

GERUSAN LOKAL

23-Jun-26

Teknik Sungai

2 Gerusan Lokal (Local Scour)

Mekanisme

Prediksi kedalaman gerusan

Pengendalian

Erosi Lokal (Local Scour)

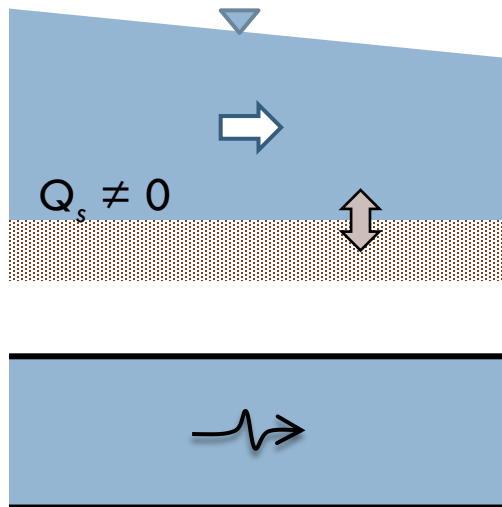
3

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

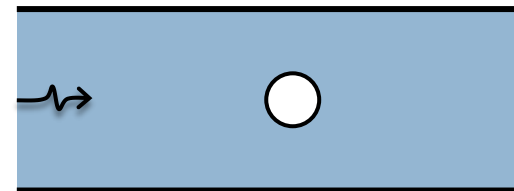
Gerusan Lokal

4

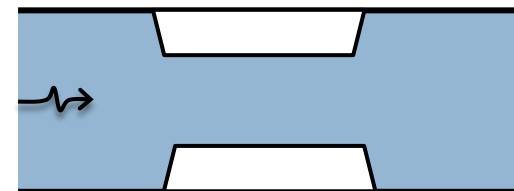
Erosi: degradasi dasar sungai



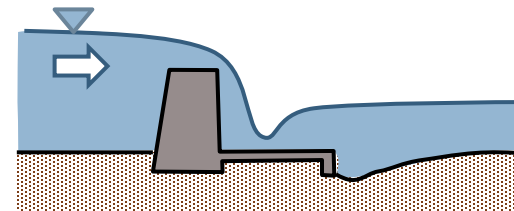
Gerusan lokal



pilar, pangkal jembatan



penyempitan alur



struktur hidrolika, bendung



Jembatan Srandakan,
S. Progo, Yogyakarta, 2001

Jembatan Kebonagung,
S. Progo, Yogyakarta, 2006





Jembatan Kebonagung,
S. Progo, Yogyakarta, 2006

23-Jun-26



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



Groundsill Kretek,
S. Opak, Yogyakarta, 2007



gerusan lokal



29.06.2007



23-Jun-26



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



Gerusan Lokal

11

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

Gerusan Lokal

12

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

13



$$Q_{s,in} < Q_{s,out} \quad \left\{ \begin{array}{ll} Q_{s,in} = 0 & \text{clear-water scour} \\ Q_{s,in} \neq 0 & \text{live-bed scour} \end{array} \right.$$

Gerusan Lokal

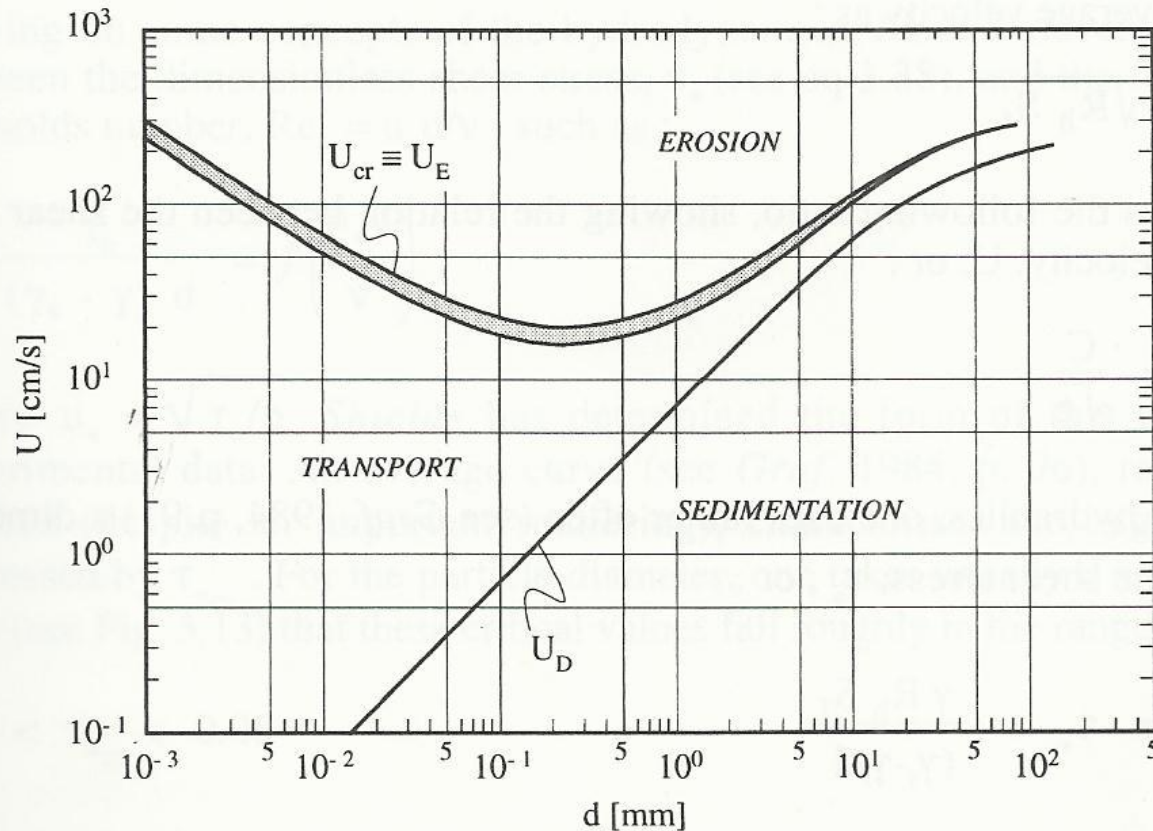
14

- 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

15

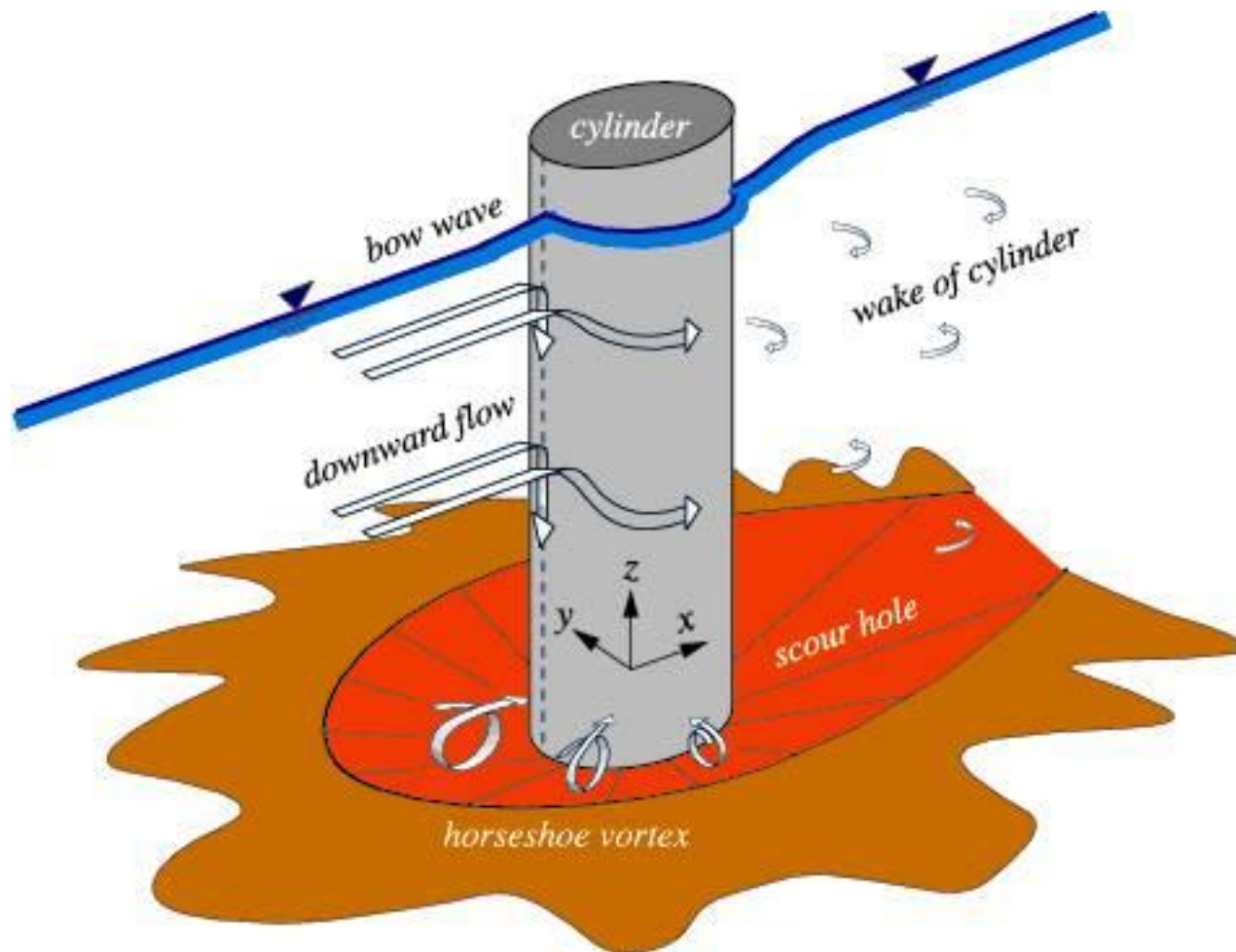


Kecepatan kritis transpor sedimen butir sedimen berdistribusi seragam menurut Hjulstrom

16

Gerusan Lokal

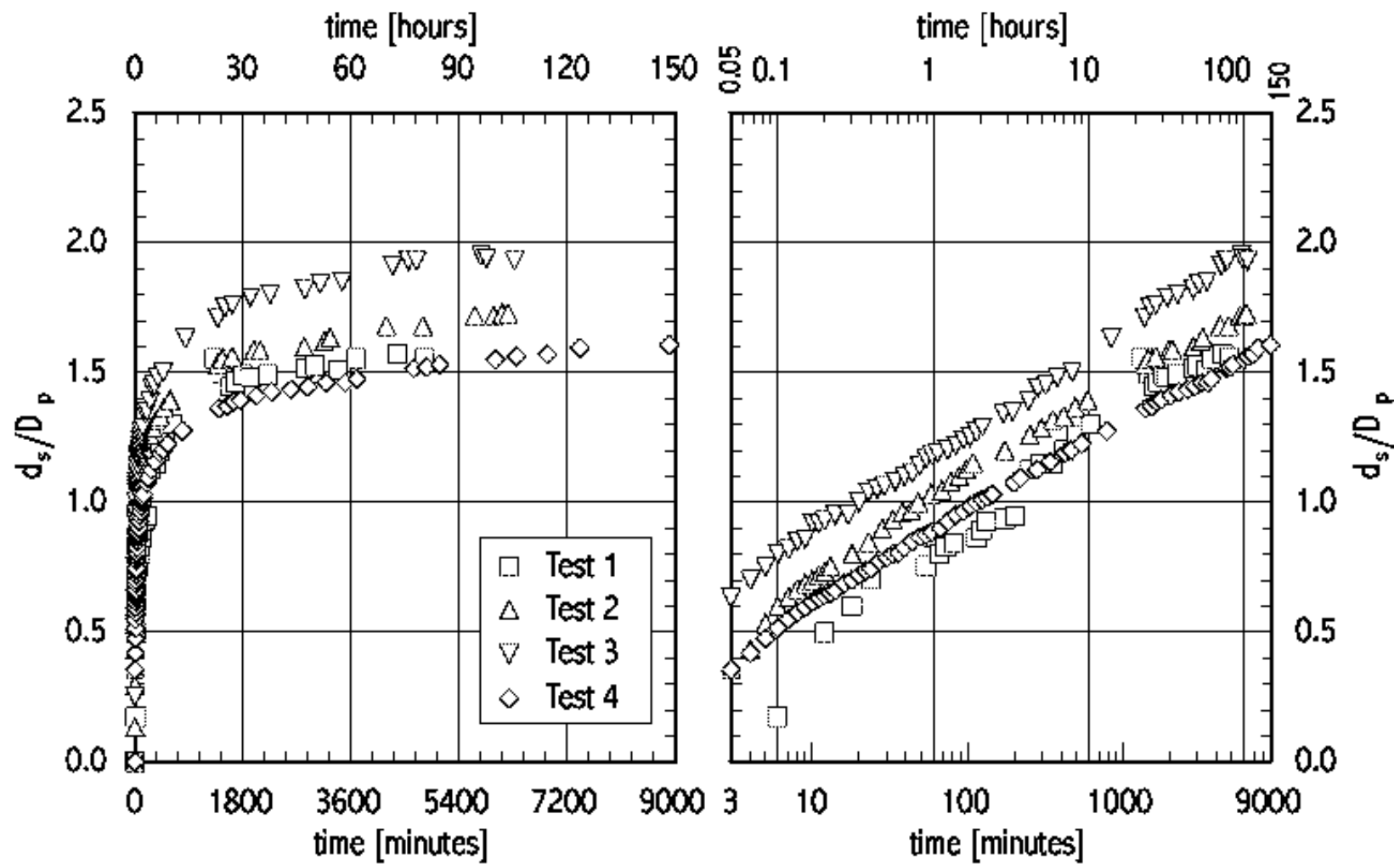
Gerusan di sekitar pilar jembatan

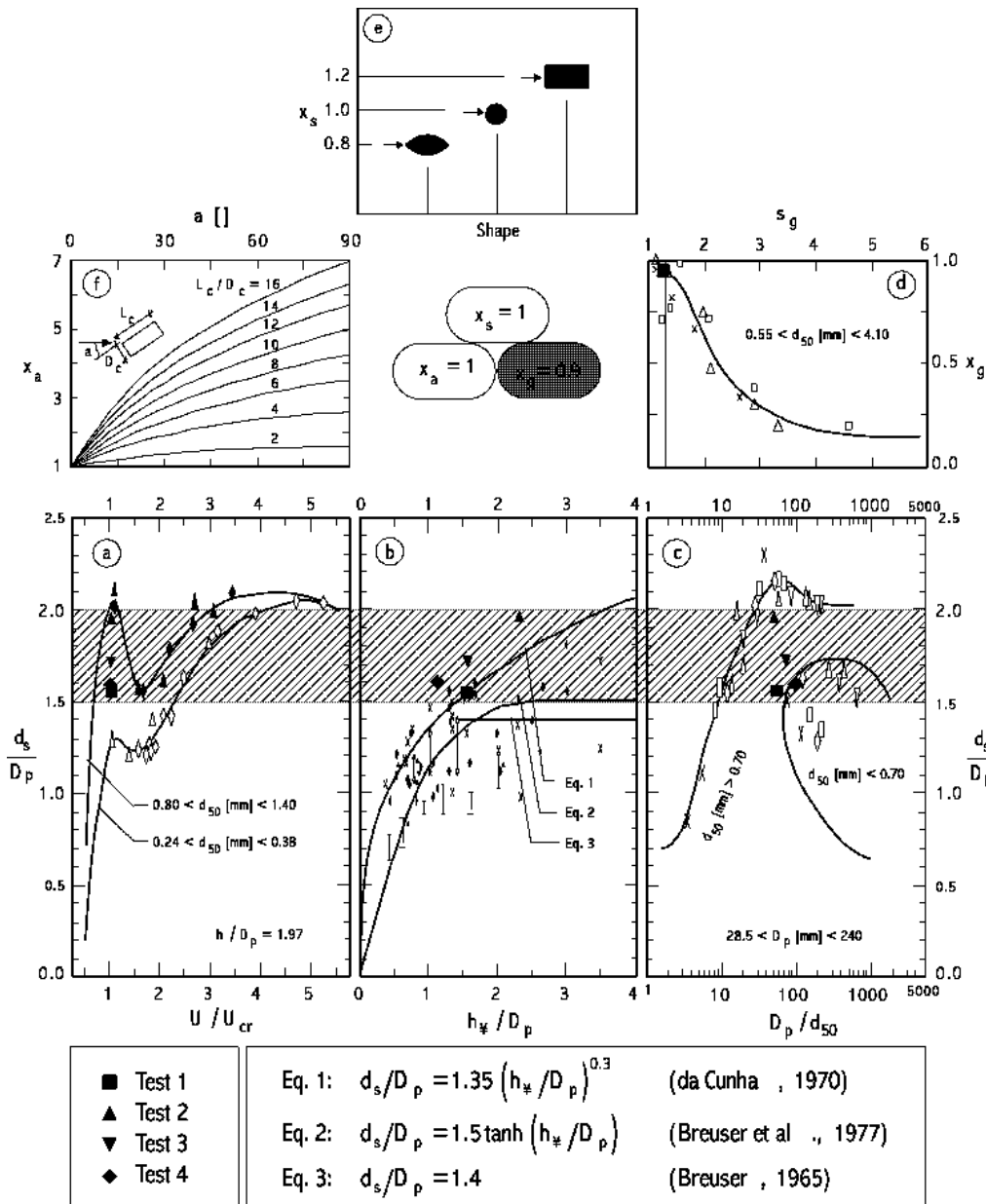


Proses Gerusan Lokal

18

- 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

21

Clear-water scour

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

Persamaan Shen (1971)

Prediksi Kedalaman Gerusan

22

Clear-water atau live-bed scour

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

$$\Gamma = \begin{cases} 0 & \text{untuk } \frac{U}{U_{cr}} < 0.5 \\ \left(2 \frac{U}{U_{cr}} - 1 \right) & \text{untuk } 0.5 < \frac{U}{U_{cr}} < 1.0 \\ 1 & \text{untuk } \frac{U}{U_{cr}} > 1.0 \end{cases}$$

Prediksi Kedalaman Gerusan

23

Live-bed scour

$$\frac{d_s}{D_p} = 2.3 \xi_\alpha$$

Persamaan Raudkivi (1991)

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

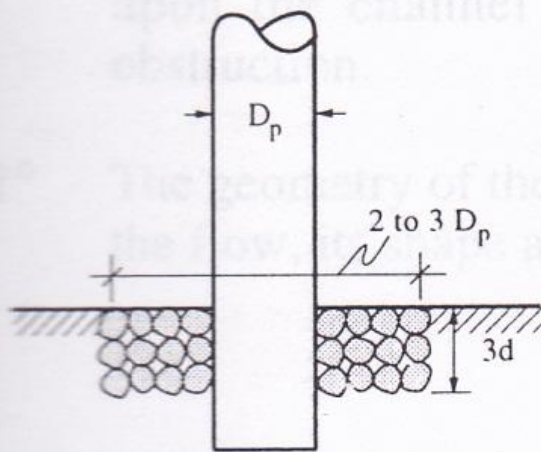
Pengendalian Gerusan Lokal

24

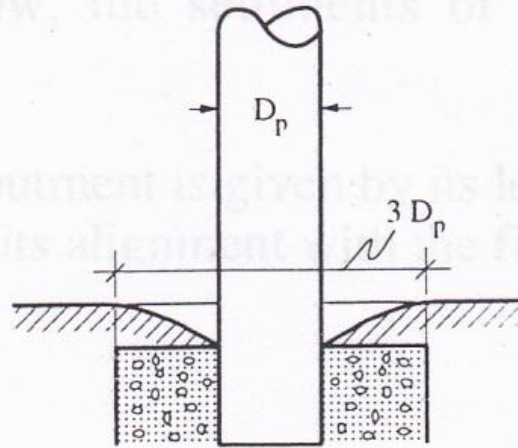
- Metode pengendalian/pencegahan gerusan lokal di sekitar pilar jembatan
 - ▣ Lantai rip-rap di sekitar pilar
 - ▣ Blok fondasi di sekitar pilar, di bawah dasar sungai
 - ▣ Cakram/krah/collar di pilar, di atas dasar sungai
 - ▣ Penempatan pilar semu di depan (hulu) pilar sesungguhnya
 - ▣ Penempatan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

Pengendalian Gerusan Lokal

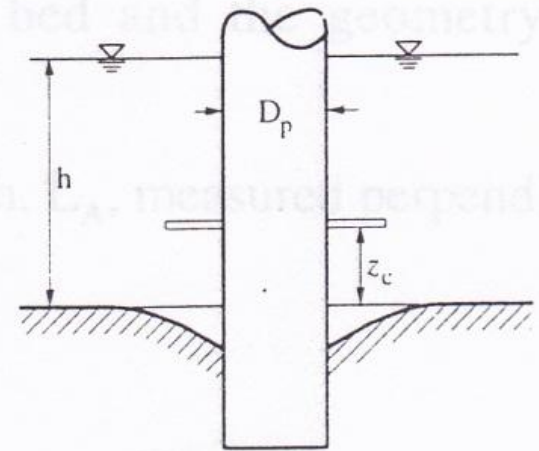
25



a) rip-rap apron

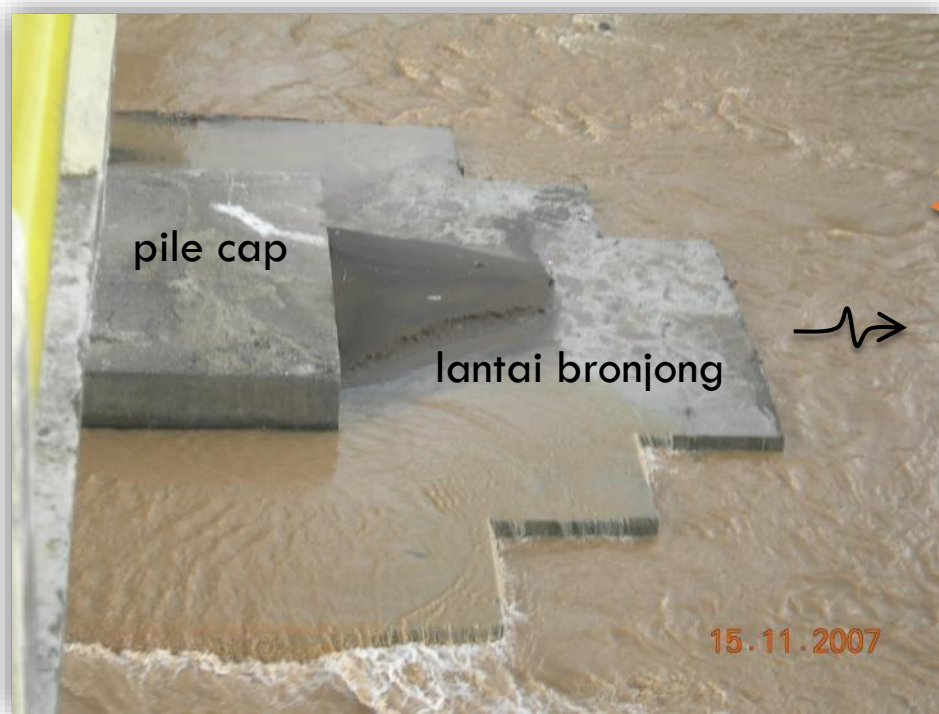


b) footing apron



c) pier with collar

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

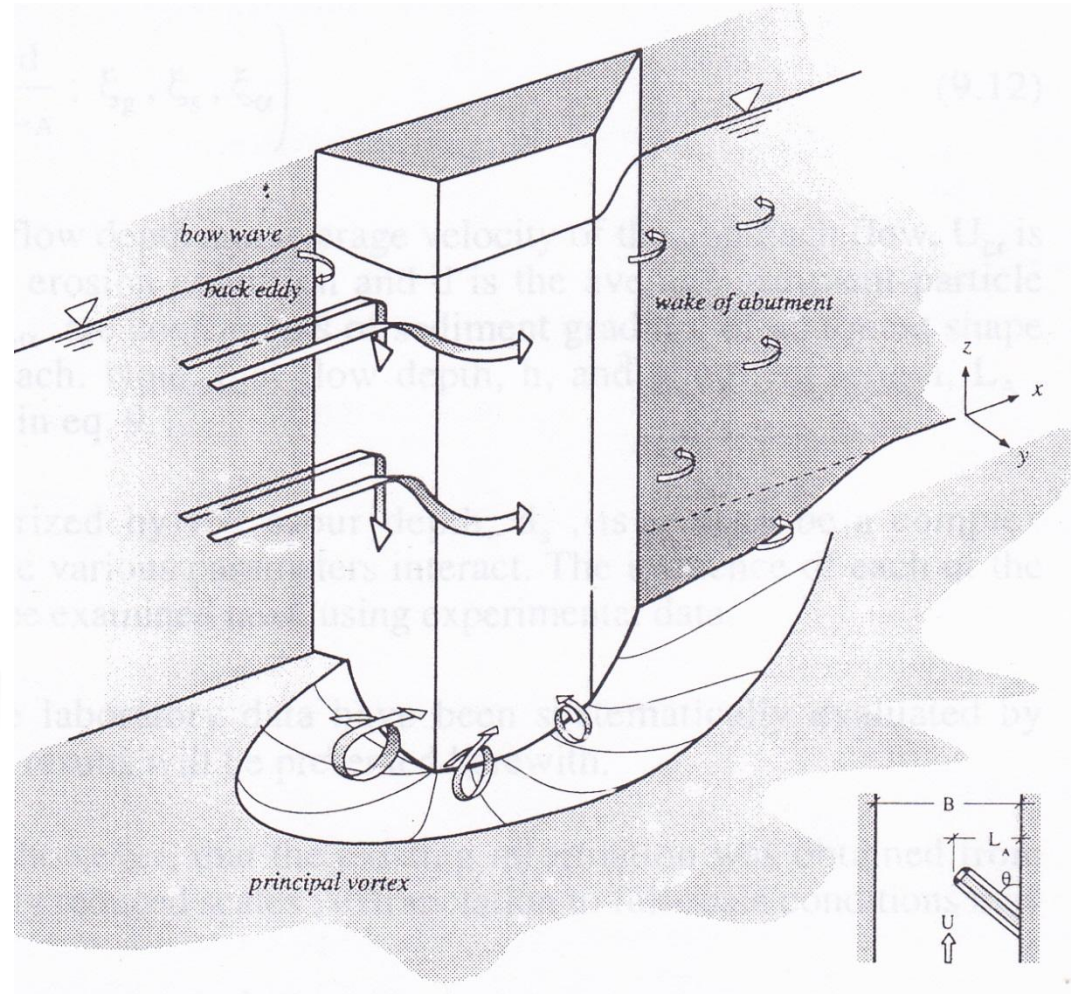
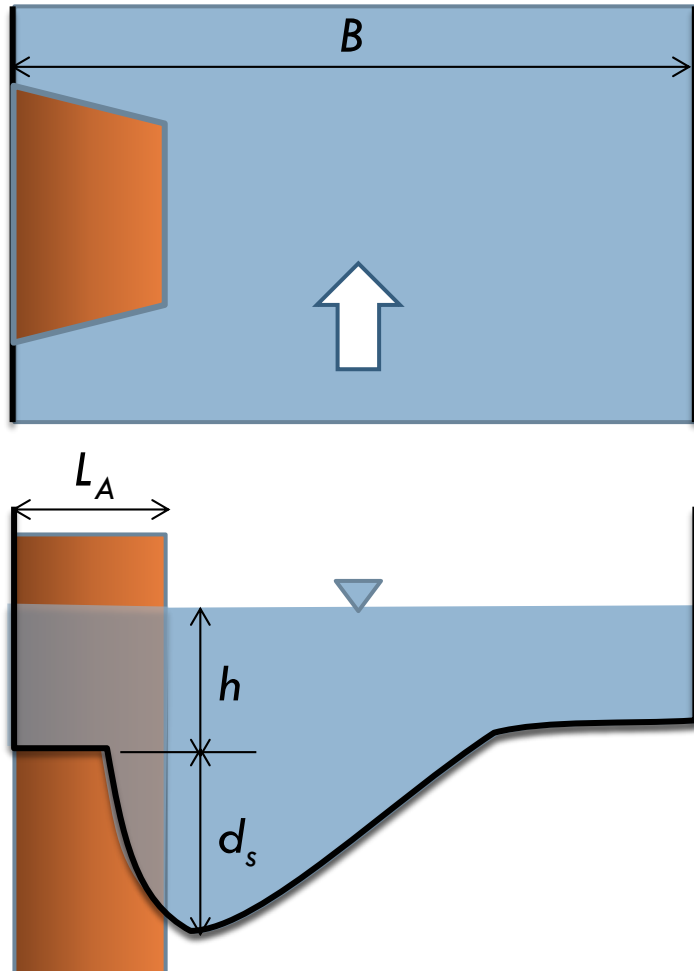


Gerusan Lokal

Gerusan di sekitar pangkal jembatan

Pangkal/Abutment Jembatan

30



23-Jun-26

Prediksi Kedalaman Gerusan

31

- Persamaan untuk keperluan preliminary design

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

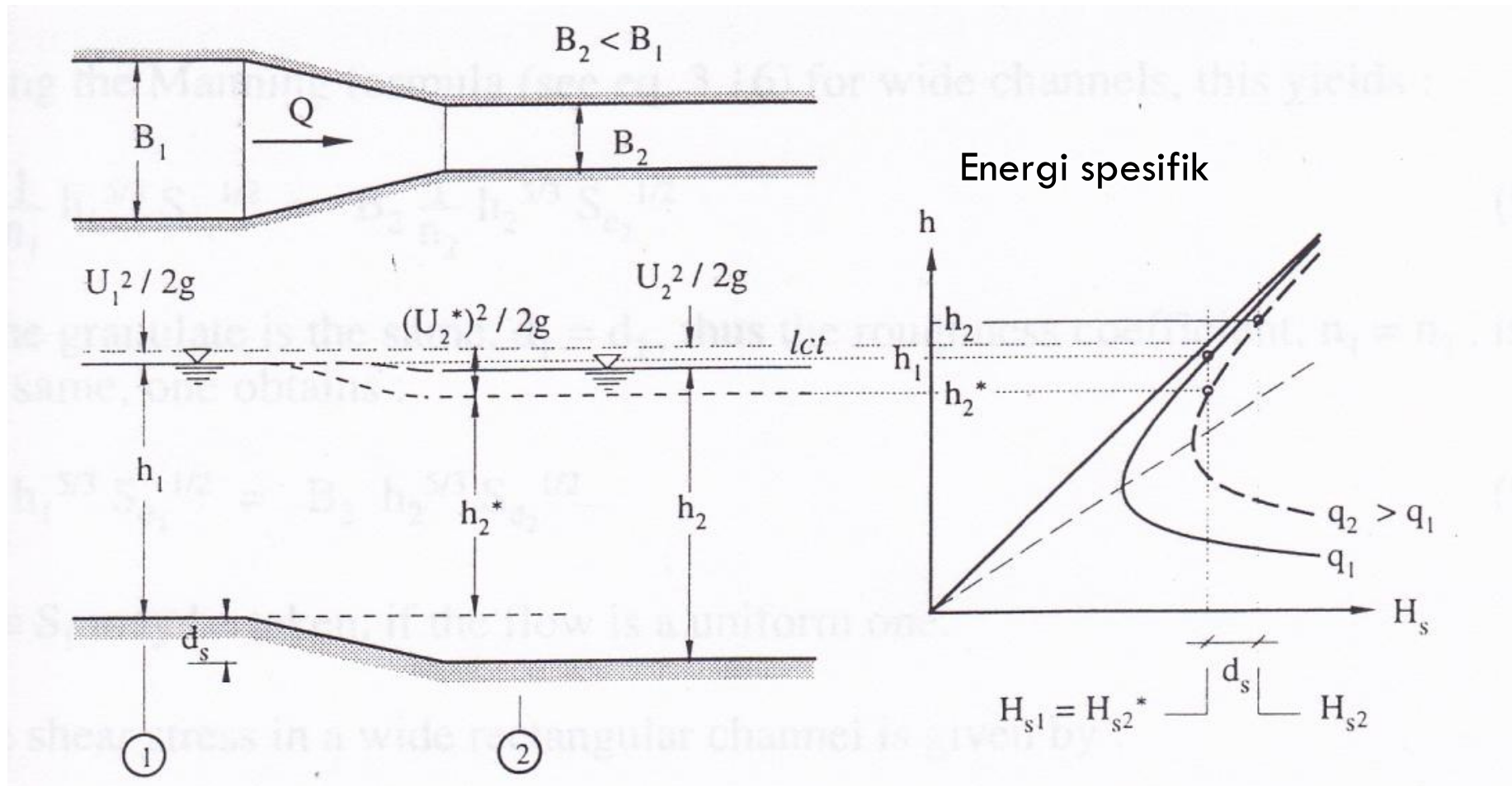
$$\frac{d_s}{L_A} = 2 \sqrt{\frac{h}{L_A}} \xi_s \xi_\alpha \quad \text{untuk} \quad \frac{h}{L_A} < 1$$

Gerusan Lokal

Gerusan akibat penyempitan alur

Gerusan akibat Penyempitan Alur

33



Gerusan akibat Penyempitan Alur

34

- 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

35

□ 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

36

□ ...

- 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 ds kecil: $h_2 < h_1$ dan $U_2 > U_1$

- jika ds besar: $h_2 > h_1$ dan $U_2 \approx U_1$

Prediksi Kedalaman Gerusan

37

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

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

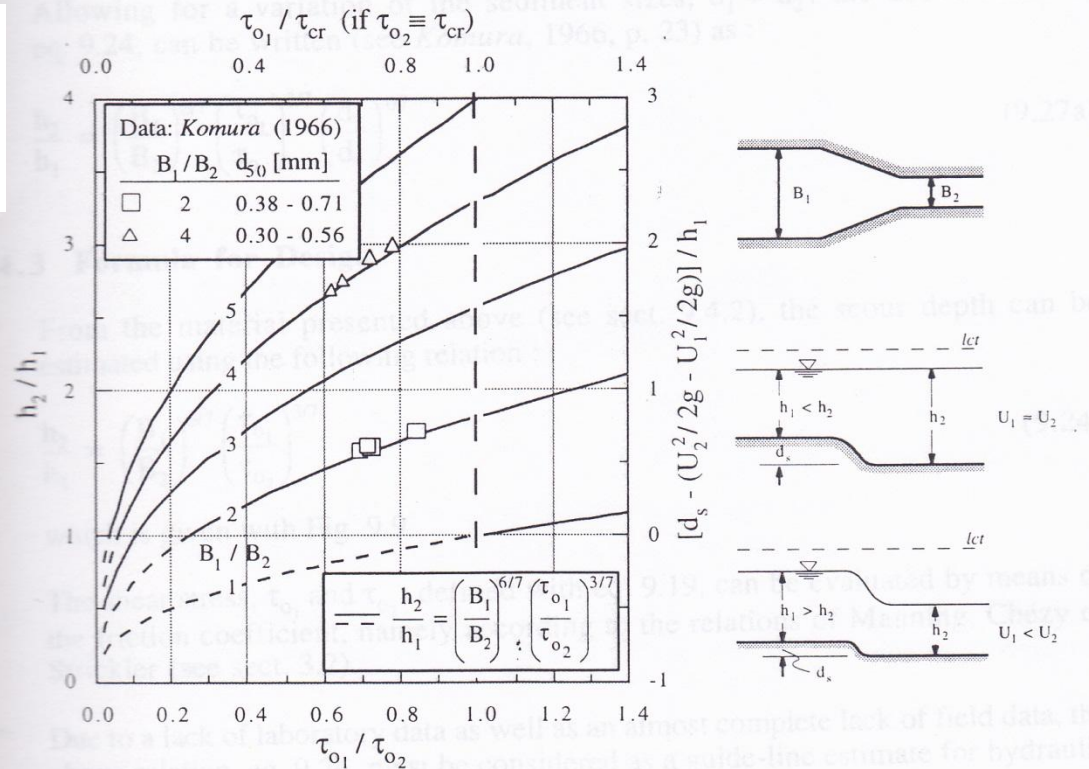


Fig. 9.9 Relative flow depth, h_2/h_1 , or scour depth, d_s/h_1 , as a function of the relative shear stress, τ_{o1}/τ_{o2} , or the relative shear stress, τ_{o1}/τ_{cr} , (if $\tau_{o2} \equiv \tau_{cr}$), both for different width reductions, B_1/B_2 .

38

Gerusan Lokal

Gerusan di hilir struktur hidraulik

Gerusan di Hilir Struktur Hidraulik

39

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

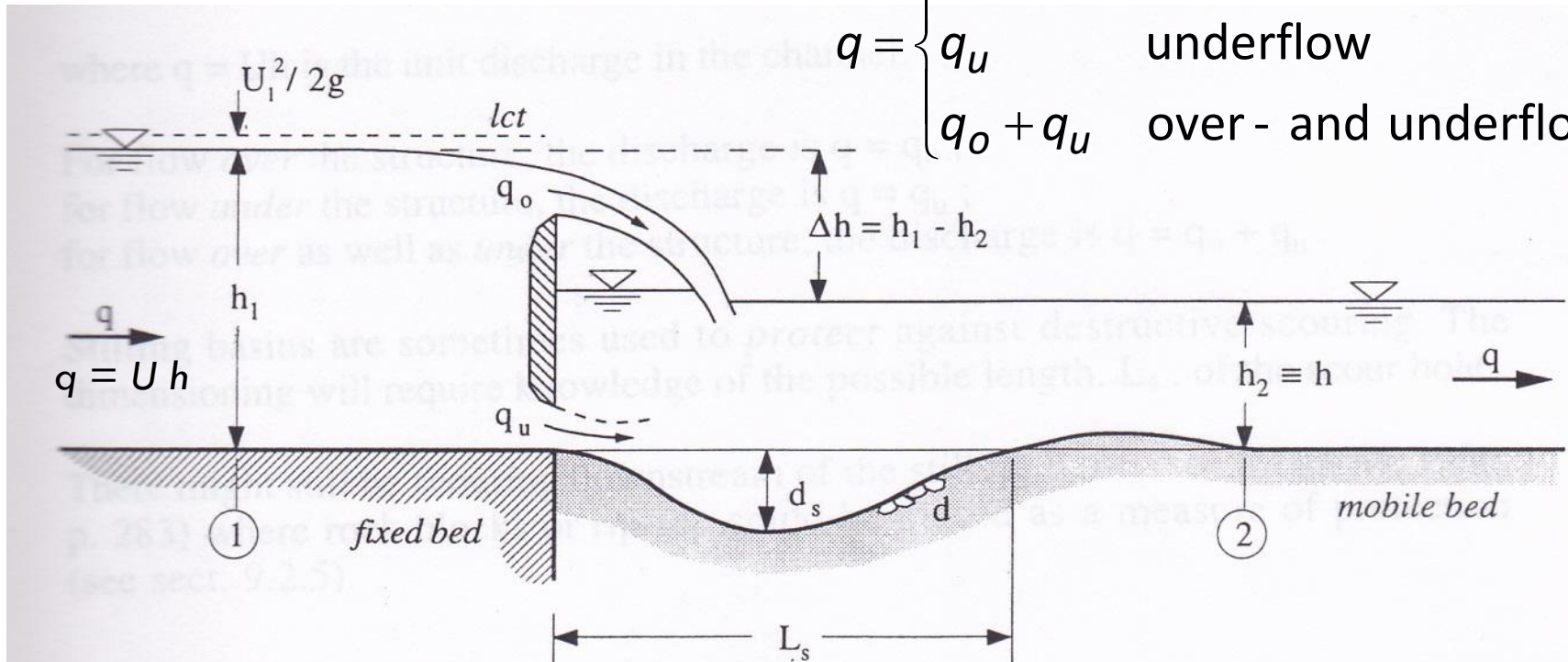
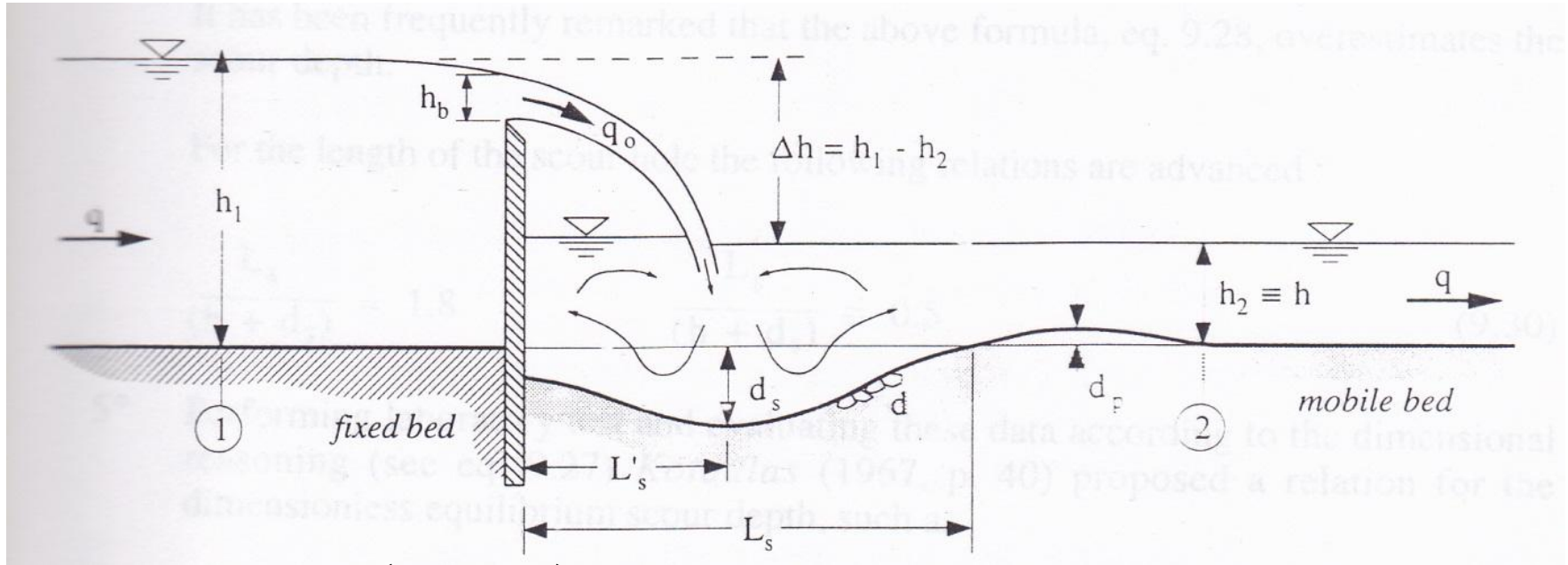


Fig. 9.10 Schema of hydraulic structure scour;
a combined sluice gate allowing overflow and underflow.

Gerusan di Hilir Struktur Hidraulik

40



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

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

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

$$y = 0.6 - \Delta h / 300$$

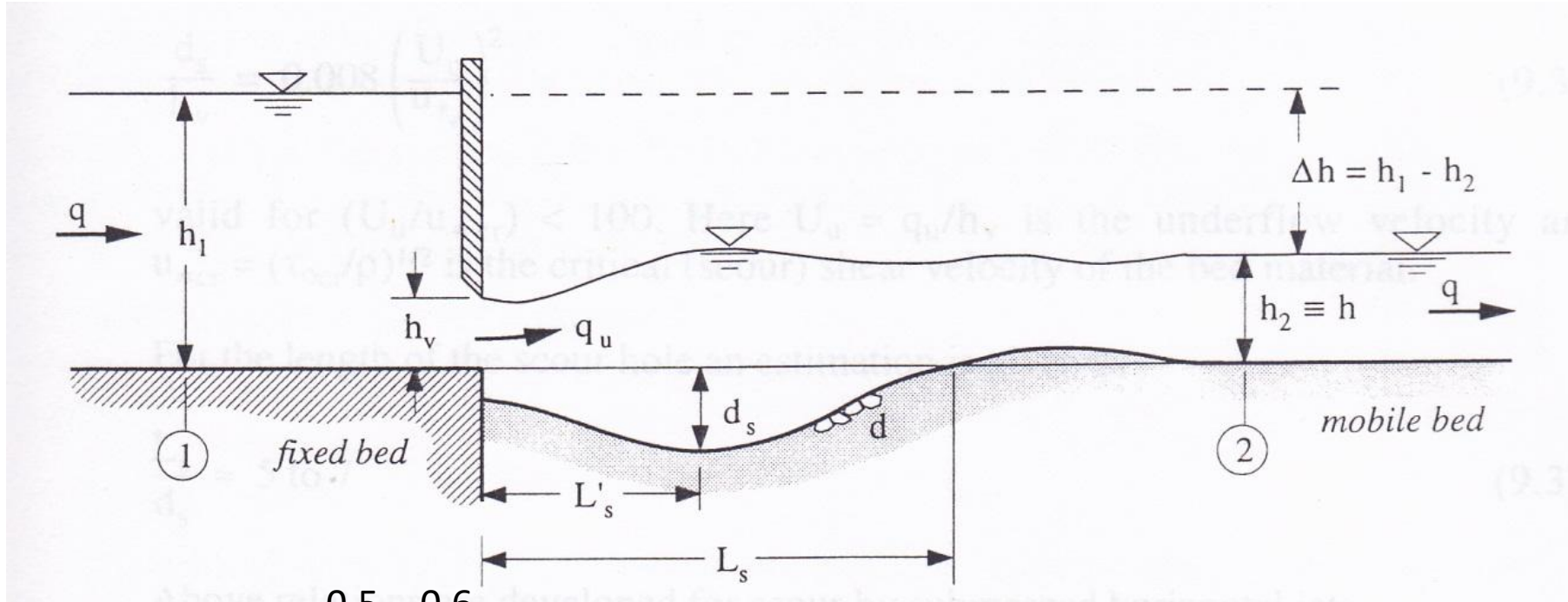
Berlaku untuk butir material dasar sungai
 $1 < d_m [\text{mm}] < 28$.

Jika material dasar sungai berupa batu,
 $d_m = 250 \text{ mm}$.

23-Jun-26

Gerusan di Hilir Struktur Hidraulik

41



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

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

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

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

42

Gerusan Lokal

Contoh soal

Terima Kasih