K.GIECK)
 \end{aligned}$$

Jarak dari a ke b dan dari c ke d cukup kecil sehingga tekanan dan luas sepanjang gerak unsur dapat dianggap konstan. Karena itu

$$\int_a^b PA \, ds = P_1 A_1 \Delta s_1, \int_c^d PA \, ds = P_2 A_2 \Delta s_2 \dots\dots\dots (\text{Ref. Buku Rumus K.GIECK})$$

Tetapi $A_1 \Delta s_1 = A_2 \Delta s_2 = V$, dimana V ialah volume unsur. Jadi

$$\text{Usaha netto} = (P_1 - P_2) V \dots\dots\dots [1]$$

Dimisalkan ρ ialah rapat massa unsur itu, maka $V = m/\rho$ dan persamaan [1] menjadi

$$\text{Usaha netto} = (P_1 - P_2) m/\rho \dots\dots\dots [2]$$

Sekarang kita persamakan usaha netto terhadap jumlah perubahan energi potensial dan energi kinetik elemen itu :

$$(P_1 - P_2) m/\rho = (mgy_2 - mgy_1) + (1/2.m.v_2^2 - 1/2.m.v_1^2) \dots\dots\dots [3]$$

Setelah menghilangkan m dan mengalikan dengan ρ , kita dapatkan

$$P_1 - P_2 = \rho g(y_2 - y_1) + 1/2. \rho(v_2^2 - v_1^2)$$

Suku pertama ruas kanan ialah selisih tekanan yang timbul akibat berat fluida dan perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2. Yang kedua ialah penambahan selisih tekanan yang berhubungan, atau percepatan fluida.

Persamaan [3] dapat pula dituliskan

$$P_1 + \rho g y_1 + 1/2.\rho.v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + 1/2.\rho.v_2^2$$

Apabila $y_1 = y_2$ dan ρ nya sama maka persamaan [3] menjadi,

$$P_1 + \rho g y_1 + 1/2.\rho.v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + 1/2.\rho.v_2^2$$

$$P_1 + 1/2.\rho.v_1^2 = P_2 + 1/2.\rho.v_2^2$$

Atau bila dikalikan dengan $1/\rho g$ akan menjadi,

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\rho v_1^2}{2\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\rho v_2^2}{2\rho g}$$

$$\frac{P_1}{\omega} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\omega} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\omega = \rho g$$

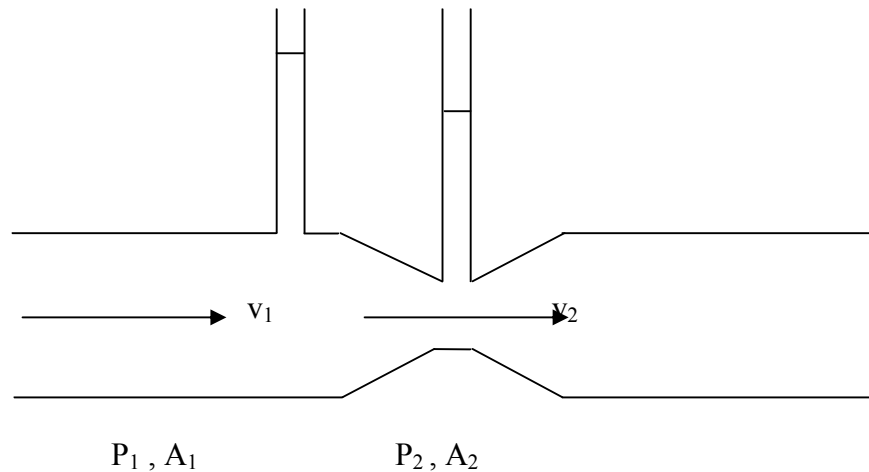
Rumus ini dikenal sebagai persamaan Bernoulli. (*Ref. Buku Rumus K.GIECK*)

2.4 Pipa Venturi

Dilukiskan dalam gambar 2-3, ialah semacam penyempitan atau “tenggorokan” yang diadakan pada panjang sebuah pipa, pada pangkal dan ujung pipa yang diperkecil kemudian di perbesar kembali penampangnya. Persamaan Bernoulli, bila diterapkan pada bagian pipa yang besar dan yang sempit, menjadi

$$P_1 + 1/2 \cdot \rho \cdot v_1^2 = P_2 + 1/2 \cdot \rho \cdot v_2^2$$

Berdasarkan persamaan kontinuitas, kecepatan v_2 lebih besar daripada kecepatan v_1 dan oleh karena itu tekanan P_2 pada tenggorokan lebih kecil dari pada tekanan P_1 . Jadi, suatu gaya netto menuju kekanan memberi percepatan pada fluida ketika memasuki tenggorokan itu, dan suatu gaya netto yang mengarah kekiri memperlambatnya tatkala fluida itu meninggalkan tenggorokan. Tekanan P_1 dan tekanan P_2 dapat diukur dengan cara memasang pipa-pipa vertikal, seperti tampak dalam gambar berikut ini.

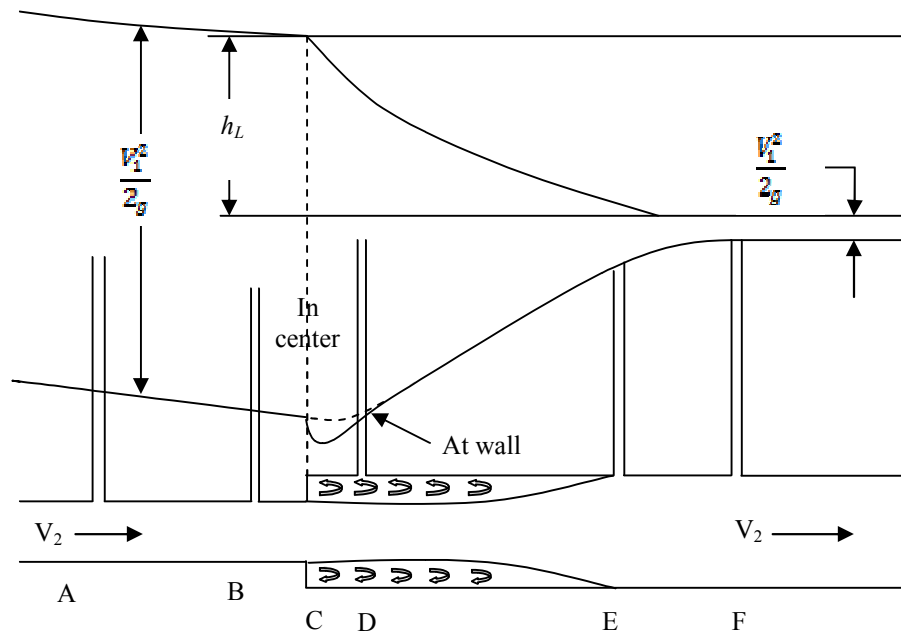


Gambar 2-3. Aliran udara pada pipa venture.

Bila tekanan-tekanan tersebut dan luas penampang lintang A_1 dan A_2 diketahui, kecepatan dan besar massa yang mengalir dapat dihitung. Untuk keperluan ini bias menggunakan *Venturi Meter* atau *Flow Meter*.

2.5 Kehilangan Tekanan Yang Menyebabkan Terjadinya Hisapan

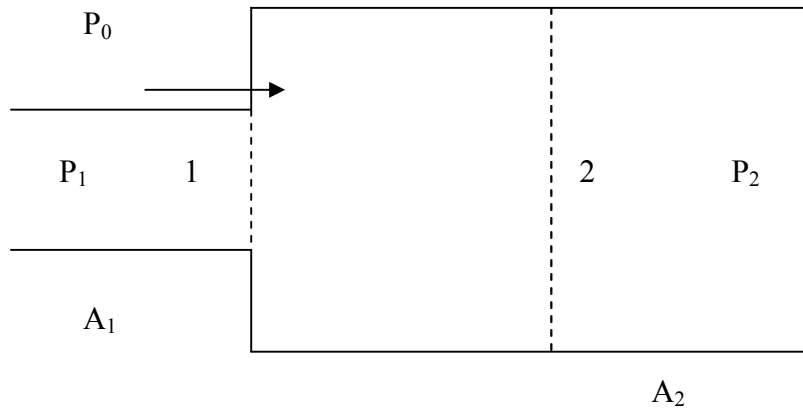
Jika persamaan Bernoulli digunakan pada kondisi akibat adanya perubahan penampang dari penampang kecil kepenampang yang lebih besar secara tiba-tiba seperti pada gambar 2-4, *Daugherty* (1989:235-236) mengatakan bahwa tekanan statik pada penampang yang lebih besar akan naik karena adanya penurunan kecepatan, akan tetapi kenaikan tekanan itu tidak sebesar seperti pada saat tidak kehilangan tekanan. Kehilangan tekanan (*head loss*) disini disebabkan oleh kontraksi yang mendadak pada penampang C seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2-4. Aliran udara pada pipa yang berubah penampangnya secara tiba-tiba

Penurunan tekanan terjadi pada penampang C, dan tekanan pada dinding pipa lebih kecil bila dibandingkan dengan tekanan pada tengah-tengah pipa karena efek centrifugal. Apabila pada dinding pipa pada penampang C diberikan lubang maka udara luar akan masuk kedalam pipa itu, atau terjadi hisapan dan hasil hisapan inilah yang akan dimanfaatkan sebagai Pompa Vacuum.

Penjelasan mengenai kehilangan tekanan (*head loss*), Douglas (1986:155), bisa dilihat pada gambar 2-5 dibawah ini :



Gambar 2-5. Penjelasan kehilangan tekanan

Penampang 2 pada gambar 2-5 sama dengan penampang F pada gambar 2-4, pada penampang ini akan normal kembali setelah mengalami kehilangan tekanan akibat terjadinya udara turbulen yang disebabkan oleh pembesaran penampang yang tiba-tiba.

Massa/detik mengalir (\dot{m}) = $\omega \cdot Q/g$

dinamika $\omega = \rho g$ dan $Q = A \cdot v$

$$\dot{m} = \rho \cdot g \cdot A \cdot v/g$$

Perbedaan kecepatan $\Delta v = v_1 - v_2$

Gaya Resultan :

$$F = P_2 \cdot A_2 - P_1 \cdot A_1 - P_0(A_2 - A_1)$$

Besarnya P_0 dianggap = P_1

$$F = P_2 \cdot A_2 - \cancel{P_1 \cdot A_1} - P_1 \cdot A_2 + \cancel{P_1 \cdot A_1} \longrightarrow F = A_2(P_2 - P_1)$$

$$F = \dot{m} \cdot \Delta v$$

$$A_2(P_2 - P_1) = (\omega Q/g)(v_1 - v_2)$$

$$\text{Dimana } Q = A_2 \cdot v_2$$

$$\cancel{A_2}(P_2 - P_1) = (\cancel{A_2} \cdot v_2 \omega/g)(v_1 - v_2)$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\omega} = \frac{v_2 \cdot v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} = \frac{2(v_2 \cdot v_1 - v_2^2)}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

Jika $h_L = \text{head loss}$ atau kehilangan tekanan pada perubahan penampang, kemudian teori Bernoulli menjadi :

$$\frac{P_1}{\omega} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\omega} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

$$h_L = \frac{P_1 - P_2}{\omega} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$h_L = -\frac{(P_1 - P_2)}{\omega} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$h_L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - \frac{(P_1 - P_2)}{\omega} \dots\dots\dots (2)$$

(1) → (2)

$$h_L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - \frac{2v_2 v_1 - 2v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2 - 2v_2 v_1 - 2v_2^2}{2g}$$

$$\text{Jadi } h_L = \frac{(v_2 \cdot v_1)^2}{2g}$$