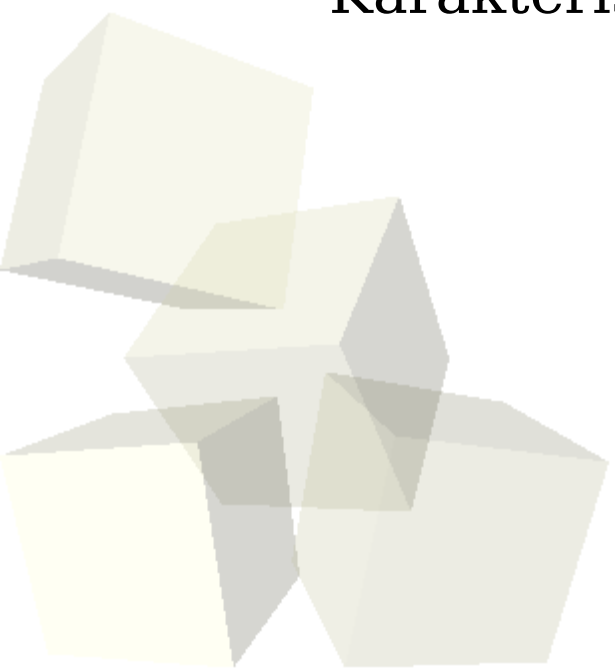




# Mekanika Fluida II

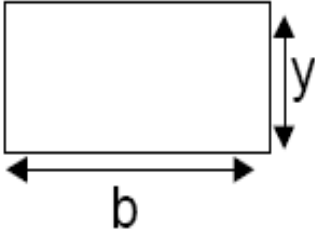
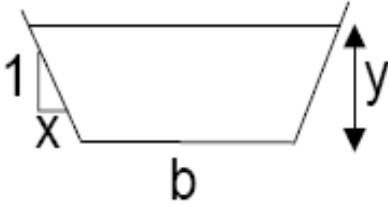
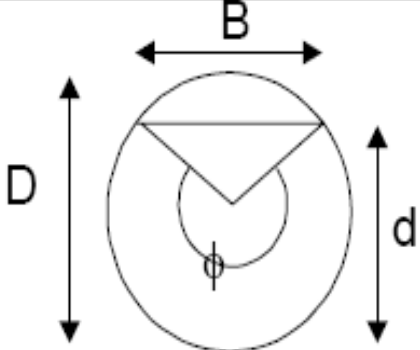
Karakteristik Saluran dan Hukum Dasar Hidrolika





1. Kedalaman ( $y$ ) - *depth*
2. Ketinggian di atas datum ( $z$ ) - *stage*
3. Luas penampang  $A$  (area – cross section area)
4. Keliling basah ( $P$ ) – *wetted perimeter*
5. Lebar permukaan ( $B$ ) – *surface perimeter*
6. Jari-jari hidrolis – ( $A/P$ ) – rasio luas terhadap keliling basah
7. Rata-rata kedalaman hidrolis ( $D$ ) – rasio luas terhadap lebar permukaan
8. Kemiringan saluran ( $S_0$ )
9. Faktor Penampang ( $AD^{0.5}$ ) – digunakan untuk perhitungan sifat kritis aliran

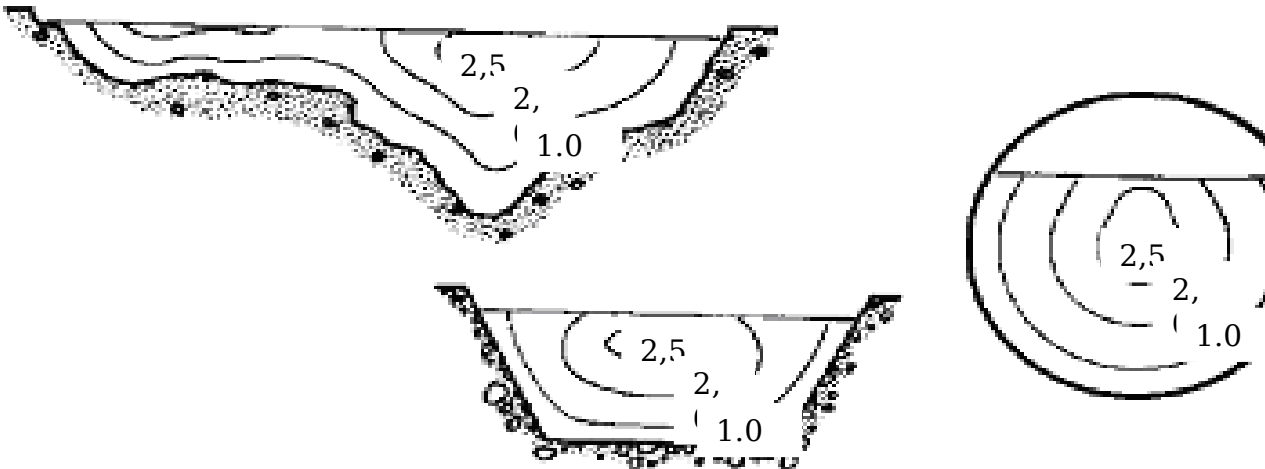
# Geometri Saluran

	Rectangle	Trapezoid	Circle
			
Area, A	$by$	$(b+xy)y$	$\frac{1}{8}(\phi - \sin \phi)D^2$
Wetted perimeter P	$b + 2y$	$b + 2y\sqrt{1+x^2}$	$\frac{1}{2}\phi D$
Top width B	$b$	$b+2xy$	$(\sin \phi/2)D$
Hydraulic radius R	$by/(b + 2y)$	$\frac{(b + xy)y}{b + 2y\sqrt{1+x^2}}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin \phi}{\phi}\right)D$
Hydraulic mean depth $D_m$	$y$	$\frac{(b + xy)y}{b + 2xy}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\phi - \sin \phi}{\sin(1/2\phi)}\right)D$



# Distribusi kecepatan

Distribusi kecepatan aliran. Bergantung banyak faktor antara lain :  
Bentuk saluran, Kekasaran dinding saluran, Debit aliran



Kecepatan minimum terjadi di dekat dinding batas, membesar dengan jarak menuju permukaan. Pada saluran dengan lebar 5-10 kali kedalaman, distribusi kecepatan disekitar bagian tengah saluran adalah sama.

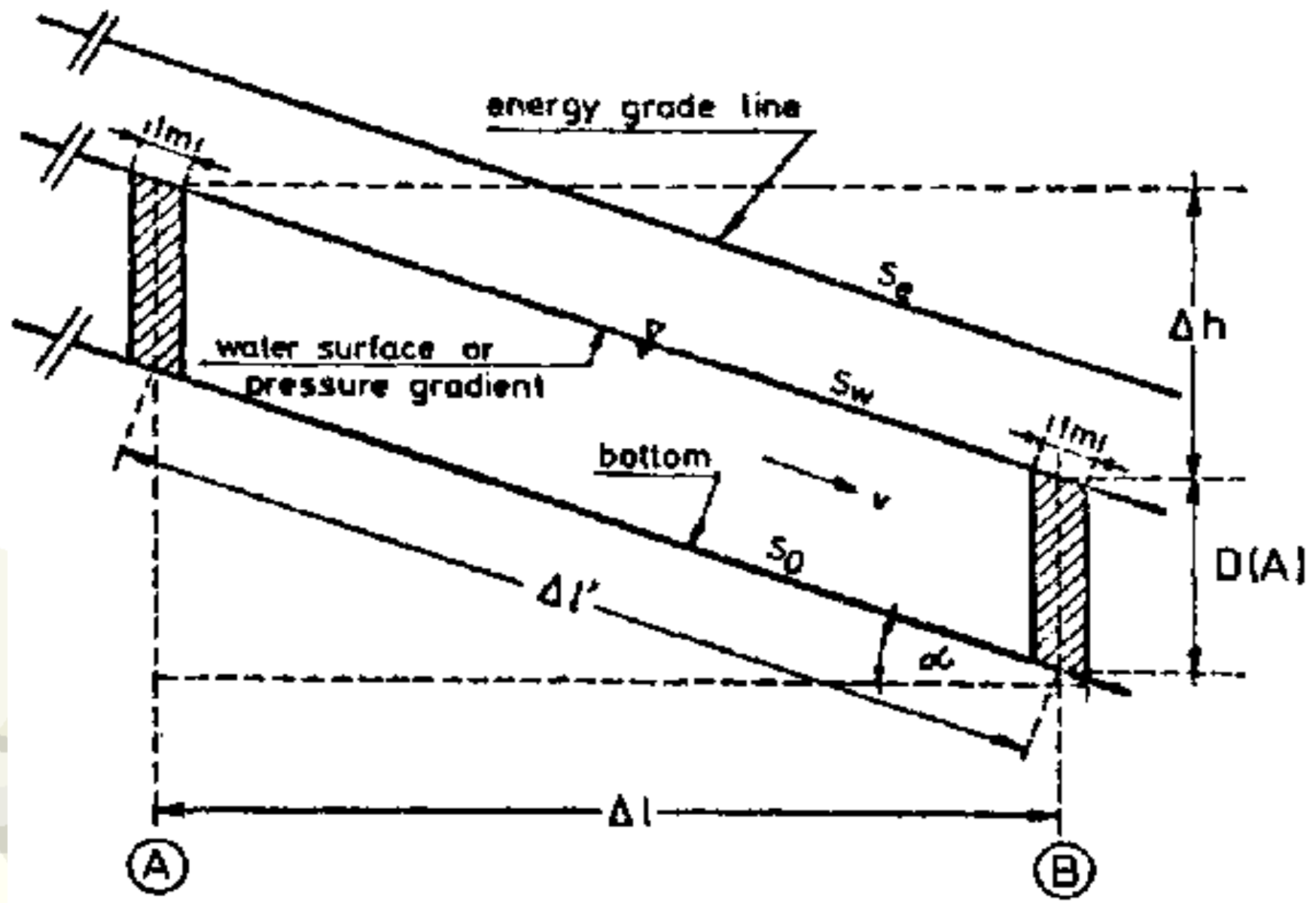
Dalam praktek saluran dianggap sangat lebar bila lebar  $> 10 \times$  kedalaman



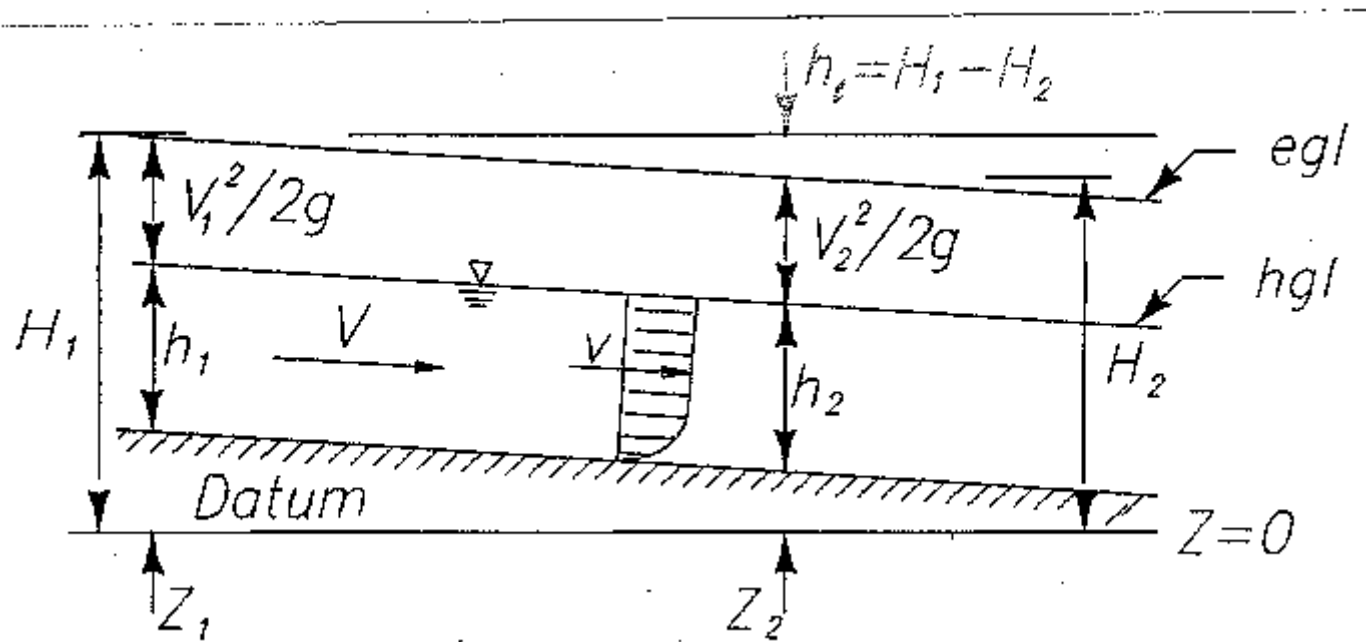
# Pengukuran Kecepatan Aliran

- Menggunakan current meter
  - Baling-baling yang berputar karena adanya aliran
  - Menggunakan hubungan antara kecepatan sudut dan kecepatan aliran
- Semakin banyak titik pengukuran semakin baik
- Untuk keperluan praktis kecepatan rata-rata diukur
  - pada 0,6 kali kedalaman dari muka air
  - rerata kecepatan pada 0,2 dan 0,8 kali kedalaman
  - 0,8 - 0,95 kecepatan di permukaan (biasa diambil 0,85)
  - Kecepatan maksimum terjadi pada antara 0,75 - 0,95 kali kedalaman

# Refresh : Energy Line (1)



# Refresh : Energy Line (2)



Persamaan Bernoulli:

$$H_1 = Z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g}; H_2 = Z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$



# Review Efek Coriolis

- Efek Coriolis : Efek angular terhadap setiap energi yang bekerja pada pengaliran fluida.
- Memiliki sifat percepatan, sehingga akan memperbesar secara auxiliary terhadap komponen energi kinetik dan momentum pergerakan fluida.

$$H = Z + h + \alpha \frac{v^2}{2g} \quad F_m = \beta \rho \frac{Qv}{g}$$

$\alpha$  = koefisien Coriolis

$\beta$  = koefisien Boussinesq

$\rho$  = massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Q$  = diameter hidrolis ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

$v$  = kecepatan aliran ( $\text{m}/\text{dt}$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m}/\text{dt}^2$ )



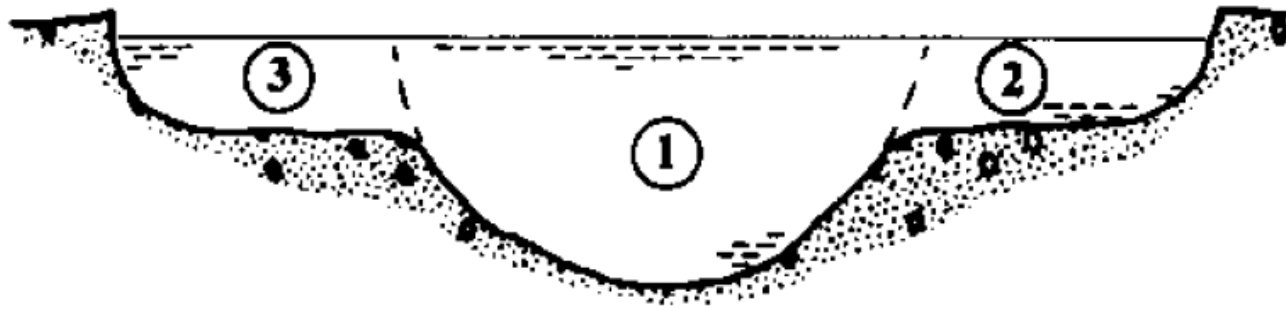
- Efek coriolis sangat tergantung pada sifat prismatik saluran.
- Makin kecil dimensi saluran maka efeknya membesar.
- Untuk aliran seragam dan dalam saluran lurus akan dianggap 1.
- Makin membesar pada saluran gabungan dengan dimensi non prismatis

$$\alpha = 1.03 - 1.36$$

$$\beta = 1.01 - 1.12$$

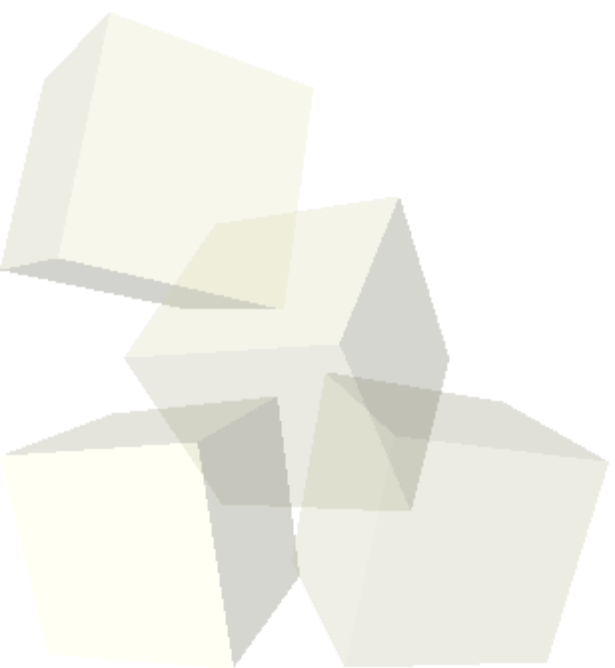


# Estimasi $\alpha$ dan $\beta$ (View)



$$\alpha = \frac{\int u^3 dA}{\bar{V}^3 A} = \frac{V_1^3 A_1 + V_2^3 A_2 + V_3^3 A_3}{\bar{V}^3 (A_1 + A_2 + A_3)}$$

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} = \frac{V_1 A_1 + V_2 A_2 + V_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$





- Secara Numerik

$$\alpha = \frac{\sum v^3 \Delta A}{V^3 A} \quad \beta = \frac{\sum v^2 \Delta A}{V^2 A}$$

- Secara Analitik (O'Brien & Johnson)

$$\alpha = 1 + 3\epsilon^2 - 2\epsilon^3 \quad \beta = 1 + \epsilon^2 \quad \epsilon = \frac{v_{max}}{V - 1}$$

$\alpha$  = koefisien Coriolis  
 $\beta$  = koefisien Boussinesq  
 $v$  = kecepatan aliran pada  $dA$   
 $V$  = kecepatan rata-rata  
 $v_{max}$  = kecepatan maksimum



# Hukum kekekalan massa

Untuk suatu waktu interval  $\delta t$

Dengan  $\rho$  adalah densitas fluida dan  $Q$  volume laju aliran maka massa aliran

$$\rho Q_{\text{entering}} = \rho Q_{\text{leaving}}$$

Dengan  $\mu$   $u$  adalah kecepatan rata-rata dan  $A$  luas penampang

$$Q_{\text{entering}} = u_1 A_1$$

$$Q_{\text{leaving}} = u_2 A_2$$

Maka persamaan kontinuitas dapat diturunkan sebagai berikut

$$u_1 A_1 = u_2 A_2$$

# Hukum kekekalan energi (1)

Untuk suatu waktu interval  $\delta t$  pada suatu panjang acuan  $L$   
Dengan  $p_1$  adalah tekanan yang bekerja pada muka aliran 1

$$\text{work done} = p_1 A_1 L$$

$$\text{mass entering} = \rho_1 A_1 L$$

Energi kinetik

$$KE = \frac{1}{2} m u^2 = \frac{1}{2} \rho_1 A_1 L u_1^2$$

Energi potensial di titik ketinggian  $z$

$$PE = mgz = \rho_1 A_1 L g z_1$$

Total energi

$$\text{Total energy} = p_1 A_1 L + \frac{1}{2} \rho_1 A_1 L u_1^2 + \rho_1 A_1 L g z_1$$

Total energi per unit berat di titik 1

$$\text{Total energy per unit weight} = \frac{p_1}{\rho_1 g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1$$



# Hukum kekekalan energi (2)

Total energi per unit berat di titik 2

$$\text{Total energy per unit weight} = \frac{p_2}{\rho_2 g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2$$

Jika tidak ada energi yang dimasukkan dan energi masuk = energi keluar dan fluida *incompressible*

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho$$

Diperoleh persamaan Bernoulli

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 = H = \text{constant}$$

Catatan: tidak ada friksi dalam aliran



# Hukum kekekalan momentum

Untuk suatu waktu interval  $\delta t$  pada suatu panjang acuan L

$$\text{momentum entering} = \rho \delta Q_1 \delta t u_1$$

$$\text{momentum leaving} = \rho \delta Q_2 \delta t u_2$$

$$\delta Q_1 = \delta Q_2 = \delta Q$$

Hukum kedua Newton  $\text{Force} = \text{rate of change of momentum}$

$$\delta F = \frac{\text{momentum leaving} - \text{momentum entering}}{\delta t}$$

$$= \rho \delta Q (u_2 - u_1)$$

$$\delta F_x = \rho \delta Q (u_{2x} - u_{1x})$$

Integrasi untuk seluruh volume akan menghasilkan gaya yang bekerja untuk arah x

$$F_x = \rho Q (V_{2x} - V_{1x})$$

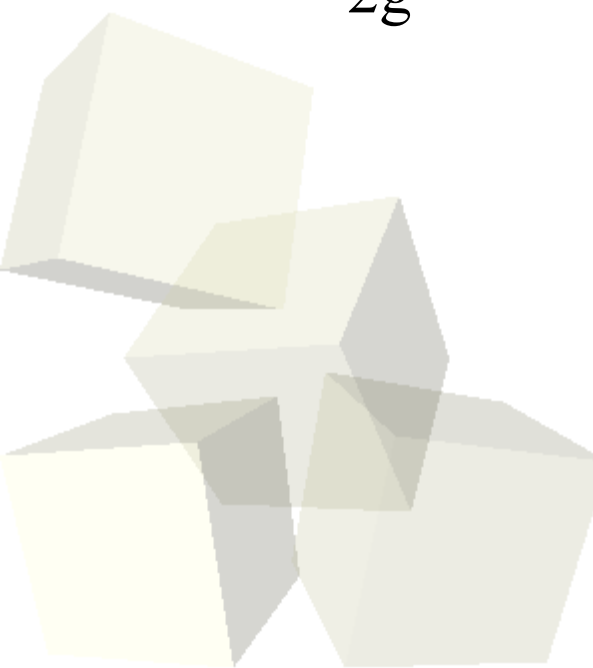
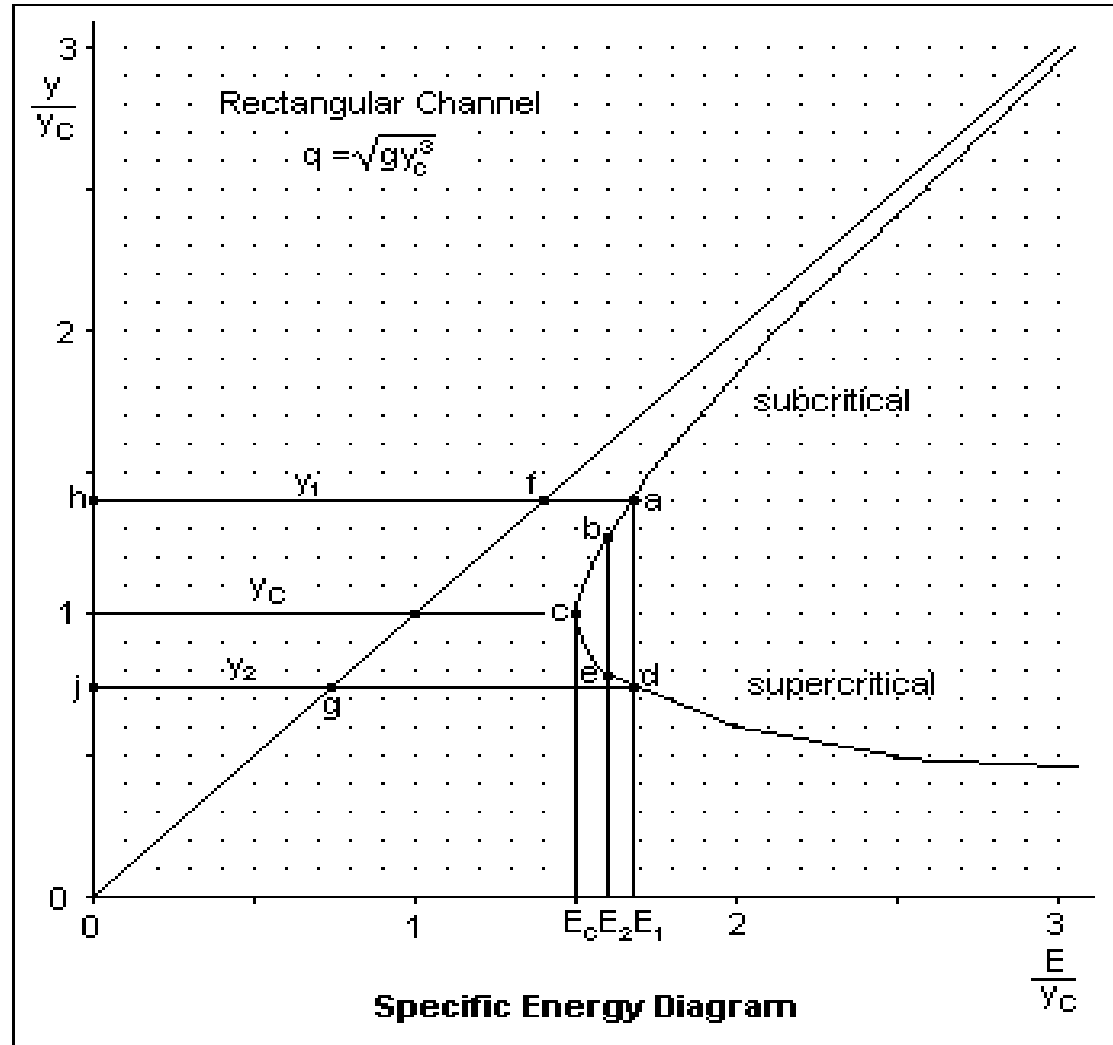


# Energi Spesifik

- Energi spesifik : besarnya energi aliran pada setiap satuan massa pada suatu penampang.
- Berkaitan dengan penilaian sifat kritis aliran

$$H = Z + h + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

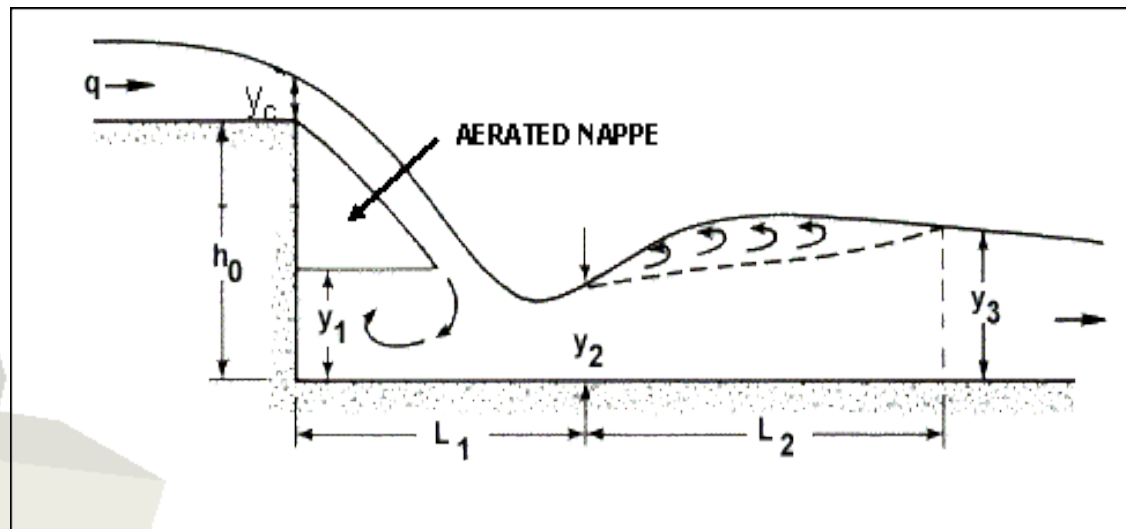
$$Es = h + \alpha \frac{v^2}{2g}$$







# Fenomena perubahan sifat kritis



Mekanika Fluida II - TL ITB



# Questions?

