



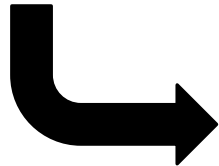
Universitas Gadjah Mada
Fakultas Teknik
Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Program Sarjana Prodi Teknik Sipil

Teknik Sungai

Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

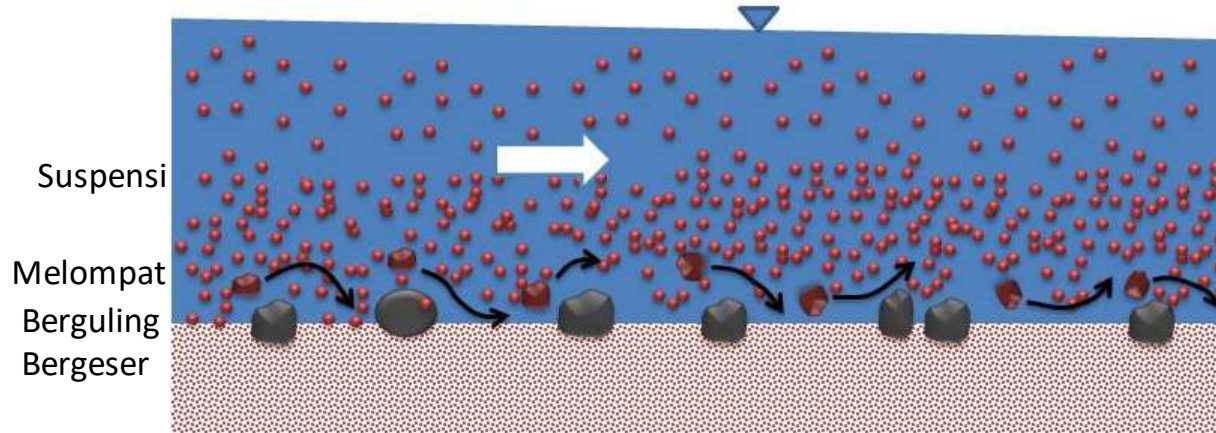
Transpor Sedimen di Sungai

- 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



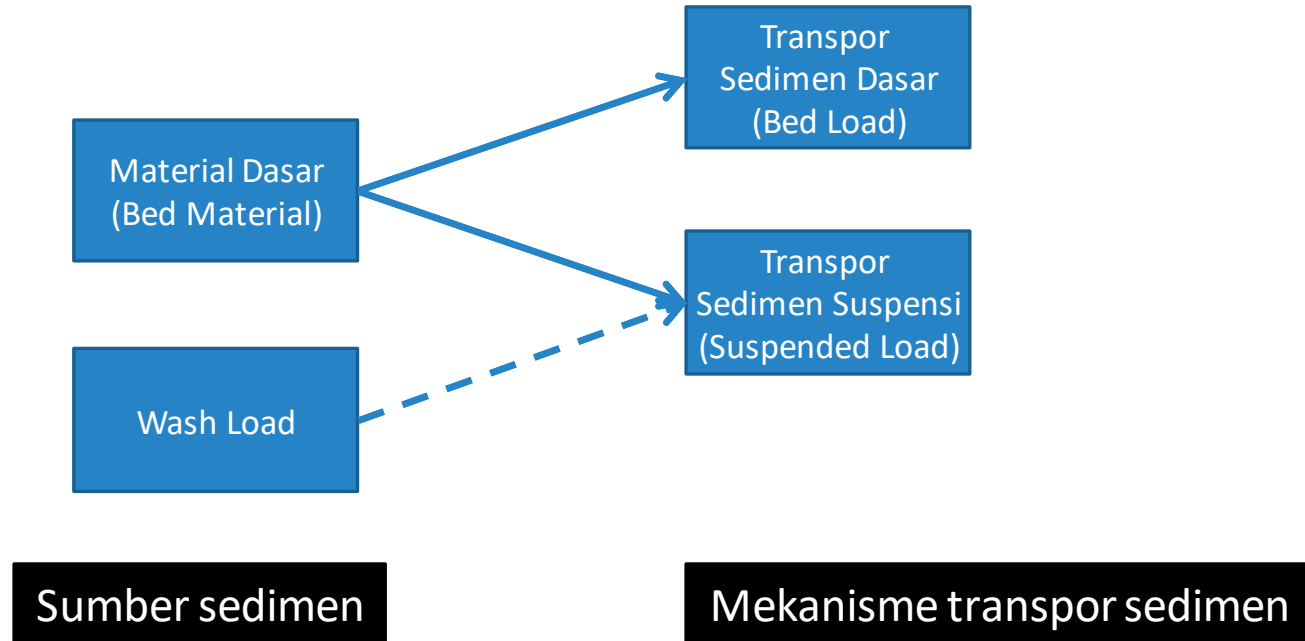
transpor sedimen bersama aliran air

Transpor Sedimen di Sungai



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

Transpor Sedimen di Sungai



Aliran Air dan Sedimen



Aliran Air dan Sedimen



Aliran Air dan Sedimen

Aliran gravitasi campuran air+sedimen

Newtonian
($C_s \ll 1\%$)

- Bed load
- Suspended load

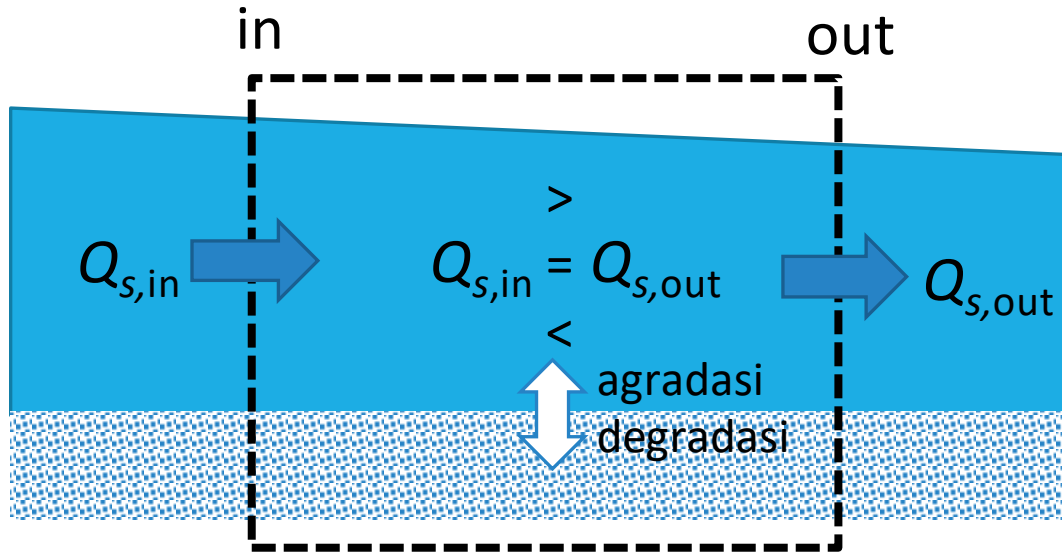
Quasy-Newtonian
($C_s < 8\%$)

- Concentrated suspension
- Turbidity current

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

- Hyper-concentrated suspension
- Debris flow

Imbangan Sedimen



Degradasi Dasar Sungai



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

Agradasi Dasar Sungai



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

Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

Degradasi

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

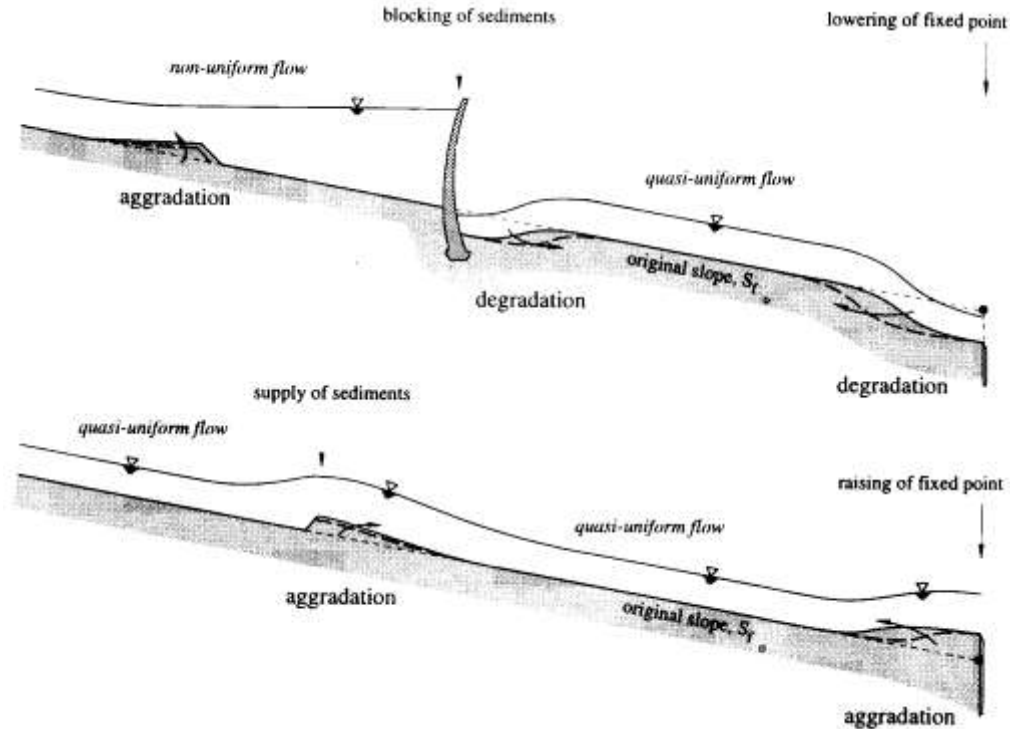
Agradasi

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

Degradasi-Agradasi Dasar Sungai

- 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

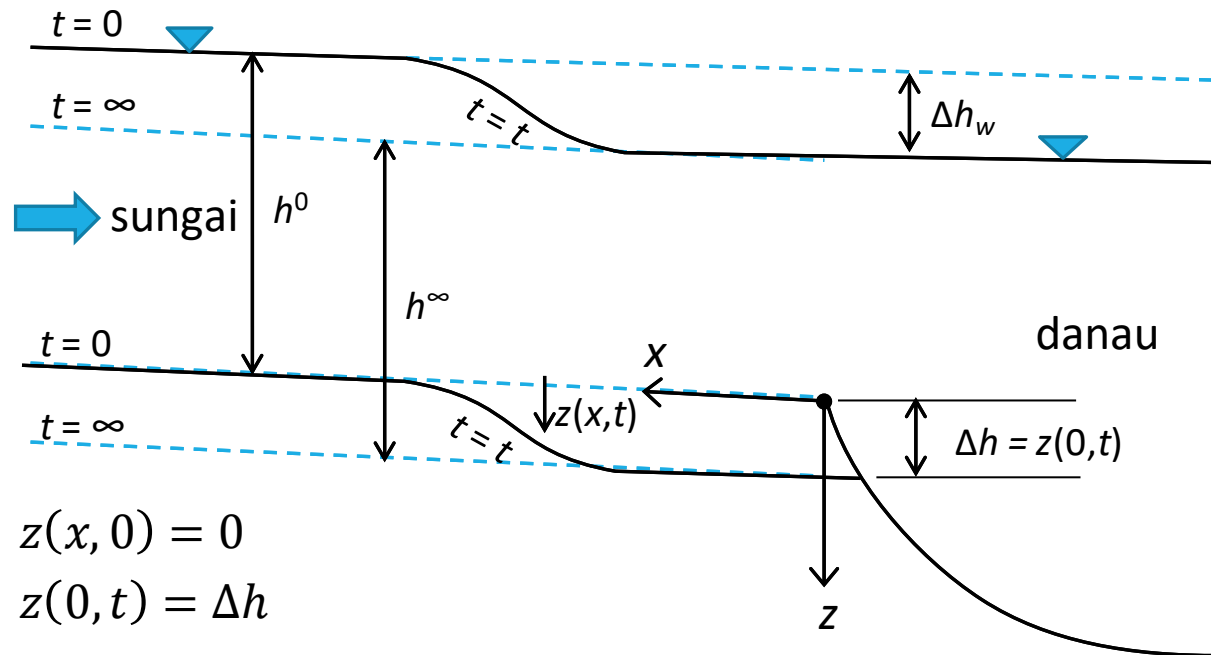
Degradasi-Agradasi Dasar Sungai



Prediksi Kedalaman Degradasi

- 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*, $\partial U / \partial x$, 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



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

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

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

Prediksi Kedalaman Degradasi

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

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

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

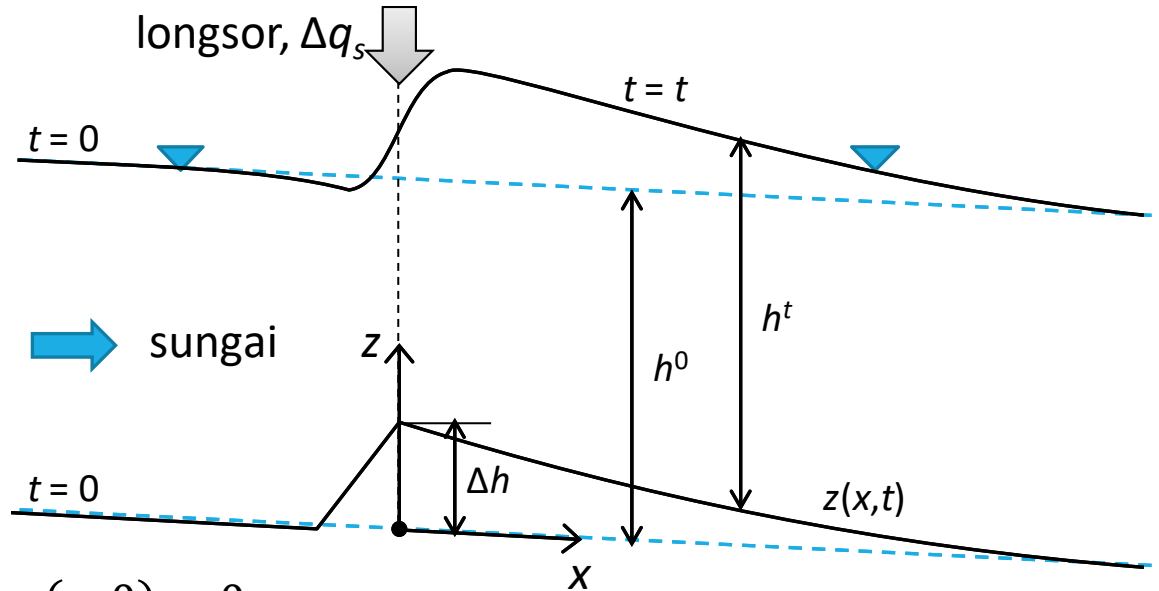
$$\frac{\partial z}{\partial t} \propto \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)$$

perubahan dasar sungai
terhadap waktu

kemiringan/slope
dasar sungai

beda kemiringan dasar sungai
antara ujung dan pangkal ruas

Prediksi Kedalaman Agradasi



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

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

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

Prediksi Kedalaman Agradasi

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

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

- 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

- 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

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

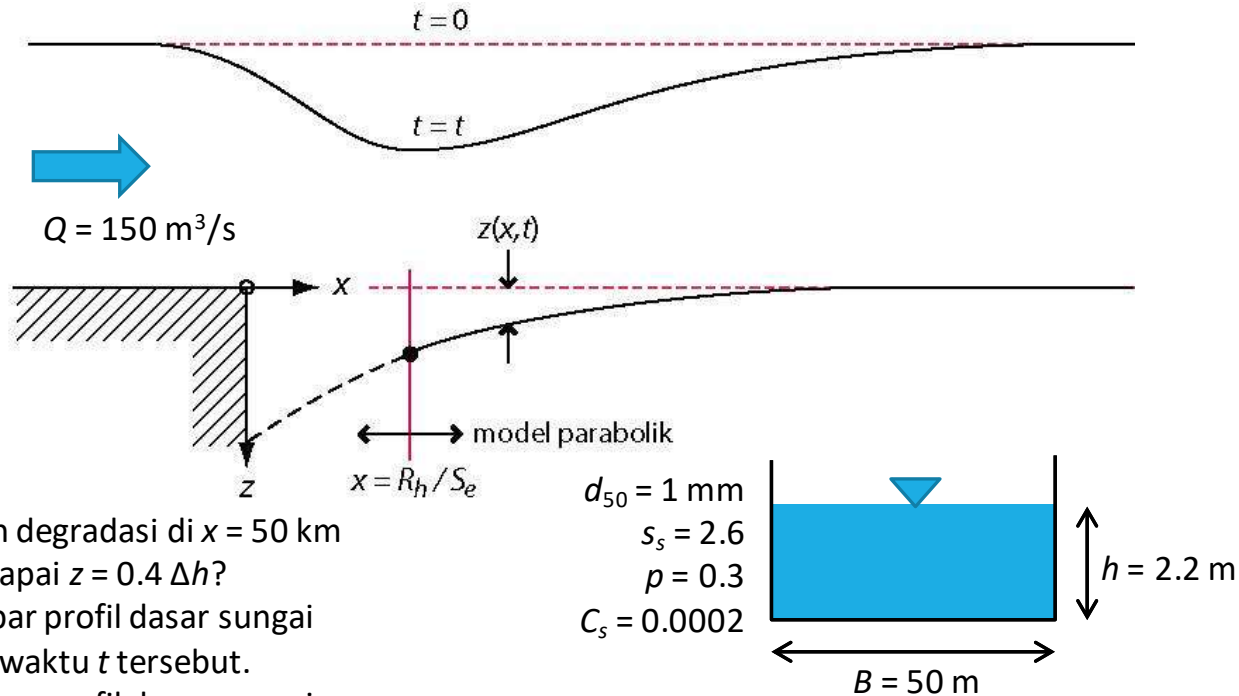
b_s konstanta, dapat diambil nilai 5

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



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

- 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 $z(0,t) = 0.4 \Delta h$
 - 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

- Beberapa persamaan yang dipakai

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

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

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

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

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

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

Pengendalian/pencegahan degradasi dasar sungai

Degradasi Dasar Sungai

Perlindungan Dasar Sungai

- Pencegahan
 - Pengendalian transpor sedimen
 - transpor sedimen seimbang
 - Stabilisasi dasar sungai
 - ground sill
 - consolidation dam

Stabilisasi Dasar Sungai



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

Stabilisasi Dasar Sungai



Sejumlah groundsill di Sungai Code,
di belakang kampus FT UGM



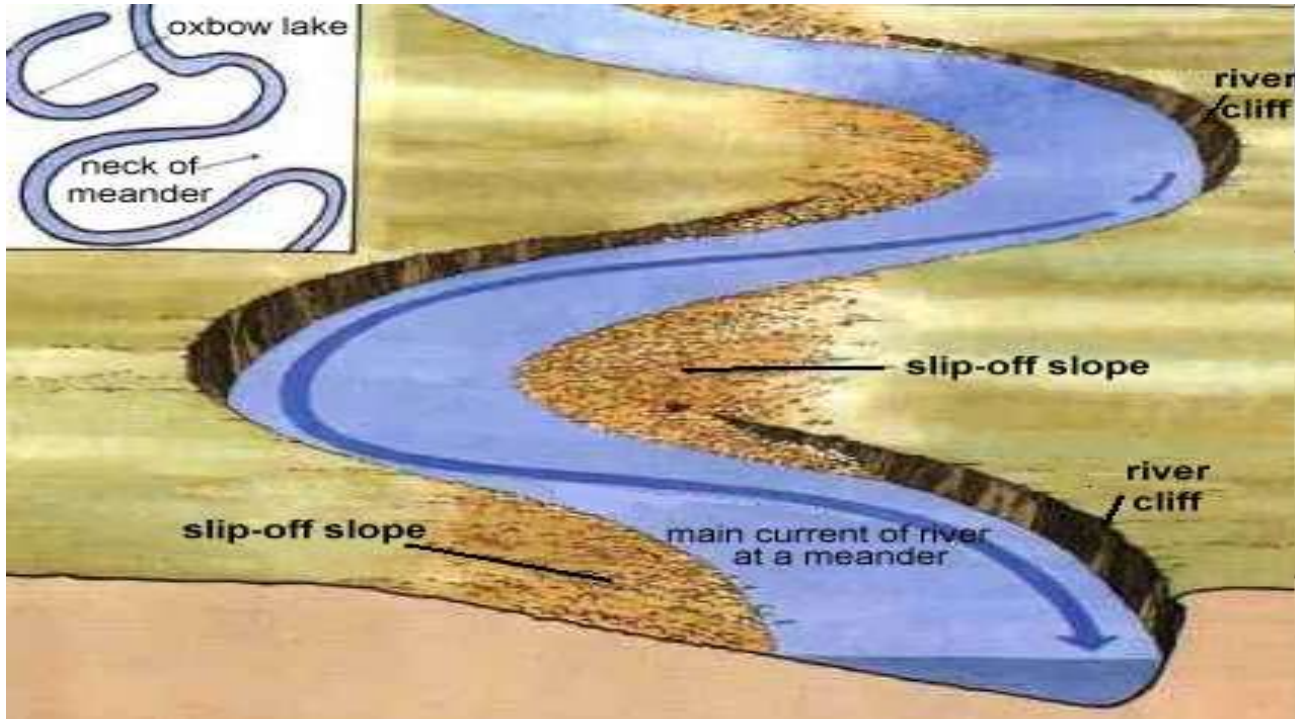
Revetment, Krib

Perlindungan Tebing Sungai

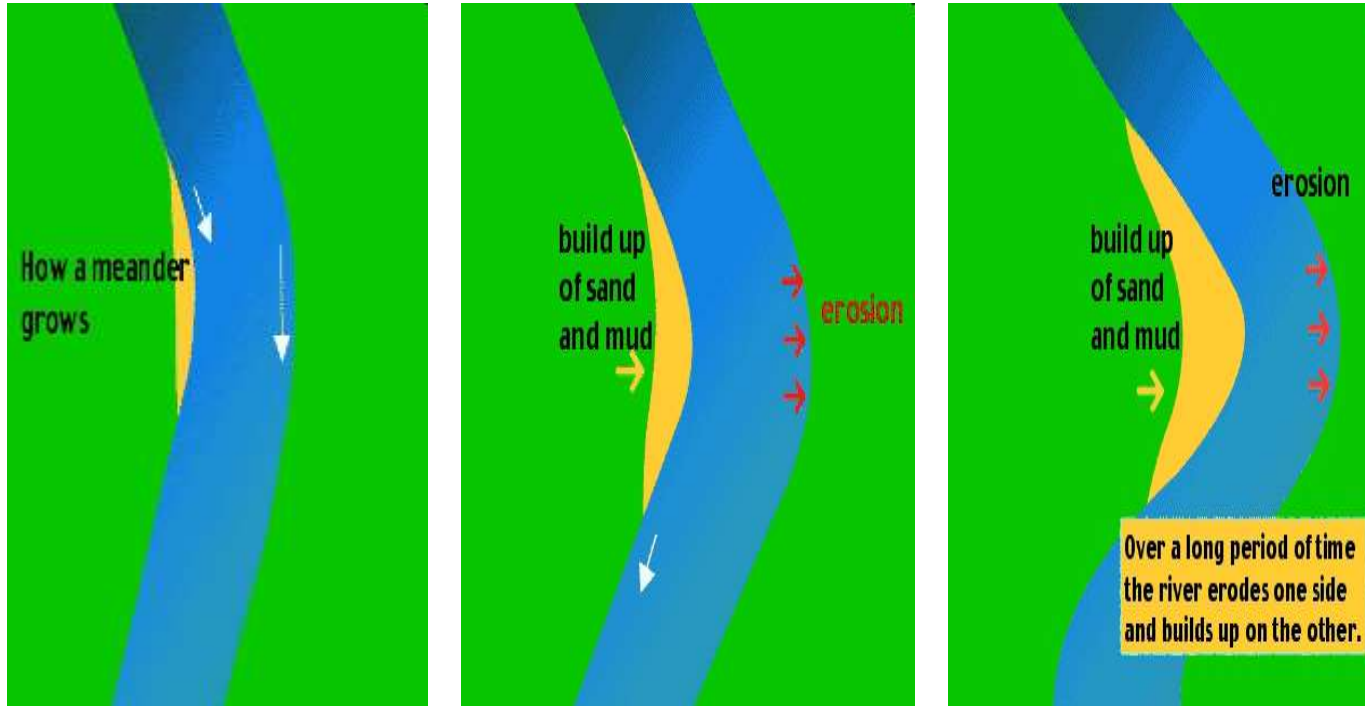
Perlindungan Tebing Sungai

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

Alur Berkelok, Meander



Alur Berkelok, Meander



Perlindungan Tebing Sungai

- Perlindungan tebing sungai
 - Perkuatan, *revetment*
 - Krib

■ Contoh perlindungan tebing sungai

TS08b Krib



Terima kasih