

Hidraulika Terapan

Kedalaman air Kritis dan Normal

oleh

Ir. Djoko Luknanto, M.Sc., Ph.D.

Pengajar Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan

Fakultas Teknik

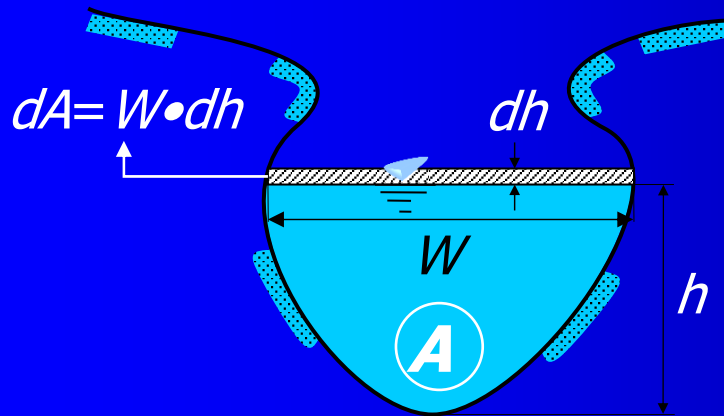
Universitas Gadjah Mada

Energi Spesifik Minimum

- E_s minimum tercapai jika

$$\frac{dE_s}{dh} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dh} \left(h + \alpha \frac{Q^2}{2gA^2} \right) = 0$$

$$1 + \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{d}{dh} (A^{-2}) = 0 \Rightarrow 1 - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dh} = 0$$



$D = A/B$, disebut radius hidraulis rerata
 A = luas tampang basah
 W = lebar muka air
 Fr = bilangan Froude
 θ = sudut kemiringan dasar saluran

- Persamaan menjadi

$$1 - \frac{\alpha Q^2 W}{gA^3} = 0 \Rightarrow \frac{\alpha Q^2 W}{gA^3} = 1$$

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{W} \quad \text{1}$$

$$1 - \frac{\alpha Q^2 W}{gA^3} = 0 \Rightarrow \frac{\alpha Q^2}{gA^2} = \frac{A}{W}$$

$$\frac{\alpha V^2}{g} = D \Rightarrow \frac{V^2}{g \frac{D}{\alpha}} = 1$$

$$\frac{V}{\sqrt{g \frac{D \cos \theta}{\alpha}}} = 1 \Rightarrow Fr = 1 \quad \text{2}$$

Energi Spesifik Minimum

- Dari Pers. 1 dan 2

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \quad \text{①}$$

$$\frac{V}{\sqrt{g \frac{D}{\alpha}}} = 1 \Rightarrow Fr = 1 \quad \text{②}$$

- Diperoleh persamaan E_s minimum:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \Rightarrow \frac{\alpha Q^2}{g A^2} = \frac{A}{B} \Rightarrow \alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{D}{2}$$

$$E_{s_{kr}} = h_{kr} + \alpha \frac{V_{kr}^2}{2g} \Rightarrow E_{s_{kr}} = h_{kr} + \frac{D_{kr}}{2} \quad \text{③}$$

E_s min. tampang 4 persegi panjang

- Dari $A = B \cdot h$

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \Rightarrow \frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{B^3 h_{kr}^3}{B} \Rightarrow h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g B^2}} \quad \text{4}$$

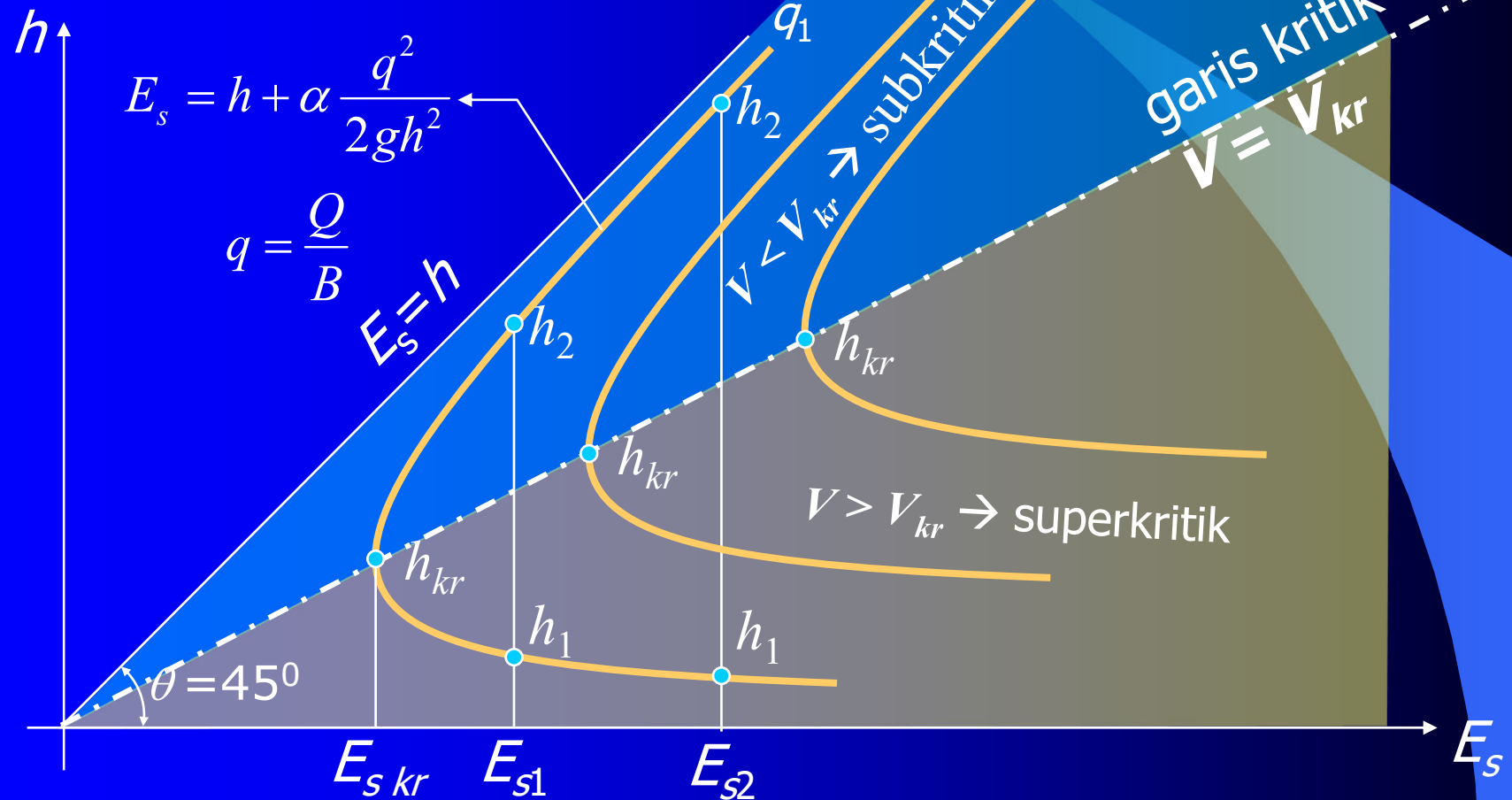
- Diperoleh persamaan E_s minimum:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \Rightarrow \frac{\alpha Q^2}{g A^2} = \frac{A}{B} \Rightarrow \alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{h_{kr}}{2}$$

$$E_{s_{kr}} = h_{kr} + \alpha \frac{V_{kr}^2}{2g} \Rightarrow E_{s_{kr}} = h_{kr} + \frac{h_{kr}}{2} = 1,5 h_{kr} \quad \text{5}$$

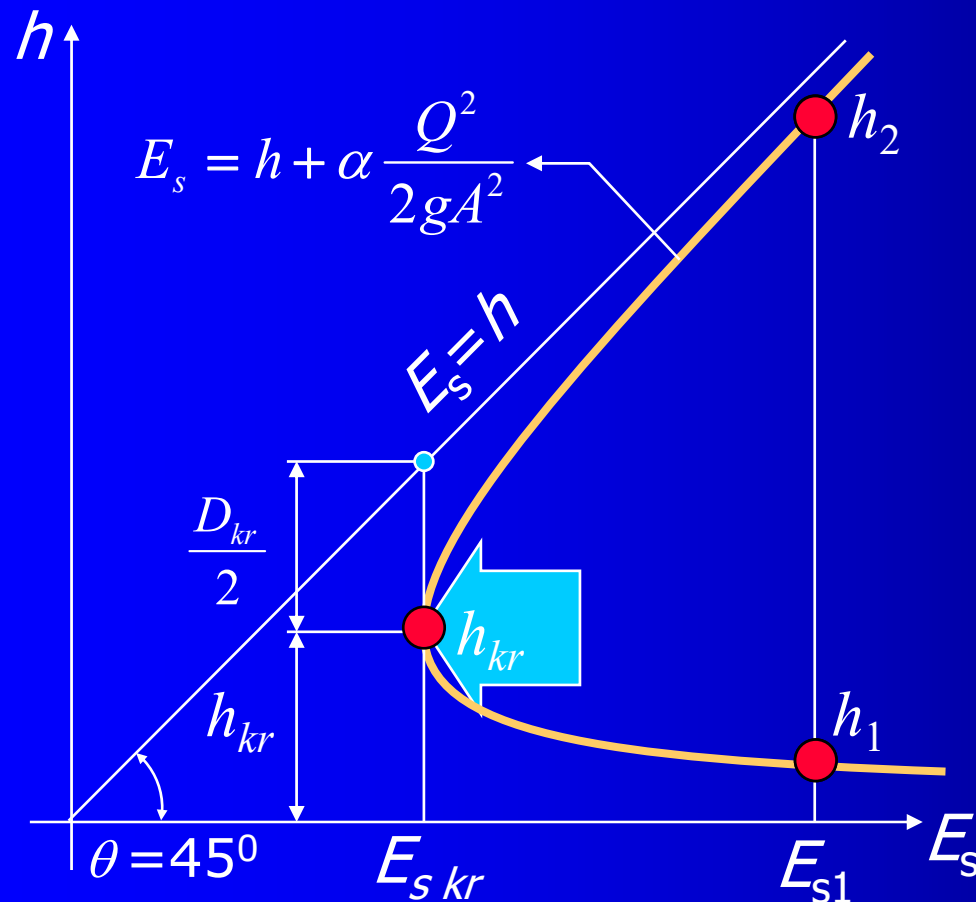
Energi Spesifik

- Hubungan Aliran Subkritik-Kritik-Superkritik



Energi Spesifik Minimum

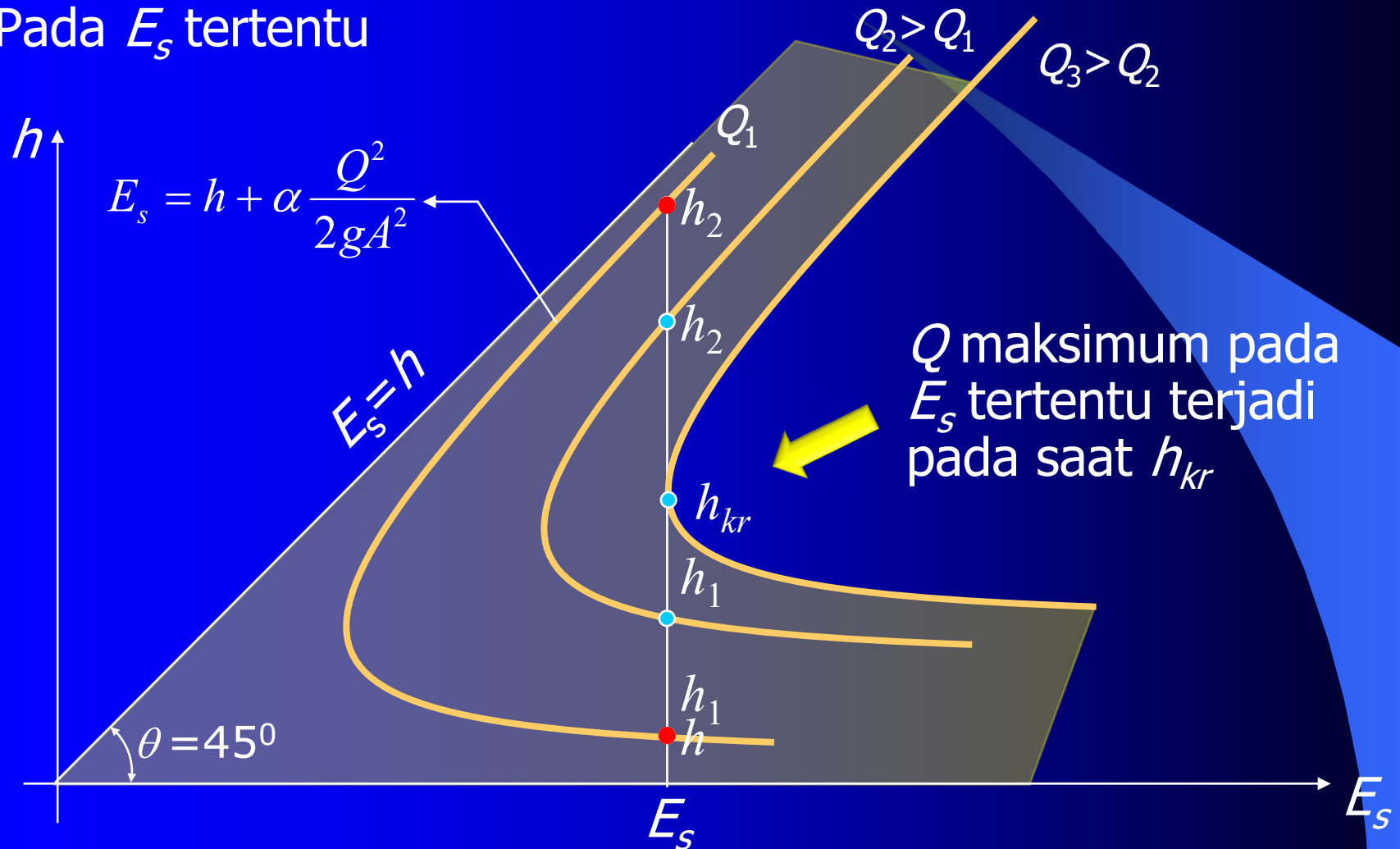
$$E_{s_{kr}} = h_{kr} + \frac{D_{kr}}{2} \quad \text{③}$$



- Perubahan aliran dari subkritis (h_2) menuju superkritis (h_1) atau sebaliknya akan melalui h_{kr}
- Pada saat melalui h_{kr} maka energi spesifik menjadi minimum.

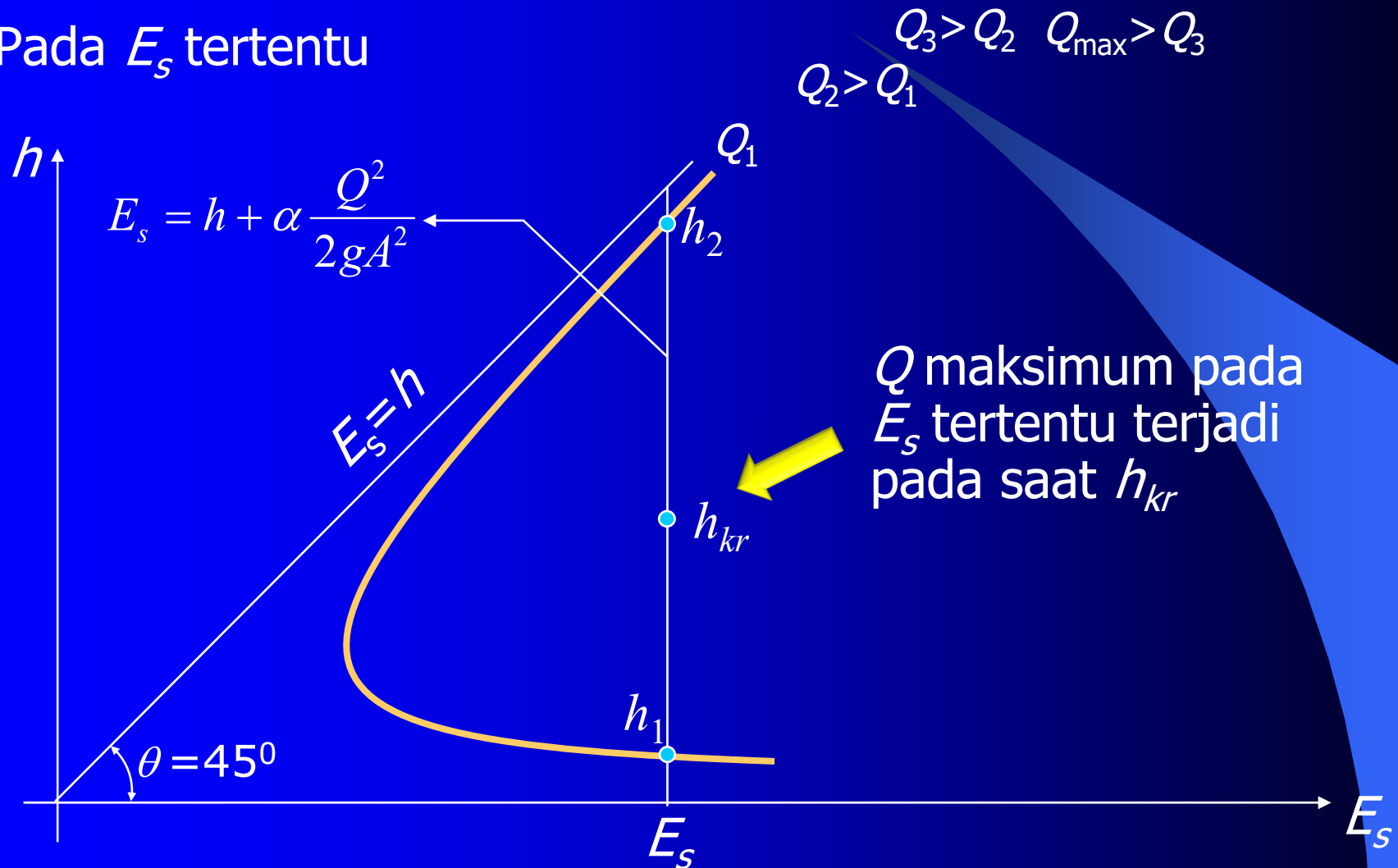
Q maksimum pada E_s tertentu

Pada E_s tertentu

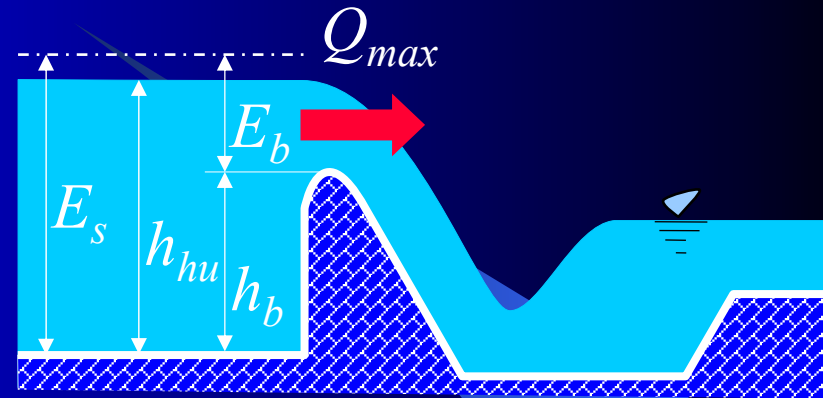
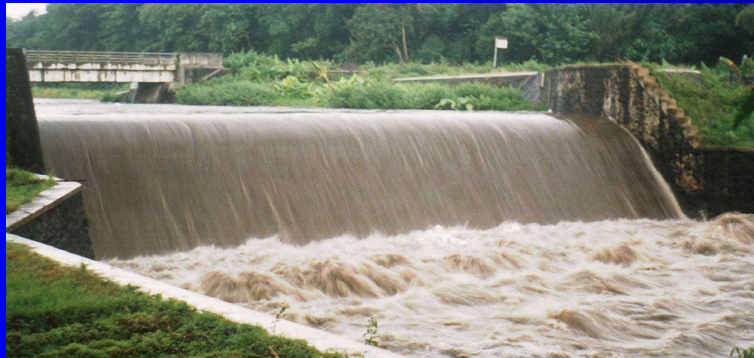


Q maksimum pada E_s tertentu

Pada E_s tertentu



Bangunan bendung



- Di hulu bendung, kedalaman air saluran adalah h_{hu} sehingga energi spesifiknya adalah E_s .
- Karena tinggi bendung adalah h_b , maka energi spesifik di atas bendung adalah E_b .
- Dengan energi yang tersedia sebesar E_b , maka alam (bendung) akan berusaha melewati Q_{max} agar energi yang tersedia tersebut dimanfaatkan seefisien mungkin.
- Berapa tinggi air di atas bendung dan berapa Q_{max} ?

Q maksimum pada E_s tertentu

Digunakan rumus energi spesifik:

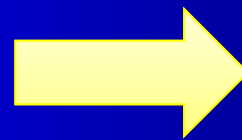
$$E_s = h + \alpha \frac{Q^2}{2gA^2} \rightarrow \frac{\alpha}{2g} Q^2 = (E_s - h) A^2$$

$$\frac{\alpha}{2g} 2Q \frac{dQ}{dh} = -A^2 + (E_s - h) 2A \frac{dA}{dh}$$

Q maksimum jika $dQ/dh = 0$

$$0 = -A + 2(E_s - h)B \rightarrow E_s = \frac{A}{2B} + h \rightarrow E_s = h + \frac{D}{2}$$

$$E_{s_{kr}} = h_{kr} + \frac{D_{kr}}{2} \text{ ③}$$



Jadi pada E_s tertentu
 Q maksimum terjadi
pada kondisi kritik

Kondisi normal aliran

- Kondisi normal-ideal sebuah aliran terjadi pada aliran permanen beraturan.
- Pada kondisi ini diberlakukan rumus kecepatan rerata Chezy, Manning atau yang sejenis. Kedalaman aliran pada kondisi ini disebut H_n kedalaman air normal.

$$V = C \sqrt{RI_e}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2}$$

Kedalaman normal H_n

Chezy

$$V = C \sqrt{RI_e}$$

$$\frac{Q}{A} = C \sqrt{RI_e}$$

$$\frac{Q^2}{C^2 A^2} = RI_e$$

$$\boxed{\frac{Q^2}{C^2 I_e} = \frac{A^3}{P}}$$

Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2}$$

$$\frac{n^2 Q^2}{A^2} = R^{4/3} I_e$$

$$\boxed{\frac{n^2 Q^2}{I_e} = \frac{A^{10/3}}{P^{4/3}}}$$

Kedalaman Air

Normal H_n

$$\frac{Q^2}{C^2 I_e} = \frac{A^3}{P}$$

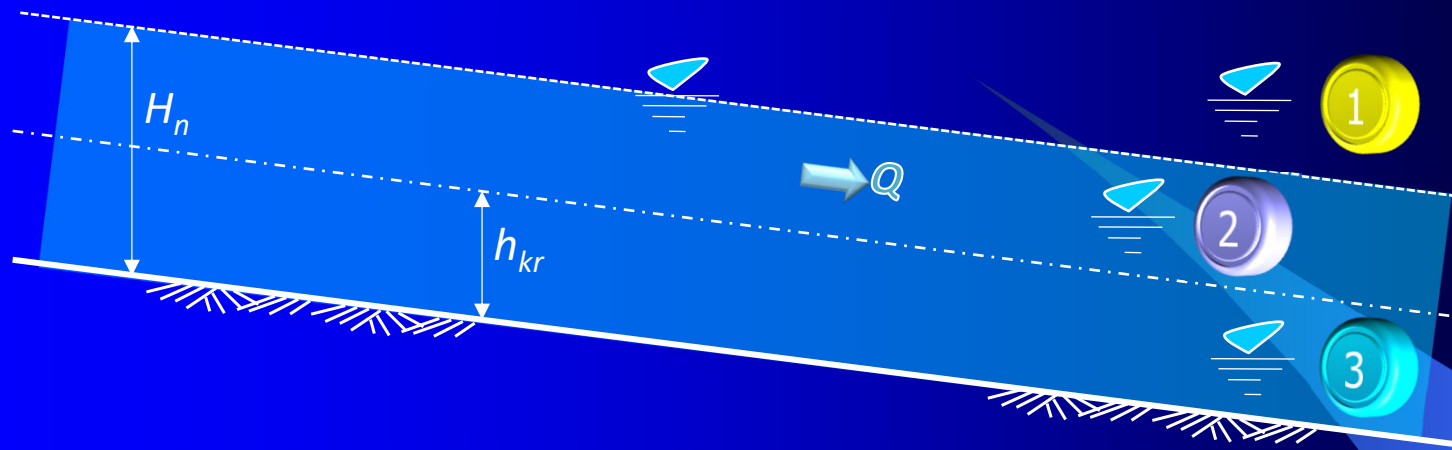
$$\frac{\delta Q^2}{I_e} = \frac{A^3}{P}$$

Kritik h_{kr}

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

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

Kedalaman Air Normal & Kritik



- Untuk sungai ideal: panjang tak berhingga dan kemiringan saluran konstan, maka akan terjadi kedalaman air H_n .
- Jika terjadi gangguan karena pengaruh dari hulu dan hilir, maupun lokal maka kedalaman air berubah tidak berada pada H_n .
- Kedalaman air yang terjadi bisa berada di Zona 1, 2, atau 3; tergantung sifat gangguan yang terjadi.