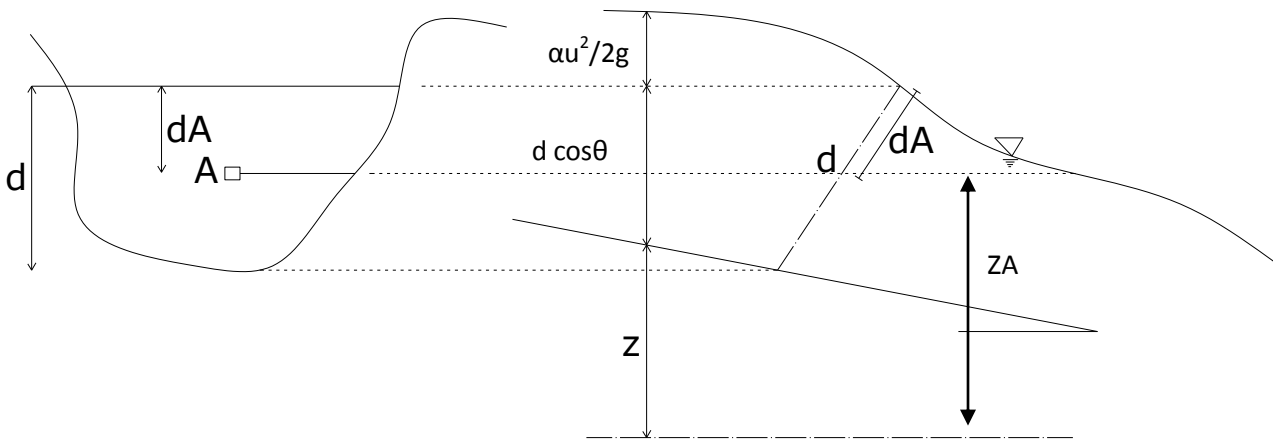


Energi Spesifik

Energy spesifik : tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran



Apabila ditinjau gbr diatas, persamaan energy sebagai berikut:

$$H = Z + d \cos \theta + (\alpha u^2 / 2g)$$

H = tinggi energy

Z = tinggi suatu titik terhadap bidang referensi

d = kedalaman aliran

θ = sudut kemiringan dasar saluran terhadap horizontal

u = kecepatan rata-rata

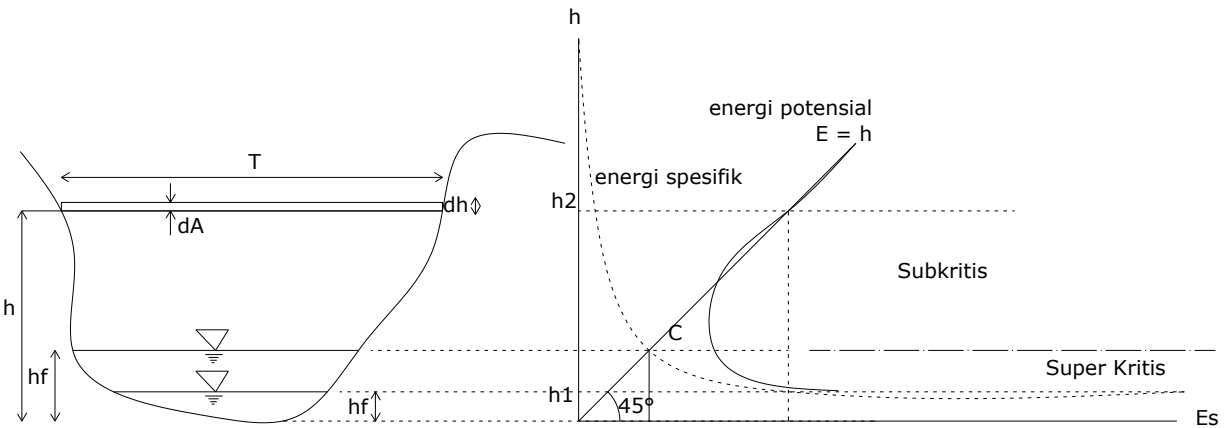
energy pada tampang saluran yang dihitung terhadap dasar saluran di sebut energy Spesifik

$$E_s = d \cos \theta + \alpha u^2 / 2g \rightarrow \text{untuk } \theta \approx 0, \cos \theta = 1 \text{ dan } d = h$$

$$E_s = h + \alpha u^2 / 2g \text{ atau } E_s = h + \alpha u^2 / 2g A^2$$

Energi spesifik = kedalaman aliran + tinggi kecepatan untuk suatu debit yang konstan, dapat dibuat hubungan antara $E_s \rightarrow h$, variasi h terjadi karena perubahan kekasaran, bentuk tampang saluran, kemiringan dasar atau kondisi hulu dan hilir.

Kurva E_s terhadap h

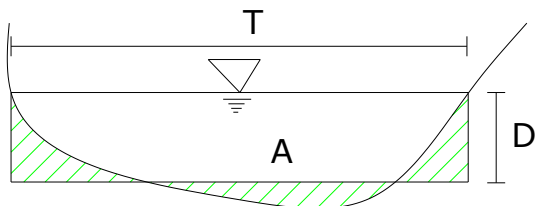


Asimtot miring, $E_s = h$

$$\begin{aligned} dE_s/dh &= (1 + \alpha(Q^2/2g)).(d/dA).(1/A^2).dA/dh \\ &= (1 - \alpha(Q^2/2g).dA/dh) \\ &= (1 - \alpha(Q^2/2g).T) \\ &= (1 - \alpha u^2/g.A/T) \end{aligned}$$

$$dE_s/dh = (1 - \alpha u^2/g.D)$$

$D =$ hydraulic mean depth
 $= A/T$



Jika $dE_s/dh = 0 \rightarrow$ tinggi air pada kedalaman ini adalah tinggi air kritis

Pada tinggi air kritis $\rightarrow E_s$ minimum

$$\frac{\alpha.u^2}{g.D} = 1 \rightarrow \frac{\alpha.u^2}{2.g} = \frac{D}{2}$$

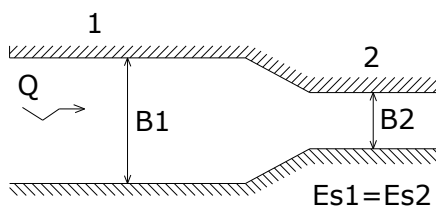
$$\frac{u}{\sqrt{g \cdot \frac{D}{\alpha}}} = 1 \rightarrow \text{Froude.Number}$$

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

Dari gambar Energi Spesifik

- Pada nilai debit yang sama, untuk suatu harga E_s terdapat 2 pasangan nilai h , yaitu posisi bawah h_1 (aliran superkritik) dan posisi atas h_2 (aliran subkritik)
- Pasangan nilai h_1 dan h_2 disebut sebagai “alternate depth” atau “conjugate depth”
- Perubahan aliran dari aliran subkritik menjadi aliran superkritik slalu melalui kedalaman kritis (h_{kr}) pada saat energi spesifik minimum

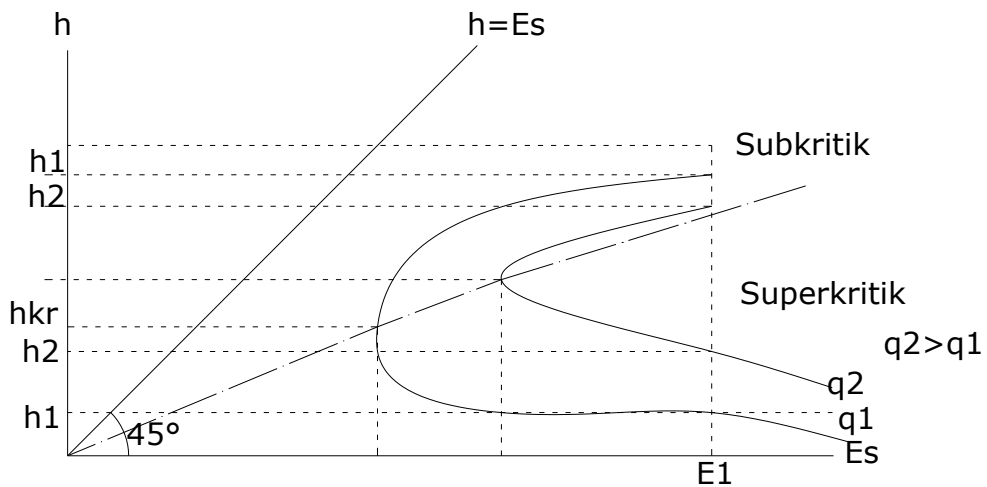
1. Perubahan tampang karena perubahan lebar saluran



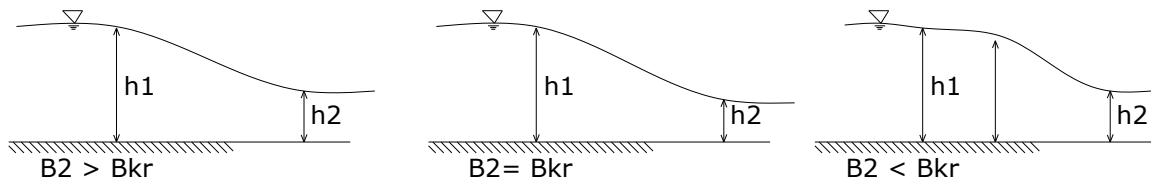
$Q = \text{konstan}$

$B_1 > B_2 : q = Q/B$

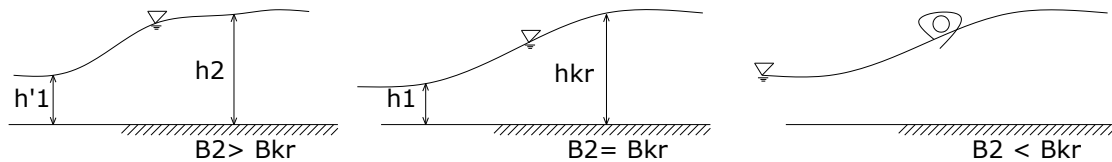
$q_2 > q_1 : \text{debit per satuan lebar}$



Subkritik ($h_2 < h_1$)



Superkritik ($h'2 > h'1$)



- apabila kehilangan energy karena perubahan tampang dapat diabaikan → dapat digunakan persamaan atau diagram energy spesifik

- Untuk $B2 > Bkr$

$h2 < h1$ → aliran subkritik

$h'2 > h'1$ → aliran superkritik

- Apabila $B2$ dipersempit sehingga aliran menghasilkan:

- $Es2 = Esmin$ → $h2 = hkr$

$$B2 = Bkr$$

- Apabila $B2$ dipersempit lagi, sehingga

$$B2 < Bkr : Es2 < Esmin$$

- Sebagaimana diketahui bahwa : suatu debit aliran akan dapat mengalir minimal dengan energi minimal ($Esmin$). Akibatnya pada tampang 2 akan terjadi kenaikan energi, sehingga $Es2 = Esmin$

Akibat muka air ditampang 1 akan berubah → $Es1 = Es2$

- Pada saat $B2 = Bkr$ → terjadi aliran kritis di tampang 2

$$Esmin = \frac{3}{2} hkr$$

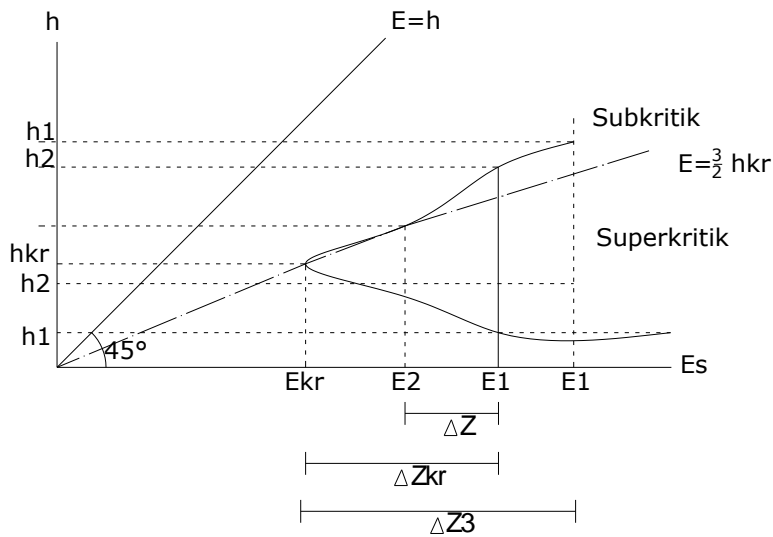
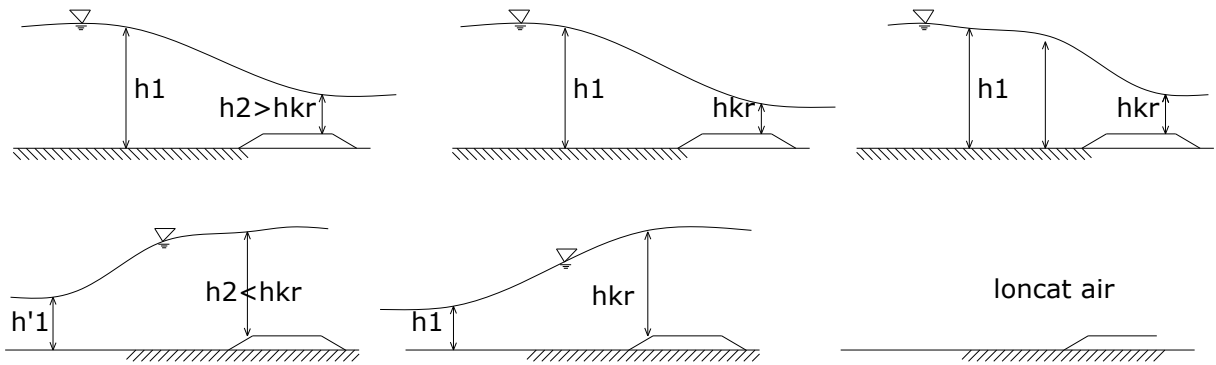
$$Hkr = \frac{2}{3} E1 \rightarrow E1 = E2 = Esmin$$

$$Hkr = \sqrt[3]{\frac{Q}{Bkr} \cdot \frac{2}{g}}$$

$$B_{kr} = Q / (h_{kr}^{3/2} \cdot g^{1/2})$$

$$B_{kr} = 1,84 \cdot (Q / (E^{3/2} \cdot g^{1/2}))$$

2. Perubahan tampang karena kenaikan dasar saluran subkritis



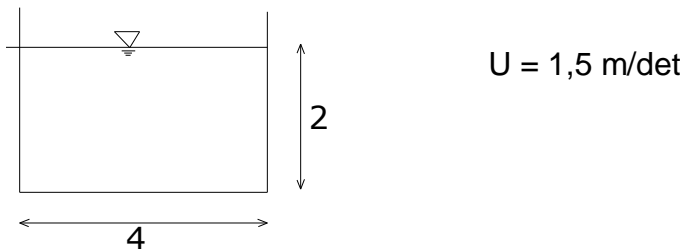
$$E_{s1} = E_{s2} + \Delta Z$$

$$h_1 + (U_1^2 / 2g) = h_2 + (U_2^2 / 2g) + \Delta Z_1$$

- Aliran dengan b konstan (q konstan) \rightarrow perubahan dasar
- Perubahan dasar dianalisis dengan diagram energy spesifik
- Dianggap tidak ada kehilangan energy akibat dasar naik setinggi ΔZ_1 : $E_{s2} = E_{s1} - \Delta Z_1$

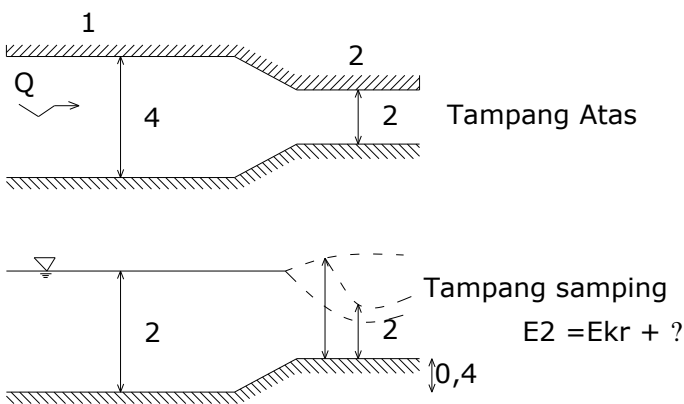
- Pada aliran subkritis $\rightarrow h_2 < h_1$
 - Pada aliran superkritis $\rightarrow h'_2 > h'_1$
- } diagram
- Apabila kenaikan dasar = $\Delta Z_{kr} \rightarrow E_s = E_{smin} \rightarrow h_2 = h_{kr}$
 - Apabila kenaikan dasar, $\Delta Z_3 > \Delta Z_{kr}$, maka agar air dapat lewat, $E_{s2} = E_{smin}$, akibat muka air ditampang 1 akan berubah $\rightarrow E \square 1$
 - ΔZ_{kr} dapat ditentukan dengan mengetahui agar Fr , $E_{kr} = 3/2 h_{kr} \rightarrow E_1 = E_{kr} + \Delta Z_{kr}$
 - $\Delta Z_{kr} = h_1 (1 + (Fr_1^2/2 - 1,5 Fr_1^{2/3}))$

Contoh



- Saluran dipersempit sehingga $b = 2$ dan dasar dinaikan 0,4 m ditempat penyempitan
- Tentukan kedalaman aliran dihilu penyempitan

Penyelesaian :



$$Fr_1 = U_1 / \sqrt{g \cdot h_1} = 1,5 / \sqrt{9,81 \cdot 2} = 0,339 < 1 \rightarrow \text{aliran subkritis}$$

$$Q = B_1 \cdot h_1 \cdot U_1 = 4 \cdot 2 \cdot 1,5 = 12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_1 = h_1 + U_1^2 / (2g) = 2 + 1,5^2 / (2 \cdot 9,81) = 2,115 \text{ m}$$

Cek pada tampang 2 terjadi aliran kritis atau subkritis bila aliran subkritis → h dapat dihitung dengan rumus H normal → Manning

- Syarat minimum agar air dapat mengalir:

$$E_2 = E_{smin} \rightarrow \text{memberikan } h_{kr}$$

$$H_{kr} = \sqrt[3]{(Q/B_2) \cdot 1/g} = \sqrt[3]{(12/2) \cdot 1/9,8} = 1,570 \text{ m}$$

$$E_{kr} = 3/2 h_{kr} = 3/2 \times 1,57 = 2,35 \text{ m}$$

$$E_2 = E_{smin} = E_{kr} + \Delta z = 2,35 + 0,4 = 2,75 \text{ m}$$

$E_2 > E_1 \rightarrow$ maka pada tampang 1, E_1 harus dinaikan $E_1 = E_2$ (tidak ada kehilangan energy)

Akibatnya muka air tampang 1 akan berubah

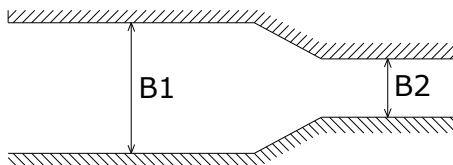
$$E_1 = E_{kr} + \Delta z = 2,75 \text{ m}$$

$$E_1 = h_1 + U_1^2/\sqrt{g} \cdot h_1 = h_1 + Q^2/\sqrt{2} \cdot g \cdot A^2$$

$$2,75 = h_1 + 12^2/2 \cdot 981 \cdot 4^2 \cdot h_1^2 = h_1 + 0,459/h_1^2$$

Dengan cara coba-coba, $h_1 = 2,685 \text{ m}$

2.



$$B_1 = 10 \text{ m} ; \alpha = 1,0$$

$$H_1 = 2,5 \text{ m}$$

$$Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$$

a. Bila $B_2 = 6,0 \text{ m}$, hitung $h_2 = ?$ dan $U_2 = ?$

b. Bila $B_2 = 2,5 \text{ m}$, hitung $h_2' = ?$ dan $U_2' = ?$

Penyelesaian

- Persamaan energy spesifik: $E_s \text{ tampang 1} = E_s \text{ tampang 2}$

$$E_{s1} = h_1 + \alpha \cdot U_1^2/\sqrt{2} \cdot g \rightarrow U_1 = Q/A_1 = 18/(10 \cdot 2,5) = 0,72 \text{ m/s}$$

$$E_{s1} = 2,5 + (1) \cdot (0,72)^2/(2 \cdot 2,981) = 2,526 \text{ m}$$

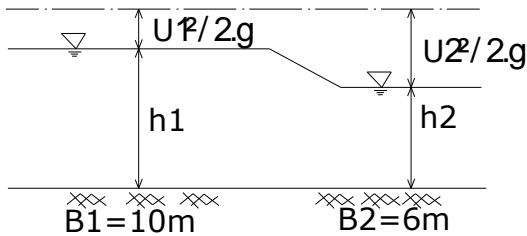
$$Es_2 = h_2 + \alpha \cdot U_1^2 / \sqrt{2} \cdot g \rightarrow U_2 = Q/A_2 = 18/6 \cdot h_2 = 3/h_2$$

$$Es_2 = h_2 + \alpha \cdot g / \sqrt{2} \cdot g \cdot h_2^2 = h_2 + 0,459 / h_2^2$$

$$Es_1 = Es_2 \rightarrow 2,526 = h_2 + 0,459 / h_2^2$$

Dengan trial , $h_2 = 2,45$ m

$$U_2 = 3/h_2 = 3/2,45 = 1,224$$
 m/s



Cek apakah $Es_1 > Es_{min}$?

$$Es_{min} = 3/2 h_{kr}$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{(\alpha \cdot Q^2 / g \cdot B_2^2)} = \sqrt[3]{(1 \cdot 18^2 / 9,81 \cdot 6^2)} = 0,972$$
 m

$h > h_{kr} \rightarrow$ subkritis

$$Es_{min} = 3/2 \times 0,972 = 1,458$$
 m

$$Es_1 = 2,526$$
 m $>$ Es_{min} **Ok**

b. Bila $B'_2 = 2,5$ m

$$Es'_{min} = 3/2 h'_{kr}$$

$$h'_{kr} = \sqrt[3]{(\alpha \cdot Q^2 / g \cdot B_2'^2)} = \sqrt[3]{(1 \cdot 18^2 / 9,81 \cdot 2,5^2)} = 1,74$$
 m

$$Es'_{min} = 3/2 \times 1,74 = 2,61$$
 m

Karena $Es_1 < Es_{min}$, maka $Es'_2 = Es'_{min} = 2,61$ m

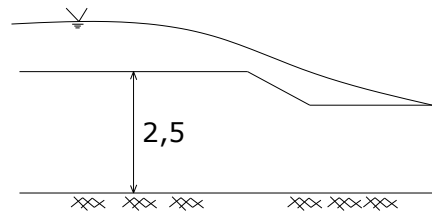
Maka $h_2' = 1,74$ m

$$U_2' = Q/A_2' = 18 / (2,5 \times 1,74) = 4,138$$
 m/s

Tinggi muka air ditampang 1 berubah

$$Es_1 = Es'_2_{min} = 2,61$$
 m

$$h_1' + (\alpha \cdot Q^2) / B_1^2 + h_1'^2 \cdot 2g = 2,61$$



$$h_1' + 0,165/h_1'^2 = 2.61$$

diperoleh, $h_1' = 2,585 \text{ m}$