

SOAL-PENYELESAIAN

DEGRADASI-AGRADASI DASAR SUNGAI

Soal Penyelesaian di bawah ini dicuplik dari buku: Graf and Altinakar, 1998, *Fluvial Hydraulics*: Chapter 6, pp. 358-370, J. Wiley and Sons, Ltd., Sussex, England.

SOAL A

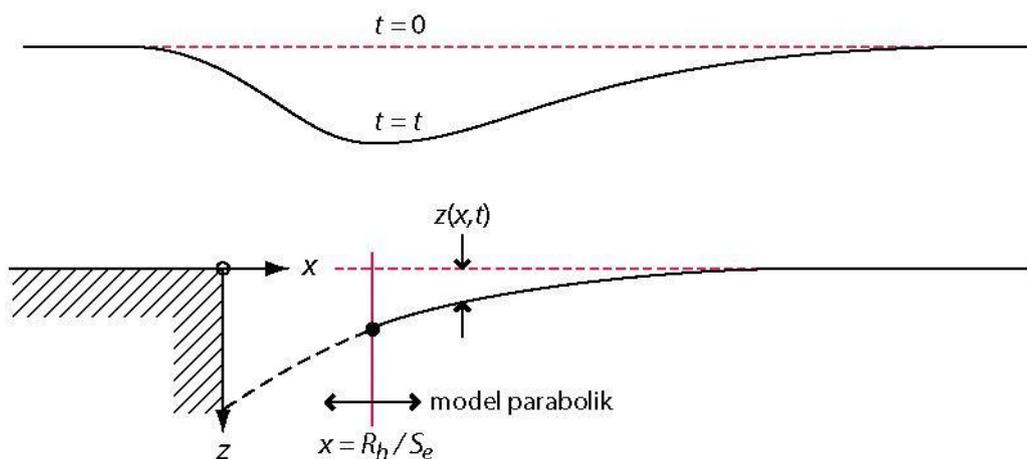
Suatu sungai (tampang dianggap berbentuk segiempat) dengan lebar $B = 5$ m. Di suatu tempat di sungai tsb, terdapat dasar sungai yang berupa *fixed bed* dan dianggap tidak ada transpor sedimen di ruas ini. Di sisi hilir setelah bagian *fixed bed* tersebut, ruas sungai berupa *erodible bed* dengan material dasar sungai yang memiliki diameter rata-rata $d_{50} = 1$ mm, rapat massa relatif $s_s = 2.6$, dan porositas $p = 0.3$. Debit aliran adalah $Q = 15$ m³/s dan kedalaman aliran $h = 2.2$ m. Keduanya dianggap tetap.

Pengamatan menunjukkan bahwa degradasi dasar sungai telah terjadi, yang berawal di pertemuan antara bagian *fixed* dengan bagian *erodible bed*. Perkirakanlah waktu yang dibutuhkan sampai terjadi degradasi dasar sungai sebesar $\Delta z/\Delta h = 0.4$ di titik yang berada sejauh $L = 6R_h/S_e$. Gambarkanlah profil dasar sungai pada keadaan ini. Tunjukkanlah grafik variasi dasar sungai sebagai fungsi waktu di pertemuan tersebut.

Apabila di suatu stasiun yang berada 90 km ke arah hilir terdapat titik kontrol dengan dasar sungai tetap (*fixed bed*), perkirakanlah profil dasar sungai yang akan terjadi.

PENYELESAIAN

Permasalahan degradasi dasar sungai dalam soal di atas dapat dideskripsikan melalui sketsa pada Gambar 1 di bawah ini.



GAMBAR 1: SKETSA PERMASALAHAN

DISKRIPSI MATEMATIS

Kedalaman degradasi dasar sungai dapat dihitung dengan model parabolik apabila aliran dianggap permanen dan seragam (semu). Model parabolik didasarkan pada penyelesaian persamaan:

$$\frac{\partial z}{\partial t} - K \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0 \quad (1)$$

Dalam permasalahan degradasi seperti soal di atas, sumbu x mengikuti dasar sungai awal dan positif ke arah hilir. Sumbu z menunjukkan variasi dasar sungai dan positif ke arah bawah. Perlu diingat bahwa model parabolik berlaku untuk Angka Froude $Fr < 0.6$ dan jarak $x > 3R_h/S_e$.

Syarat awal dan syarat batas pada Pers. (1) di atas adalah:

$$z(x,0) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} z(x,t) = 0, \quad z(0,t) = \Delta h(t) \quad (2)$$

Penyelesaian Pers. (1) dengan syarat awal dan syarat batas menurut Pers. (2) adalah:

$$z(x,t) = \Delta h \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right) \quad (3)$$

HITUNGAN ALIRAN

Dengan anggapan aliran seragam, maka Persamaan Manning-Strickler berikut dapat dipakai untuk menghitung kemiringan garis energi, S_e .

$$U = Q/Bh = K_s R_h^{2/3} S_e^{1/2} \quad (4)$$

dalam hal ini

$$\begin{aligned} K_s &= 21.1/d_{50}^{1/6} = 66.7 \text{ m}^{1/3}/\text{s}; \\ h &= 2.2 \text{ m}, \quad B = 5 \text{ m}, \quad R_h = 1.17 \text{ m}, \\ Q &= 15 \text{ m}^3/\text{s}, \quad q = Q/B = 3 \text{ m}^2/\text{s}, \quad U = q/h = 1.36 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

Dengan demikian, kemiringan garis energi pada aliran seragam tersebut adalah $S_e = 3.4 \times 10^{-4}$ dan Angka Froude $Fr = 0.29 (< 0.6)$, sehingga memenuhi syarat berlaku model parabolik).

HITUNGAN TRANSPOR SEDIMEN

Debit sedimen, $q_s = C_s U h$, dihitung dengan Persamaan Graf:

$$\frac{C_s U R_h}{\sqrt{[(\rho_s - \rho)/\rho] g d_{50}^3}} = 10.39 \left\{ \frac{[(\rho_s - \rho)/\rho] d_{50}}{S_o R_h} \right\}^{-2.52} \quad (5)$$

Dalam persamaan tersebut,

$$\begin{aligned} (\rho_s - \rho)/\rho &= 1.6, \quad d_{50} = 1 \text{ mm}, \quad S_o \cong S_e = 3.4 \times 10^{-4} \\ C_s U R_h &= 3.9 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Dengan demikian, debit sedimen adalah:

$$C_s U R_h \frac{h}{R_h} = 3.9 \times 10^{-5} \frac{2.2}{1.17} = 7.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

KOEFISIEN DIFUSI

$$K_o \equiv K = \frac{1}{3} b_s q_s \frac{1}{1-p} \frac{1}{S_e^0} \quad (6)$$

Di dalam persamaan tersebut,

$$S_e^0 = 3.4 \times 10^{-4}, (1-p) = 0.7, b_s = 2 \times 2.52 \cong 5 (\beta = 2.52)$$

Dengan demikian koefisien difusi adalah $K = 0.511 \text{ m}^2/\text{s}$.

WAKTU S.D. PENCAPAIAN DEGRADASI $Z = 0.4 \Delta H$

Jangka waktu proses degradasi dari awal s.d. $z/\Delta h = 0.4$ dapat diperkirakan dengan memakai Pers. (3).

$$\frac{z(x,t)}{\Delta h} = \text{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right) = 0.4 \quad \Rightarrow \quad \text{erfc}(Y) = 0.4$$

Soal yang harus diselesaikan, dengan demikian, adalah mencari 'kebalikan erfc' (anti-erfc?), yaitu mencari nilai Y sedemikian hingga *complementary error function* nilai Y adalah 0.4. Nilai Y tersebut dapat ditemukan dengan mudah dalam tabel erfc. Apabila tabel erfc tidak tersedia, fasilitas perintah "ERFC(...)" dan "Goal Seek" yang ada didalam MSExcel dapat pula dipakai dengan langkah hitungan sebagai berikut.

- 1) Masukkan sembarang nilai numerik di cell A1, misal 1.
- 2) Masukkan fungsi erfc nilai tersebut di cell B1 dengan menulis =ERFC(A1) di cell B1.
- 3) Cell B1 akan berisi nilai 0.157299, yaitu nilai erfc(1).
- 4) Aktifkan **Goal Seek** dan lakukan pengisian data berikut ini pada window yang muncul.
 - a) Set cell: B1.
 - b) To value: 0.4.
 - c) By changing cell: A1.
- 5) Setelah beberapa saat nilai-nilai di cell A1 dan B1 akan berubah menjadi 0.595133 di cell A1 dan 0.3999986 di cell B1.
- 6) Nilai 0.595133 ($\cong 0.6$) adalah nilai yang dicari, jadi $\text{erfc}(0.6) = 0.4$.

Dengan demikian, waktu antara proses awal degradasi sampai dengan dicapainya elevasi dasar sungai $z = 0.4\Delta h$ adalah:

$$Y \cong 0.6 = \left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right) \quad \Rightarrow \quad t \cong \frac{x^2}{4Y^2K} \cong \frac{x^2}{1.44K}$$

Di titik $x \equiv L = 6R_h/S_e = 20.73 \text{ km}$, elevasi dasar sungai $z = 0.4\Delta h$ dicapai pada waktu:

$$t = \frac{(20.73 \times 10^3)^2}{1.44 \times 0.511} = 5.93 \times 10^8 \text{ s} \cong 19 \text{ tahun}$$

Kedalaman degradasi, Δh , pada waktu $t = 19$ tahun tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\Delta h = \frac{q_s \cdot \Delta t}{1.13(1-p)\sqrt{Kt}} = \frac{(7.3 \times 10^{-5}) \cdot (5.93 \times 10^8)}{(1.13) \cdot (1-0.3) \cdot \sqrt{(0.511) \cdot (5.93 \times 10^8)}} = 3.11 \text{ m}$$

Dengan demikian $z = 0.4\Delta h = 1.23 \text{ m}$.

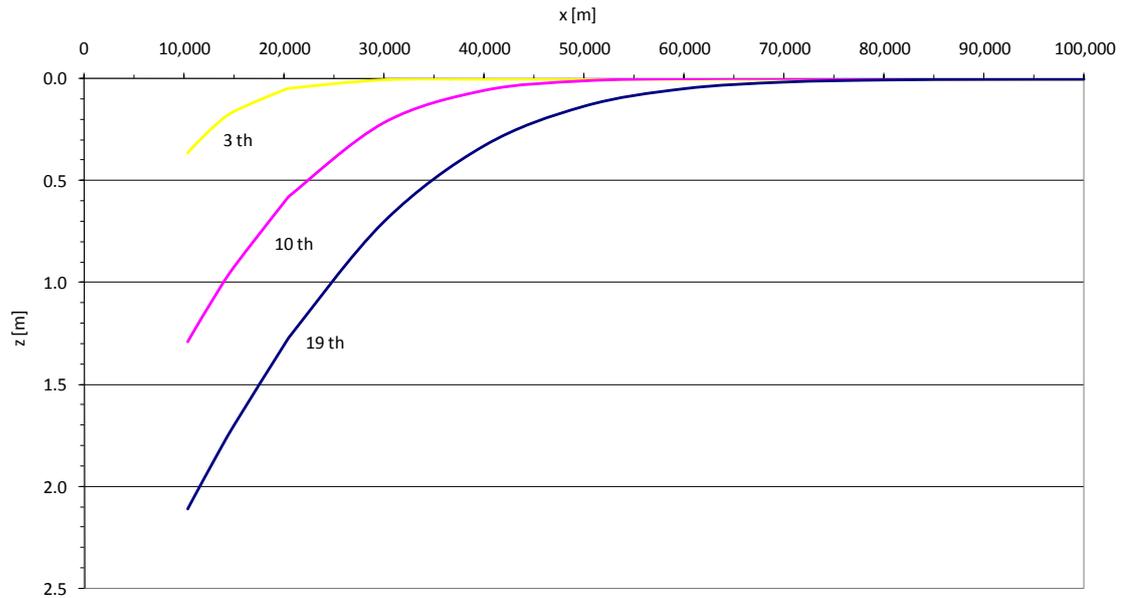
PROFIL DASAR SUNGAI

Untuk menggambarkan profil dasar sungai pada saat $t = 19$ tahun, perlu dihitung elevasi dasar sungai di beberapa titik di sepanjang ruas sungai, $z(x, t = 19 \text{ tahun})$. Fasilitas spreadsheet MScExcel sangat membantu dalam hitungan ini, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Perlu diingat bahwa metode hitungan yang dipakai dalam penyelesaian soal hanya berlaku pada jarak $x > 3R_h/S_e$; kurang daripada jarak tersebut, hasil hitungan hanya menunjukkan profil dasar sungai secara kasar. Pada Tabel 1, ditunjukkan pula jarak x yang dinyatakan dalam besaran tak berdimensi, $x.S_e/R_h$. Tampak bahwa degradasi pada jarak $6R_h/S_e$ ($x.S_e/R_h = 6$) adalah $z/\Delta h \cong 0.4$.

Penggambaran profil dasar sungai dapat dilakukan tanpa kesulitan dengan memakai fasilitas pembuatan *chart* yang ada dalam MScExcel. Gambar profil tersebut disajikan pada Gambar 2. Ditambahkan pula pada Gambar 2, profil dasar sungai pada saat $t = 3$ dan 10 tahun; hitungan elevasi dasar sungai pada kedua waktu t ini dilakukan dengan cara yang sama dengan hitungan pada $t = 19$ tahun seperti disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1: HITUNGAN PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 19 TAHUN

x [m]	$x.S_e / R_h$ [-]	$Y = x / \{2 (K t)^{1/2}\}$ [-]	$z / \Delta h = \text{erfc}(Y)$ [-]	z [m]
10000	2.89	0.2871	0.6847	2.145
10365	3.00	0.2976	0.6739	2.111
11000	3.18	0.3158	0.6552	2.052
13000	3.76	0.3732	0.5976	1.872
15000	4.34	0.4306	0.5425	1.699
20000	5.79	0.5742	0.4168	1.305
20730	6.00	0.5951	0.4000	1.253
30000	8.68	0.8613	0.2232	0.699
40000	11.58	1.1483	0.1044	0.327
50000	14.47	1.4354	0.0424	0.133
60000	17.37	1.7225	0.0149	0.047
70000	20.26	2.0096	0.0045	0.014
80000	23.15	2.2967	0.0012	0.004
90000	26.05	2.5838	0.0003	0.001
100000	28.94	2.8709	0.0005	0.000



GAMBAR 2: PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 3, 10, DAN 19 TAHUN

VARIASI DASAR SUNGAI TERHADAP WAKTU

Variasi elevasi dasar sungai terhadap waktu di titik $x = L = 6R_h/S_e = 20.73$ km dihitung dengan persamaan berikut.

$$z(x = 20.73 \times 10^3, t) = \Delta \operatorname{herfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}}\right) = \Delta \operatorname{herfc}\left(\frac{20730}{2\sqrt{0.511 \cdot t}}\right)$$

dalam hal ini Δh merupakan fungsi waktu, $\Delta h(t)$, dan dihitung dengan persamaan:

$$\Delta h(t) = \frac{q_s \cdot \Delta t}{1.13(1-p)\sqrt{K \Delta t}}$$

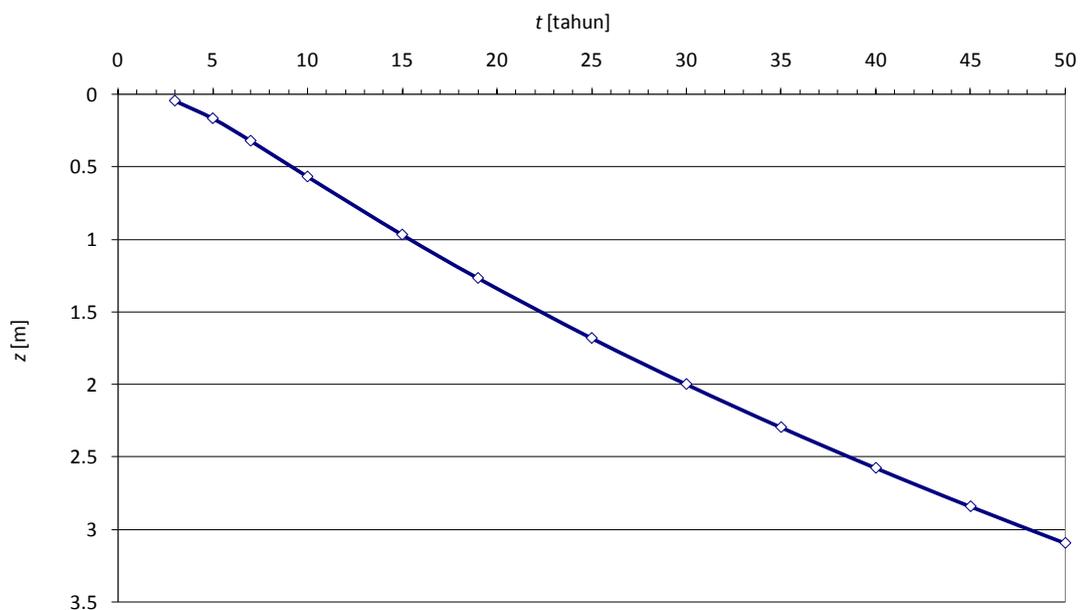
Dengan berbagai nilai waktu, Δt , maka variasi dasar sungai dapat dihitung. Tabel 2 menyajikan hitungan tersebut. Hitungan dapat dilakukan dengan spreadsheet dalam MSExcel. Grafik variasi dasar sungai terhadap waktu disajikan pada Gambar 3.

Perlu diingat bahwa metode hitungan tersebut berlaku hanya pada waktu:

$$t > \frac{40 R_h^2}{30 S_e q_s} = \frac{40}{30} \frac{1.17^2}{3.4 \times 10^{-4}} \frac{1}{7.3 \times 10^{-5}} = 7.4 \times 10^7 \text{ s} = 2.35 \text{ tahun.}$$

TABEL 2: HITUNGAN VARIASI DASAR SUNGAI DI STASIUN $L = 20.73$ KM

t [tahun]	t [s]	$Y = L / \{2 (K t)^{1/2}\}$ [-]	$z / \Delta h = \text{erfc}(Y)$ [-]	$\Delta h = q_s \Delta t / \{1,13 (1-p) (K t)^{1/2}\}$ [-]	$z = \Delta h \text{erfc}(Y)$ [m]
3	94608000	1.49080	0.03500	1.25037	0.044
5	157680000	1.15477	0.10245	1.61422	0.165
7	220752000	0.97596	0.16752	1.90997	0.320
10	315360000	0.81655	0.24818	2.28285	0.567
15	473040000	0.66671	0.34575	2.79591	0.967
19	599184000	0.59239	0.40217	3.14670	1.265
25	788400000	0.51643	0.46518	3.60951	1.679
30	946080000	0.47143	0.50496	3.95402	1.997
35	1103760000	0.43646	0.53707	4.27083	2.294
40	1261440000	0.40827	0.56368	4.56571	2.574
45	1419120000	0.38492	0.58619	4.84266	2.839
50	1576800000	0.36517	0.60555	5.10461	3.091



GAMBAR 3: GRAFIK VARIASI DASAR SUNGAI TERHADAP WAKTU DI STASIUN $L = 20.73$ KM

PROFIL DASAR SUNGAI AKHIR

Dengan pembatasan panjang ruas sungai yang dapat tererosi, 90 km, maka profil dasar sungai akhir dapat diperkirakan. Dalam hal ini, dianggap bahwa pada jarak $x = 90$ km tersebut, erosi sangat kecil dengan nilai $z = 0.01\Delta h$. Pada kondisi ini, didapat persamaan:

$$\frac{z(x = 90 \times 10^3, t)}{\Delta h} = 0.01 = \text{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}}\right) = \text{erfc}(Y)$$

Untuk mencari nilai Y , dipakai fasilitas **erfc(...)** dan **Goal Seek** dalam MExcel. Operasi tersebut memberikan hasil $Y = 1.82$, sehingga:

$$Y = 1.82 = \frac{x}{2\sqrt{Kt}} \Rightarrow t = \frac{x^2}{4Y^2K} \cong \frac{x^2}{13.25K}$$

Dengan nilai $K = 0.511 \text{ m}^2/\text{s}$, maka didapat:

$$t = \frac{(90 \times 10^3)^2}{13.25 \cdot 0.511} = 1.2 \times 10^9 \text{ s} \cong 39 \text{ tahun.}$$

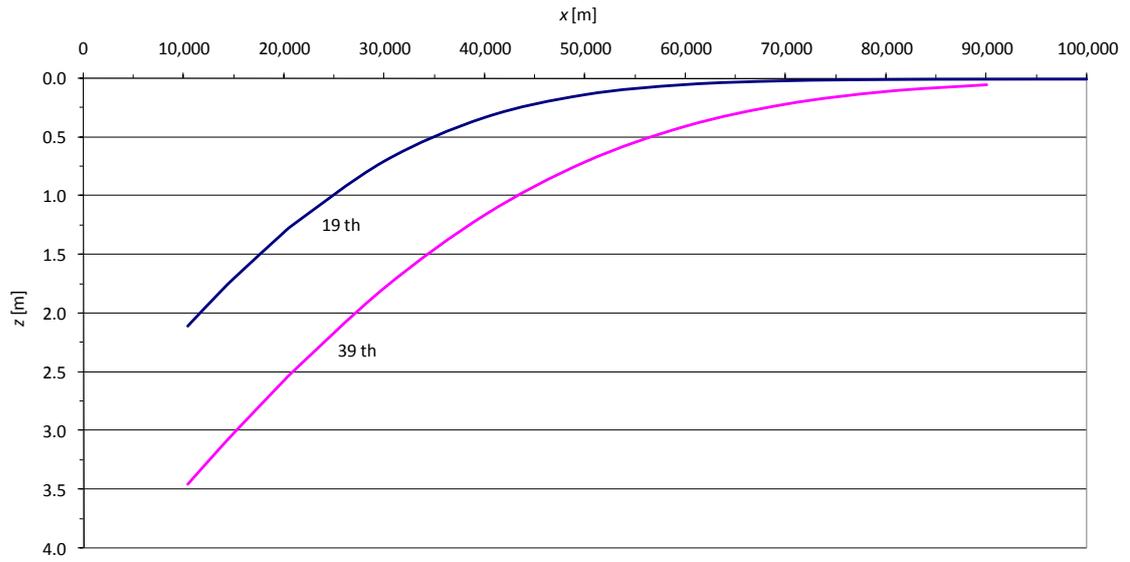
Untuk menggambarkan profil dasar sungai pada saat $t = 39$ tahun, dilakukan langkah hitungan menggunakan spreadsheet. Langkah hitungan dan profil dasar sungai yang dihasilkan disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 4. Perlu diingat bahwa hitungan ini berlaku dengan syarat $x > 3R_h/S_e$.

Kedalaman degradasi dasar sungai selama waktu $t = 39$ tahun dan akibat debit sedimen $q_s = 7.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ adalah:

$$\Delta h = \frac{q_s \cdot \Delta t}{1.13(1-\rho)\sqrt{Kt}} = \frac{(7.3 \times 10^{-5})(1.2 \times 10^9)}{(1.13)(1-0.3)\sqrt{(0.511)(1.2 \times 10^9)}} = 4.49 \text{ m}$$

TABEL 3: HITUNGAN PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 39 TAHUN DENGAN PANJANG DEGRADASI 90 KM

x [m]	$x \cdot S_e / R_h$ [-]	$Y = x / \{2(Kt)^{1/2}\}$ [-]	$z / \Delta h = \text{erfc}(Y)$ [-]	z [m]
10000	2.89	0.20010	0.77719	3.493
10365	3.00	0.20740	0.76928	3.457
11000	3.18	0.22011	0.75559	3.395
13000	3.76	0.26013	0.71296	3.204
15000	4.34	0.30015	0.67122	3.016
20000	5.79	0.40020	0.57142	2.568
20730	6.00	0.41481	0.55745	2.505
30000	8.68	0.60030	0.39591	1.779
40000	11.58	0.80040	0.25766	1.158
50000	14.47	1.00050	0.15709	0.706
60000	17.37	1.20060	0.08953	0.402
70000	20.26	1.40070	0.04760	0.214
80000	23.15	1.60079	0.02358	0.106
90000	26.05	1.80089	0.01087	0.049



GAMBAR 4: PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 19 DAN 39 TAHUN DENGAN PANJANG DEGRADASI 90 KM

SOAL B

Suatu sungai mengalirkan debit $q = 1.5 \text{ m}^2/\text{s}$. Kemiringan dasar sungai adalah $S_o = 0.0005$. Material dasar sungai terdiri dari butir seragam berdiameter $d_{50} = 0.32 \text{ mm}$, dengan rapat massa relatif $s_s = 2.6$ dan porositas $p = 0.4$. Di sungai tersebut dijumpai transpor sedimen dalam jumlah yang tidak besar. Di suatu seksi/tampang, terjadi penambahan sedimen sejumlah $\Delta q_s = 0.0001 \text{ m}^2/\text{s}$ selama kurun $\Delta t = 50 \text{ jam}$. Perkirakanlah agradasi yang akan terjadi.

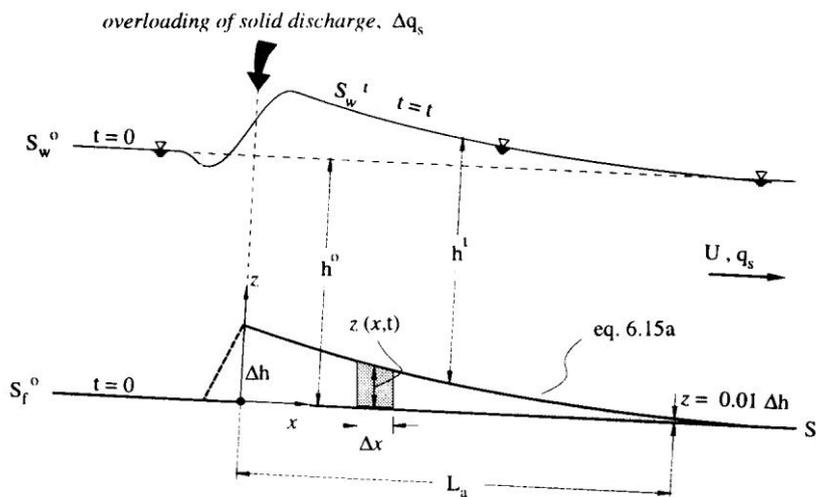
PENYELESAIAN

DISKRIPSI MATEMATIS

Seperti degradasi (Soal A), perkiraan tebal agradasi dasar sungai dapat dihitung dengan model parabolik apabila aliran dianggap permanen dan seragam (semu); dengan demikian, berlaku persamaan:

$$\frac{\partial z}{\partial t} - K \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0 \tag{1}$$

Dalam permasalahan agradasi seperti soal di atas, sumbu x mengikuti dasar sungai awal dan positif ke arah hilir, sedang sumbu z menunjukkan variasi dasar sungai dan positif ke arah atas. Perlu diingat bahwa model parabolik berlaku untuk Angka Froude $Fr < 0.6$ dan jarak $x > 3R_h/S_e$.



GAMBAR 5: AGRADASI DASAR SUNGAI AKIBAT PENAMBAHAN DEBIT SEDIMEN

Syarat awal dan syarat batas pada Pers. (1) di atas adalah:

$$z(x,0) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} z(x,t) = 0, \quad z(0,t) = \Delta h(t) \tag{2}$$

Penyelesaian Pers. (1) dengan syarat awal dan syarat batas menurut Pers. (2) adalah:

$$z(x,t) = \Delta h(t) \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right) \tag{3}$$

HITUNGAN ALIRAN

Dengan anggapan aliran seragam, maka Persamaan Manning-Strickler berikut dapat dipakai untuk menghitung kemiringan garis energi.

$$U = q/h = K_s h^{2/3} S_e^{1/2} \quad (4)$$

Dalam hal ini:

$$\begin{aligned} K_s &= 21.1/d_{50}^{1/6} = 80.7 \text{ m}^{1/3}/s, \\ S_e &= S_o = 0.0005, \\ q &= 1.5 \text{ m}^2/s. \end{aligned}$$

Dengan demikian, kedalaman aliran adalah $h = 0.895$ m, kecepatan adalah $U = 1.676$ m/s, dan Angka Froude $Fr = 0.565$ (< 0.6 , sehingga memenuhi syarat berlaku model parabolik).

HITUNGAN TRANSPOR SEDIMEN

Debit sedimen, $q_s = C_s U h$, dihitung dengan Persamaan Graf:

$$\frac{C_s U R_h}{\sqrt{[(\rho_s - \rho)/\rho] g d_{50}^3}} = 10.39 \left\{ \frac{[(\rho_s - \rho)/\rho] d_{50}}{S_o R_h} \right\}^{-2.52} \quad (5)$$

Dalam hal ini:

$$\begin{aligned} (\rho_s - \rho)/\rho &= s_s - 1 = 1.6, \\ d_{50} &= 1 \text{ mm}, \\ R_h &\cong h = 0.895 \text{ m}. \end{aligned}$$

Dengan demikian, debit sedimen adalah

$$q_s = C_s U h = 1.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2/s$$

Debit sedimen dapat pula dihitung dengan persamaan-persamaan empirik yang lain. Di bawah ini ditunjukkan beberapa contoh persamaan empirik untuk menghitung debit sedimen.

1) Persamaan Schoklitch

$$\begin{aligned} q_{sb} &= \frac{2.5}{S_s} S_e^{3/2} (q - q_{cr}) \\ q_{cr} &= 0.26 (S_s - 1)^{5/3} d_{40}^{3/2} S_e^{-7/6} \end{aligned}$$

Dalam hal ini $d_{40} = d_{50} = 0.32$ mm (butir seragam), sehingga $q_{sb} = 1.588 \times 10^{-5} \text{ m}^2/s$

2) Persamaan Meyer-Peter

$$q_{sb} = \frac{1}{g(\rho_s - \rho)} \left(\frac{g \rho R_{hb} \xi_M S_e - 0.047 g (\rho_s - \rho) d_{50}}{0.25 \rho^{1/3}} \right)^{3/2}$$

Dalam persamaan tersebut:

$$\begin{aligned} \xi_M &= 1 \\ \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ R_{hb} &= R_h = h = 0.985 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga $q_{sb} = 1.365 \times 10^{-4} \text{ m}^2/s$.

3) Persamaan Einstein

$$q_{sb} = \frac{\sqrt{(s_s - 1)g d_{50}^3}}{0.465} \exp\left(\frac{-0.391(s_s - 1)d_{50}}{R'_{hb} S_e}\right)$$

Dalam persamaan di atas $R'_{hb} = R_h = h = 0.985$ m, sehingga $q_{sb} = 3.122 \times 10^{-5}$ m²/s.

KOEFISIEN DIFUSI

$$K_o \equiv K = \frac{1}{3} b_s q_s \frac{1}{1-p} \frac{1}{S_e^0} \quad (6)$$

Dalam persamaan di atas:

$$S_e^0 = S_o^0 = 0.0005,$$

$$(1-p) = 0.6,$$

$$b_s = 2 \times 2.52 \cong 5 \quad (\beta = 2.52).$$

Dengan demikian koefisien difusi adalah $K = 0.933$ m²/s.

TEBAL AGRADASI AKIBAT PANAMBAHAN TRANSPOR SEDIMEN

Penambahan transpor sedimen adalah $q_s = 0.0001$ m²/s selama rentang waktu $\Delta t = 50$ jam. Volume penambahan sedimen adalah $\Delta q_s \cdot \Delta t$ dan tebal agradasi pada saat $t = \Delta t = 50$ jam adalah:

$$\Delta h(t = 50 \text{ jam}) = \frac{\Delta q_s \cdot \Delta t}{1.13(1-p)\sqrt{Kt}} = \frac{(0.0001) \cdot (50 \times 3600)}{(1.13) \cdot (1-0.4) \cdot \sqrt{(0.933) \cdot (50 \times 3600)}} = 0.065 \text{ m}$$

Agradasi tersebut tersebar di sungai sepanjang lebih kurang L_a , yaitu jarak dari titik awal ($x = 0$) sampai dengan tempat dengan tebal agradasi $0.01\Delta h$. Nilai L_a dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\frac{z(x = L_a, t = \Delta t)}{\Delta h} = \text{erfc}\left(\frac{L_a}{2\sqrt{Kt}}\right) = 0.01 \quad \Rightarrow \quad \text{erfc}(Y) = 0.01$$

Dengan memakai fasilitas perintah “ERFC(...)” dan “Goal Seek” yang ada didalam MSExcel, diperoleh $Y = 1.846$. Panjang agradasi, dengan demikian, adalah:

$$Y = 1.846 = \left(\frac{L_a}{2\sqrt{Kt}}\right) \quad \Rightarrow \quad L_a = 1.846 \cdot 2 \cdot \sqrt{0.933 \cdot 50 \cdot 3600} = 1513 \text{ m}$$

PROFIL DASAR SUNGAI

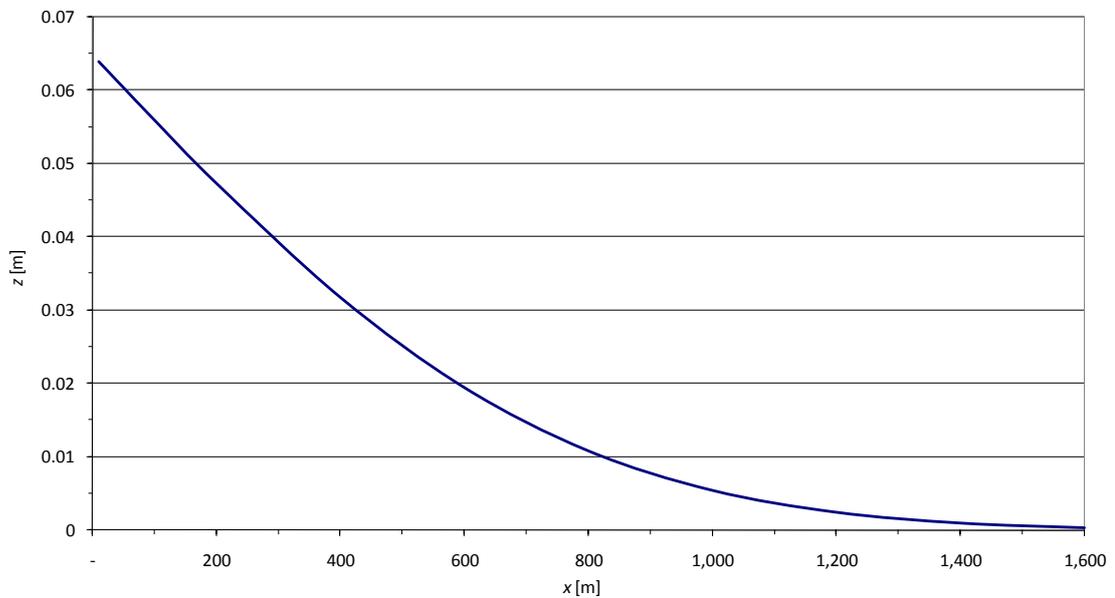
Untuk menggambarkan profil dasar sungai pada saat $t = \Delta t = 50$ jam, perlu dihitung elevasi dasar sungai di beberapa titik di sepanjang ruas sungai, $z(x, t = 50 \text{ jam})$. Dalam hal ini $x < L_a = 1513$ m. Sekilas tampak bahwa panjang ruas sungai tersebut pendek, sedangkan syarat berlaku model parabolik adalah jarak yang panjang, $x > 3R_h/S_e$. Dengan nilai $R_h = h = 0.985$ m dan $S_e = S_o = 0.0005$, maka model parabolik berlaku untuk jarak $x > 5371$ m. Dengan demikian, model parabolik sebenarnya tidak dapat dipakai untuk menghitung profil dasar sungai pada saat $t = 50$ jam. Oleh karena itu, hasil hitungan profil dasar sungai dengan model parabolik di bawah ini (lihat Tabel 4 dan Gambar 6) hanya merupakan indikasi awal profil agradasi.

Pada Tabel 5 dan Gambar 7, disajikan tabel hitungan dan gambar profil dasar sungai pada saat $t = 1$ bulan. Perlu dicatat, bahwa hasil hitungan untuk $x < 5500$ m harus dibaca dengan hati-hati mengingat syarat berlaku model parabolik tidak dipenuhi. Namun demikian, profil dasar sungai tersebut tetaplah

dapat dipakai sebagai indikasi awal. Hasil yang lebih tepat, tentu saja, dapat diperoleh dengan memakai metode yang lebih baik, yaitu penyelesaian numerik persamaan Saint-Venant-Exner.

TABEL 4: HITUNGAN PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 50 JAM

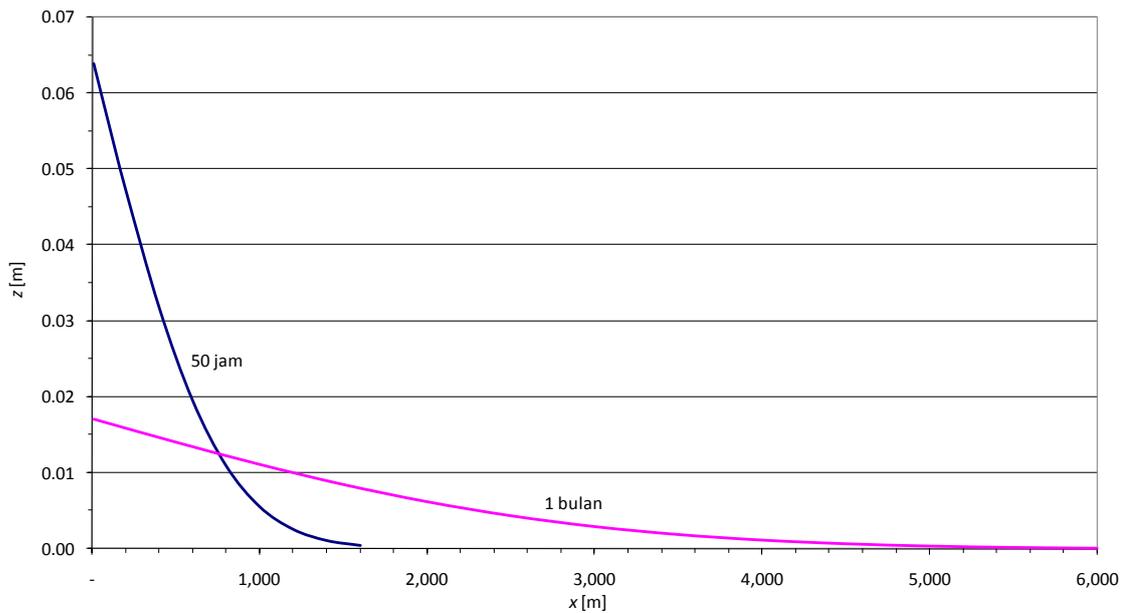
x [m]	$x \cdot S_e / R_h$ [-]	$Y = x / \{2 (K t)^{1/2}\}$ [-]	$z / \Delta h = \text{erfc}(Y)$ [-]	z [m]
10	0.00559	0.01220	0.98623	0.064
50	0.02793	0.06101	0.93124	0.060
100	0.05585	0.12202	0.86300	0.056
200	0.11171	0.24404	0.73000	0.047
400	0.22342	0.48807	0.49004	0.032
600	0.33513	0.73211	0.30050	0.019
800	0.44684	0.97615	0.16744	0.011
1000	0.55855	1.22018	0.08442	0.005
1200	0.67026	1.46422	0.03839	0.002
1400	0.78197	1.70826	0.01570	0.001
1600	0.89368	1.95229	0.00576	0.000



GAMBAR 6: PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 50 JAM

TABEL 5: HITUNGAN PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 1 BULAN

x [m]	$x.S_e / R_h$ [-]	$Y = x / \{2 (K t)^{1/2}\}$ [-]	$z / \Delta h = \text{erfc}(Y)$ [-]	z [m]
10	0.00559	0.00322	0.99637	0.017
100	0.05585	0.03215	0.96373	0.016
500	0.27927	0.16077	0.82014	0.014
1000	0.55855	0.32155	0.64930	0.011
1500	0.83782	0.48232	0.49517	0.008
2000	1.11710	0.64309	0.36310	0.006
2500	1.39637	0.80387	0.25561	0.004
3000	1.67564	0.96464	0.17250	0.003
3500	1.95492	1.12541	0.11148	0.002
4000	2.23419	1.28619	0.06892	0.001
4500	2.51347	1.44696	0.04073	0.001
5000	2.79274	1.60773	0.02299	0.000
5500	3.07202	1.76850	0.01238	0.000
6000	3.35129	1.92928	0.00636	0.000



GAMBAR 7: PROFIL DASAR SUNGAI PADA WAKTU 50 JAM DAN 1 BULAN

-oOo-