

DEGRADASI-AGRADASI DASAR SUNGAI

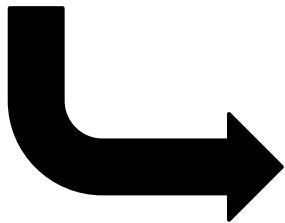
23 June 2026

Teknik Sungai

Transpor Sedimen di Sungai

2

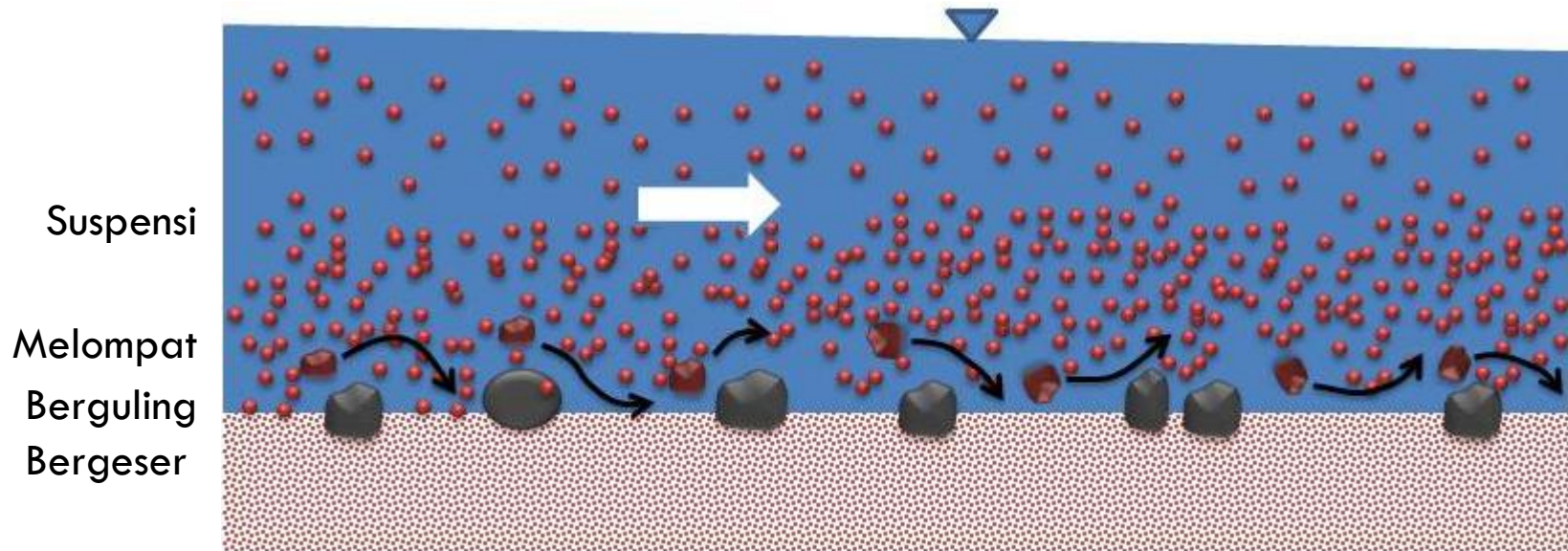
- Di sungai
 - ▣ air mengalir karena gaya gravitasi (*gravitational flow*)
 - ▣ air mengalir memiliki energi kinetik
 - ▣ dasar sungai dibentuk oleh material lepas (sedimen)
 - ▣ tegangan geser aliran, pada suatu nilai tertentu, mampu memindahkan butir sedimen



transpor sedimen bersama aliran air

Transpor Sedimen di Sungai

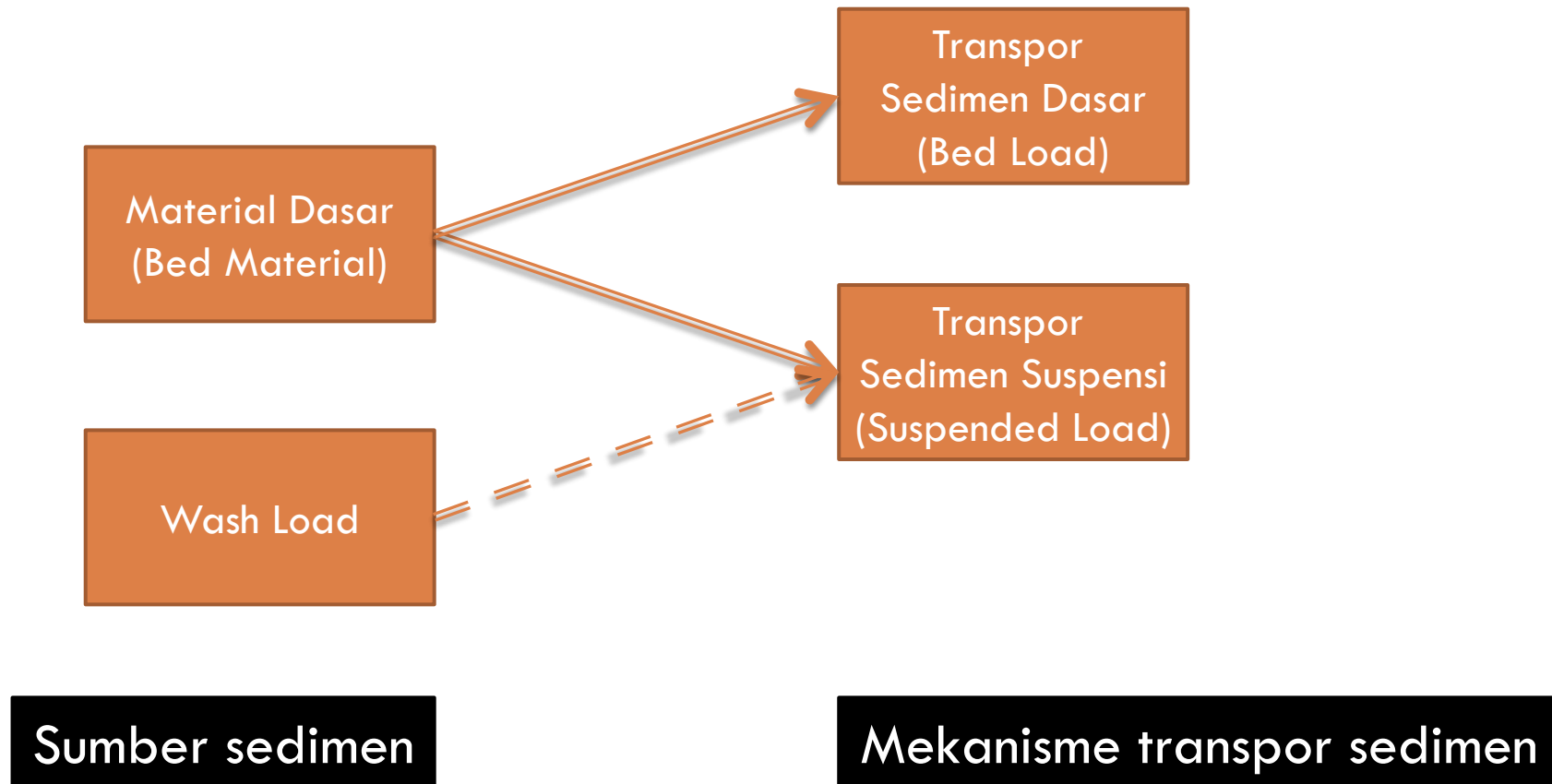
3



- Pergerakan sedimen di dalam aliran air
 - Mengalir bersama aliran dalam bentuk suspensi
 - Melompat, berguling, atau bergeser

Transpor Sedimen di Sungai

4



Aliran Air dan Sedimen

5



Aliran Air dan Sedimen

6



Aliran Air dan Sedimen

7

Aliran gravitasi campuran air+sedimen

Newtonian
($C_s \ll 1\%$)

- Bed load
- Suspended load

Quasy-Newtonian
($C_s < 8\%$)

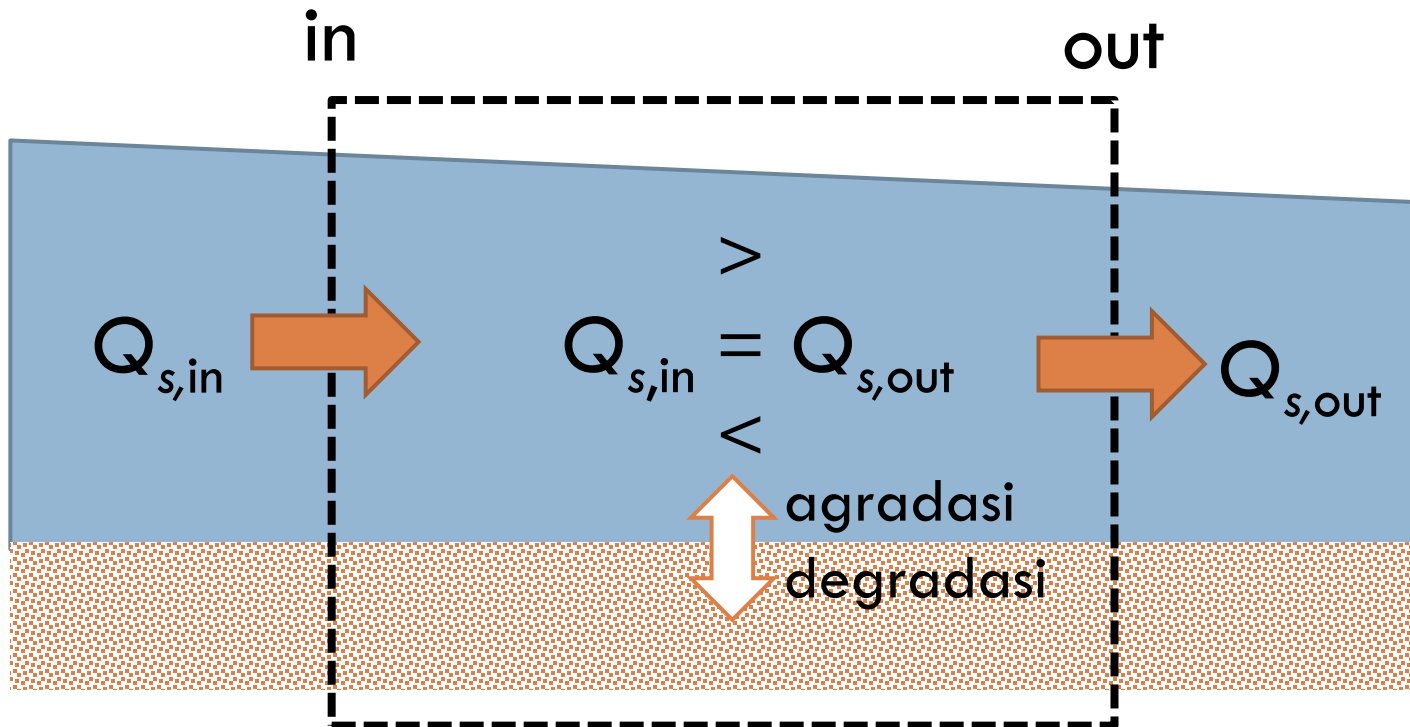
- Concentrated suspension
- Turbidity current

Non-Newtonian
($C_s > 8\%$)

- Hyper-concentrated suspension
- Debris flow

Imbangan Sedimen

8



Degradasi Dasar Sungai

9



Contoh kasus degradasi dasar sungai di Sungai Progo Yogyakarta: di Jembatan Kebonagung (gambar kiri) dan Jembatan Srandakan I (gambar kanan)

Agradasi Dasar Sungai

10



Contoh kasus aggradasi dasar sungai di Sungai Code Yogyakarta akibat suplai sedimen lahar hujan dari G. Merapi pasca erupsi.



Lahar Dingin di Kali Code

Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

11

Degradasi

- debit solid (sedimen) yang datang lebih kecil daripada kapasitas transpor sedimen
- dasar sungai tererosi
- dasar sungai turun

Agradasi

- debit solid (sedimen) yang datang lebih besar daripada kapasitas transpor sedimen
- deposisi sedimen di dasar sungai
- dasar sungai naik

Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

12

□ Beberapa contoh degradasi

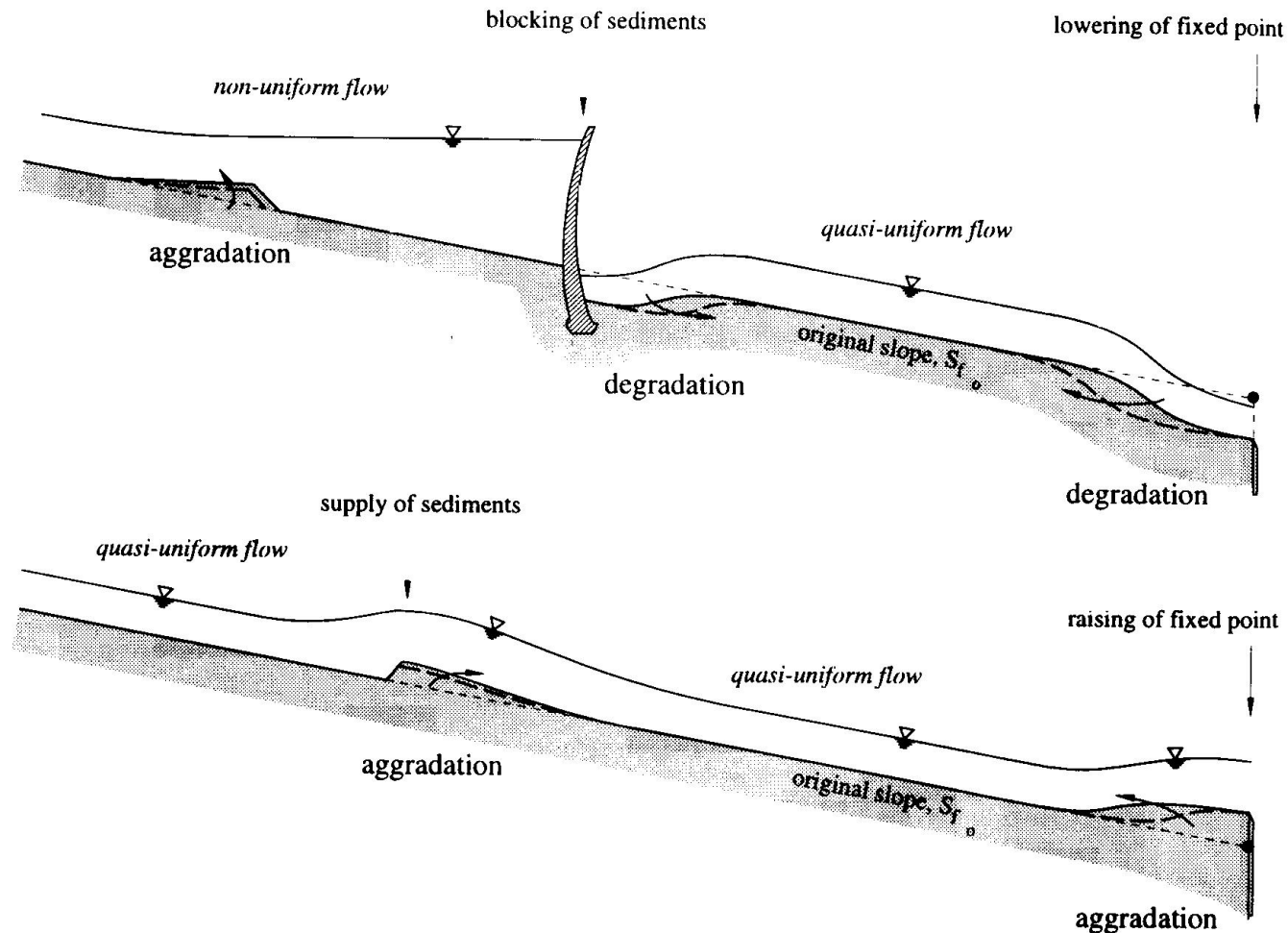
- ▣ pasokan sedimen (solid discharge) dari hulu berhenti atau berkurang
- ▣ debit aliran (air) bertambah
- ▣ penurunan dasar sungai di suatu titik di hilir

□ Beberapa contoh aggradasi

- ▣ pasokan sedimen (solid discharge) dari hulu bertambah
- ▣ debit aliran (air) berkurang
- ▣ kenaikan dasar sungai di suatu titik di hilir

Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

13



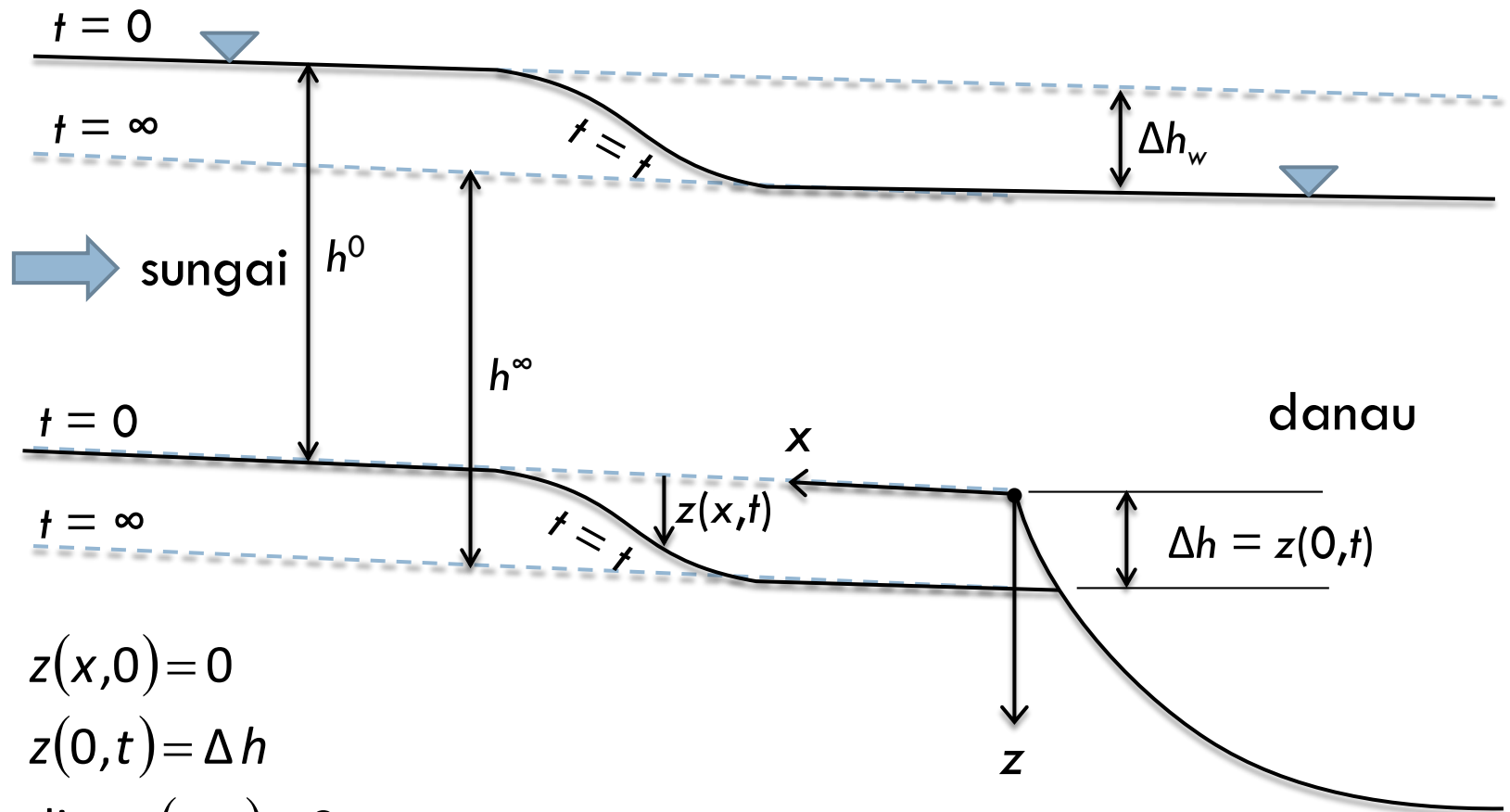
Prediksi Kedalaman Degradasi

14

- Proses degradasi atau aggradasi
 - ▣ merupakan proses jangka panjang evolusi dasar sungai, $z(x,t)$
 - ▣ aliran sungai pada awal dan akhir proses berupa aliran permanen dan seragam (*steady and uniform flow*)
 - ▣ selama proses, aliran sungai berupa aliran permanen semu (*quasi-unsteady*) dan tak-seragam (*nonuniform*)
- Asumsi untuk penyederhanaan
 - ▣ aliran *quasi-uniform*, $\partial U / \partial x = 0$, aliran di sungai selama waktu tinjauan tidak berubah (debit, kecepatan, kedalaman $\rightarrow$ konstan)
 - ▣ shg dapat dipakai **model parabolik**, yang memungkinkan dilakukannya penyelesaian analitis

Prediksi Kedalaman Degradasi

15



$$z(x, 0) = 0$$

$$z(0, t) = \Delta h$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} z(x, t) = 0$$

Prediksi Kedalaman Degradasi

16

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

Syarat batas
(*boundary conditions*):

$$z(x, 0) = 0$$

$$z(0, t) = \Delta h$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} z(x, t) = 0$$



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

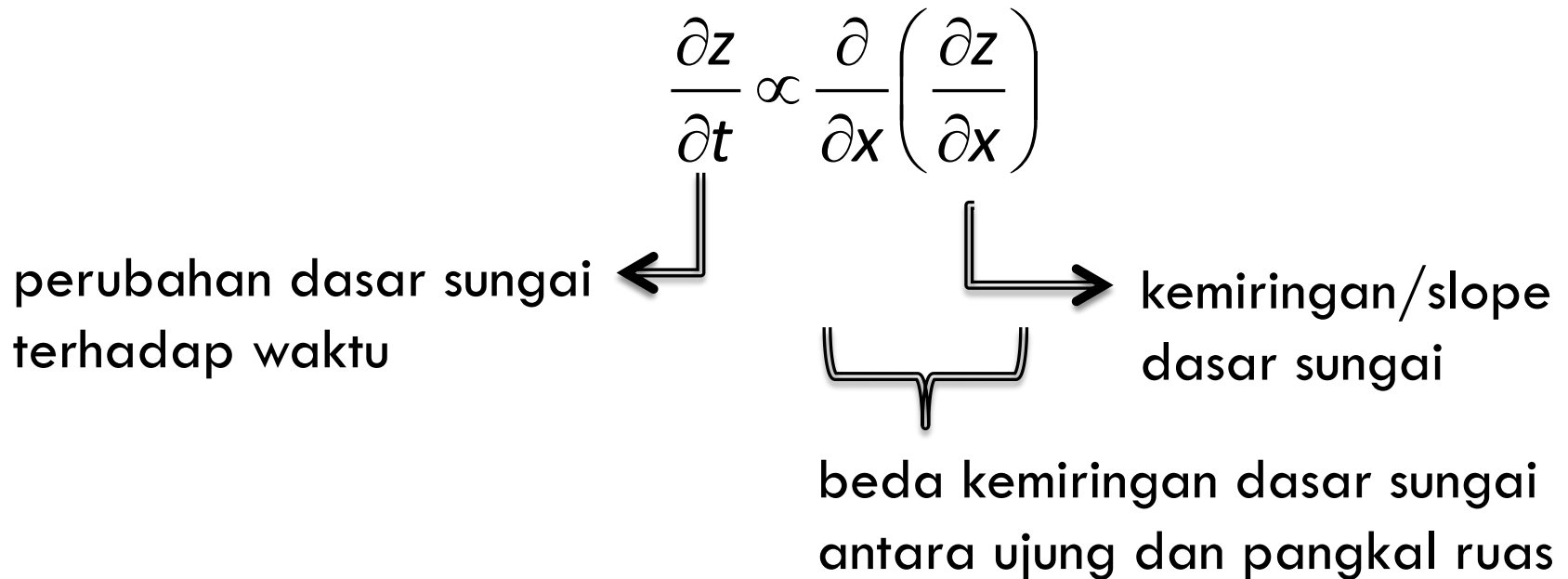
K : koefisien difusi

erfc : *complementary error function*

Prediksi Kedalaman Degradasi

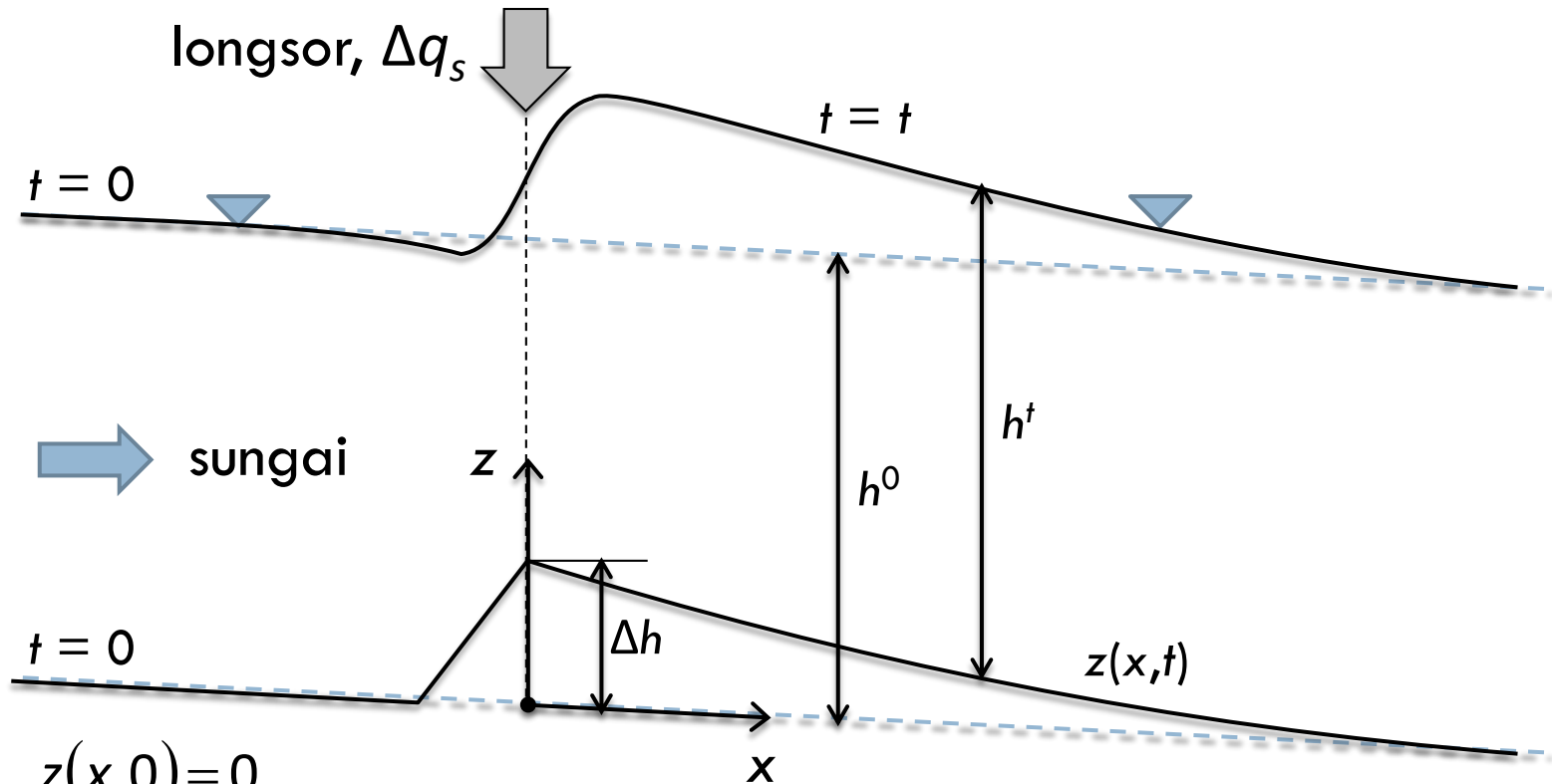
17

$$\boxed{\frac{\partial z}{\partial t} - K \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0} \quad \longleftrightarrow \quad \frac{\partial z}{\partial t} = K \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right) \quad \text{Persamaan Difusi}$$



Prediksi Kedalaman Agradasi

18



$$z(x,0)=0$$

$$z(0,t)=\Delta h(t)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} z(x,t)=0$$

Prediksi Kedalaman Agradasi

19

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

Syarat batas
(*boundary conditions*):

$$z(x, 0) = 0$$

$$z(0, t) = \Delta h(t)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} z(x, t) = 0$$



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

K : koefisien difusi

erfc : *complementary error function*

Prediksi Kedalaman Degradasi-Agradasi

20

- Persamaan tersebut berlaku dengan syarat:
 - ▣ aliran dianggap permanen (*steady flow*)
 - ▣ aliran dianggap seragam-semu (*quasy uniform flow*)
 - ▣ Angka Froude aliran, Fr , kecil ($Fr < 0.6$)
 - ▣ ruas sungai yang ditinjau sangat panjang (skala kilometer)
 - ▣ waktu tinjauan cukup lama (skala waktu tahun)

Koefisien Difusi

21

- Koefisien difusi, K
 - ▣ merupakan fungsi waktu, tetapi untuk pendekatan dapat pula dianggap permanen
 - ▣ bergantung pada:
 - debit sedimen
 - kecepatan dan kedalaman aliran
 - sifat fisik butir sedimen
 - ▣ Persamaan untuk mencari nilai K :

Koefisien Difusi

22

$$K = \frac{1}{3} b_s q_s \frac{1}{(1-p)} \frac{1}{S_e}$$

b_s konstanta, dapat diambil nilai 5

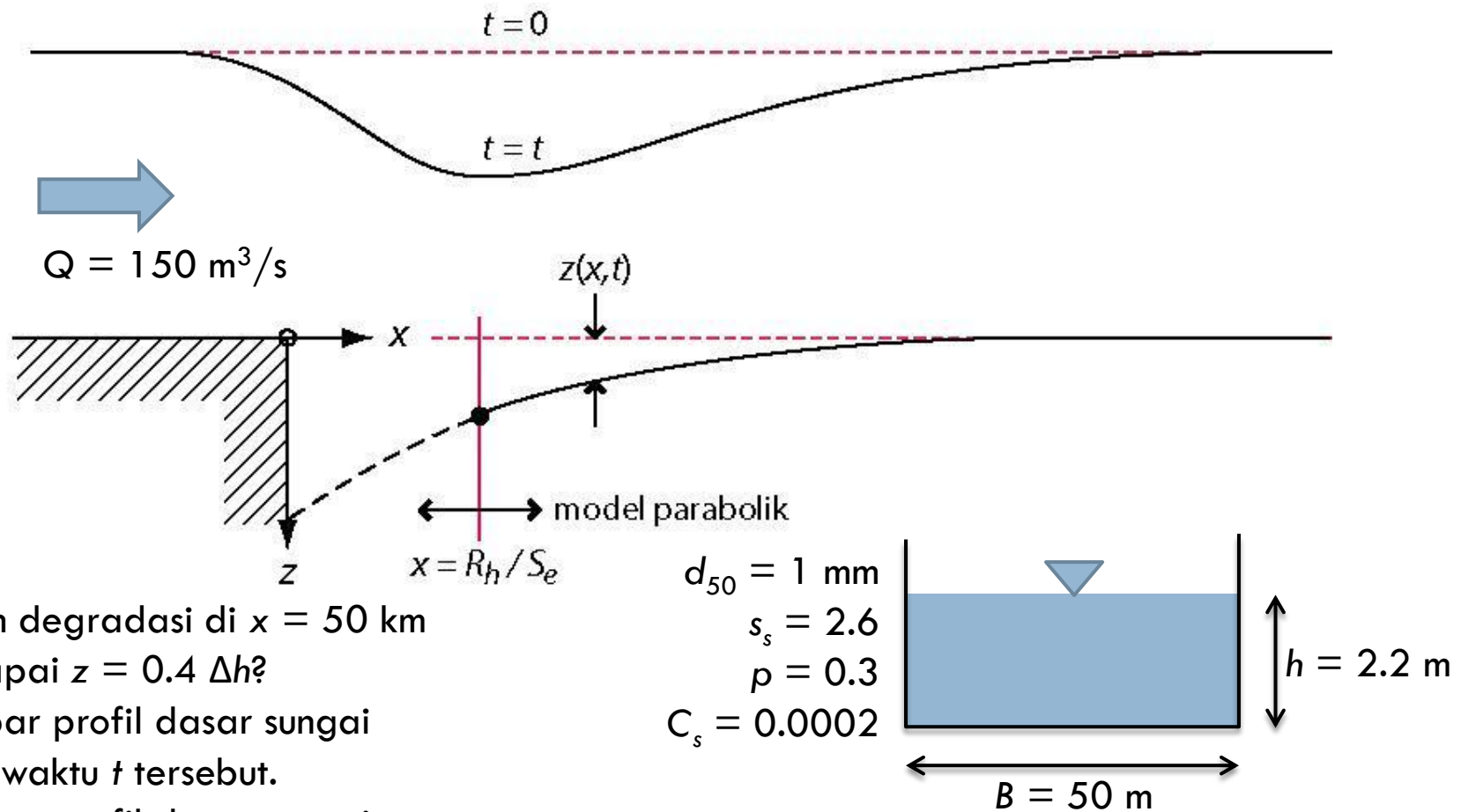
p porositas material dasar sungai

q_s debit transpor sedimen

S_e kemiringan garis energi, dapat diambil sama dengan kemiringan dasar sungai

Contoh Prediksi Kedalaman Degradasi

23



Kapan degradasi di $x = 50 \text{ km}$ mencapai $z = 0.4 \Delta h$?

Gambar profil dasar sungai pada waktu t tersebut.

Gambar profil dasar sungai pada $t = 20$ dan 30 tahun.

Contoh Prediksi Kedalaman Degradasi

24

- Langkah hitungan
 - ▣ Hitung kecepatan aliran U dan Angka Froude Fr
 - ▣ Hitung kemiringan garis energi Se (pakai persamaan manning)
 - ▣ Hitung debit sedimen $q_s = C_s q$
 - ▣ Hitung koefisien difusi K
 - ▣ Hitung waktu t yang diperlukan untuk mencapai kedalaman degradasi $z(50,t) = 0.4 \Delta h$
 - ▣ Hitung (tabulasi) profil dasar sungai pada waktu t tersebut
 - ▣ Hitung (tabulasi) profil dasar sungai pada waktu $t = 20$ dan 30 tahun.

Contoh Prediksi Kedalaman Degradasi

25

- Beberapa persamaan yang dipakai

$$U = \frac{Q}{Bh} = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S_e^{1/2}$$

$$\frac{1}{n} = K_s = \frac{21.1}{d_{50}^{1/6}}$$

$$q_s = C_s \frac{Q}{B}$$

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}}$$

$$K = \frac{1}{3} b_s q_s \frac{1}{(1-p)} \frac{1}{S_e}$$

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

Degradasi Dasar Sungai

Pengendalian/pencegahan degradasi dasar sungai

Perlindungan Dasar Sungai

27

□ Pencegahan

▣ Pengendalian transpor sedimen

- transpor sedimen seimbang

▣ Stabilisasi dasar sungai

- groundsill
- consolidation dam

Stabilisasi Dasar Sungai

28



Stabilisasi dasar sungai dengan groundsill di Sungai Code (gambar di kiri) dan Sungai Progo (gambar di kanan)

Stabilisasi Dasar Sungai

29

Sejumlah ground sill di Sungai Code,
di belakang kampus FT UGM



Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

Perlindungan Tebing Sungai

Revetment

Krib

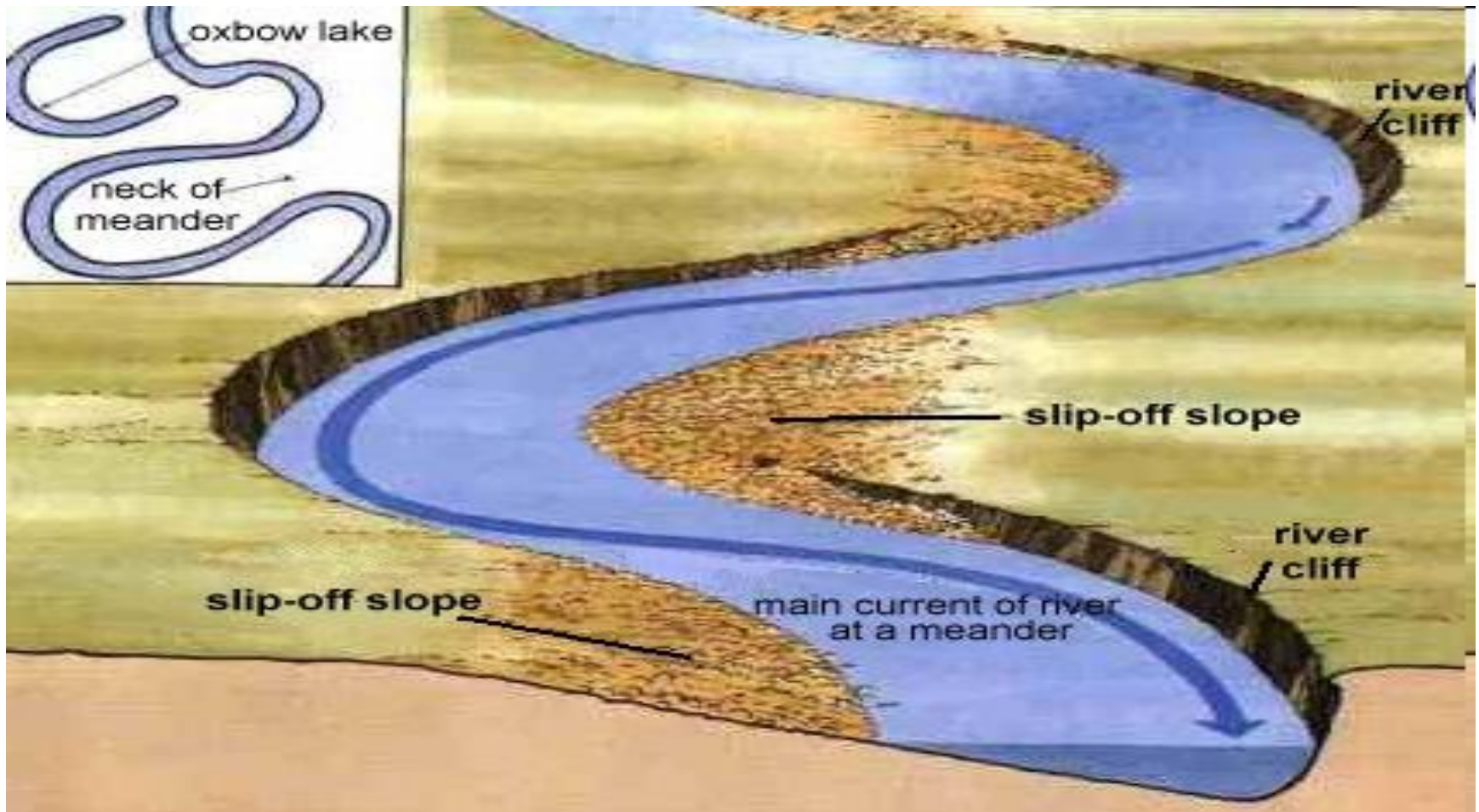
Perlindungan Tebing Sungai

31

- Gerusan dapat pula terjadi di tebing sungai
 - ▣ Sering terjadi pada sungai berkelok
 - ▣ Sisi luar kelokan: gerusan
Sisi dalam kelokan: deposisi

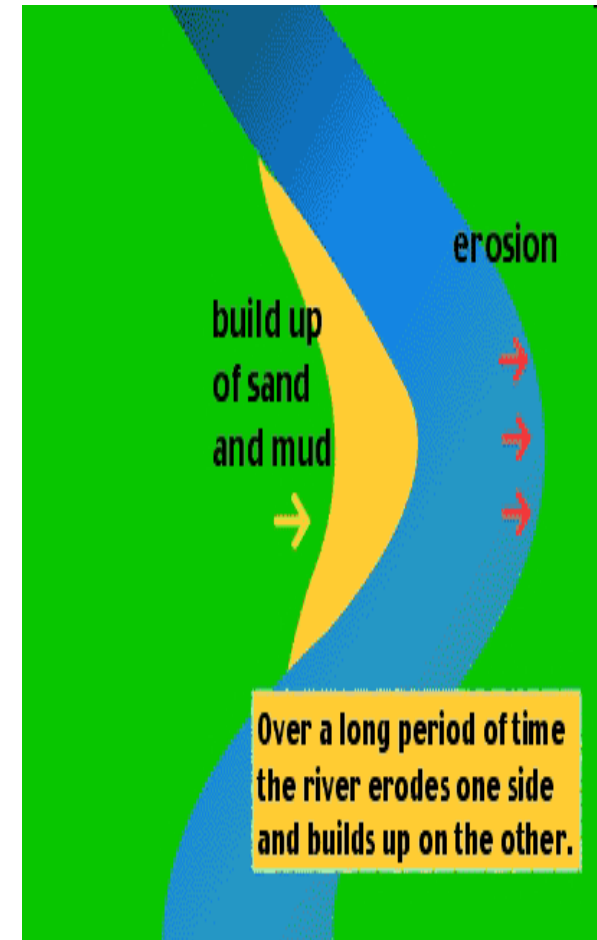
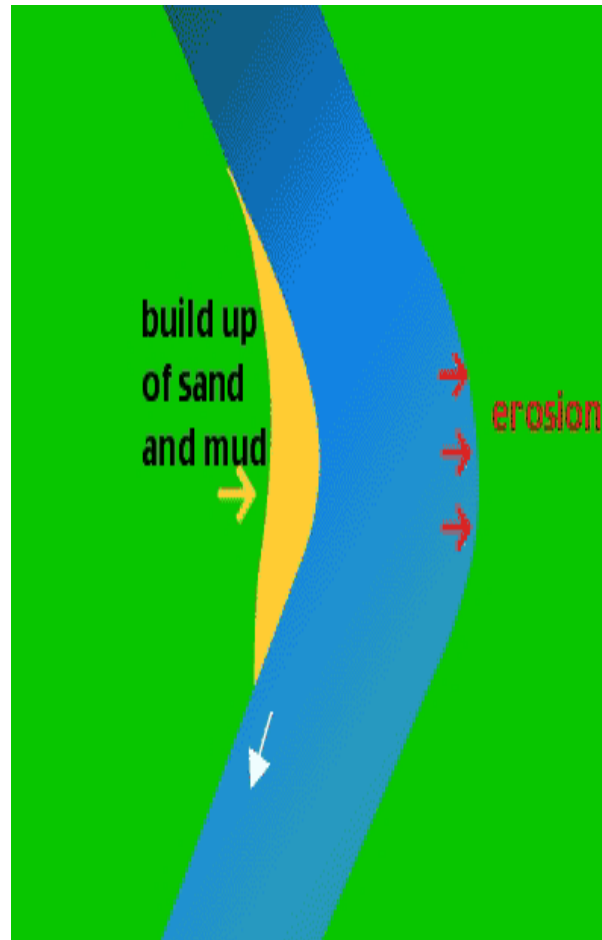
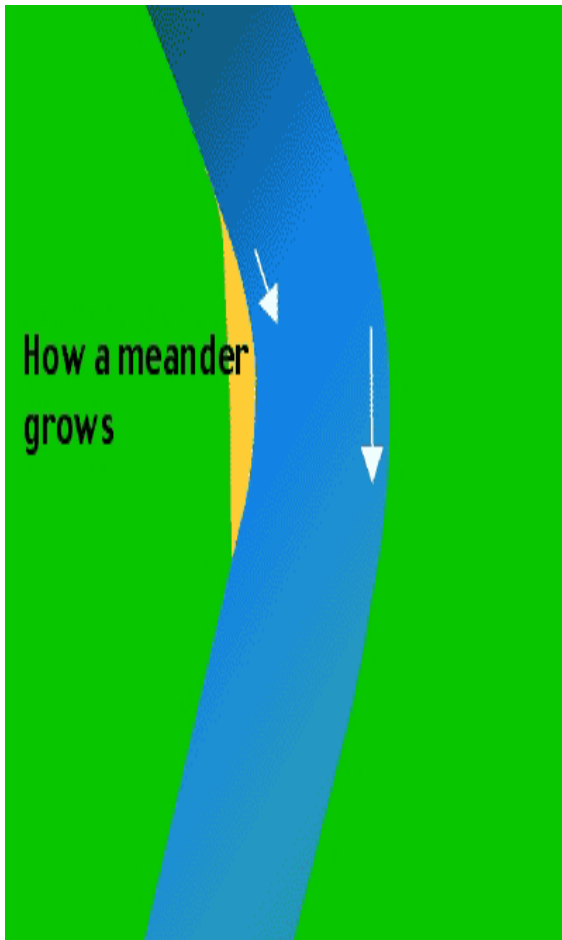
Alur Berkelok, Meander

32

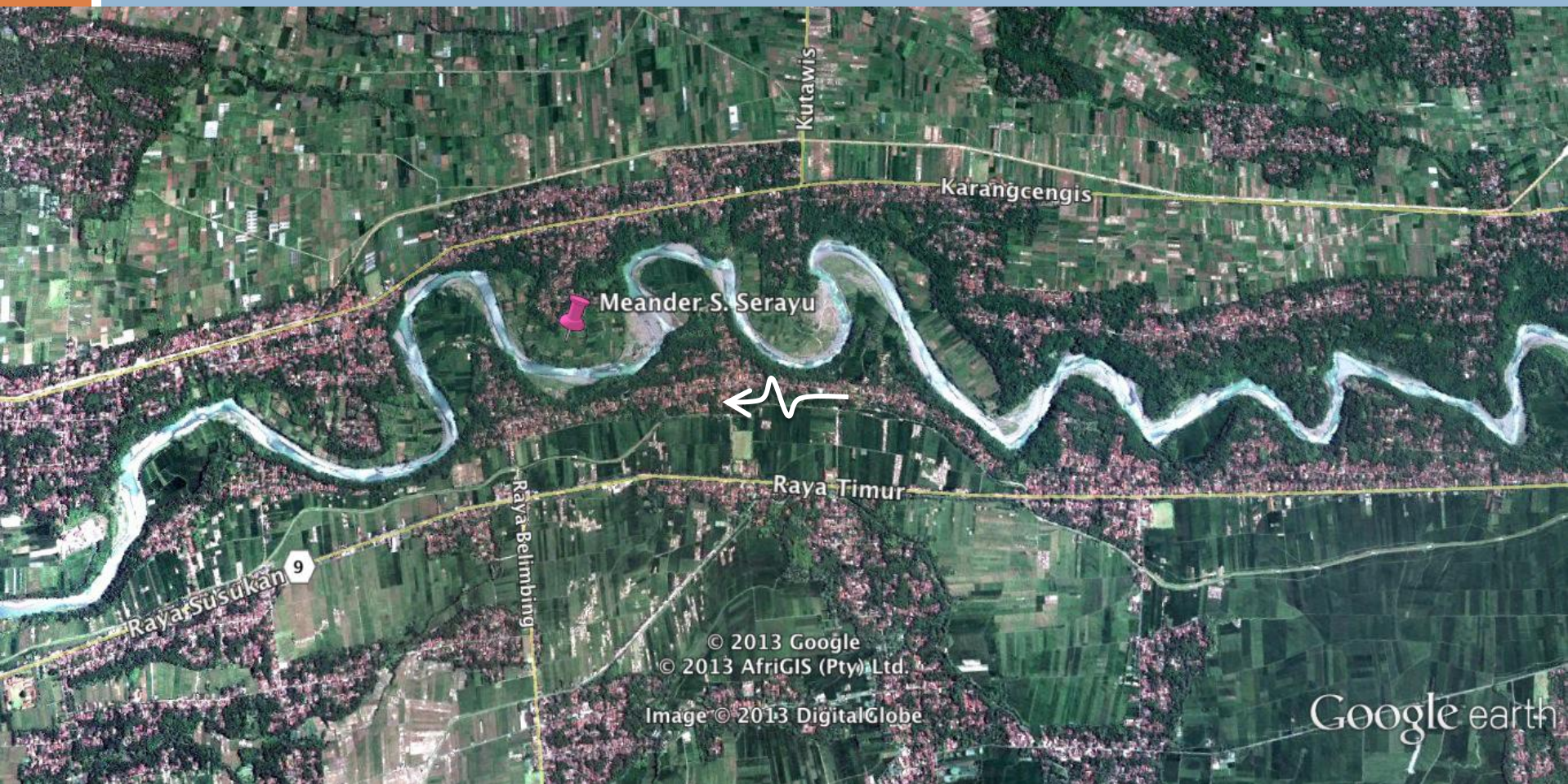


Alur Berkelok, Meander

33



Alur Berkelok, Meander



Perlindungan Tebing Sungai

35

- Perlindungan tebing sungai

- Perkuatan, *revetment*

- Krib

- Contoh perlindungan tebing sungai

TS8b Krib