

Saluran Terbuka

Persamaan Manning

$$V = \frac{S_o^{1/2}}{n} \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3}$$

- ▶ Persamaan yang paling umum digunakan untuk menganalisis aliran air dalam saluran terbuka.
- ▶ Persamaan empiris untuk mensimulasikan aliran air dalam saluran dimana air terbuka terhadap udara.
- ▶ Disajikan pertama kali pada 1889 oleh Robert Manning.
- ▶ Persamaan Manning dibangun untuk aliran tunak seragam (*uniform steady state flow*).
- ▶ S adalah slope energi dan $S = h_f / L$ dimana h_f adalah *energy (head) loss* dan L adalah panjang saluran.

Untuk aliran *uniform steady*, slope energi = slope permukaan air = slope dasar saluran..

R_h adalah hasil dari A/P yang dikenal sebagai radius hidrolis.

▶ n Manning :

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Persamaan Chezy

Pada aliran turbulen gaya gesek sebanding dengan kuadrat kecepatan

$$\tau_o \propto V^2$$

$$\tau_o = KV^2$$

Dari

diperoleh

$$\tau_o = \frac{\rho g A S_o}{P} = \rho g R S_o$$

$$V = \sqrt{\frac{\rho g}{K} R S_o}$$

Persamaan Chezy, dengan C dikenal sebagai C Chezy

$$V = C \sqrt{R S_o}$$

Hubungan C Chezy dan f Darcy-Weisbach

$$C = \sqrt{\frac{8g}{f}}$$

Latihan

- ▶ Saluran segi empat dengan lebar $B = 6$ m dan kedalaman air $y = 2$ m. Kemiringan dasar saluran $0,001$ dan Koefisien Chezy $C = 50$. Hitunglah debit aliran.

S adalah slope energi dan $S = h_f / L$ dimana h_f adalah energy (head) loss dan L adalah panjang saluran. Untuk aliran *uniform steady*:

slope energi = slope permukaan air = slope dasar saluran..

Chezy

Luas Penampang

$$A = B \cdot y = 6 \times 2 = 12 \text{ m}^2$$

Keliling Basah

$$P = B + 2y = 6 + 2 \times 2 = 10 \text{ m}$$

Jari-jari hidrolis :

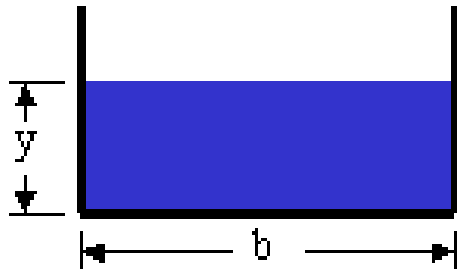
$$R = A/P = 12/10 = 1,2 \text{ m}$$

Debit Aliran

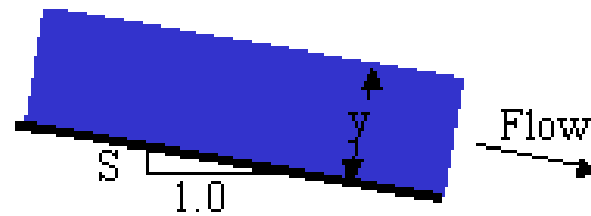
$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V = A \cdot C \times (R \cdot S)^{0,5} \\ &= 12 \times 50 \times (1,2 \times 0,001) \\ &= 20,785 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Perhitungan Saluran Persegipanjang

Cross-Section of Channel



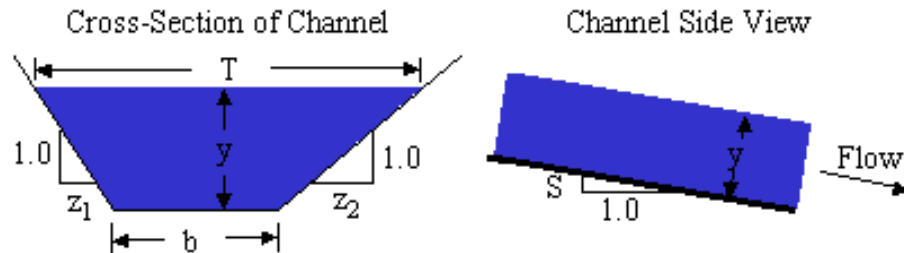
Cut-away Side View



Manning

k = faktor konversi satuan. jika satuan Inggris = 1.49; jika satuan metric = 1.0
Diperlukan karena pers. Manning adl pers. Empiris, unit satuannya tidak konsisten.
 y = Kedalaman normal saluran hingga dasar saluran [L]. Jika saluran memiliki slope yang kecil (S), memberikan nilai kedalaman vertikal memberikan kesalahan yang kecil.

Perhitungan Desain Saluran Terbuka Trapezoidal



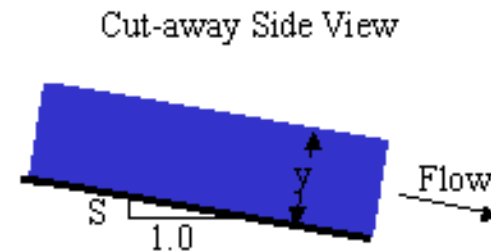
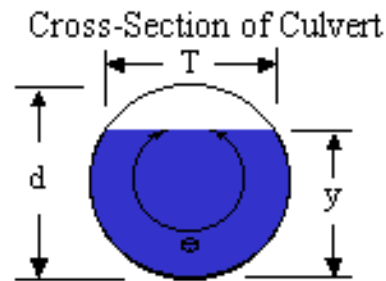
$$Q = VA \quad V = \frac{k}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad R = \frac{A}{P} \quad A = \frac{y}{2}(b + T)$$

$$P = b + y \left(\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2} \right) \quad T = b + y(z_1 + z_2)$$

$$F = V \sqrt{\frac{T}{gA \cos \theta}} \quad \theta = \tan^{-1}(S)$$

- T = Lebar atas dari aliran air [L].
- z_1, z_2 = Horizontal dari sisi miring dari saluran.
- θ = Sudut yang terbentuk oleh S .

Perhitungan Gorong-gorong (culvert) Menggunakan Persamaan Manning



$$Q = VA \quad V = \frac{k}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad R = \frac{A}{P} \quad A = \frac{d^2}{8} (\theta - \sin(\theta))$$

$$P = \frac{\theta d}{2} \quad y = \frac{d}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right] \quad T = 2\sqrt{y(d-y)} \quad F = V \sqrt{\frac{T}{gA \cos(\tan^{-1} S)}}$$

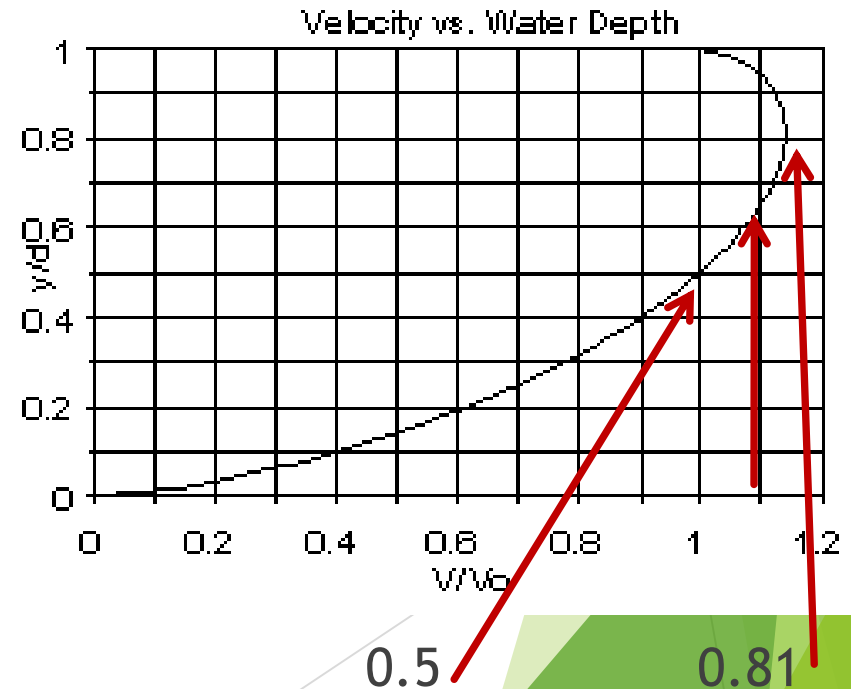
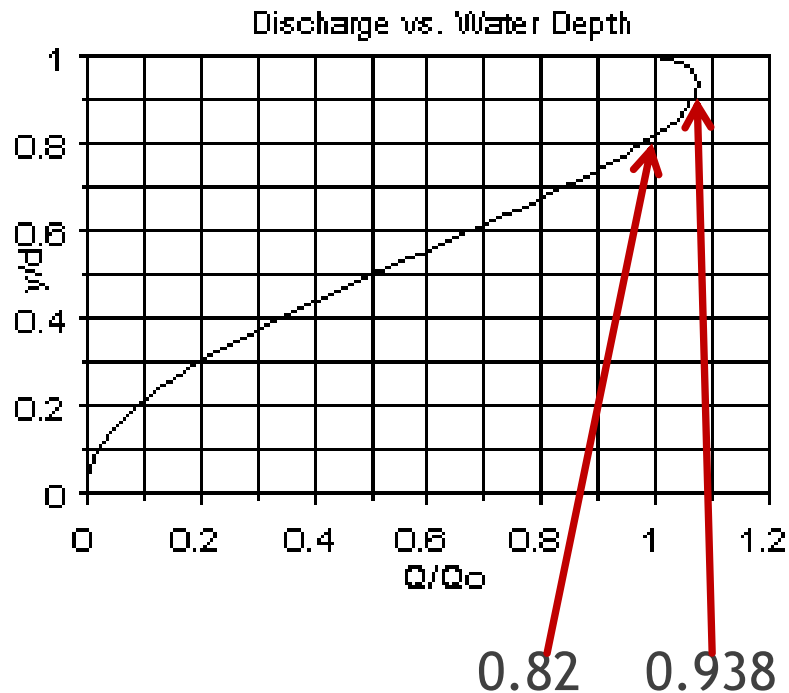
θ = Sudut yang mewakili seberapa penuh aliran dalam saluran [radian]. Saluran dengan $\theta=0$ radians (0°) tidak mengandung air, saluran dengan $\theta=\pi$ radians (180°) adalah setengah penuh, dan saluran dengan $\theta=2\pi$ radians (360°) saluran yang penuh.

Untuk saluran lingkaran

- ▶ Q maksimum dan V maksimum tidak terjadi ketika pipa penuh.
- ▶ Q_{\max} terjadi ketika $y/d = 0.938$. Jika y/d lebih dari itu, Q menurun karena friksi.
- ▶ Jika sebuah pipa dengan diameter d , kekasaran n , dan kemiringan S , dan Q_0 adalah aliran ketika pipa dialiri aliran secara penuh ($y/d=1$). Limpahan air sebanding dengan Q_0 ketika $y/d=0,82$.
- ▶ Jika aliran air yang masuk lebih besar dari Q_0 (tetapi lebih kecil dari Q_{\max}), akan ada dua jabatan untuk y/d , yang pertama antara $0,82$ dan $0,938$, dan yang kedua antara $0,938$ dan 1 .

Untuk saluran lingkaran

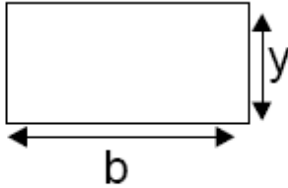
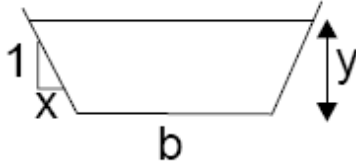
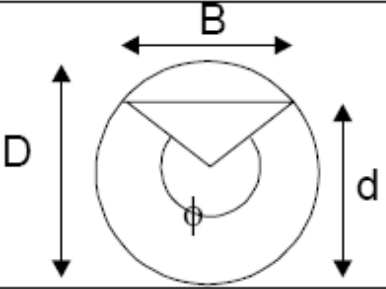
Grafik berikut ini berlaku untuk setiap nilai kekasaran (n) dan slope (S):
 Q_0 =full pipe discharge; V_0 =full pipe velocity:



Untuk saluran lingkaran

- ▶ Hal yang sama dapat diterapkan untuk V , kecuali bahwa V_0 terjadi pada $y/d=0,5$ dan V_{max} terjadi pada $y/d=0,81$.
- ▶ Jika kecepatan aliran yang masuk lebih besar daripada V_0 tetapi lebih kecil daripada V_{max} , akan terdapat dua jawaban dari y/d , yang pertama antara $0,5$ dan $0,81$, dan yang lain antara $0,81$ dan 1 .

Persamaan untuk saluran persegi panjang, trapezoidal, dan lingkaran

	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	$\frac{(b + xy)y}{b + 2xy}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\phi - \sin \phi}{\sin(1/2\phi)}\right)D$

Latihan

- ▶ Sebuah saluran beton berbentuk trapezoidal dengan aliran seragam memiliki aliran dengan kedalaman 2 m. Lebar bawah saluran 5 m dengan slope sisi saluran 1:2 (maksudnya, $x=2$). Nilai n Manning dapat diambil 0,015 dan kemiringan dasar saluran 0,001

Tentukan :

Debit aliran (Q)

Kecepatan rata-rata

Reynolds number (Re)

Perhitungan penampang aliran

$$A = (5 + 2y)y = 18m^2$$

$$P = 5 + 2y\sqrt{1 + 2^2} = 13.94m$$

Debit aliran

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S_o^{1/2} = \frac{1}{0.015} \frac{18^{5/3}}{13.94^{2/3}} 0.001^{1/2}$$
$$= 45m^3 / s$$

Kecepatan aliran

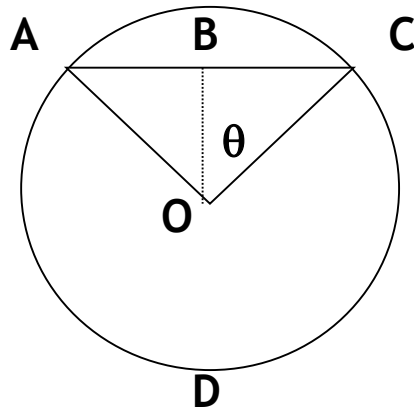
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{45}{18} = 2.5m / s$$

Bilangan Reynolds

$$(R=A/P) \quad Re_{channel} = \frac{\rho u R}{\mu} = \frac{\rho u A}{\mu P} = \frac{10^3 \times 2.5 \times 18}{1.14 \times 10^{-3} \times 13.94} = 2.83 \times 10^6$$

Quiz

- ▶ Saluran berbentuk lingkaran dengan kemiringan dasar saluran 0,0001 dan debit aliran 3 m³/det.. Apabila aliran di dalam pipa adalah 0,9 penuh, berapakah diameter pipa yang digunakan bila koefisien Manning 0,014



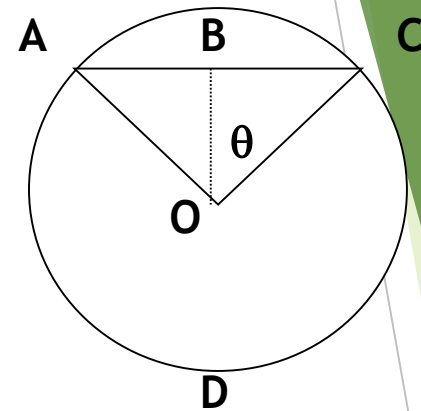
$$\cos \theta = OB/OC = 0,4 / 0,5 = 0,8$$

$$\theta = \cos^{-1} 0,8 = 37^\circ$$

luas ABCD

$$R = A/P = \text{-----}$$

busur ADC



$$\text{Luas ABCD} = \text{luas AOCD} + \text{luas AOC}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{286^\circ}{360^\circ} + 2 \times \frac{1}{2} \times BC \times OB$$

$$= \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{286^\circ}{360^\circ} + 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} D \sin 37 \times \frac{1}{2} D \cos 37$$

$$= 0,744 D^2$$

$$\begin{aligned} \text{Busur ADC} &= \pi D \times 286^\circ / 360^\circ \\ &= 2,498 D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidrolis} \\ &0,744 D^2 \end{aligned}$$

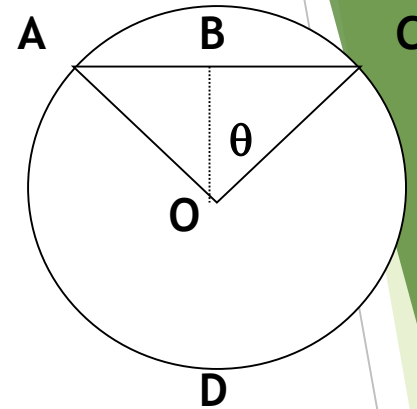
$$R = A/P = \frac{\quad}{2,498 D} = 0,298 D$$

Dengan menggunakan persamaan Manning

$$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} S^{1/2}$$

$$3 = \frac{0,744 D^2}{(0,0001)^{1/2}} \times 1/0,014 \times (0,298 D)^{2/3} \times$$

Diperoleh $D = 2,59 \text{ m}$



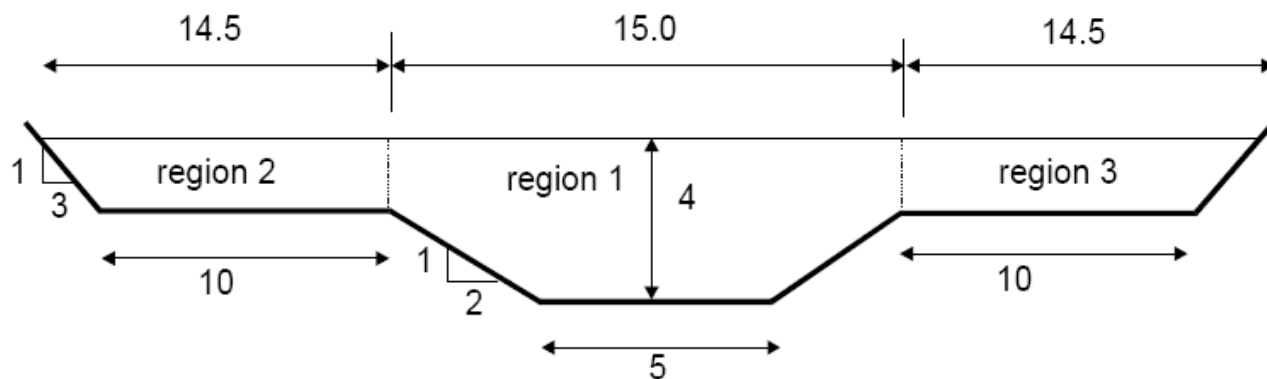
Tugas

- ▶ Air mengalir melalui pipa lingkaran berdiameter 2 m. Apabila kemiringan dasar saluran 0,0025 hitung debit aliran apa bila kedalaman aliran adalah 1, 0. Koefisien manning $n = 0,015 \rightarrow 3,298 \text{ m}^3/\text{det}$
- ▶ Air mengalir melalui pipa lingkaran berdiameter 3 m. apabila kemiringan dasar saluran 0,0025 hitung debit aliran apabila kedalamannya 0,9 D. Koefisien Chezy $C = 50 \rightarrow 15,837 \text{ m}^3/\text{det}$

Sempadan dibuat untuk mengantisipasi terjadinya banjir. Jika sempadan banjir memiliki lebar 10 m dengan kemiringan saluran 1:3 dan nilai n Manning pada bagian ini 0,035

Tentukan

- Debit aliran bila ketinggian banjir 4 m
- Koefisien energi (α)



Debit aliran

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Penampang aliran

$$A_1 = \left(\frac{5+15}{2} \right) 2.5 + (15 \times 1.5) = 47.5 m^2$$

$$A_2 = A_3 = \left(\frac{10+14.5}{2} \right) 1.5 = 18.38 m^2$$

$$P_1 = 5 + (2\sqrt{5} \times 2.5) = 16.18 m$$

$$P_2 = P_3 = 10 + (1.5\sqrt{10}) = 14.75 m$$

Conveyance

$$K_1 = \frac{47.5^{5/3}}{0.015 \times 16.18^{2/3}} = 6492.5$$

$$K_2 = K_3 = \frac{18.38^{5/3}}{0.035 \times 14.74^{2/3}} = 608.4$$

$$K = ACR^{1/2} = \frac{A^{5/3}}{nP^{2/3}}$$

Debit aliran

$$Q_1 = \frac{1}{0.015} \frac{47.5^{5/3}}{16.18^{2/3}} 0.001^{1/2}$$

$$Q_1 = K_1 0.001^{1/2} = 205.3 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = Q_3 = \frac{1}{0.035} \frac{18.38^{5/3}}{14.74^{2/3}} 0.001^{1/2}$$

$$Q_2 = Q_3 = K_2 0.001^{1/2} = 19.2 \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 243.7 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = KS_o^{1/2}$$

Kecepatan aliran

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = 4.32 \text{ m} / \text{s}$$

$$V_2 = V_3 = \frac{Q_2}{A_2} = 1.04 \text{ m} / \text{s}$$

Koefisien Energi dan Momentum

Pada penurunan di atas, kecepatan seragam untuk semua titik
Pada prakteknya hal ini tidak terjadi. Namun demikian hal ini dapat didekati dengan menggunakan koefisien energi dan momentum

$$\alpha = \frac{\int \rho u^3 dA}{\rho V^3 A} \qquad \beta = \frac{\int \rho u^2 dA}{\rho V^2 A}$$

Dengan V adalah kecepatan rata-rata

Persamaan Bernoulli menjadi

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{2g} + z = \text{constant}$$

Persamaan Momentum menjadi

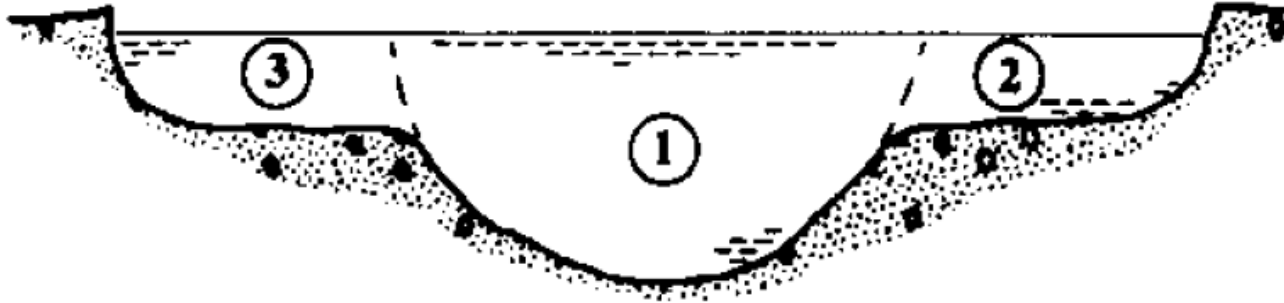
$$F_x = \rho Q \beta (V_{2x} - V_{1x})$$

Nilai α dan β diturunkan dari distribusi kecepatan.

Nilainya >1 yaitu $\alpha = 1,03 - 1,36$ dan $\beta = 1,01 - 1,12$

tetapi untuk aliran turbulen umumnya $\alpha < 1,15$ dan $\beta < 1,05$

Penentuan koefisien energi dan momentum



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

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

Koefisien energi

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

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

$$\alpha = 1.9$$

Nilai yang besar → perlunya digunakan koefisien kecepatan. Pembagian area berdasarkan n Manning mungkin bukan yang terjadi aliran pada saluran yang sebenarnya. Namun demikian masih dapat diterima sejauh pembagian dilakukan dengan hati-hati.

Tugas

- ▶ 4,5 m³/det air mengalir pada sebuah saluran trapezoidal dengan lebar dasar saluran 2,4 m dan slope sisi saluran 1 vertikal dan 4 horizontal. Hitung kedalaman jika $n = 0.012$ dan kemiringan dasar saluran 0,0001.
- ▶ Saluran trapesium dengan lebar dasar 5 m dan kemiringan tebing 1:1, terbuat dari pasangan batu ($n=0,025$). Kemiringan dasar saluran adalah 0,0005. Debit aliran $Q = 10$ m³/det. Hitunglah kedalaman aliran.

Penampang saluran hidrolis terbaik

Beberapa penampang saluran lebih efisien daripada penampang lainnya karena memberikan luas yang lebih besar untuk keliling basah tertentu.

Pada pembangunan saluran seringkali diperlukan penggalan saluran.

Penampang saluran hidrolis terbaik :

- ▶ Penampang yang mempunyai keliling basah terkecil atau ekuivalennya, luas terkecil untuk tipe penampang yang bersangkutan.
- ▶ Memberikan penggalan yang minimum

$$Q = A.V = A. (1/n). (R^{2/3}) . (S^{0,5})$$

$$R = A / P$$

Untuk nilai A, n, dan S yang konstan, debit akan maksimum bila R maksimum.

Saluran segi empat

- ▶ Luas penampang basah

$$A = B \cdot y$$

Keliling basah

$$\begin{aligned} P &= B + 2y \\ &= A/y + 2y \end{aligned}$$

Jari jari hidrolis = A / P

Debit aliran akan maksimum bila jari-jari hidrolis maksimum dan dicapai apabila keliling basah P minimum.

Untuk mendapatkan P minimum diferensial P terhadap y adalah nol.

$$\begin{aligned} dP/dy &= - A/y^2 + 2 = 0 \\ &- B + 2y = 0 \end{aligned}$$

$$B = 2y$$

$$\rightarrow A = 2y^2, P = 4y \quad \text{dan} \quad R = A/P = y/2$$

Saluran trapesium

$$A = y (b + x y) \rightarrow b = A/y - xy = (A - xy^2)/y$$

$$P = b + 2y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$R = A/P$$

$$y (b + xy)$$

= -----

$$b + 2y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$P = (A - xy^2)/y + 2y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$P = (A - xy^2)/y + 2y(1 + x^2)^{1/2}$$

Bila kemiringan tertentu

Nilai P akan minimum apabila $dP/dy = 0$ sehingga

$$dP/dy = -A/y^2 - x + 2(1 + x^2)^{1/2}$$

$$-y(b + xy)/y^2 - x + 2(1 + x^2)^{1/2} = 0 \quad (\text{dikali } y)$$

$$-b - 2xy + 2y(1 + x^2)^{1/2} = 0$$

$$b + 2xy = 2y(1 + x^2)^{1/2}$$

$$B (\text{lebar atas}) = 2y(1 + x^2)^{1/2}$$

Saluran trapesium apabila x (faktor kemiringan) variable

$$A = y (b + x y)$$

$$P = b + 2y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$R = A/P$$

$$y (b + xy)$$

= -----

$$b + 2y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$P = (A - xy^2)/y + 2y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$P = (A - xy^2)/y + 2y(1 + x^2)^{1/2}$$

$$dP/dx = -y + \frac{1}{2} \cdot 2y(1 + x^2)^{-1/2} \cdot 2x$$

$$= -y + 2xy(1 + x^2)^{-1/2} = 0$$

$$y = 2xy(1 + x^2)^{-1/2}$$

$$2x = (1 + x^2)^{1/2}$$

$$4x^2 = (1 + x^2)$$

$$x = 1/\sqrt{3}$$

artinya sudut sisi saluran = 60°

$$P = 2\sqrt{3}y \quad b = (2/3)\sqrt{3}y \quad A = \sqrt{3}y^2$$

$$\text{Sehingga } R = \sqrt{3}y^2 / 2\sqrt{3}y = y/2$$

Saluran trapesium

$$A = y (b + z y)$$

$$b = A/y - z y$$

$$P = b + 2y (1 + z^2)^{0,5}$$

$$= A/y - z y + 2y (1 + z^2)^{0,5}$$

$$dP/dy = - A/y^2 - z + 2 (1 + z^2)^{0,5} = 0$$

$$A = (2 (1 + z^2)^{0,5} - z) \cdot y^2$$

$$(2 (1 + z^2)^{0,5} - z) \cdot y^2$$

$$R \text{ maks} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$A/y - z y + 2y (1 + z^2)^{0,5}$$

$$(2 (1 + z^2)^{0,5} - z) \cdot y^2$$

$$R \text{ maks} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$(2 (1 + z^2)^{0,5} - z) \cdot y^2 / y - z y + 2y (1 + z^2)^{0,5}$$

$$R \text{ maks} = y / 2$$

- ▶ Untuk semua saluran trapesium, penampang hidrolis terbaik diperoleh bila $R = y/2$. Irisan simetrisnya akan merupakan setengah segi enam.
- ▶ Lingkaran mempunyai keliling yang paling kecil untuk sebuah luas tertentu. Sebuah saluran terbuka setengah lingkaran akan membuang lebih banyak air dibandingkan bentuk lain yang manapun (untuk luas, kemiringan dan faktor n yang sama).

Saluran setengah lingkaran

$$A = \frac{1}{2} \pi r^2$$

$$P = \pi r$$

$$R = A/P$$

$$\frac{1}{2} \pi r^2$$

= -----

$$\pi r$$

$$R = r / 2 = y / 2$$

Summary Saluran Hidrolis Terbaik

Penampang melintang	Luas A	Keliling basah, P	Jari2 hidrolis R	Lebar puncak T	Kedalaman hidrolis D	Faktor penampang Z
Trapesium, setengah bagian segi enam	$\sqrt{3} y^2$	$2\sqrt{3} y$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{4}{3}\sqrt{3} y$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{2.5}$
Persegi panjang, setengah bagian bujur sangkar	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}y$	$2y$	y	$2 y^{2.5}$
Segitiga, setengah bagian bujur sangkar	y^2	$2\sqrt{2} y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2} y$	$2y$	$\frac{1}{2}y$	$\sqrt{2}/2y^{2.5}$
Setengah lingkaran	$\pi/2y^2$	πy	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\pi/4y$	$\pi/4 y^{2.5}$
Parabola	$\frac{4}{3}\sqrt{2}y^2$	$\frac{8}{3}\sqrt{2} y$	$\frac{1}{2}y$	$2\sqrt{2} y$	$\frac{2}{3} y$	$\frac{8}{9}\sqrt{3} y^{2.5}$
$T = 2\sqrt{2} y$ Lengkung hidrostatik	$1,40y^2$	$2,9836y$	$0,468y$	$1,918y$	$0,728y$	$1,191 y^{2.5}$

Latihan

- ▶ Hitung saluran ekonomis berbentuk trapesium dengan kemiringan tebing 1 (horizontal) : 2 (vertikal) untuk melewati debit $50 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan kecepatan rerata $1 \text{ m}/\text{det}$. Berapakah kemiringan dasar saluran bila koefisien Chezy $C = 50 \text{ m}^{1/2} / \text{d}$

Luas penampang aliran

$$A = (b + xy) y = (b + 0,5 y) y$$

Luas penampang aliran (dari kontinuitas)

$$A = Q / V = 50 / 1 = 50 \text{ m}^2$$

$$(b + 0,5 y) y = 50 \text{ m}^2$$

Dari saluran ekonomis berbentuk trapesium

$$b + 2 xy = 2 y (1 + x^2)^{1/2}$$

$$b + 2 \cdot \frac{1}{2} y = 2 y (1 + \frac{1}{2}^2)^{1/2} \rightarrow b = 1,24 y$$

Dapat diperoleh

$$y = 5,36 \text{ m}$$

$$b = 6,65 \text{ m}$$

Menghitung kemiringan saluran, untuk tampang ekonomis $R = y / 2 \rightarrow R = 2,68 \text{ m}$

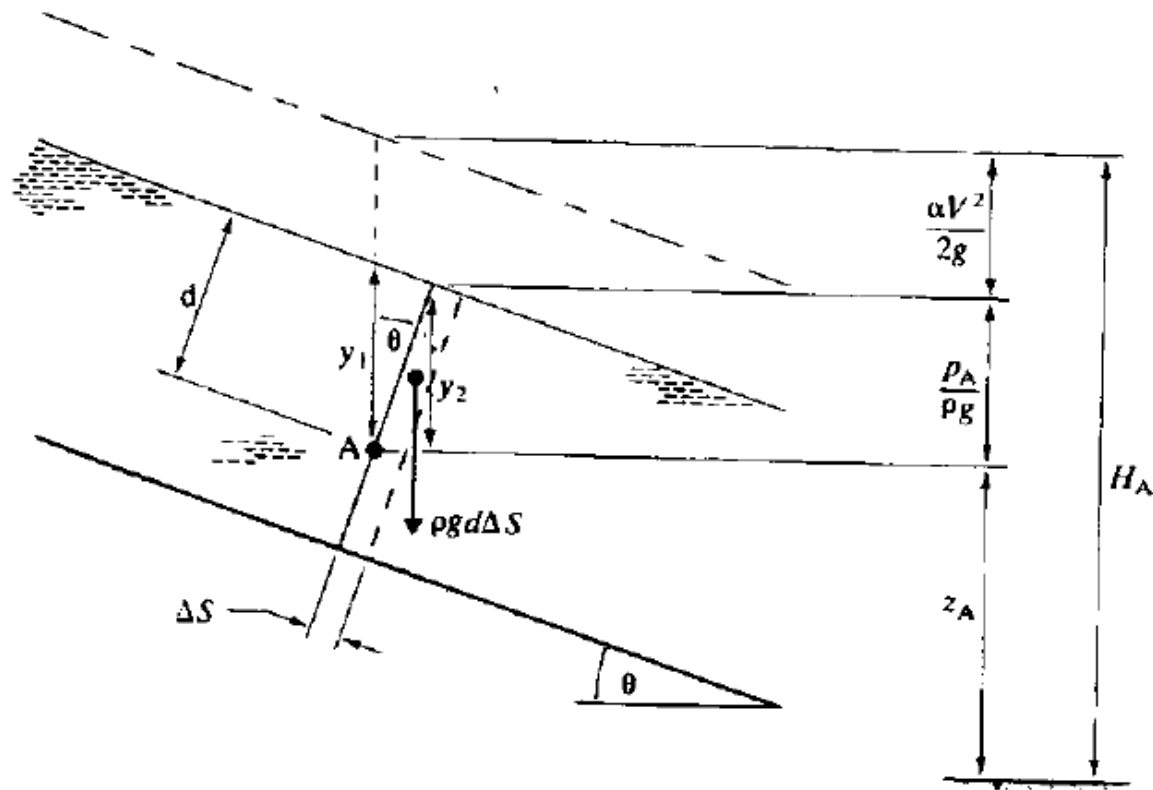
Dari rumus Chezy

$$V = C (R S)^{1/2}$$

$$S = 1 / (50^2 \times 2,68)$$

$$= 0,00015$$

Penggunaan persamaan energi pada aliran berubah cepat



Profil saluran pada aliran seragam

Persamaan Bernoulli

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{2g} + z = \text{constant}$$

Untuk kedalaman aliran d tekanan hidrostatik

$$p_A = \rho g d$$

Ditinjau dari jarak vertikal

$$d = \frac{y_2}{\cos \theta} = y_1 \cos \theta$$

$$y_2 = y_1 \cos^2 \theta$$

Ditinjau dari jarak vertikal

$$p_A = \rho g y_1 \cos^2 \theta$$

$$\frac{p_A}{\rho g} = y_1 \cos^2 \theta$$

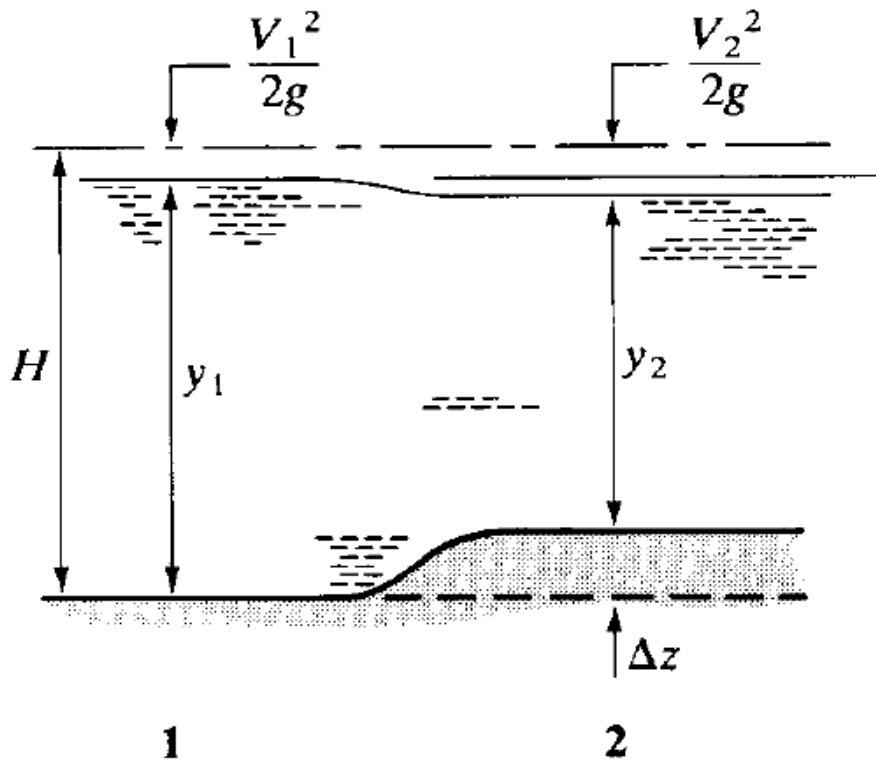
Karena sudut kemiringan kecil

$$\frac{p_A}{\rho g} = y_1$$

Persamaan Bernoulli menjadi

$$y + \frac{\alpha V^2}{2g} + z = H$$

Aliran di atas ambang, penggunaan persamaan Bernoulli



Aliran uniform yang dipengaruhi ambang

Menggunakan persamaan Bernoulli
(asumsi $z_1=z_2$, $\alpha = 1$ saluran persegi)

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta z$$

Dari persamaan kontinuitas

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q$$

Karena saluran berbentuk persegi panjang,

$$V_1 y_1 = V_2 y_2 = \frac{Q}{B} = q$$

q adalah debit persatuan lebar

Karena saluran berbentuk persegi panjang,

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} + \Delta z$$

Sehingga

$$2gy_2^3 + y_2^2 \left(2g\Delta z - 2gy_1 - \frac{q^2}{y_1^2} \right) + q^2 = 0$$

Terdapat tiga kemungkinan penyelesaian. **Susah ya?**

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta z$$

Energi spesifik

Energi aliran dengan dasar saluran sebagai datum

$$E_s = y + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

Untuk aliran tunak (steady) dapat ditulis

$$E_s = y + \frac{\alpha(Q/A)^2}{2g}$$

Untuk saluran persegi dengan lebar b $Q/A = q/y$

$$E_s = y + \frac{\alpha q^2}{2gy^2}$$

$$(E_s - y)y^2 = \frac{\alpha q^2}{2g} = \text{constant}$$

$$(E_s - y) = \frac{\text{constant}}{y^2}$$

Latihan

Sebuah saluran trapezoidal yang memiliki lebar saluran 6 meter dengan kemiringan sisi saluran 1 : 1 mengalirkan 8 m³/det air. Hitunglah energi spesifik air jika kedalaman aliran pada saluran 2 meter.

$$b = 6 \text{ m}$$

$$x = 1$$

$$Q = 8 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$y = 2 \text{ m}$$

Luas penampang aliran

$$A = (6+2) \times 2 = 16 \text{ m}^2$$

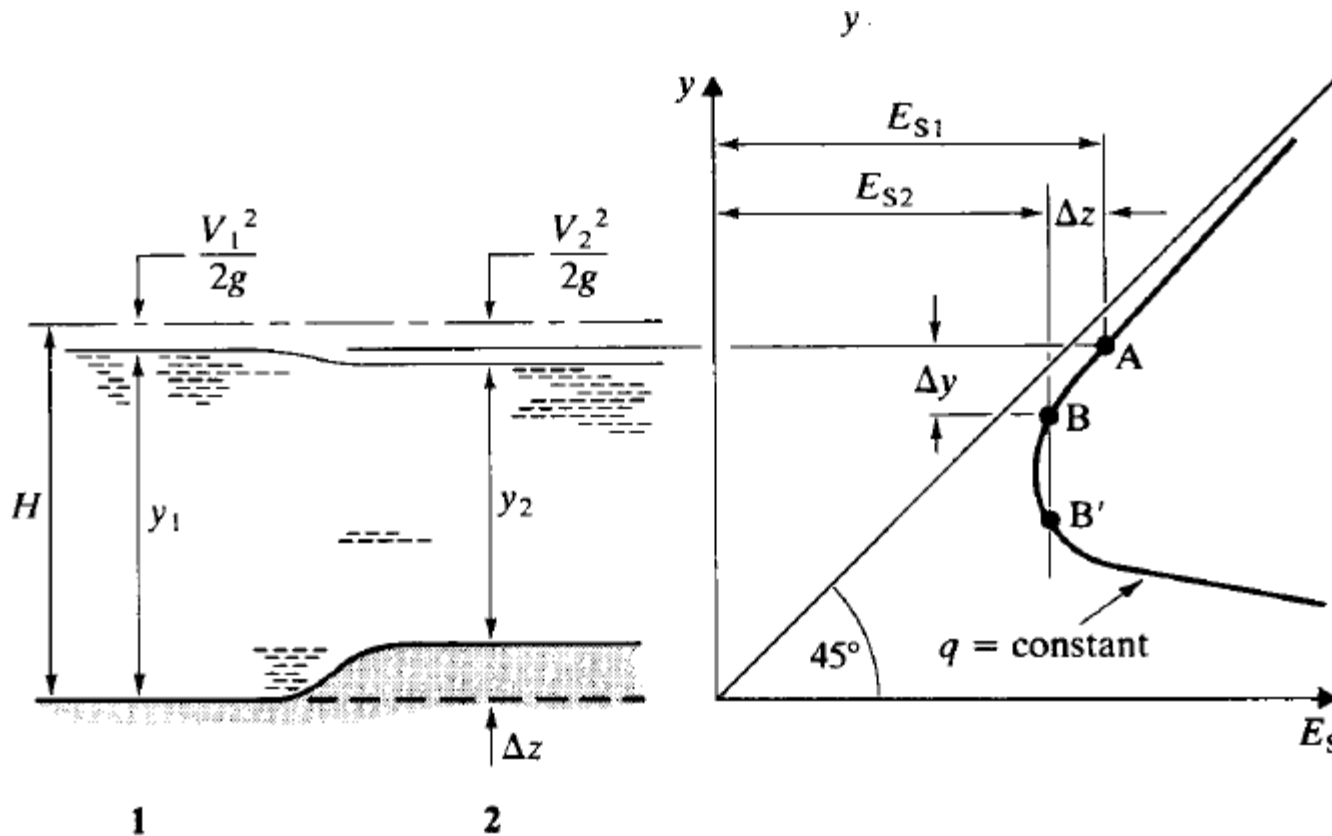
Kecepatan air

$$V = Q/A = 8/16 = 0,5 \text{ m/det}$$

Dari

$$E = 2 + \left(y + \frac{\alpha V^2}{2g} \right) = 2,013 \text{ m}$$

Aliran melalui ambang, tinjauan menggunakan energi spesifik



Aliran di atas ambang dan grafik spesifik energi

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

Latihan

Suatu saluran berbentuk persegi panjang dengan dasar yang datar. Lebar saluran 5 m dan maksimum kedalaman 2 m memiliki aliran $10 \text{ m}^3/\text{det}$. Kedalaman normal 1,25 m. Berapakah kedalaman aliran pada suatu ambang yang memiliki tebal 0,2 m sepanjang 1 m. Asumsikan kehilangan energi akibat friksi tidak terjadi.

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

$$E_{s1} = 1.25 + \frac{\left(\frac{10}{1.25 \times 5}\right)^2}{2g} = 1.38$$

$$E_{s2} = y_2 + \frac{\left(\frac{10}{5 \times y_2}\right)^2}{2g} = y_2 + \frac{0.2039}{y_2^2}$$

$$1.38 = y_2 + \frac{0.2039}{y_2^2} + 0.2$$

$$1.18 = y_2 + \frac{0.2039}{y_2^2} = E_{s2}$$

Diselesaikan melalui trial and error

y_2	E_{s2}
0.9	1.15
1.0	1.2
0.96	1.18

Berarti pada bagian 2 kedalaman aliran adalah 0,96 m di atas ambang 0,2 m. Berarti terdapat penurunan kedalam aliran sebesar 9 cm.