Aliran Dalam Saluran Terbuka

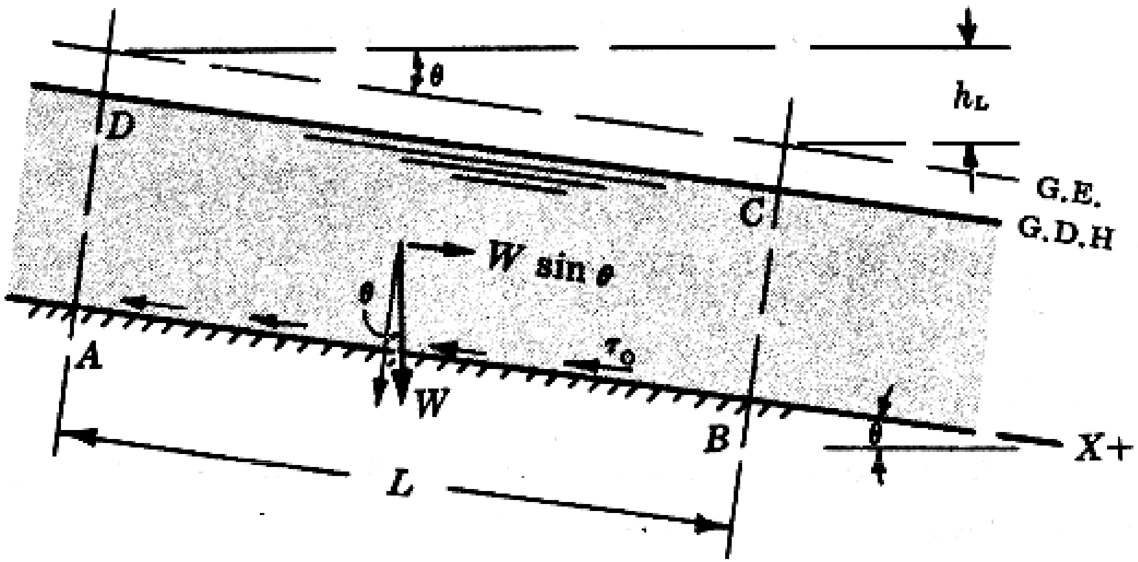
RUMUS KECEPATAN RATA-RATA EMPIRIS

Sulit Untuk Menentukan Tegangan Geser Dan Distribusi Kecepatan Dalam Aliran Turbulen, Maka Digunakan Pendekatan Empiris Untuk Menghitung Kecepatan Rata-rata.

Rumus Empiris Kecepatan Rata-Rata

RUMUS CHEZY

Asumsi aliran permanen, kemiringan saluran kecil, saluran prismatik



gaya pada luas AD – gaya pada luas BC + $W \sin\theta$ – gaya yang menahan = 0

$$\rho g \bar{h} A - \rho g \bar{h} A + \rho g A \overset{(h_L)}{L \sin\theta} - \tau_0 p L = 0$$

di mana τ_0 adalah tegangan geser batas yang bekerja pada suatu luas yang panjangnya L dengan keliling basah yang lebarnya p m. Maka

$$\rho g\bar{h}A - \rho g\bar{h}A + \rho gAL\sin\theta - \underset{(h_L)}{\tau_0 pL} = 0$$

Saluran seragam, tekanan di DA=CB
R=A/P

$\rho gAL\sin\theta = \tau_0 pL$ dan $\tau_0 = (\rho gA\sin\theta)/p = \boxed{\rho gRS}$

$R = A/p$ dan $\sin\theta = \tan\theta = S$ untuk harga-harga θ yang kecil.

$\boxed{\tau_0 = \rho f(V^2/8).}$ Maka

$$\rho gRS = \rho f(V^2/8) \qquad V = \sqrt{(8g/f)RS} = C\sqrt{RS}$$

Untuk aliran *laminer*, f bisa ditentukan sebagai $64/R_E$. Sehingga

$$\boxed{C = \sqrt{(8g/64)R_E} = 1{,}107\sqrt{R_E}}$$

$$C = \frac{23 + \dfrac{0.001\,55}{S} + \dfrac{1}{n}}{1 + \dfrac{n}{\sqrt{R}}\left(23 + \dfrac{0.001\,55}{S}\right)} \quad \text{(Kutter)}$$

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad \text{(Manning)}$$

$$C = \frac{87}{1 + m/\sqrt{R}} \quad \text{(Bazin)}$$

$$C\left(\frac{ft^{1/2}}{s}\right) = -42\log\left(\frac{C}{R_E} + \frac{\varepsilon}{R}\right) \quad \text{(Powell)}$$

V=kecepatan m/det
C=koefisien chezy $m^{1/2}$/det
R=jari-jari hidrolis (m)
S=kemiringan dasar
n=koef kekasaran manning
m=koef kekasaran bahan saluran
υ=kekentalan kinematik

Rumus kecepatan empiris Manning

Robert Manning 1889
Irlandia

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

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

V=kecepatan m/det
C=koefisien chezy $m^{1/2}$/det
R=jari-jari hidrolis (m)
S=kemiringan dasar
n=koef kekasaran manning

Tabel 3.1 *Tipikal harga koefisien kekasaran Manning, n, yang sering digunakan*

No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1.	Beton			
	▪ Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	▪ Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	▪ Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	▪ Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2.	Tanah, lurus dan seragam			
	▪ Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	▪ Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	▪ Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	▪ Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3.	Saluran alam			
	▪ Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	▪ Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	▪ Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,08
	▪ Dataran banjir berumput pendek – tinggi	0,025	0,030	0,035
	▪ Saluran di belukar	0,035	0,050	0,07

Daftar lengkap dapat dilihat dalam Open Channel Hydraulics oleh Ven Te Chow.

TABEL 9

BEBERAPA HARGA RATA-RATA DARI *n* UNTUK PENGGUNAAN DALAM RUMUS KUTTER DAN MANNING DAN *m* DALAM RUMUS BAZIN

Jenis Saluran Terbuka	*n*	*m*
Lapisan semen mulus, kayu datar terbaik	0.010	0.11
Kayu datar, saluran lapisan-kayu baru, besi tuang berlapis	0.012	0.20
Pipa selokan bening yang bagus, tembok-bata yang bagus, pipa beton biasa, kayu tak datar, saluran logam mulus	0.013	0.29
Pipa selokan tanah biasa dan pipa besi tuang, lapisan semen biasa	0.015	0.40
Kanal-kanal tanah, lurus dan terpelihara	0.023	1.54
Kanal-kanal tanah galian, kondisi biasa	0.027	2.36
Kanal-kanal yang dipahat dalam batu	0.040	3.50
Sungai dalam kondisi baik	0.030	3.00

Konstanta Manning Ekivalen

- Asumsi yang banyak dilakukan menganggap penampang melintang saluran mempunyai kekasaran yang sama sepanjang keliling basah.
- Hal itu tidak selalu benar, karena kemungkinan dinding saluran dan dasar saluran dibuat dari material bahan yang berbeda, sehingga angka n Manning dinding dan dasar saluran juga harus berbeda.
- Luas basah $P=P_1+P_2+..P_n$, dengan $n_1,n_2\ldots$dan n_n

Horton dan Einstein (1942) menganggap setiap bagian mempunyai kecepatan rata-rata sama untuk seluruh penampang, yaitu V1=V2=Vn=V, sehingga koefisien Manning ekivalen dapat dihitung

$$n_e = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} P_i \, n_i^{3/2}}{P} \right]^{\frac{2}{3}}$$

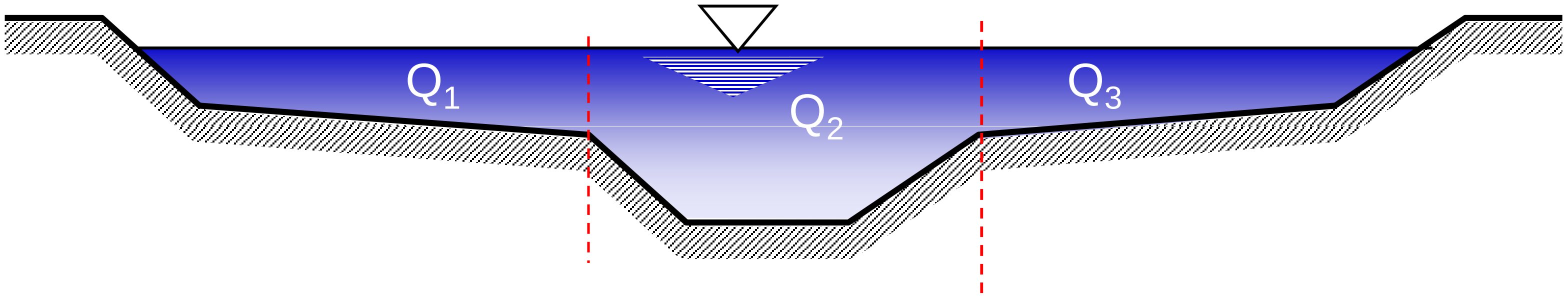
Lotter menganggap bahwa jumlah debit aliran sama dari masing masing bagian luas penampang, sehingga koefisien kekasaran ekivalen dapat dihitung

$$n_e = \frac{PR^{5/3}}{\sum_{i=1}^{N} \left[\frac{P_i R_i^{5/3}}{n_i} \right]}$$

Dimana
Ne=angka kekasaran manning ekivalen
N=jumlah bagian.
Pi=keliling basah.
Ri=jari-jari hidrolis.
Ni=angka kekasaran Manning bagian i

COMPOUND SECTIONAL CHANNEL

Channel with varied roughness but with distinct boundary between corresponding flow areas



$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = \frac{A_1}{n_1}\left(\frac{A_1}{P_1}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} + \frac{A_2}{n_2}\left(\frac{A_2}{P_2}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} + \frac{A_3}{n_3}\left(\frac{A_3}{P_3}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

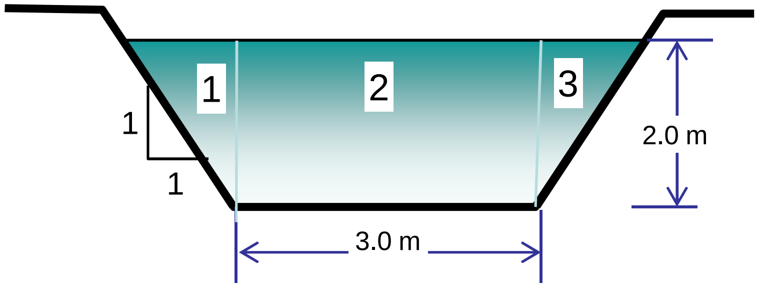
EXERCISES 1

Problem:

A trapezoidal channel with side slopes 1:1 and bed slope 1:1.000 has a 3 m wide bed composed of sand (n = 0.02) and side of concrete (n = 0.014). Estimate the discharge when the depth of flow is 2.0 m.

Solution:

A_1 $(=A_3)$ = 2x2/2 =2.0 m^2	A_2 = 3x2 = 6.0 m^2	A= 10.0 m^2
P_1 $(=P_3)$ $=(4+4)^{0.5}$ = 2.828 m	P_2 = 3.0 m	P = 8.656 m
R_1 $(=r_3)$ = 2/2.828 = 0.7072 m	R_2 = 6/3 = 2.0 m	R = 10/8.656 =1.155 m



EXERCISES 1 (continued)

Horton - Einstein

$$n_e = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} P_i n_i^{\frac{3}{2}}}{P} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$ne = \left[\frac{\overset{Pi}{2(2.282)}x0.014^{\frac{3}{2}} + 3x0.02^{\frac{3}{2}}}{\underset{P}{8.656}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

n_e= 0.0162

$$Q = \frac{\overset{A}{10}}{0.0162} x1.155^{\frac{2}{3}} x0.001^{\frac{1}{2}}$$

Q = 21.49 m^3/dt

Lotter

$$n_e = \frac{PR^{\frac{5}{3}}}{\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{P_i R_i^{\frac{5}{3}}}{n_i} \right)}$$

$$ne = \frac{8.656x1.155^{\frac{5}{3}}}{\left(\frac{2(2.828)0.7072^{\frac{5}{3}}}{0.014} + \frac{3x2^{\frac{5}{2}}}{0.02} \right)}$$

n_e = 0.0157

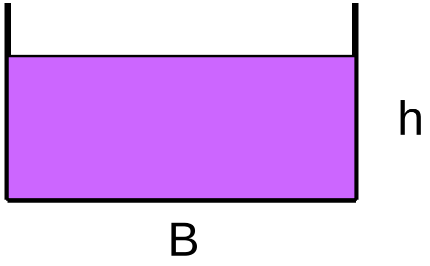
$$Q = \frac{\overset{A}{10}}{0.0157} x1.155^{\frac{2}{3}} x0.001^{\frac{1}{2}}$$

Q = 22.17 m^3/dt

PENAMPANG SALURAN EKONOMIS

Bentuk saluran yang paling ekonmis

Persegi Panjang



$$A = Bxh$$

$$B = \frac{A}{H}$$

$$P = B + 2h$$

$$P = \frac{A}{h} + 2h$$

P minimum

$$\frac{dP}{dh} = -\frac{A}{h^2} + 2 = 0$$

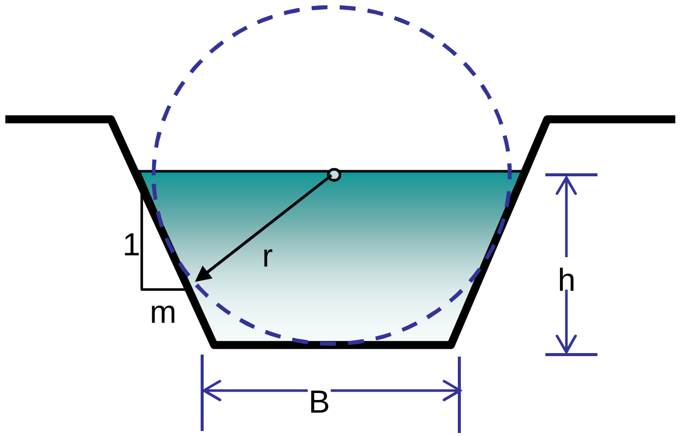
$$A = 2h^2$$

$$Bh = 2h^2 \quad \Rightarrow \quad B = 2h \Rightarrow h = \frac{B}{2}$$

$$Jari - jari\ Hidrolik\ R = \frac{A}{P} = \frac{Bh}{B + 2h}$$

$$R = \frac{2h^2}{2h + 2h} = \frac{h}{2}$$

Trapesium



Luas dan keliling basah

$$A = (B + mh)h$$

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$B = P - 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$A = \left(P - 2h\sqrt{m^2 + 1}\right)h + mh^2$$

$$A = Ph - 2h^2\sqrt{m^2 + 1} + mh^2$$

$$\frac{dA}{dh} = P - 4h\sqrt{m^2 + 1} + 2mh = 0$$

$$P = 4h\sqrt{m^2 + 1} - 2mh$$

$$\frac{dP}{dm} = \frac{1}{2}\left(4h\frac{2m}{\sqrt{m^2 + 1}}\right) - 2h = 0$$

$$\frac{2m}{\sqrt{m^2 + 1}} = 1 \Rightarrow 4m^2 = 1 + m^2 \Rightarrow m = \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$P = \frac{8}{3}h\sqrt{3} - \frac{2}{3}h\sqrt{3} = 2h\sqrt{3}$$

$$B = 2h\sqrt{3} - \frac{4}{3}h\sqrt{3} = \frac{2}{3}h\sqrt{3}$$

$$A = \left(\frac{2}{3}h\sqrt{3} + \frac{1}{3}h\sqrt{3}\right)h = h^2\sqrt{3}$$

Penampang trapesium paling efisien bila m=1/√3

MOST ECONOMICAL
TRIANGULAR CHANNEL SECTION

$$A = h^2 \tan\theta$$

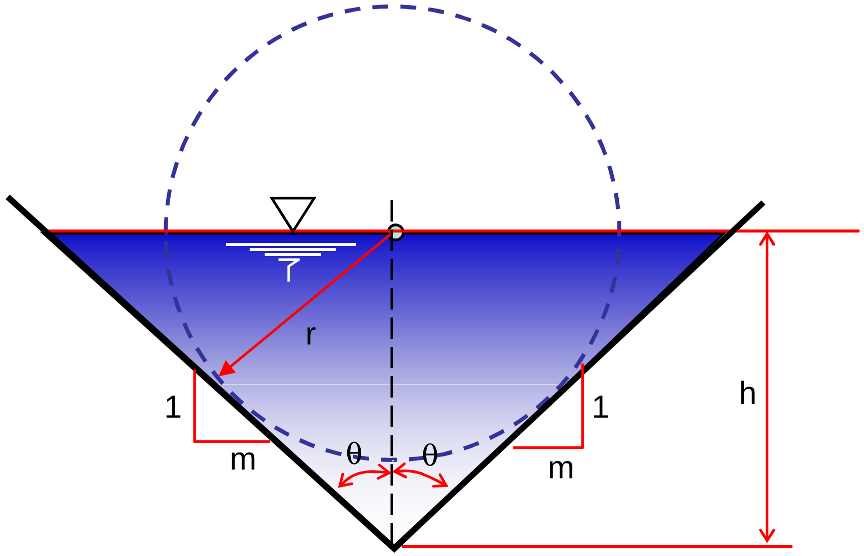
$$P = (2h)\sec\theta \rightarrow \quad h = \sqrt{\frac{A}{\tan\theta}}$$

$$P = \frac{2\sqrt{A}}{\sqrt{\tan\theta}}(\sec\theta)$$

$$\frac{dP}{d\theta} = 2\sqrt{A}\left[\frac{\sec\theta\tan\theta}{\sqrt{\tan\theta}} - \frac{\sec^3\theta}{2(\tan\theta)^{\frac{3}{2}}}\right] = 0$$

$$\sec\theta\left(\tan^2\theta - \sec^2\theta\right) = 0$$

$$2\tan^2\theta - \sec^2\theta = 0 \rightarrow \sqrt{2}\tan\theta = \sec\theta$$



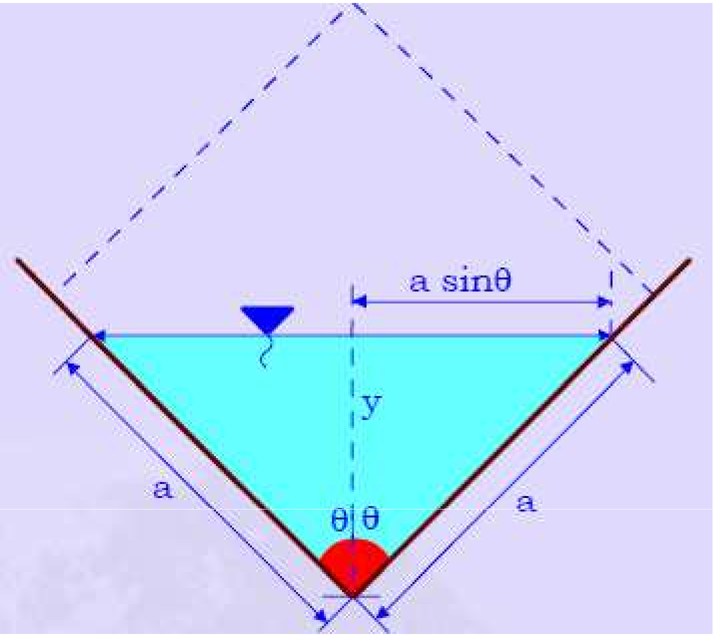
$\theta = 45^o$, or $\quad m = 1.$

MOST ECONOMICAL
TRIANGULAR CHANNEL SECTION

$$Area = ay\sin\theta \quad \left[\because \frac{2a\sin\theta}{2}y = ay\sin\theta\right]$$

$$R = \frac{ay\sin\theta}{2a} = \frac{a\cos\theta\sin\theta}{2} = \frac{a}{4}\sin 2\theta$$

$$\left[\because \frac{y}{a} = \cos\theta\right]$$



$$\frac{dR}{d\theta} = 0, \quad \frac{2a}{4}\cos 2\theta \ = 0$$

$$\therefore \theta = 45^{\circ}$$

$$y = a\cos\theta$$

$$\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta$$

CONTOH KASUS

1. Saluran drainase berbentuk trapesium mengalirkan debit sebesar 10 m^3/det. Kemiringan dasar saluran 1:5000. dinding saluran dilining dengan kekasaran 0,012. Tentukan dimensi saluran yang paling ekonomis

$$\left.\begin{aligned} P &= 2h\sqrt{3} \\ A &= h^2\sqrt{3} \end{aligned}\right\} R = \frac{h}{2}$$

$$B = \frac{2}{3}h\sqrt{3} = 2{,}49 \text{ m.}$$

Dengan menggunakan persamaan Manning,

$$Q = A \times V$$

$$Q = h^2\sqrt{3} \times \frac{1}{n}\left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

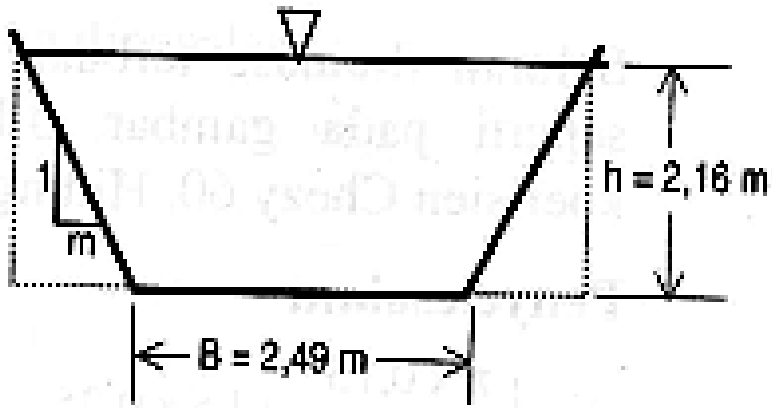
$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{det.};\ n = 0{,}012;\ S = \frac{1}{5.000}$$

$$10 = h^2\sqrt{3} \times \frac{1}{0{,}012}\left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}}\left(\frac{1}{5.000}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$h^{\frac{8}{3}} = 7{,}78$$

$$h = 2{,}16 \text{ m.}$$

H=4.656 m   B=5.37729 m



2. Saluran drainase utama berbentuk trapesium dengan kemiringan dinding m=2, mempunyai kedalaman air 2,5 lebar dasar 5 m, dan koefisien kekasaran manning n=0,025. hitung kemiringan dasar saluran jika debit yang mengalir sebesar 75 m3/det

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

$A = (B+mh)h = (5+2x2)\ 2 = 18\ m^2$

$P = B+2h\ (m^2+1)^{0,5} = 5+2x2(4+1)^{0,5} = 13,94\ m$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{18}{13,94} = 1,291\ m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{75}{18} = 4,17\ m/det.$$

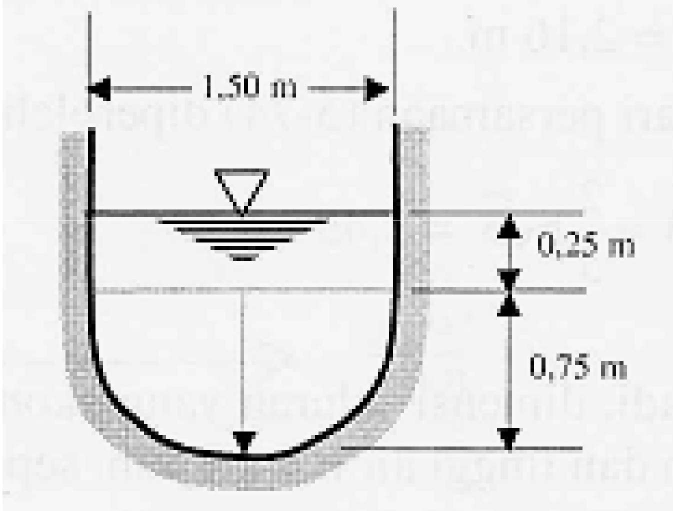
$$4,17 = \frac{1}{0,025} x\ 1,291^{\frac{2}{3}}\ x\ S^{\frac{1}{2}}$$

$S^{1/2} = 0,0879$

Jadi, kemiringan dasar saluran S = 0,0077.

Saluran drainase terbuat dari buis beton dengan bentuk dan ukuran seperti pada gambar. Jika kemiringan dasar saluran 1:2.500, dan koefisien Chezy 60. Hitung debit yang dapat ditampung?

$$A = \left[\frac{\pi \times 0{,}75^2}{2} + 1{,}5 \times 0{,}25\right] = 1{,}258 \text{ m}^2$$



$$P = \pi \times 0{,}75 + 2 \times 0{,}25 = 2{,}856 \text{ m.}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1{,}258}{2{,}856} = 0{,}44 \text{ m.}$$

Rumus Chezy:

$$Q = A \times C\sqrt{RS}$$

$$Q = 1{,}258 \times 60\sqrt{2{,}856 \times \frac{1}{2.500}} = 2{,}43 \text{ m}^3/\text{det.}$$

ENERGI SPESIFIK

- Konsep energi spesifik (E) dikenalkan oleh Bakhmeteff 1912, yaitu tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran. Atau energi persatuan berat (Nm/N) relatif terhadap dasar saluran.
- Energi spesifik E terdiri **dua komponen** yaitu kedalaman h dan tinggi kecepatan $V^2/2g$
- Semakin tinggi nilai h maka kecepatan akan semakin kecil, atau nilai V akan menurun jika kedalaman meningkat

$$\mathrm{E} = \text{kedalaman} + \text{head kecepatan} = h + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

$$\alpha = \text{koefisien coriolis } (1 - 1{,}1)$$

$$\mathrm{E} = \mathrm{h} + \frac{\mathrm{q}^2}{2gh^2}$$

$$(\mathrm{E} - \mathrm{h})\mathrm{h}^2 = \frac{q^2}{2g}$$

$$Eh^2 - h^3 = \text{konstan}, \quad \mathrm{E} - \mathrm{h} = 0, \mathrm{E} = \mathrm{h}$$

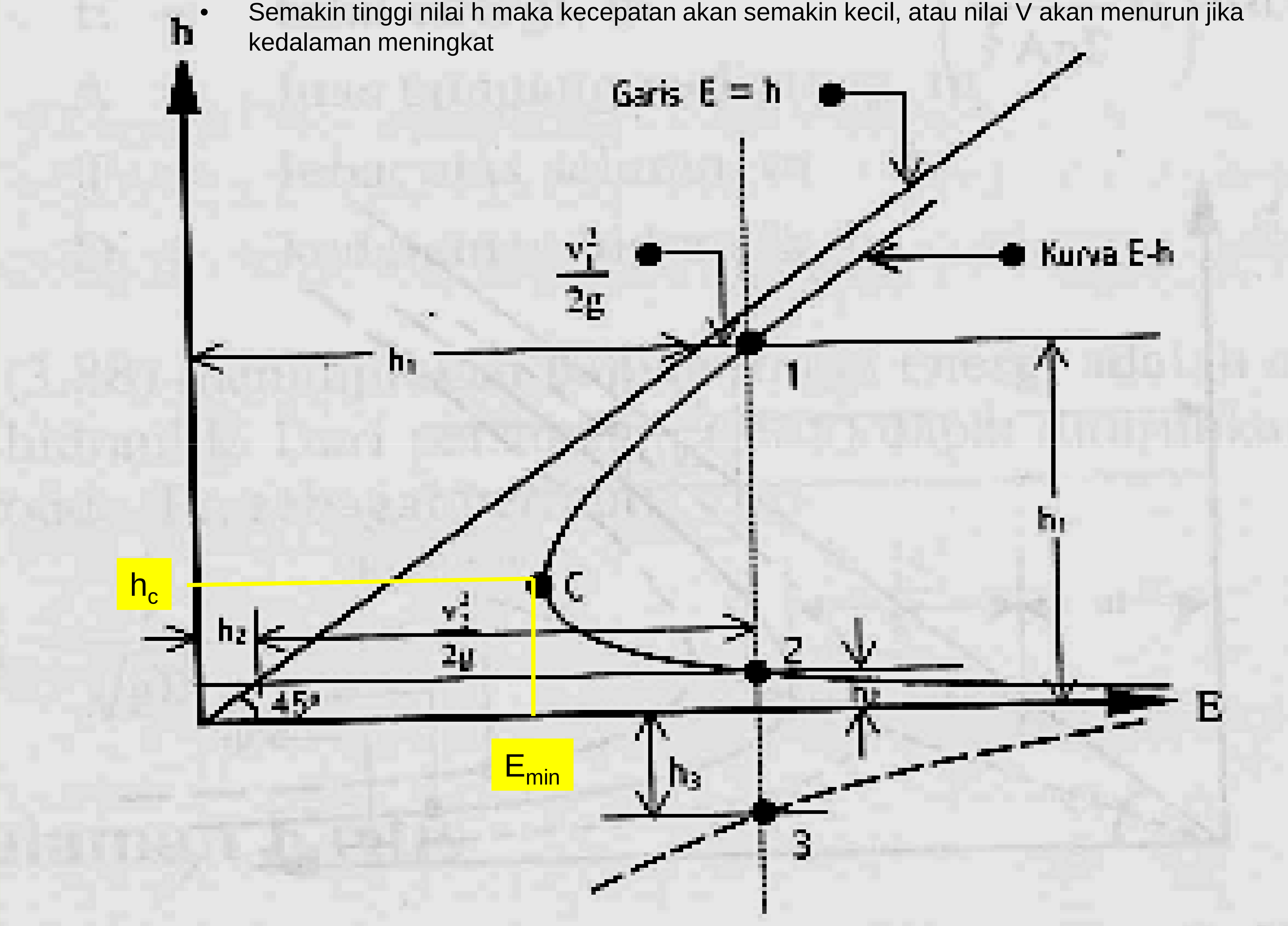
$$Q = AV$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{b.h} = \frac{q}{h}$$

Dalam suku-suku laju aliran q per satuan lebar saluran b (yaitu, $q = Q/b$),

Untuk aliran merata, energi spesifiknya selalu tetap dari bagian ke bagian. Untuk aliran tak merata, energi spesifik di sepanjang saluran bisa naik bisa turun.

- Energi spesifik E terdiri dua komponen yaitu kedalaman h dan tinggi kecepatan $V^2/2g$
- Semakin tinggi nilai h maka kecepatan akan semakin kecil, atau nilai V akan menurun jika kedalaman meningkat



KEDALAMAN KRITIS

Kedalaman kritis (y_c) untuk suatu aliran satuan tetap q dalam saluran segiempat terjadi bila energi spesifiknya minimum.

$$E = h + \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = \frac{q}{h}$$

$$E = h + \frac{q^2}{2gh^2}$$

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{q^2}{gh^3} = 0$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$h_c{}^3 g = q_c{}^2$$

$$h_c{}^3 g = V_c{}^2 h_c{}^2$$

$$h_c g = V_c{}^2$$

$$\frac{V_c{}^2}{2g} = \frac{1}{2} h_c$$

$$E = h + \frac{V^2}{2g}$$

$$E = h + \frac{1}{2} h \Rightarrow h_c + \frac{1}{2} h_c \Rightarrow \frac{3}{2} h_c$$

$$h_c = \frac{2}{3} E_{\min}, \quad atau \quad E_{\min} = \frac{3}{2} h_c$$

kedalaman kritis

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{1}{2} h_c \Rightarrow \frac{V^2}{gh_c} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{V}{\sqrt{gh_c}} = 1 = F$$

Froude number = 1 untuk aliran kritis

h=h_c

KEDALAMAN KRITIS

Kedalaman kritis (y_c) untuk suatu aliran satuan tetap q dalam saluran segiempat terjadi bila energi spesifiknya minimum.

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \frac{2}{3} E_c = \frac{V_c^2}{g}$$

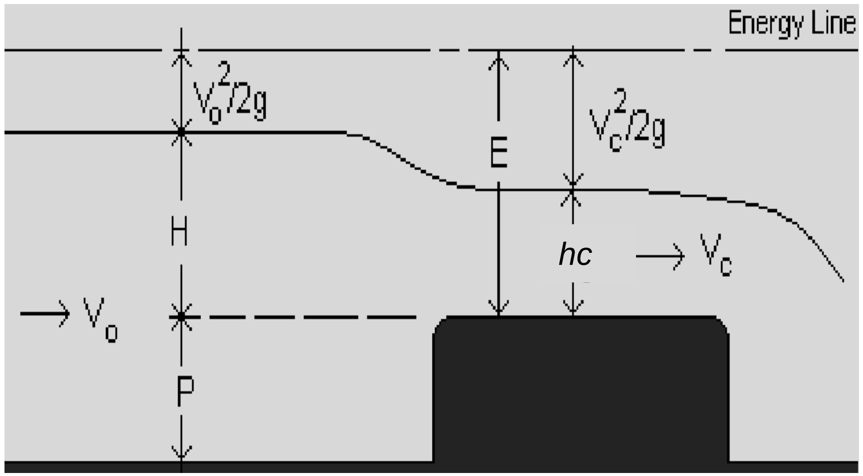
$$h_c = y_c$$

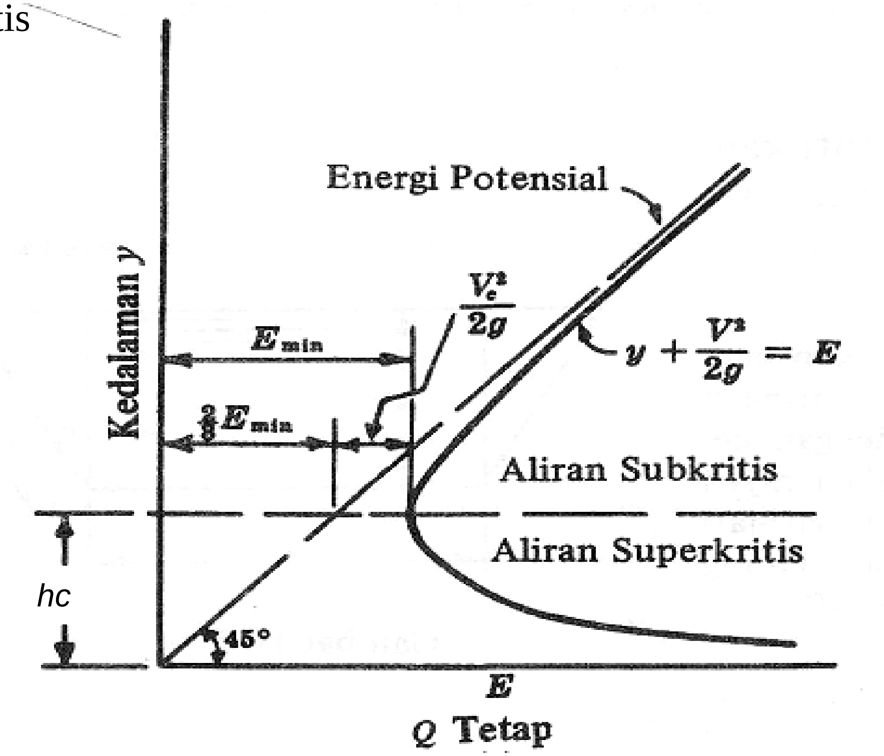
$$V_c = \sqrt{g h_c} \quad atau \quad \frac{V_c}{\sqrt{g h_c}} = 1$$

bila bilangan Froude $N_F = \frac{V_c}{\sqrt{g h_c}} = 1$, tarjadi aliran kritis

bila $N_F > 1$, terjadialir an super kritis (deras).

bila $N_F < 1$, terjadi aliran subkritis (aliran te nang)

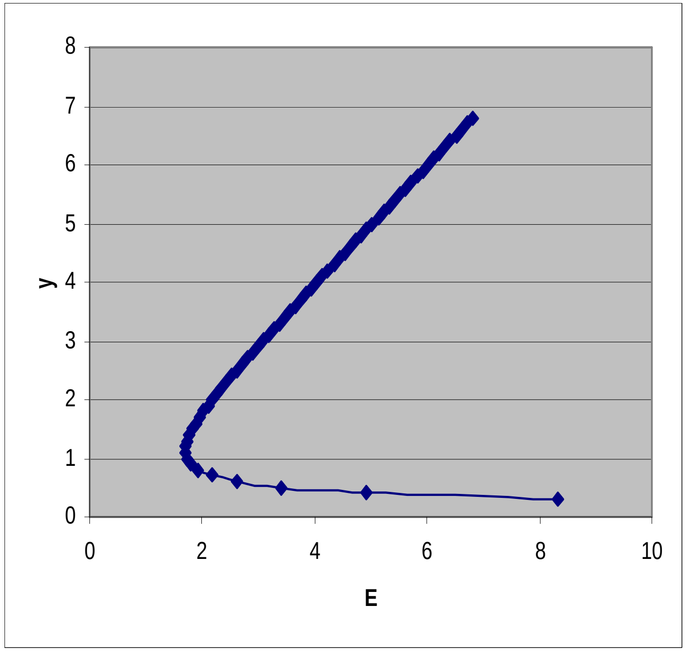




1. Sebuah saluran segi empat lebar 3 m, mengalir debit 11.3 m3/det, tabulasikan kedalaman aliran terhadap energi spesifik untuk kedalaman 0,3 m sampai 2,4 m

$$E = h + \frac{V^2}{2g}$$

$$= h + \frac{(Q/A)^2}{2g}$$



$$h_c = \sqrt[3]{q^2/g} = \sqrt[3]{(11{,}3/3)^2/9{,}81} = 1{,}12\,m.$$

$$E_{\min} = E_c = 3/2h_c = 3/2(1.12) = 1.68\,m.$$

h	b	Q	A	E
0.3	3	11.3	0.9	8.334759
0.4	3	11.3	1.2	4.919552
0.5	3	11.3	1.5	3.392513
0.6	3	11.3	1.8	2.60869
0.7	3	11.3	2.1	2.175772
0.8	3	11.3	2.4	1.929888
0.9	3	11.3	2.7	1.792751
1	3	11.3	3	1.723128
1.1	3	11.3	3.3	1.697627
1.2	3	11.3	3.6	1.702172
1.3	3	11.3	3.9	1.727887
1.4	3	11.3	4.2	1.768943
1.5	3	11.3	4.5	1.82139
1.6	3	11.3	4.8	1.882472
1.7	3	11.3	5.1	1.950217
1.8	3	11.3	5.4	2.023188
1.9	3	11.3	5.7	2.100313
2	3	11.3	6	2.180782
2.1	3	11.3	6.3	2.263975
2.2	3	11.3	6.6	2.349407
2.3	3	11.3	6.9	2.436697
2.4	3	11.3	7.2	2.525543

2. Saluran berbentuk persegi panjang dibangun pada lahan dengan kemiringan 0.005 untuk mengalirkan debit sebesar 25 m3/det. Tentukan lebar saluran bila aliran dalam kondisi aliran kritis. Kekasaran Manning 0,02

Lebar dasar saluran (B)

$$q = \frac{Q}{B} = \frac{25}{B}$$

Kedalaman kritis penampang persegi

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{25^2}{Bx\,9{,}81}} = \frac{3{,}99}{B^{\frac{2}{3}}}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \;,$$

$$V = \frac{Q}{A},\; P = B + 2h_c,\; A = Bh_c,\; R = A/P$$

$$\frac{25}{Bh_c} = \frac{1}{0{,}02}\left(\frac{Bh_c}{B+2h_c}\right)^{2/3} (0{,}005)^{1/2}$$

$$\frac{25}{B\dfrac{3{,}99}{B^{2/3}}} = \frac{(0{,}005)^{1/2}}{0{,}02}\left(\frac{B\dfrac{3{,}99}{B^{2/3}}}{B + 2\dfrac{3{,}99}{B^{2/3}}}\right)^{2/3}$$

$$\frac{25}{3{,}99B^{1/3}} = \frac{(0{,}005)^{1/2}}{0{,}02}\left(\frac{3{,}99B^{1/3}}{B + \dfrac{7{,}98}{B^{2/3}}}\right)^{2/3}$$

Dengan trial and error diperoleh
B=12,10 m
Hc=0,76 m

Aliran seragam subkritis mempunyai kedalaman 5 m mengalir pada saluran persegi dengan lebar 10 m. Angka kekasaran Manning, n = 0,015, dan kemiringan dasar saluran 1/1000.

a). Hitung peninggian dasar saluran supaya terjadi aliran kritis?

b). Hitung lebar maksimum supaya terjadi aliran kritis?

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

$$A = 10x5 = 50\,m^2$$

$$P = 2x5 + 10 = 20\,m^2$$

$$R = A/P = 50/20 = 2{,}5\,m$$

$$Q = 50 \times \frac{1}{0{,}015} \times 2{,}5^{\frac{2}{3}} \times 0{,}001^{\frac{1}{2}} = 194 \text{ m3/dt.}$$

Hitung energi spesifik

$$Es = h_o + \frac{Q^2}{2gA^2}, \qquad Es = 5 + \frac{194^2}{2 \times 9{,}81 \times 50^2} = 5{,}77 \text{ m.}$$

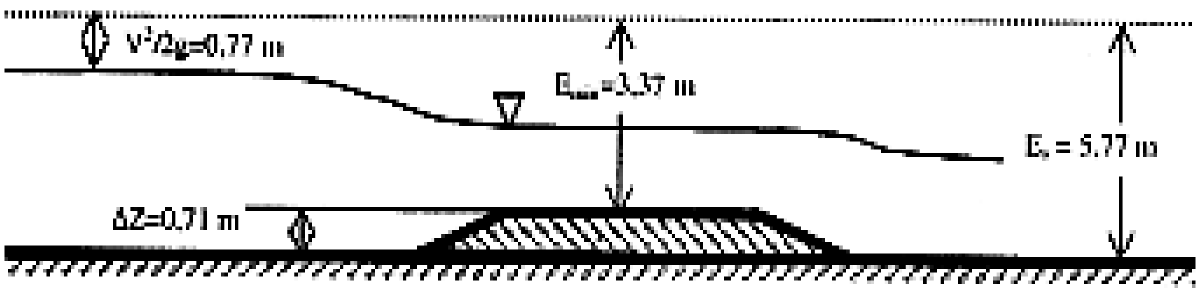
$$E_{min} = 3/2\ h_{cr}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{194}{10}\right)^2}{9{,}81}} = 3{,}37 \text{ m}$$

$$E_{min} = 1{,}5 \times 3{,}37 = 5{,}06 \text{ m.}$$

Peninggian dasar saluran adalah:

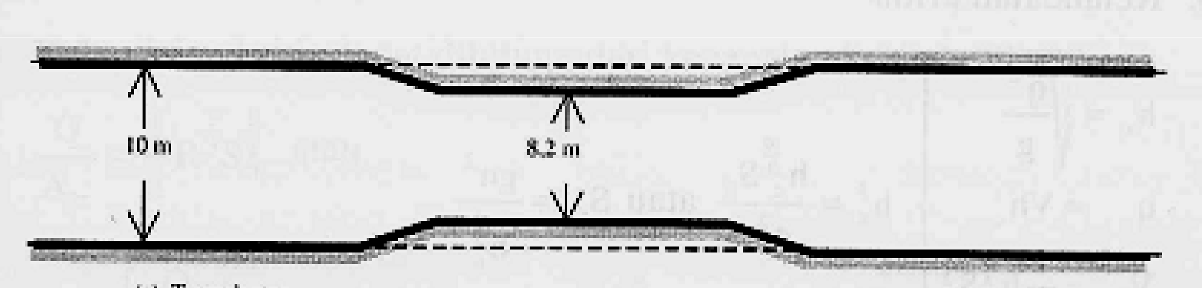
$$\Delta Z = Es - E_{min} = 5{,}77 - 5{,}06 = 0{,}71 \text{ m.}$$



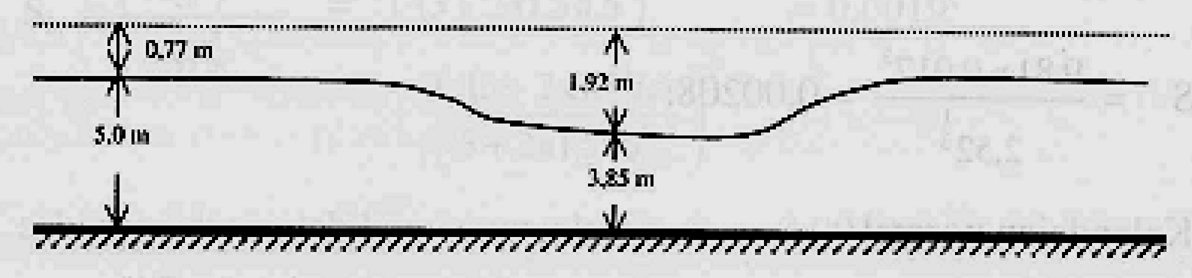
Diasumsikan tidak ada kehilangan energi sepanjang segmen saluran yang ditinjau, dengan demikian tidak terjadi perubahan tinggi energi, $E_{min} = E$.

$$h_{cr} = 2/3\ E_{min}$$
$$= 2/3 \times 5,77 = 3,85 \text{ m.}$$

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \text{ atau } h_{cr}^3 = \frac{\left(\frac{Q}{B}\right)^2}{g};\ B^2 = \frac{194^2}{3,85^3 \times 9,81} \rightarrow B = 8,20 \text{ m.}$$



(a). Tampak atas



(b). Tampak samping

Debit sebesar 500 m^3/dt mengalir pada sungai dengan penampang berbentuk persegi panjang dengan lebar 40 meter dan kedalaman 4 meter. Selidiki aliran yang terjadi apakah sub kritis, kritis, atau super kritis jika angka kekasaran Manning n = 0,017.

a) Hitung kedalaman kritis?

b) Hitung kelandaian kritis?

c) Hitung kelandaian untuk kedalaman normal 4 meter, sehingga alirannya seragam?

a). Kedalaman kritis:

$$q = \frac{Q}{B},\ q = \frac{500}{40} = 12{,}5\ m^2/\text{detik}.$$

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{12{,}5^2}{9{,}81}} = 2{,}52\ m.$$

Karena kedalaman air (4 meter) lebih besar daripada kedalaman air kritis (2,52 m), maka alirannya adalah aliran subkritis.

Kelandaian Kritis

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$q = Vh_c$$

$$V = \frac{1}{n} h_c^{2/3} S_c^{1/2}$$

$$h_c^3 = \frac{q^2}{g} = \frac{(Vh_c)^2}{g} = \frac{\left(\frac{1}{n} h_c^{2/3} S^{1/2}\right)^2 h_c^2}{g}$$

$$S_c = \frac{gn^2}{h_c^{1/3}} = \frac{9{,}81x0{,}017^2}{2{,}52^{1/3}} = 0{,}00208$$

Kelandaian Normal

$$S = \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{4/3}} = \frac{500^2\, x0{,}017^2}{(40x4)^2\, x\left(\frac{40x4}{40 + 2x4}\right)^{4/3}} = 0{,}00057$$

Untuk energi spesifik tetap sebesar 2 m, berapakah aliran maksimum yang bisa terjadi dalam sebuah saluran segiempat yang lebarnya 3 m?

Kedalaman kritis $y_c = \frac{2}{3}E = \frac{2}{3}(2.0) = 1.33$ m.

Kecepatan kritis $V_c = \sqrt{g y_c} = \sqrt{9.81 \times 1.33} = 3.61$ m/dtk dan

Q maksimum $= AV = (3 \times 1.33)(3.61) = 14.4$ m^3/dtk

$$q_{max}^2 = g y_c^3$$
$$y_c^2 v_c^2 = g y_c^3$$
$$v_c = \sqrt{g y_c}$$

$$q_{max} = \sqrt{g y_c^3}$$

Q maksimum $= b q_{max} = 3.0\sqrt{9.81(1.33)^3} = 14.41$ m^3/dtk