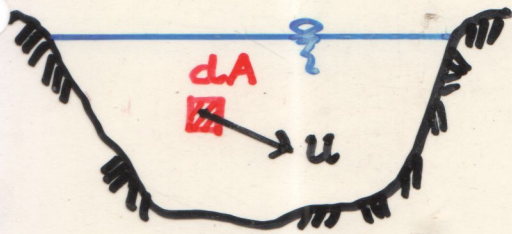


(12)

## Koef. Koreksi Tenaga Kinetik ( $\alpha$ )



Dipandang elemen luas  $dA$ , dengan kecep. air pd  $dA$  adalah  $u$ .

$$dQ = dA \cdot u$$

Berat air tiap satuan waktu adalah  $dQ \cdot \gamma$ , shg massa  $m = \frac{dQ \cdot \gamma}{g}$ , maka tenaga kinetiknya :

$$TK = \frac{1}{2} m u^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{dA u \gamma}{g} \cdot u^2$$

$$= (dA \cdot u \cdot \gamma) \cdot \left( \frac{u^2}{2g} \right) = \text{berat/waktu} \times \text{tinggi kecep}$$

$$TK_{\text{total}} = \int_0^A \frac{\gamma}{2g} u^3 dA \approx \sum \frac{\gamma}{2g} u^3 \Delta A \dots (1)$$

Dipandang seluruh luas :

$$TK_{\text{total}} = \text{berat/waktu} \times \text{tinggi kecep} \times \text{koreksi}$$

$$= Q \gamma \times \frac{\bar{u}^2}{2g} \times \alpha$$

$$= \frac{A \gamma \bar{u}^3 \alpha}{2g} \dots (2)$$

(1) = (2)

$$\alpha = \frac{\int_0^A u^3 dA}{A \bar{u}^3} \approx \frac{\sum u^3 \Delta A}{\bar{u}^3 A}$$

Catatan : - biasanya  $\alpha$  dihitung secara grafis (O'Brien dan Johnson)

- dari cara penjabaran yang lain didapat

$$\alpha = 1 + \frac{3 \int u^2 dA}{\bar{u}^2 A} \quad (\text{lihat diktat!})$$

⑬

## Koef. Koreksi Momentum ( $\beta$ )

Lihat gambar pd Koreksi Tenaga Kinetik ( $\alpha$ )

$$\begin{aligned} \text{Momentum} &= m \cdot u \\ &= \frac{dQ \cdot \rho \cdot u}{g} \quad (\text{momentum per satuan waktu}) \\ &= dA \cdot \frac{\rho}{g} \cdot u^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{total}} = \rho \int u^2 dA \approx \rho \sum u^2 \cdot \Delta A \dots (1)$$

Dipandang luas total

$$\begin{aligned} M_{\text{total}} &= \frac{Q \cdot \rho \cdot \bar{u}}{g} \cdot \beta \\ &= \rho \cdot A \bar{u}^2 \cdot \beta \dots (2) \end{aligned}$$

(1) = (2) didapat

$$\beta = \frac{\int_0^A u^2 dA}{\bar{u}^2 A} \approx \frac{\sum u^2 \cdot \Delta A}{\bar{u}^2 \cdot A}$$

- Catatan :- Koef.  $\beta$  terkenal dengan nama koefisien Boussinesq, dikemukakan pertama kali th 1877 oleh J. Boussinesq
- Harga  $\beta = 1,01 - 1,12$  untuk saluran prismaatik lurus.
  - harga  $\beta$  dihitung secara grafis oleh : O'Brien dan Johnson.

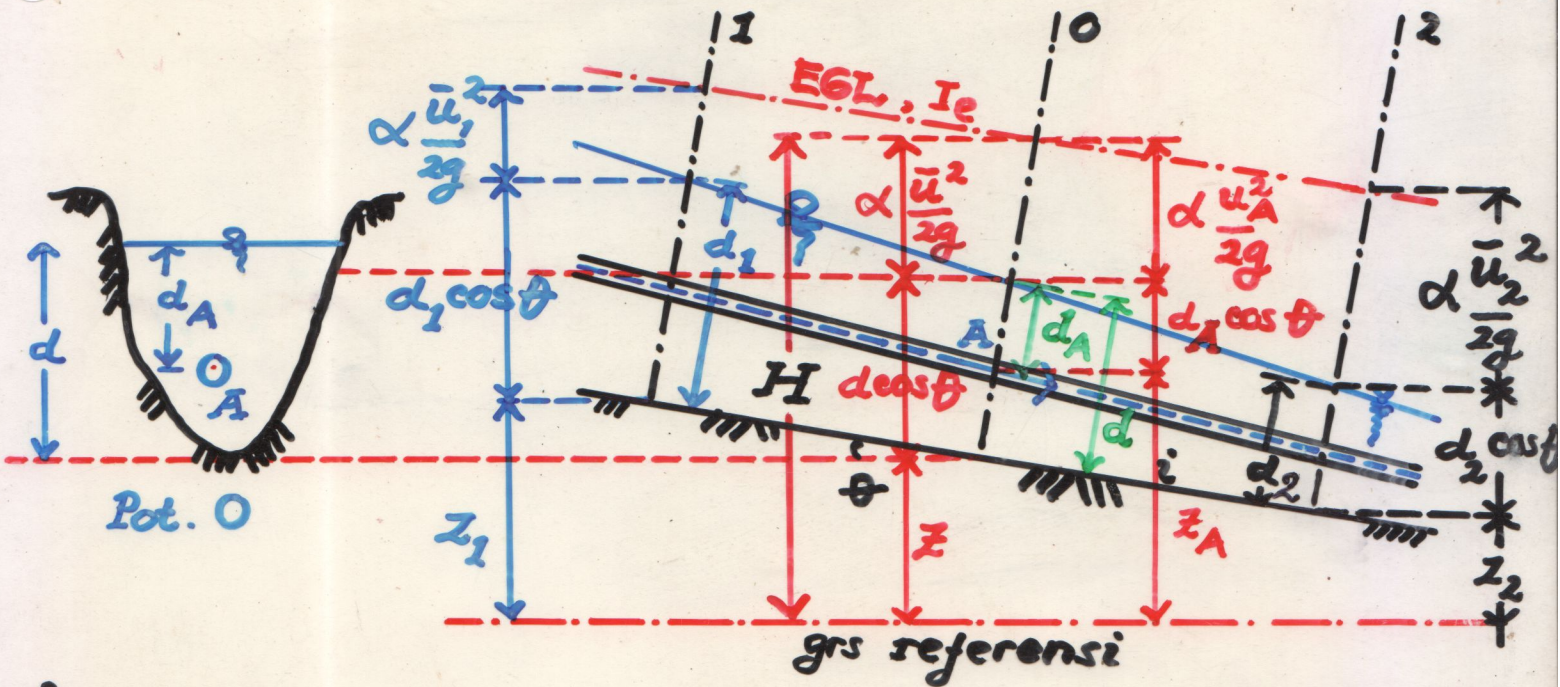
Harga pendekatan utk koef.  $\alpha$  dan  $\beta$  :

$$\alpha = 1 + 3\varepsilon^2 - 2\varepsilon^3 \quad \text{dan} \quad \beta = 1 + \varepsilon^2$$

dimana :  $\varepsilon = u_{\text{max}} / \bar{u} - 1$

# Energi dan Momentum

## I. Energi pada saluran terbuka.



Secara umum :

Tinggi tenaga total  $H = z + d \cos \theta + \alpha \frac{\bar{u}^2}{2g}$

- dimana
- $H$  = tinggi tenaga total
  - $z$  = tinggi tempat thd grs referensi
  - $d$  = dlm air
  - $\theta$  = sudut dsr sal. thd horizontal
  - $\bar{u}$  = kecep. rata rata.

$\alpha \frac{\bar{u}^2}{2g}$  = tinggi kecepatan.

Spesifik Energi.  $y_i$  tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dsr sal. atau

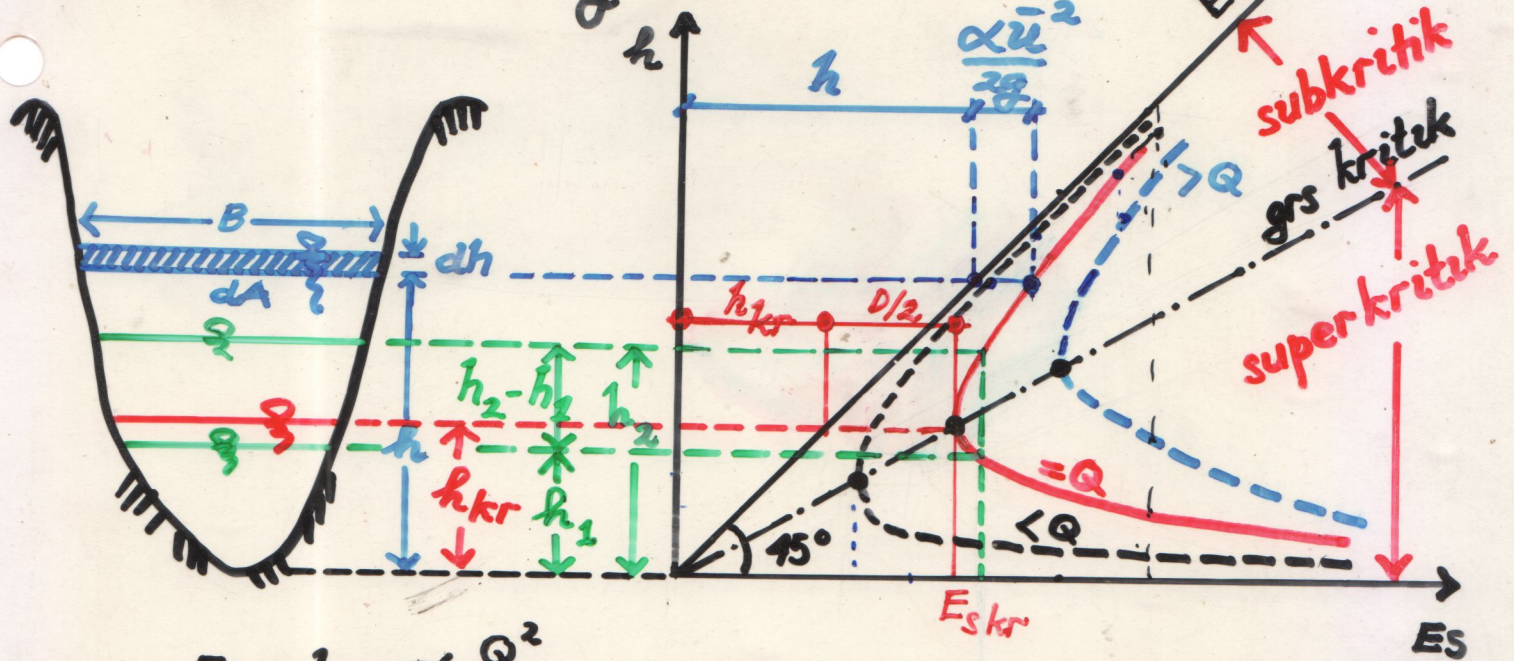
$y_i$  tenaga tiap satuan berat air pada sembarang tampang diukur dari dsr sal.

Rumus :  $E_s = d \cos \theta + \alpha \frac{\bar{u}^2}{2g}$

Jika  $\theta \approx 0 \rightarrow d = h$  dan  $\cos \theta \approx 1$

15

maka :  $E_s = h + \alpha \frac{\bar{u}^2}{2g}$



$$E_s = h + \alpha \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Jika  $E_s$  digambar terhadap  $h$ , maka grafiknya berupa hiperbola dgn :

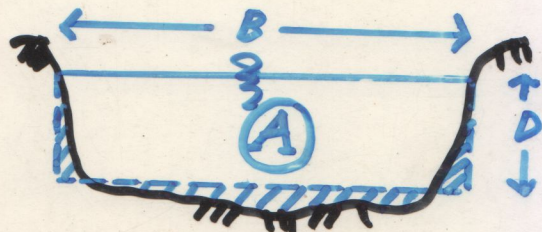
- asimtot miring  $E_s = h$
- asimtot datar  $A = 0 \rightarrow h = 0$ ; sb  $E_s$

$$\frac{dE_s}{dh} = 1 + \frac{dQ^2}{2g} \frac{d}{dh} (A^{-2})$$

$$= 1 - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dh} \quad (\text{lihat gbr kiri})$$

$$= 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}$$

$$= 1 - \frac{\alpha \bar{u}^2}{g \frac{A}{B}}$$



$D = \text{hydraulic mean depth} = \frac{A}{B}$

Jadi  $\frac{dE_s}{dh} = 1 - \frac{\alpha \bar{u}^2}{gD}$

Jika  $\frac{dE_s}{dh} = 0$ , maka tinggi air pada keadaan ini <sup>(16)</sup> dinamai tinggi air kritis atau d.p.l pada tinggi air kritis ( $h_{kr}$ ) spesifik energi adalah minimum

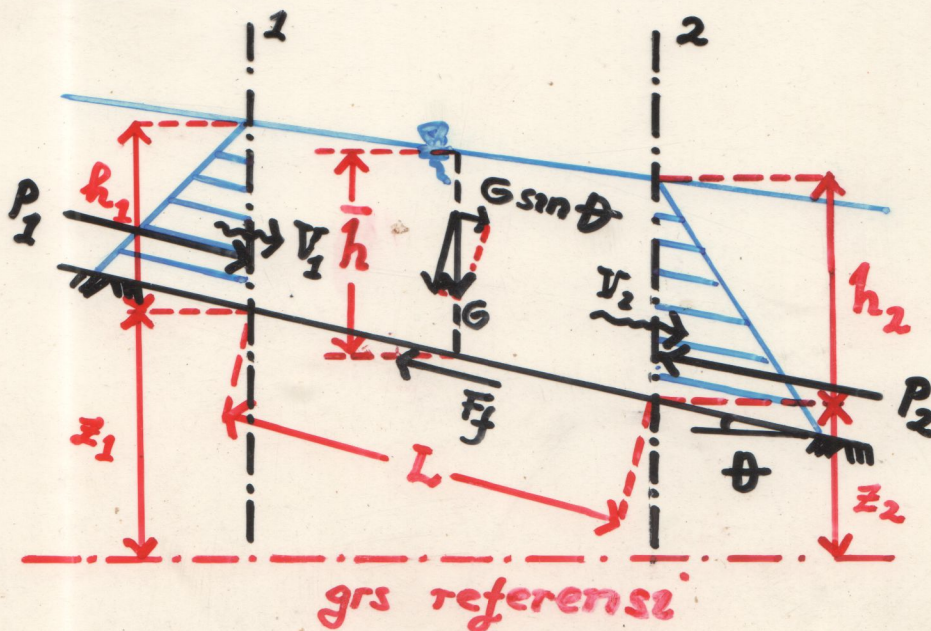
$$\therefore \frac{\alpha \bar{u}^2}{2g} = \frac{D}{2} \longrightarrow \frac{\alpha \bar{u}^2}{gD} = 1 \longrightarrow \frac{\bar{u}}{\sqrt{gD/\alpha}} = 1 \longrightarrow Fr = 1$$

$$\therefore E_{kr} = h_{kr} + \frac{D}{2}$$

Dari gambar hub.  $E_s$  dan  $h$  terlihat bahwa pada suatu harga  $E_s$  terdapat 2 pasangan  $h$  yi posisi bawah  $h_1$  dan posisi atas  $h_2$ . Kedua pasangan  $h$  ini disebut Alternate depth atau Conjugate depth.

Tampak pula pd gbr diatas perubahan aliran dari aliran subkritis menjadi superkritis selalu melalui  $h_{kr}$ , demikian pula sebaliknya.

### II. Momentum pada saluran terbuka.



Seperti telah disebut diatas bahwa momentum suatu aliran tiap satuan waktu adalah (17)

$$M = \frac{\beta Q \bar{u}}{g}$$

Menurut Newton : perubahan momentum tiap satuan waktu dari partikel air yang mengalir sama dengan resultant semua gaya yg bekerja pd partikel air tsb

$$\frac{Q\bar{u}}{g} (\beta_2 \bar{u}_2 - \beta_1 \bar{u}_1) = P_1 - P_2 + G \sin \theta - F_f$$

dimana :

$P_1$  &  $P_2$  gaya tekan yg bekerja pd pot. 1 & 2

$G$  berat air antara pot. 1 & 2

$F_f$  gaya total : gaya gesek + gaya tahanan yg bekerja pd bid. kontak antara dsr & air

Gaya Spesifik.

Jika prinsip momentum diterapkan pada saluran prismaatik yg relatif pendek dan horisontal, maka pengaruh  $F_f$  dan  $G$  bisa diabaikan. Shg dgn  $\theta = 0$ ,  $F_f = 0$  dan asumsi  $\beta_1 = \beta_2 = 1$ , maka

$$\begin{aligned} \frac{Q\bar{u}}{g} (\bar{u}_2 - \bar{u}_1) &= P_1 - P_2 \\ &= \gamma z_1 A_1 - \gamma z_2 A_2 \end{aligned}$$

maka

$$\frac{Q^2}{gA_1} + z_1 A_1 = \frac{Q^2}{gA_2} + z_2 A_2$$

dimana :

$z_1$  &  $z_2$ , titik berat potongan 1 & 2 diukur dari muka air

$A_1$  &  $A_2$ , luas potongan 1 & 2

18

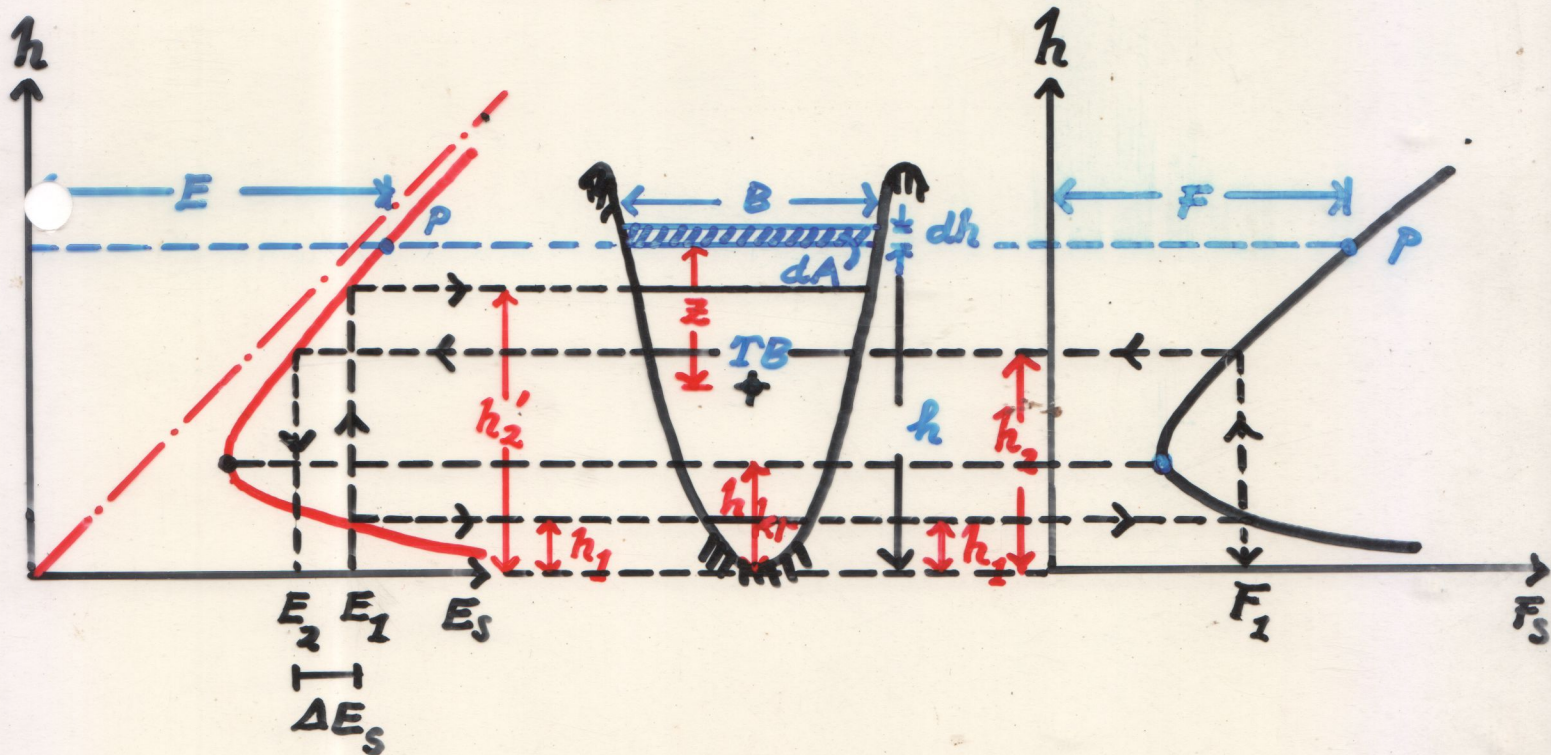
Ruas kiri dan ruas kanan dari pers diatas adalah serupa, bisa ditulis sbb :

$$F_s = \frac{Q^2}{gA} + zA$$

Pers diatas t.a 2 suku :

- suku pertama adalah momentum partikel air yg mengalir mell. sal. tiap satuan berat jenis air
- suku kedua adalah gaya tekan air tiap satuan berat jenis air.

Jadi kedua suku tsb merupakan gaya tiap satuan berat jenis air yang disebut Gaya Spesifik.



$$\frac{dF}{dh} = -\frac{Q^2}{gA^2} \cdot \frac{dA}{dh} + \frac{d(zA)}{dh}$$

$\frac{d(zA)}{dh}$  artinya jika air berubah dh, berapa perubahan letak TB air x (A + dA)

- dicari dengan momen pot. saluran thd muka air.

maka  $d(zA) = \{A(z+dh) + B(dh)^2/2\} - zA$

$(dh)^2 \ll 0 \rightarrow d(zA) = A dh$

Jadi  $\frac{dF}{dh} = -\frac{Q^2}{gA^2} B + A$

$= -\frac{\bar{u}^2 B}{g} + A$

$F_s$  minimum jika  $\frac{dF}{dh} = 0 \rightarrow \frac{\beta \bar{u}^2}{2g} = \frac{A}{2B}$

$\therefore \frac{\beta \bar{u}^2}{2g} = \frac{D}{2}$

Ternyata kriteria ini persis sama dengan kriteria pada Spesifik Energi. Sehingga  $F_s$  minimum terjadi pada  $h_{kr}$ . Jadi pada  $h_{kr}$ ,  $E_s$  dan  $F_s$  minimum.

Perbandingan antara kurva  $E_s$  dan  $F_s$

Lihat gbr diatas. Pada suatu harga  $E_s = E_1$ , kurva  $E_s$  menunjukkan bahwa 2 kedlm air yg mempunyai  $E_s = E_1$  yi  $h_1$  &  $h_2'$ . Utk harga  $F_s = F_1$ ; analog diatas terdpt 2 kedlm air dg  $F_s = F_1$  yi  $h_1$  &  $h_2'$ , dimana  $h_1$  terletak pada daerah super kritis;  $h_2$  &  $h_2'$  dlm daerah subkritis. Kedua kurva ini menunjukkan bahwa ternyata  $h_2$  selalu lebih rendah dp  $h_2'$ , sehingga  $E_2 < E_1$

Oleh karena itu untuk menjaga suatu harga  $F_1$  yg konstan, dalam air dapat berubah dari  $h_1$  ke  $h_2$  dengan kehilangan sebagian energi sebesar  $E_1 - E_2$ .

Contoh: loncat air

