

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teoritik

1. Gerusan

Proses erosi dan deposisi di sungai pada umumnya terjadi karena perubahan pola aliran, terutama pada sungai alluvial. Perubahan tersebut terjadi karena adanya rintangan pada aliran sungai, berupa rintangan bangunan sungai seperti *abutment* jembatan, pilar jembatan, *crib* sungai, *revetment* dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran selanjutnya diikuti dengan terjadinya gerusan lokal di dekat bangunan (Legono: 1990).

2. Macam-macam Gerusan

Menurut Legono (1990), gerusan dibedakan menjadi:

- a. Gerusan umum di alur sungai, gerusan ini tidak berkaitan sama sekali dengan terdapat atau tidaknya bangunan sungai. Gerusan ini disebabkan oleh energi dari aliran sungai.
- b. Gerusan terlokalisir di alur sungai, terjadi karena penyempitan alur sungai, sehingga aliran menjadi lebih terpusat.
- c. Gerusan lokal disekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal disekitar bangunan sungai.

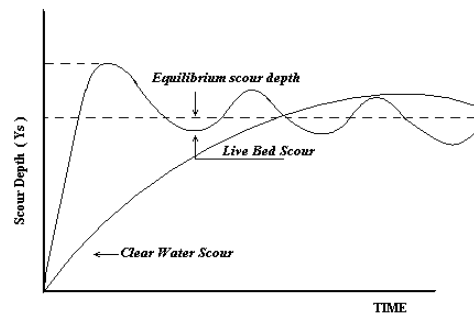
Gerusan dari jenis b dan c selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih (*clear water scour*) maupun gerusan dengan air bersedimen (*live bed scour*). Gerusan dengan air bersih berkaitan dengan

suatu dimana dasar sungai atau saluran di sebelah hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada material yang terangkut) atau secara teoritik $\tau_0 < \tau_c$, sedangkan gerusan dengan air bersediman terjadi disertai dengan adanya angkutan sedimen, akibat aliran dalam saluran yang menyebabkan material dasar bergerak atau secara teoritik $\tau_0 > \tau_c$ (Legono: 1990).

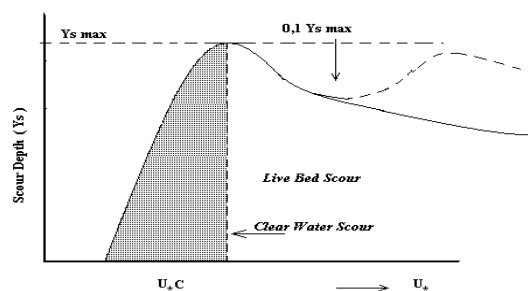
3. Mekanisme Gerusan

Menurut Legono (1990), gerusan yang terjadi di sekitar abutmen jembatan merupakan akibat dari sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi oleh *abutment* tersebut. Sistem pusaran yang menyebabkan adanya lubang gerusan tersebut dimulai dari sebelah hulu abutmen yaitu saat mulai munculnya komponen aliran dari arah bawah. Selanjutnya pada bagian bawah komponen tersebut, aliran akan berbalik arah menjadi vertikal yang kemudian diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah gerusan.

Menurut Breusers dan Raudkivi (1991), proses gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran dari bagian hulu kebagian hilir saluran. Pada kecepatan tinggi, partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar baik ukuran maupun kedalamannya. Kedalaman gerusan maksimum akan tercapai pada saat kecepatan aliran mencapai kecepatan kritik. Berikut ini adalah hubungan antara kedalaman gerusan terhadap waktu (gambar 1) dan hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan geser (gambar 2).



Gambar 1. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu (Breusers dan Raudkivi: 1991)



Gambar 2. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Kecepatan Geser (Breusers dan Raudkivi: 1991)

Dijelaskan lebih lanjut bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen, baik yang masuk maupun yang keluar lubang gerusan. Jadi kedalaman rata-rata gerusan pada kondisi seimbang (*equilibrium scour dept*, Y_s), dengan sendirinya menjadi lebih kecil dari kedalaman gerusan maksimum.

Menurut Larsen (1952) dalam Legono (1990), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut :

- a. Besar gerusan akan sama dengan selisih antara jumlah material yang ditranspor keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang ditranspor masuk kedalam daerah gerusan.

- b. Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah didaerah gerusan bertambah (misal: karena erosi).
- c. Untuk kondisi aliran akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan *asimtotik* terhadap waktu.

4. Awal Gerak Butiran

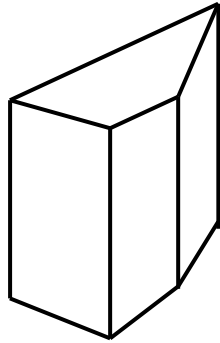
Menurut Ranga Raju (1986), suatu saluran terbuka yang mempunyai sedimen lepas (*loose sediment*) diatur pada kemiringan tertentu dimana aliran seragam terjadi pada debit yang berbeda. Sebagai akibatnya, pada debit yang rendah ketika kedalaman dan tegangan geser kecil, partikel sedimen akan berhenti dan aliran itu sama dengan yang ada pada saluran batas kukuh. Apabila debit secara berangsur bertambah, suatu tahap dicapai apabila sedikit partikel pada dasar yang bergerak secara terputus-putus. Keadaan ini dinamakan keadaan kritis (*critical condition*) keadaan gerak awal (*incipient motion condition*)

Selain dari batasan yang menunjukkan permulaan gerak sedimen, keadaan kritis mempengaruhi desain saluran peka erosi (*erodible channels*) yang mengangkut air dan pada dasarnya mempengaruhi susunan endapan lumpur di dalam waduk. Dengan demikian ada manfaat memahami secara seksama kondisi hidraulika yang mengawali gerak pada dasar yang mempunyai sedimen yang diketahui karakternya.

5. Abutment

Abutment merupakan salah satu bagian konstruksi jembatan yang terletak dipangkal jembatan. Tipe geometri abutmen bermacam-macam,

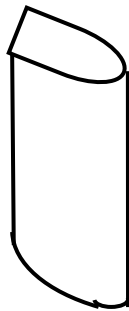
diantaranya *wing-wall abutment* (WW), *spill-through abutment* (ST), *triangular-shaped abutment*, *semi circular-end abutment* (SCE) (Breusers dan Raudkivi: 1991).



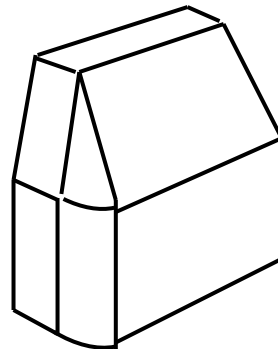
1. *Wing wall abutment*



2. *Triangular-shaped
abutment*



3. *Semi Circular end abutment*



4. *Spill through abutment*

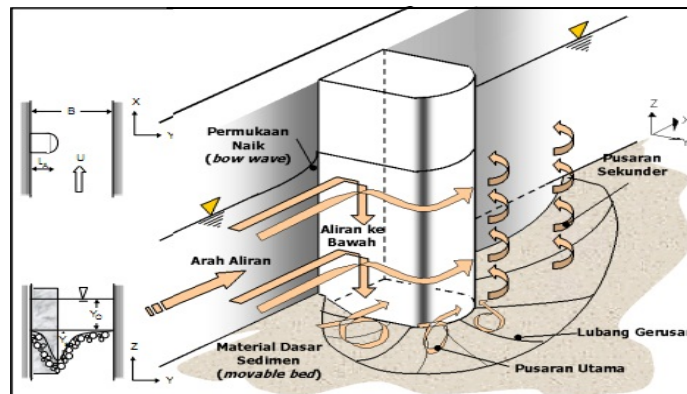
Gambar 3. Macam-macam Model Abutmen
(Breusers dan Raudkivi: 1991)

6. Gerusan Di Sekitar Abutmen

Pola aliran disekitar abutmen jembatan merupakan akibat dari adanya sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi oleh abutmen tersebut. Pola aliran yang menyebabkan lubang gerusan tersebut bermula dari sebelah hulu abutmen yaitu ketika terdapat pola arus kebawah

Dalam keadaan tersebut di dekat bawah komponen kecepatan aliran akan berbalik vertikal, dan aliran tersebut diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah lubang gerusan (Legono: 1990).

Kondisi aliran yang membentuk pusaran tersebut berdampak terjadinya pengikisan dasar sungai di sekitar bangunan, yaitu dengan terbawa atau terangkutnya material dasar sungai di sekitar bangunan yang akan berakibat timbulnya lubang gerusan. Peristiwa ini berlangsung sampai terjadi keseimbangan yang tergantung pada media yang bergerak, kondisi aliran *clear water* atau *live-bed*.



Gambar 4. Pola Arus di Sekitar Abutmen Jembatan (Breusers dan Raudkivi: 1991)

B. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kedalaman Gerusan

1. Kecepatan Aliran Rata-rata

Menurut Chow (1989), kecepatan aliran rata-rata merupakan perbandingan antar debit aliran yang melewati saluran (Q) dengan luas tampang basah saluran (A) seperti persamaan di bawah ini:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B.Y_0} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

V = kecepatan aliran rata-rata, m/det

Y_0 = kedalaman aliran, m

B = lebar saluran, m

Q = debit aliran l/det

A = luas tampang aliran, m^2

2. Bilangan Froude

Menurut Chow (1989) bilangan Froude aliran (F) dapat digunakan dalam menentukan bentuk aliran dan bentuk konfigurasi dasar saluran.

Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$F = \frac{V}{\sqrt{(g.Y_0)}} \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

V = kecepatan aliran rata-rata, m/det

Y_0 = kedalaman aliran, m

g = percepatan gravitasi, m/det^2

F = bilangan *Froude*

Bilangan *Froude* untuk saluran terbuka dinyatakan sebagai berikut :

- a. $F < 1$, aliran yang terjadi adalah aliran sub kritis
- b. $F = 1$, aliran yang terjadi adalah aliran kritis, dan
- c. $F > 1$, aliran yang terjadi adalah aliran super kritis

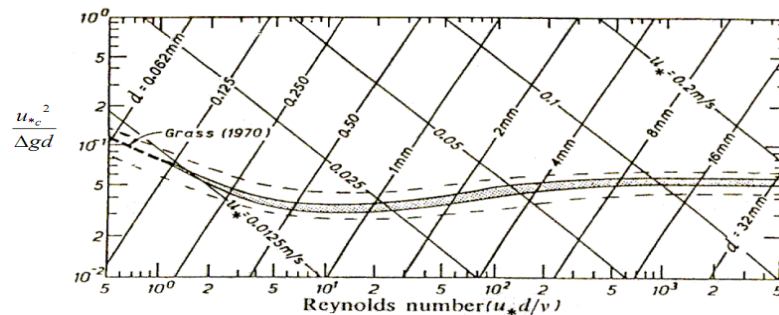
3. Kecepatan Geser dan Tegangan Geser

Menurut Breuser & Raudkivi (1991), dimensi analisis untuk menentukan beberapa parameter tak berdimensi dan ditetapkan dalam bentuk diagram pergerakan awal (*incipient motion*). Melalui grafik Shield, dengan mengetahui angka Reynold (R_e) butiran atau diameter butiran (d), maka pada nilai tegangan geser kritis (τ_c) dapat diketahui. Bila tegangan geser dasar aliran berada diatas nilai kritiknya maka butiran sedimen bergerak, atau dengan kata lain:

$$\tau_0 < \tau_c \text{ butiran tidak bergerak}$$

$$\tau_0 = \tau_c \text{ butiran dasar mulai akan bergerak}$$

$$\tau_0 > \tau_c \text{ butiran dasar bergerak}$$



Gambar 5. Grafik Shields (Breusers dan Raudkivi: 1991)

Grafik Shield mendefinisikan gerak awal menjadi persamaan berikut:

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{\rho g d} = \frac{u_{*c}^2}{g \Delta d} \dots \dots \dots (3)$$

dengan :

θ_c = koefisien Shield

τ_c = tegangan geser kritik

ρ_s = berat jenis butiran

g = percepatan gravitasi

u_* = kecepatan geser

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

Kecepatan geser : $u_* = \sqrt{(g.R.S_0)}$(4)

Tegangan geser : $\tau_0 = (u_*^2.\rho)$(5)