



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

**Teknik Sungai**

# Gerusan Lokal

Gerusan Lokal

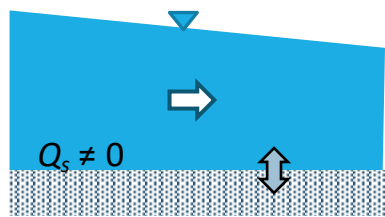
**Mekanisme gerusan**  
**Prediksi kedalaman gerusan**  
**Pengendalian gerusan**

# Erosi Lokal (*Local Scour*)

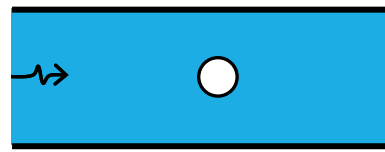
- Pilar jembatan
  - gerusan
- Pangkal jembatan
  - gerusan dan (kemungkinan) endapan
- Penyempitan sungai
  - gerusan
- Struktur hidraulik
  - gerusan dan (kemungkinan) endapan

# Gerusan Lokal

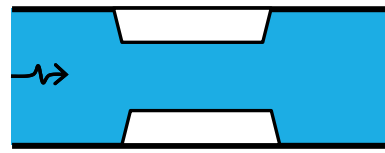
Erosi: degradasi dasar sungai



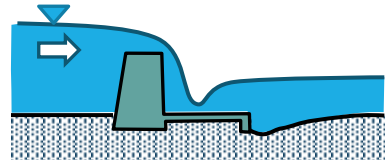
Gerusan lokal



pilar, pangkal jembatan



penyempitan alur



struktur hidraulika, bendung



degradasi dasar sungai



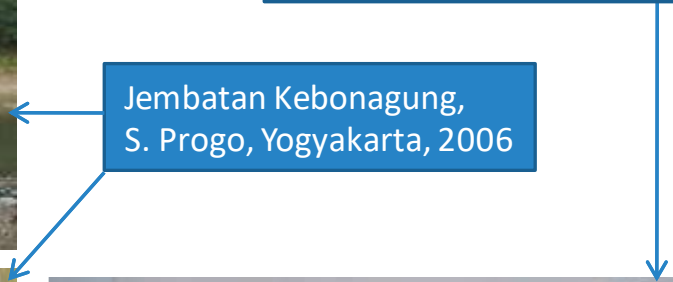
gerusan lokal



degradasi dasar sungai

Jembatan Srandakan,  
S. Progo, Yogyakarta, 2001

Jembatan Kebonagung,  
S. Progo, Yogyakarta, 2006





Jembatan Kebonagung,  
S. Progo, Yogyakarta, 2006



gerusan lokal

Jembatan Kereta,  
S. Comal, Jawa Tengah, 2003



gerusan lokal

Jembatan Trinil,  
S. Progo, Magelang, 2010





Jembatan runtuh akibat gerusan lokal di luar negeri









Checkdam AP-D3 di S. Apu, Magelang, Jan-2003



# Gerusan Lokal

- Kapan terjadi?
  - Apabila kapasitas aliran sungai untuk mengerosi (menggerus) dan mengangkut sedimen melebihi kapasitas untuk memasok sedimen.

# Gerusan Lokal

## Clear-water scour

- apabila sedimen terangkut dari gerusan dan tidak ada pasokan kedalamnya

## Live-bed scour

- apabila gerusan mendapatkan pasokan sedimen terus-menerus dari proses transpor sedimen di sungai

# Gerusan Lokal

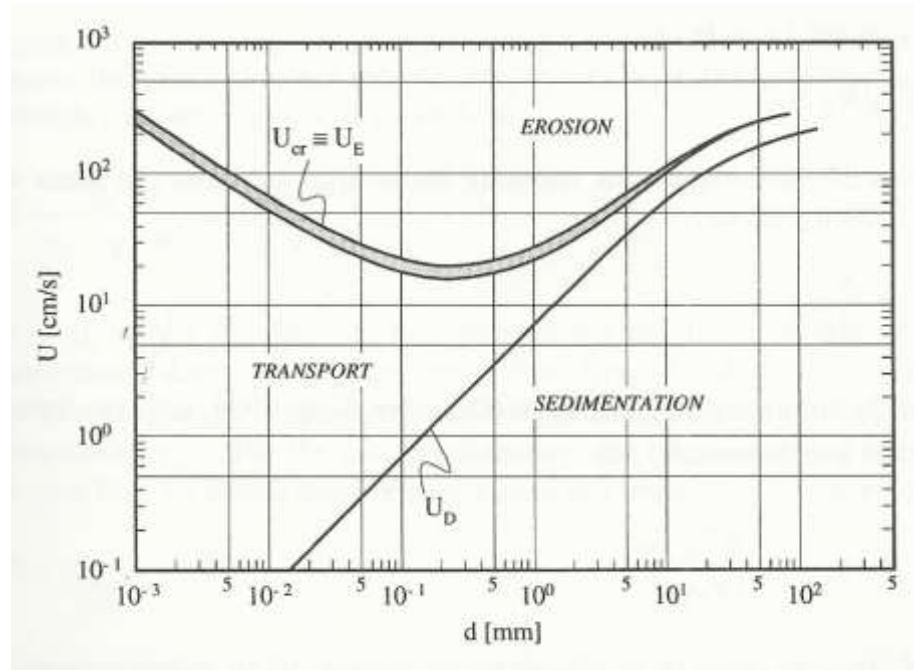


$$Q_{s,in} < Q_{s,out} \begin{cases} Q_{s,in} = 0 & \text{clear-water scour} \\ Q_{s,in} \neq 0 & \text{live-bed scour} \end{cases}$$

# Gerusan Lokal

- Gerusan lokal di sekitar pilar jembatan
  - $U/U_{cr} < 0.5$             tidak ada gerusan
  - $0.5 < U/U_{cr} < 1$         clear-water scour
  - $U/U_{cr} > 1$                 live-bed scour
  
- $U$      : kecepatan aliran
- $U_{cr}$     : kecepatan aliran kritis transpor sedimen

# Gerusan Lokal

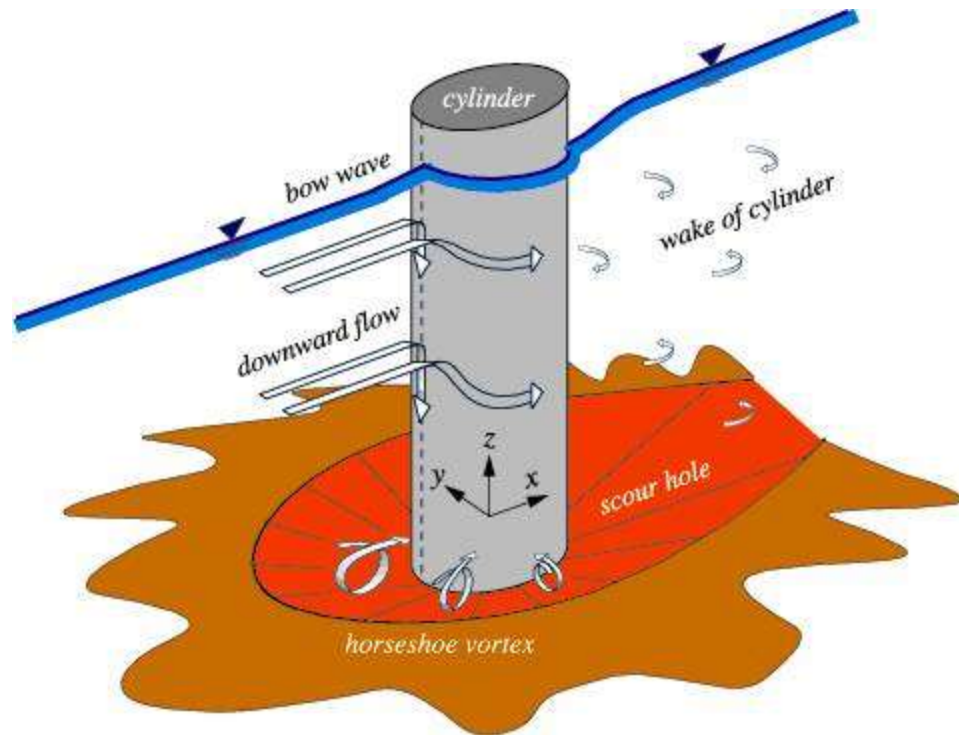


Kecepatan kritis transpor sedimen butir sedimen berdistribusi seragam menurut Hjulstrom

**Gerusan Lokal**

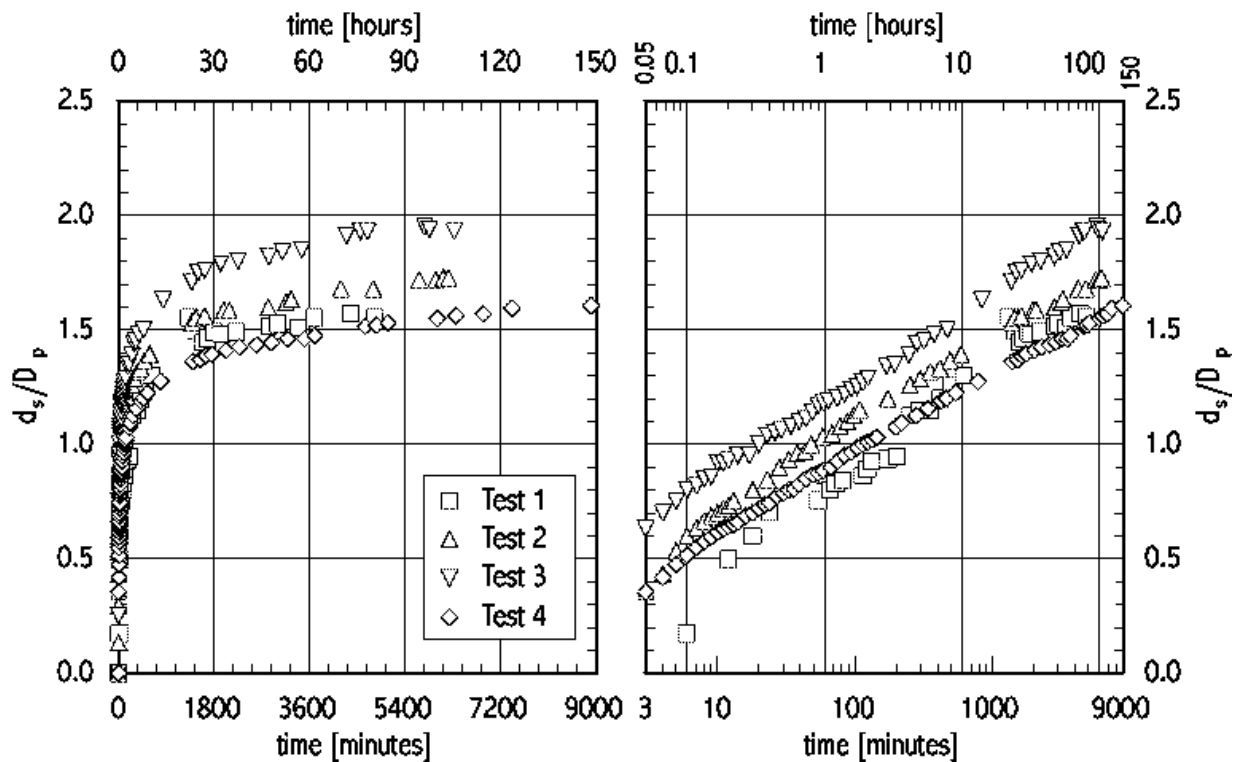
# **Gerusan di sekitar pilar jembatan**

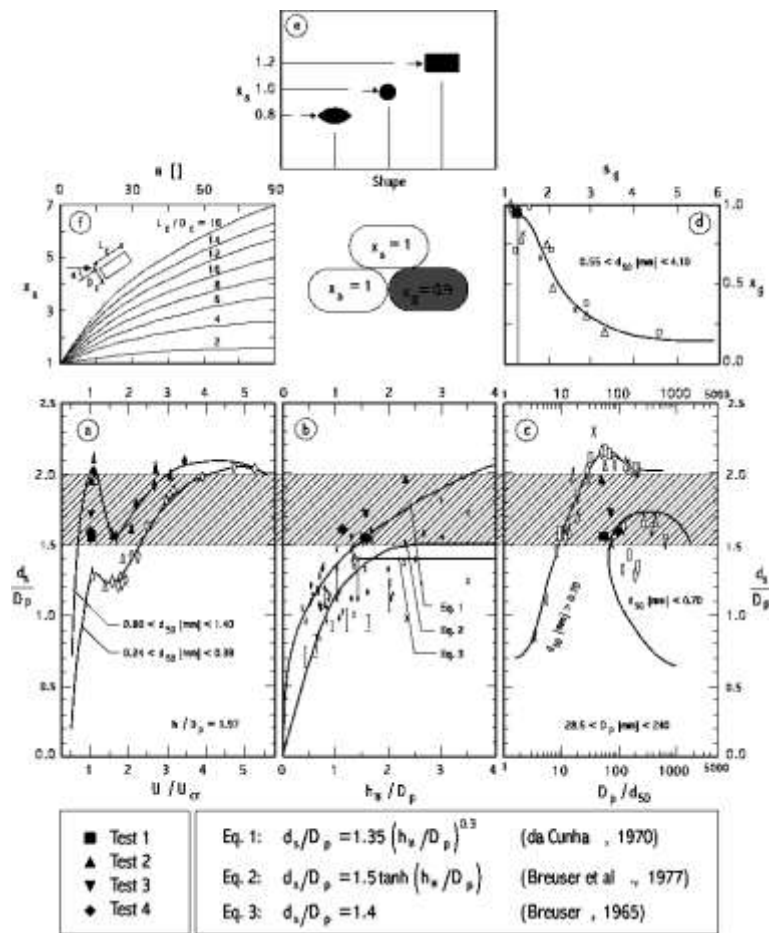




# Proses Gerusan Lokal

- Diawali di satu atau dua titik, kemudian membesar, gerusan makin dalam
- Dalam aliran seragam dan permanen (*uniform and steady flow*):
  - Perkembangan kedalaman gerusan sangat cepat di awal proses dan melambat setelahnya





# Prediksi Kedalaman Gerusan

Clear-water scour

$$d_s = 0.00022 \left( \frac{UD_p}{\nu} \right)^{0.619}$$

Persamaan Shen (1971)

# Prediksi Kedalaman Gerusan

Live-bed scour

$$\frac{d_s}{D_p} = 2.3 \xi_\alpha \quad \text{Persamaan Raudkivi (1991)}$$

$$\frac{d_s}{D_p} = 2.0 \xi_g \xi_s \xi_\alpha$$

# Prediksi Kedalaman Gerusan

Clear-water atau live-bed scour

$$\frac{d_s}{D_p} = \Gamma \left( 2.0 \tanh \frac{h}{D_p} \right) \xi_s \xi_\alpha \quad \text{Persamaan Breuser et al. (1978)}$$

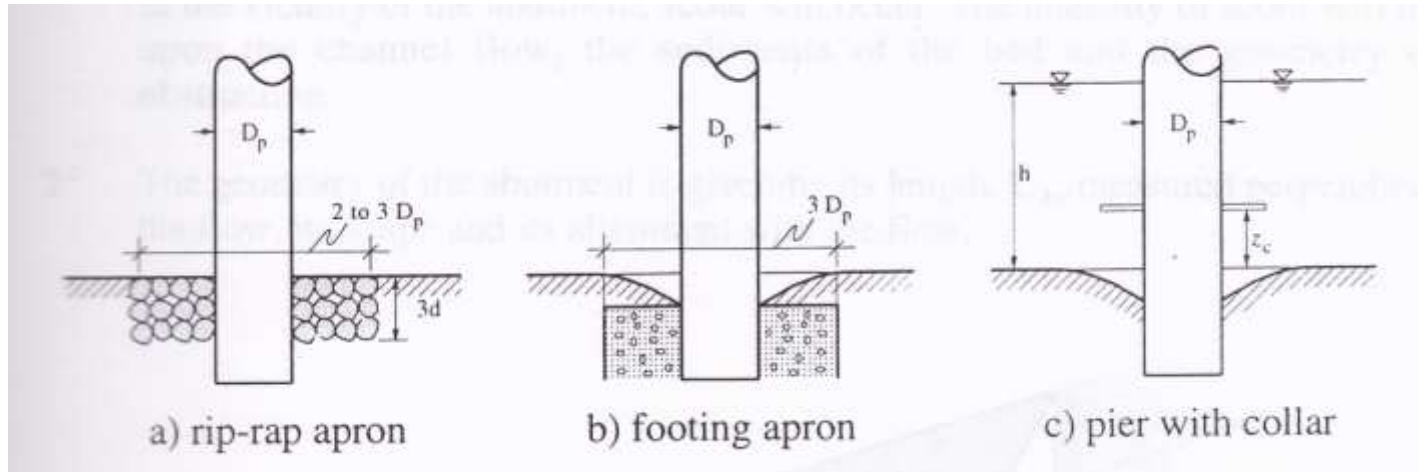
$$\Gamma = \begin{cases} 0 & \text{untuk } \frac{U}{U_{cr}} < 0.5 \\ \left( 2 \frac{U}{U_{cr}} - 1 \right) & \text{untuk } 0.5 < \frac{U}{U_{cr}} < 1 \\ 1 & \text{untuk } \frac{U}{U_{cr}} > 1 \end{cases}$$

# Pengendalian Gerusan Lokal

- Metoda pengendalian/pencegahan gerusan lokal di sekitar pilar jembatan
  - Lantai rip-rap di sekitar pilar
  - Blok fondasi di sekitar pilar, di bawah dasar sungai
  - Cakram/krah/collar di pilar, di atas dasar sungai
  - Penempatan pilar semu di depan (hulu) pilar sesungguhnya
  - Penempatan pilar searah aliran
  - Bentuk/tampang pilar menyebabkan hambatan kecil pada aliran



# Pengendalian Gerusan Lokal





Jembatan Kebonagung,  
S. Progo, Yogyakarta,  
Nov-2007



- Pengamanan pilar jembatan dengan pemasangan bronjong di sekeliling fondasi atau pilar pada dasar sungai yang telah tergerus.
- Bronjong ditujukan untuk stabilisasi dasar sungai.
- Mercu bronjong sama dengan elevasi dasar sungai.

Jembatan Srandakan,  
S. Progo, Yogyakarta,  
2000



### Selimut bronjong di sekitar pilar

- Mempersempit alur
- Memperbesar diameter pilar



cara pengamanan pilar  
yang tidak benar

## Jembatan Kereta Comal, S. Comal, Jawa Tengah

Selimut sheet pile diisi  
beton siklop

- Mempersempit alur
- Memperbesar diameter pilar



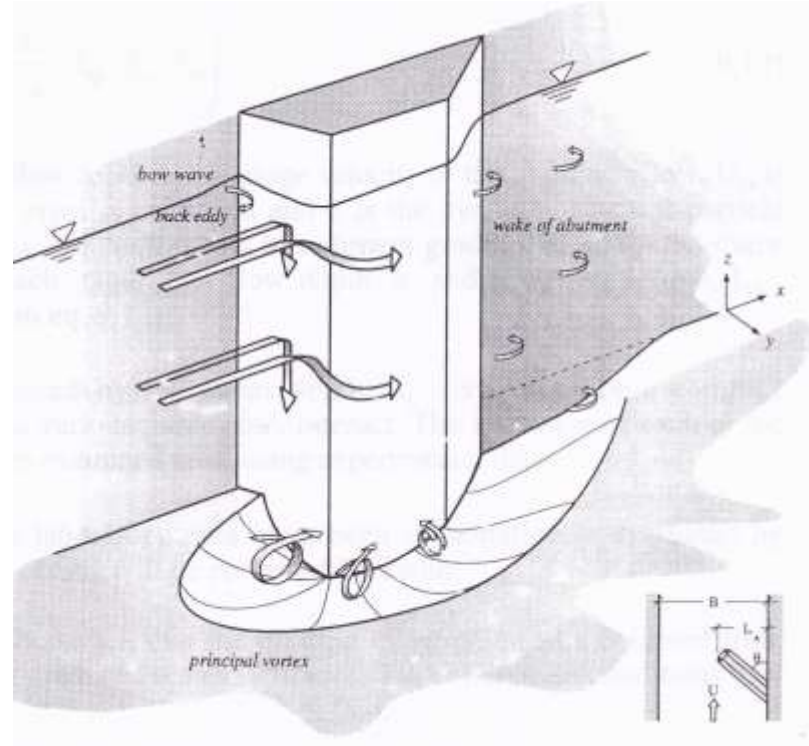
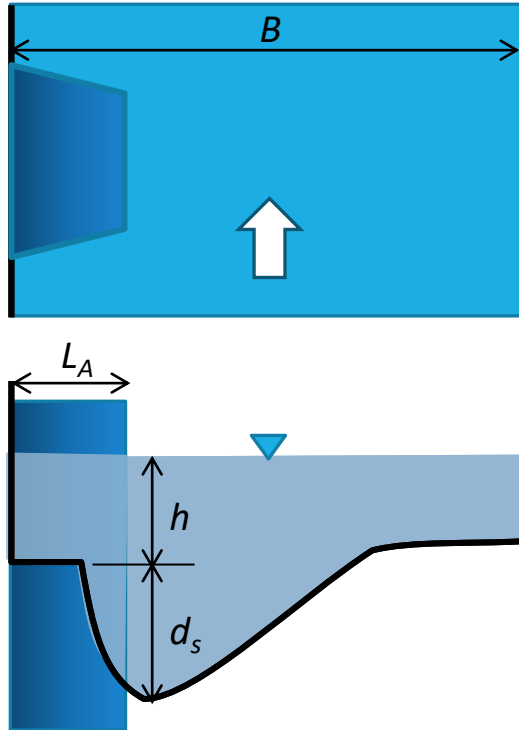
cara pengamanan pilar  
yang tidak benar



**Gerusan Lokal**

# **Gerusan di sekitar pangkal jembatan**

# Pangkal/Abutment Jembatan



# Prediksi Kedalaman Gerusan

- Persamaan untuk keperluan preliminary design

$$\frac{d_s}{L_A} = 2\xi_s\xi_\alpha \quad \text{untuk} \quad \frac{h}{L_A} > 1$$

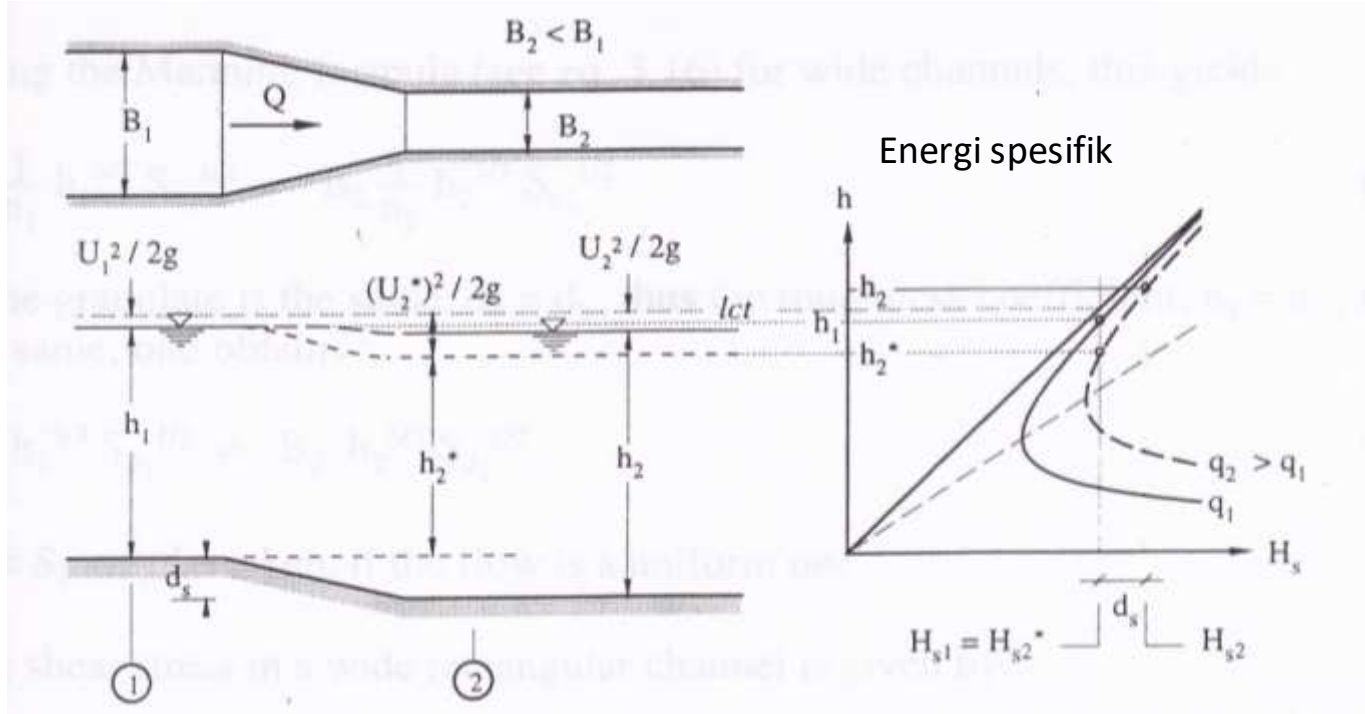
$$\frac{d_s}{L_A} = 2\sqrt{\frac{h}{L_A}}\xi_s\xi_\alpha \quad \text{untuk} \quad \frac{h}{L_A} < 1$$

**Gerusan Lokal**

# **Gerusan akibat penyempitan alur**



# Gerusan akibat Penyempitan Alur



# Gerusan akibat Penyempitan Alur

- Pada penyempitan alur
  - Persamaan kontinuiti untuk debit aliran konstan

$$Q = q_1 B_1 = q_2 B_2$$

- Energi spesifik

$$H_{s1} = H_{s2}^* = H_{s2} - d_s$$

# Gerusan akibat Penyempitan Alur

## ■ Mekanisme (lihat gambar)

- Pada penyempitan terjadi peningkatan debit per satuan lebar, yang berakibat pada penurunan kedalaman aliran dan peningkatan kecepatan aliran

$$B_2 < B_1 \Rightarrow q_2 > q_1 \Rightarrow h_2^* < h_1 \text{ dan } U_2^* > U_1$$

- Peningkatan kecepatan aliran mengakibatkan erosi/gerusan di tempat alur menyempit sehingga dasar sungai turun  $\rightarrow d_s$
- ...

# Gerusan akibat Penyempitan Alur

- ...
  - Di hilir penurunan dasar sungai, energi spesifik  $H_s$  berubah, bergeser ke kanan sebesar  $d_s \rightarrow$  berakibat pada peningkatan kedalaman aliran dan penurunan kecepatan aliran

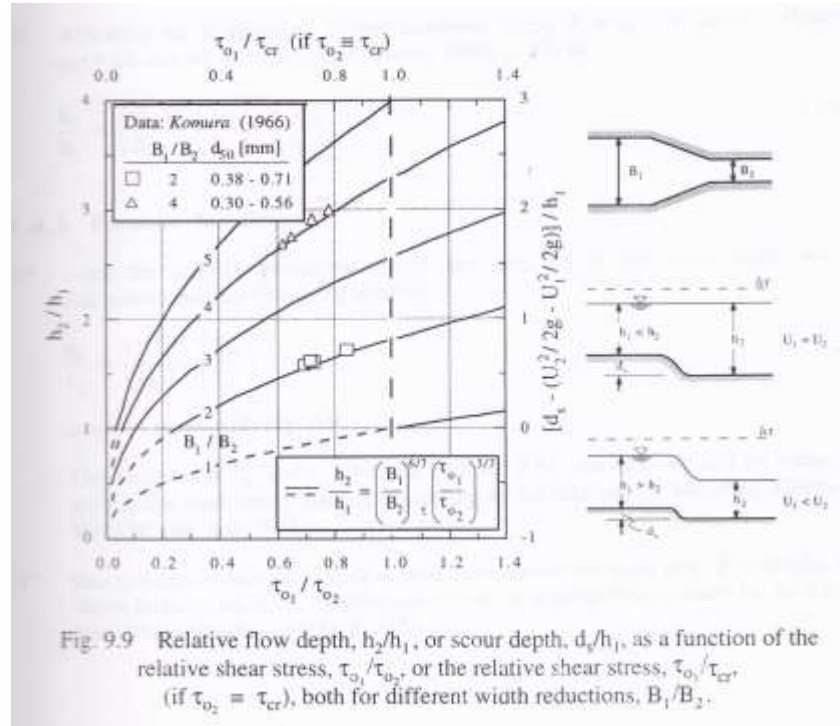
$$H_{s2} = H_{s2}^* + d_s \Rightarrow h_2 > h_2^* \text{ dan } U_2 < U_2^*$$

- Perhatikan alur sebelum menyempit dan sesudah menyempit
  - jika  $d_s$  kecil:  $h_2 < h_1$  dan  $U_2 > U_1$
  - jika  $d_s$  besar:  $h_2 > h_1$  dan  $U_2 \approx U_1$

# Prediksi Kedalaman Gerusan

$$\frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{6/7} \left(\frac{\tau_{o1}}{\tau_{o2}}\right)^{3/7}$$

$$\tau_o = \rho g h S_o$$



**Gerusan Lokal**

# **Gerusan di hilir struktur hidraulik**

# Gerusan di Hilir Struktur Hidraulik

$$q = \begin{cases} q_o & \text{overflow} \\ q_u & \text{underflow} \\ q_o + q_u & \text{over- and underflow} \end{cases}$$

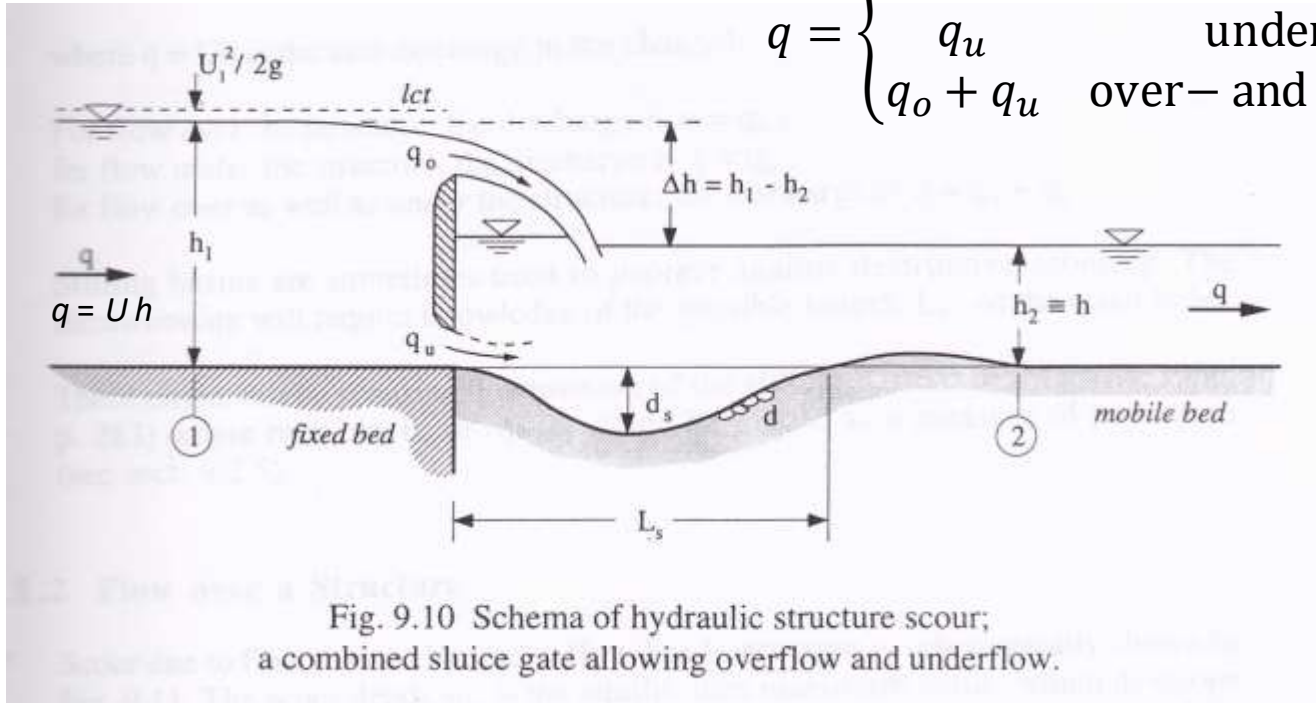
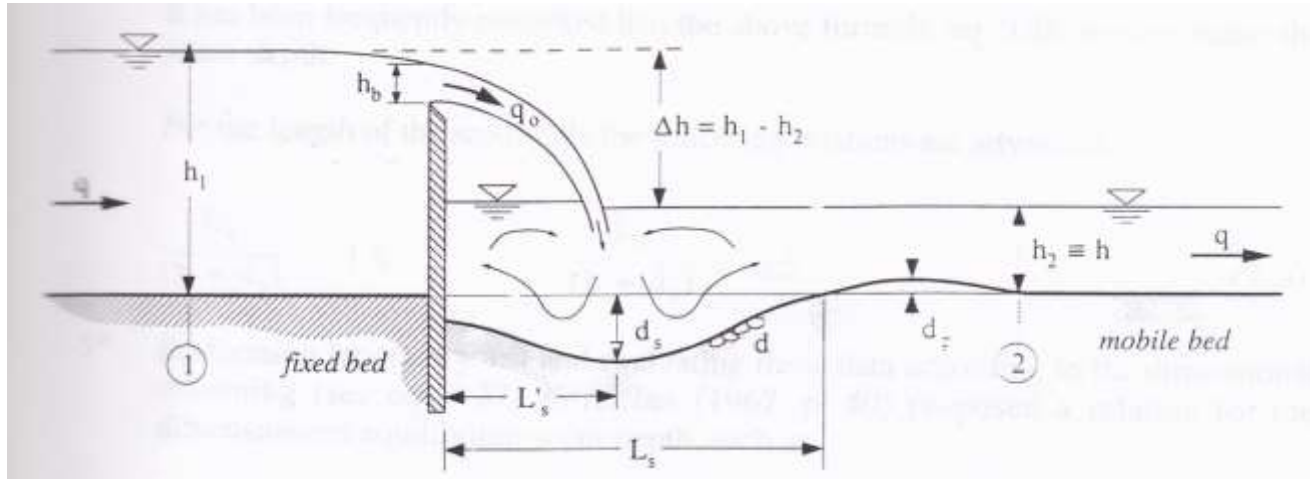


Fig. 9.10 Schema of hydraulic structure scour; a combined sluice gate allowing overflow and underflow.

# Gerusan di Hilir Struktur Hidraulik



$$h + d_s = K_M \frac{1}{g^{0.3}} \left( \frac{\Delta h^y q^x}{d_m^{0.1}} \right) h^{0.15}$$

$$K_M = 6.42 - 3.10\Delta h^{0.1}$$

$$x = 0.15 + \Delta h/200$$

$$y = 0.60 - \Delta h/300$$

Berlaku untuk butir material dasar sungai

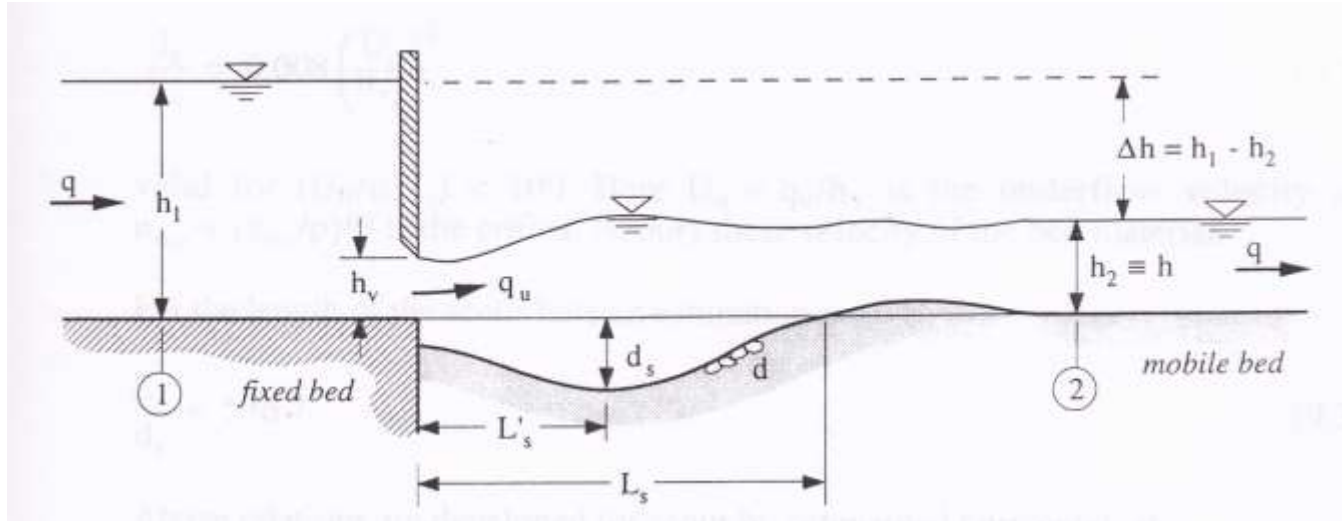
$1 \text{ mm} < d_m < 28 \text{ mm}$ .

Jika material dasar sungai berupa batu,

$d_m = 250 \text{ mm}$ .



# Gerusan di Hilir Struktur Hidraulik



$$h + d_s = w \frac{\Delta h^{0.5} q^{0.6}}{d_{90}^{0.4}}$$

$w = 10.35 \text{ m}^{0.6}/\text{s}^{0.3}$  untuk *submerged jet*

$w = 15.40 \text{ m}^{0.6}/\text{s}^{0.3}$  untuk *free jet*

$$\frac{L_s}{h + d_s} \approx 6 \text{ dan } \frac{L'_s}{h + d_s} \approx 3$$

**Gerusan Lokal**

# **Contoh Soal**

Terima kasih