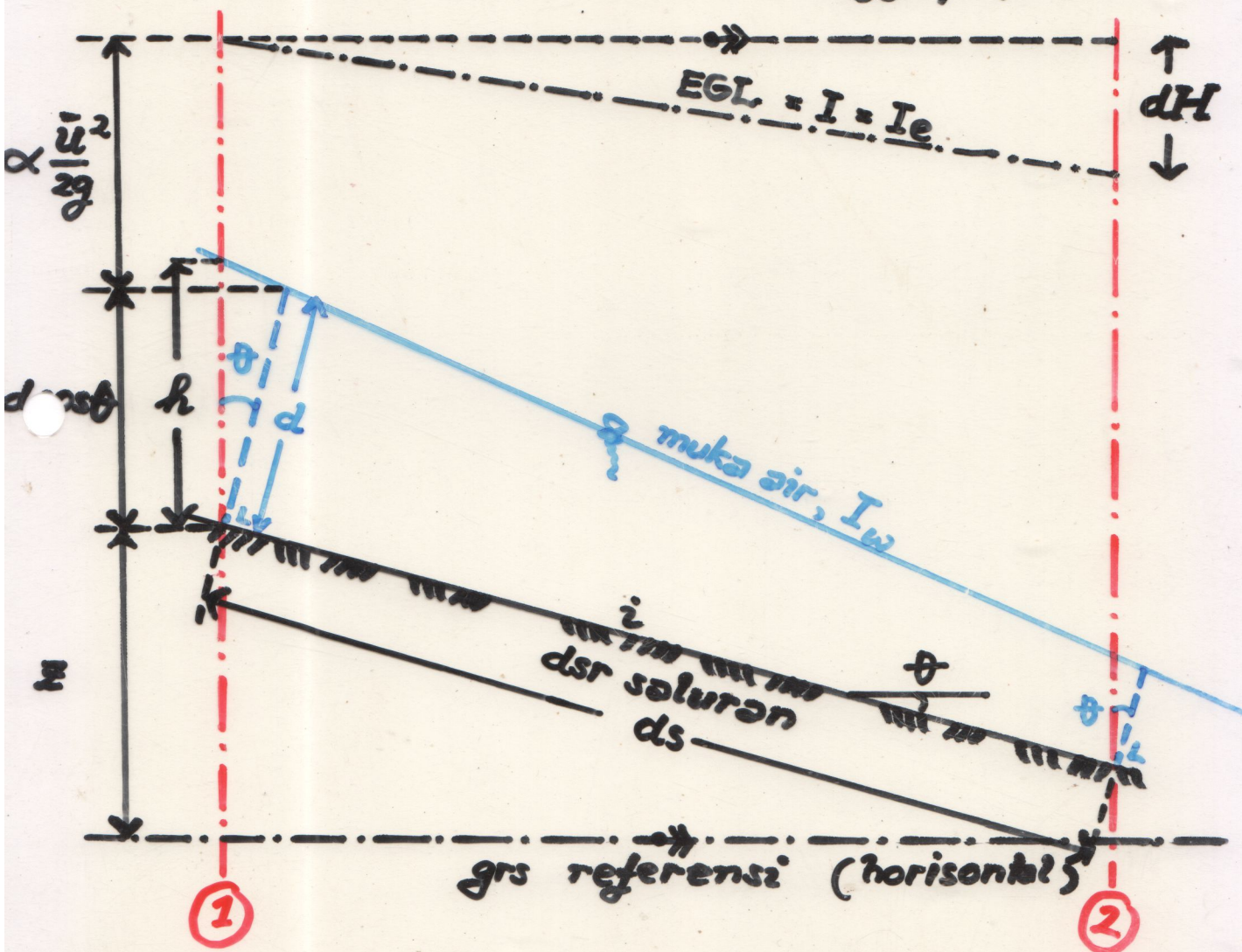


Pengaliran Permanen Tidak Beraturan (PPTB) / Steady Non Uniform Flow.

Asumsi :

Walaupun \bar{u} tidak tetap (krm non uniform) dianggap kecepatan berubah ber-angsur² sehingga tidak ada kerugian tenaga akibat perubahan kecepatan mendadak. Serat aliran dianggap paralel.



Untuk setiap titik dlm aliran berlaku bahwa tinggi tenaga total :

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

Jadi :
$$\frac{dH}{ds} = \frac{dz}{ds} + \cos \theta \frac{dd}{ds} + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

Perjanjian :

1. Slope = $\sin(\text{sudut})$
2. $i = -dz/ds$, $I = -dH/ds$

Pers. diatas menjadi :

$$-I = -i + \cos \theta \frac{dd}{ds} + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

Akan dijabarkan menjadi bentuk :

$$I - \cos \theta \frac{dd}{ds} = I + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

Jika $\theta \approx 0$ maka $\cos \theta \approx 1$
 $dd \approx dh$

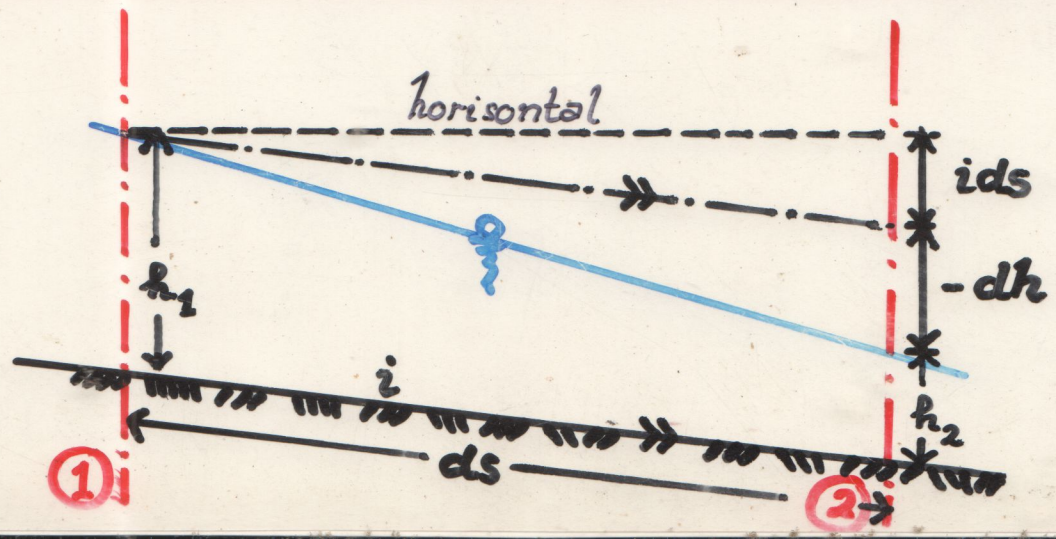
Pers. diatas menjadi

$$i - \frac{dh}{ds} = I + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

$$ids - dh = \frac{\bar{u}^2}{C^2 R} \cdot ds + \alpha d \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

$$ids - dh = \frac{P}{A} \cdot \frac{\bar{u}^2}{C^2} ds + \alpha d \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

pers PPTB



Catatan: Pers. PPTB di atas pada PPB menjadi rumus Chezy:

$$\bar{u}_1 = \bar{u}_2 \rightarrow d\bar{u} = 0 ; h_1 = h_2 \rightarrow dh = 0, \text{ shg}$$

$$i ds - 0 = \frac{P}{A} \cdot \frac{\bar{u}^2}{C^2} \cdot ds + 0$$

Jadi: $\bar{u} = C \sqrt{Ri}$

Contoh pemakaian pers PPTB di atas adalah untuk menghitung debit sungai (lihat diktat!)

I $-I = -i + \cos \theta \cdot \frac{dd}{ds} + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$

$$i - I = \cos \theta \cdot \frac{dd}{ds} + \alpha \frac{d}{dd} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right) \cdot \frac{dd}{ds}$$

$$\frac{dd}{ds} = \frac{i - I}{\cos \theta + \alpha \frac{d}{dd} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)} \dots (1)$$

pers. PPTB!
(umum)!

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

Jadi pers. 1:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - I}{1 + \alpha \frac{d}{dh} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)} \dots (2)$$

$$\alpha \frac{d}{dh} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right) = \alpha \frac{d}{dh} \left(\frac{Q^2}{A^2} \cdot \frac{1}{2g} \right)$$

$$= \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(-2 A^{-3} \frac{dA}{dh} \right)$$

$$= - \frac{\alpha Q^2}{g A^3} \cdot B \rightarrow \text{dimana } B = \text{lebar muka air!}$$

pers 2 menjadi:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - I}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} \dots (3)$$

(27)

Rumus Chezy: $\bar{u} = c\sqrt{RI}$

$$I = \frac{\bar{u}^2}{C^2 R} \rightarrow I = \frac{5\bar{u}^2}{R} \text{ dimana } J = \frac{1}{C^2}$$

pers 3 menjadi:

$$\frac{dh}{ds} = i \left\{ \frac{1 - \frac{5Q^2}{iA^2R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}} \right\}$$

Resume rumus² PPTB

1. Rumus Umum:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - I}{\cos \theta + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)}$$

2. Jika $\theta \approx 0$, maka rumus umum menjadi:

$$a. \quad i ds - dh = \frac{P}{A} \frac{\bar{u}^2}{C^2} ds + \alpha d \left(\frac{\bar{u}^2}{2g} \right)$$

$$b. \quad \frac{dh}{ds} = i \left\{ \frac{1 - \frac{5Q^2 P}{iA^3}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}} \right\}$$



Rumus 2b. paling sering dipakai, berlaku untuk semua profil saluran.

Untuk profil saluran tertentu rumus PPTB nya dapat diturunkan dari rumus 2b.

28

Tinjauan thd $\frac{dh}{ds}$:

1. $\frac{dh}{ds} = 0$, berarti h konstan \rightarrow Peng. Perm. Beraturan dalam air pada keadaan ini dinamakan dalam air setimbang = tinggi air normal (= H)

Syarat :

$$1 - \frac{\partial Q^2 P}{\partial A^3} = 0 \rightarrow \frac{\partial \bar{u}^2}{\partial i} = \frac{A}{P} \rightarrow \bar{u}^2 = \frac{1}{5} Ri$$

Ini tidak lain adalah rumus Chezy :

$$\bar{u} = c \sqrt{RI}$$

Jadi h normal (= H) terjadi jika :

$$\frac{A^3}{P} = \frac{\partial Q^2}{\partial i} \dots (1)$$

2. $\frac{dh}{ds} = \infty$, berarti grs singgung pada permukaan air berdirinya \perp pada dasar.

Dalam praktek hal tsb tidak mungkin terjadi, yg mungkin terjadi misalnya loncat air.

Syarat :

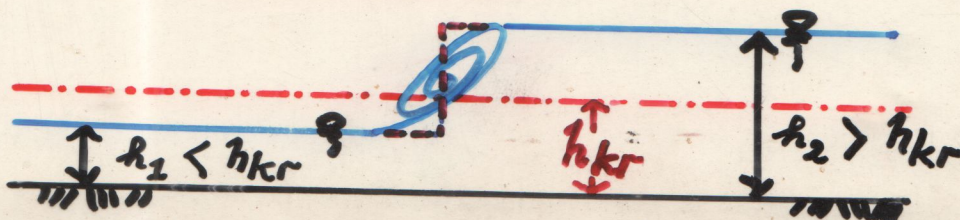
$$1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3} = 0 \rightarrow \frac{\alpha \bar{u}^2}{g} = \frac{A}{B} \rightarrow \frac{\alpha \bar{u}^2}{2g} = \frac{D}{2}$$

dari bab Specific Energi didpt bahwa :

$$\frac{\alpha \bar{u}^2}{2g} = \frac{D}{2} \rightarrow \text{tercapai pada } h \text{ kritis.}$$

Jadi h kritis (= dalam air batas = h_{kr}) terjadi jika

$$\frac{A^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g} \dots (2)$$



3. $dh/ds = 0$, seakan akan terjadi pengaliran permanen beraturan dg $h_{kr} = H$
 sifat pengalirannya tidak stabil. (**li-hat diktat !!**)
 Pada keadaan ini kemiringan dasar saluran disebut i kritis. Dari keadaan no 1 & 2 diatas didapat

$$\left. \begin{aligned} 1. \frac{A^3}{P} &= \frac{5Q^2}{i} \\ 2. \frac{A^3}{B} &= \frac{\alpha Q^2}{g} \end{aligned} \right\} \frac{P}{B} = \frac{i\alpha}{5g} \rightarrow i_{kr} = \frac{5g}{\alpha} \cdot \frac{P_{kr}}{B_{kr}}$$

Kecepatan Kritis (U_{kr})

$$U_{kr} = \frac{Q}{A_{kr}} \rightarrow U_{kr}^3 = \frac{Q^3}{A_{kr}^3}$$

dari pers (2) didapat: $\frac{A_{kr}^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g} \rightarrow \bar{U}_{kr} = \sqrt[3]{\frac{g}{\alpha} \cdot \frac{Q}{B_{kr}}}$

Jika $\bar{U} > \bar{U}_{kr}$ → pengaliran disebut meluncur = super-critical flow.

Pada h normal:

$$\bar{U}_n > \bar{U}_{kr} \rightarrow \frac{Q}{A_n} > \frac{Q}{A_{kr}} \text{, jadi: } \frac{A_{kr}}{A_n} > 1$$

sehingga: $h_{kr} > H$
 $P_{kr} > P_n$

$$i = \frac{5Q^2 P_n}{A_n^3} = \frac{5Q^2 P_{kr}}{A_{kr}^3} \cdot \underbrace{\left(\frac{A_{kr}}{A_n}\right)^3}_{>1} \cdot \left(\frac{P_n}{P_{kr}}\right)$$

Sehingga $i > \frac{5Q^2 P_{kr}}{A_{kr}^3}$

dari pers (2) $\frac{Q^2}{A_{kr}^3} = \frac{g}{\alpha} \cdot \frac{1}{B_{kr}} \left. \vphantom{\frac{Q^2}{A_{kr}^3}} \right\} i > \frac{5g}{\alpha} \cdot \frac{P_{kr}}{B_{kr}} \rightarrow i > i_{kr}$

Jika $\bar{u} < u_{kr}$ → pengaliran disebut mengalir = sub-critical flow

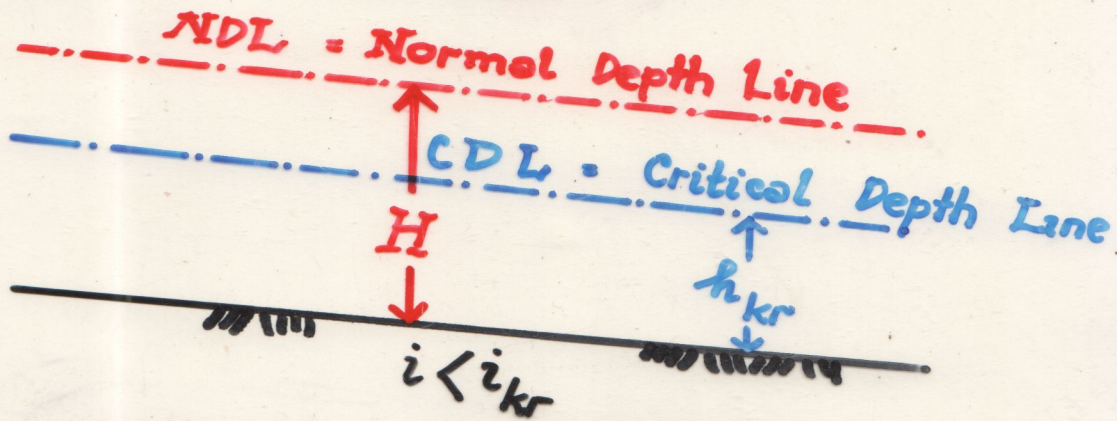
Inalog diatas

$$i < i_{kr}, H > h_{kr}$$

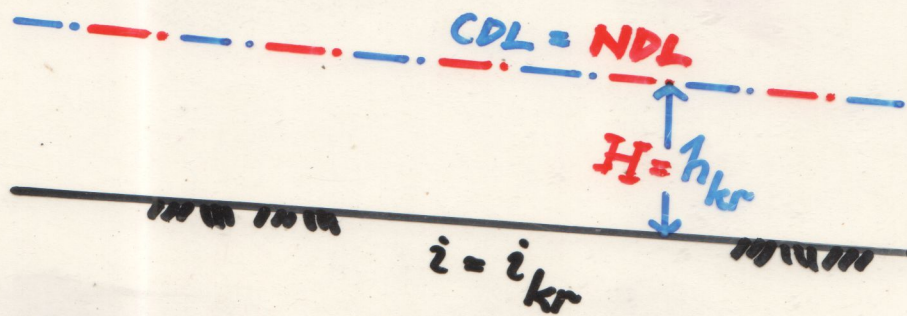
↳ mild slope

Resume i saluran :

1. Mild slope ($\frac{5g}{i\alpha} \left(\frac{P}{B}\right)_{kr} > 1$)



2. Critical slope ($\frac{5g}{i\alpha} \left(\frac{P}{B}\right)_{kr} = 1$)



3. Steep slope ($\frac{5g}{i\alpha} \left(\frac{P}{B}\right)_{kr} < 1$)

