STUDI PENGARUH KELOMPOK TIANG TERHADAP GERUSAN

THE EFFECT OF PIER GROUPS ON SCOUR STUDY

HAMZAH AL IMRAN



PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013

STUDI PENGARUH KELOMPOK TIANG TERHADAP GERUSAN

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Teknik Sipil

Disusun dan Diajukan Oleh

HAMZAH AL IMRAN

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013

TESIS

STUDI PENGARUH KELOMPOK TIANG TERHADAP GERUSAN

Disusun dan diajukan oleh

HAMZAH AL IMRAN

Nomor Pokok P2301210007

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 14 Mei 2013

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

Prof. Dr. Ir. H. Muh.Saleh Pallu, M.Eng.

Whoma

Ketua

Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST.MT.

Anggota

Ketua Program Studi

Teknik-Sipil

Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng.

Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Prof. Dr. Ir. Mursalim.

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hamzah Al Imran Nomor Mahasiswa : P2301210007 Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 Mei 2013

Yang menyatakan,

Hamzah Al Imran

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala dengan selesainya tesisi ini.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan kejadian runtuhnya suatu bangunan jembatan disebabkan oleh pilar jembatan yang roboh karena terjadi gerusan di sekitar pilar tersebut sehingga penulis melakukan penelitian di laboratorium sungai untuk menganalisis pengaruh kelompok tiang terhadap gerusan, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti selanjutnya.

Banyak kendala yang di hadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, berkat bantuan berbagai pihak maka tesis ini dapat selesai. Dalam kesempatan ini penulis denga tulus menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT. Sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. H. Irwan Akib, M. Pd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar atas bantuan, perhatian dan dorongannya. Rekan seperjuangan Lutfi Hair Djunur, Yuni Damayanti yang memberikan perhatian dan bantuannya.

6

Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil

Konsentrasi Keairan angkatan 2010. Ucapan terimakasih secara khusus

penulis sampaikan kepada orang tua tercinta, saudara-saudara penulis

atas do'a dan dorongan moril yang telah diberikan. Ucapan terimakasihku

yang tak terhingga untuk istriku tercinta Nenny, ST., MT dan anak-anakku

Ahmad Fauzan Fathurrahman, Nurul Miftahul Qalbi dan Ahmad Maula

Ifdhal Rahman atas segala kesabarannya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan,oleh

karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun

demi kesempurnaan tesis ini. Semoga tesis ini dapat bermanfaat dan

digunakan untuk pengembangan wawasan serta peningkatan ilmu

pengetahuan bagi kita semua termasuk penelitian lebih lanjut.

Makassar, 14 Mei 2013

Hamzah Al Imran

ABSTRAK

HAMZAH AL IMRAN. Studi Pengaruh Kelompok Tiang Terhadap Gerusan (dibimbing oleh Muh. Saleh Pallu dan Mukhsan Putra Hatta).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan pada kelompok tiang dan pengaruh jarak antar tiang terhadap kedalaman gerusan yang terjadi.

Penelitian ini adalah penelitian experimental di laboratorium dengan tiga variasi, yaitu debit pengaliran (Q), kecepatan aliran (V), dan waktu (t), serta tiga model kelompok tiang berbentuk heksagonal.

Tipe I jarak antara tiang 1,4.L, tipe II jarak antara tiang 1,0.L dan tipe III jarak antara tiang 0,6.L

Melalui penelitian dengan waktu pengaliran 60 menit dan debit 0,0118 m³/dtk diperoleh hasil bahwa volume gerusan untuk kelompok tiang tipe I adalah 17.242,40 cm³ atau 41,16%, kelompok tiang tipe II adalah 18.942,90 cm³ atau 46,44%, dan kelompok tiang tipe III adalah 21.925,89 cm³ atau 53,73%.

Model kelompok tiang yang efektif dari tiga kelompok tiang adalah tipe I karena volume gerusan lebih kecil.

Kata kunci: gerusan, kelompok tiang tipe heksagonal, saluran

ABSTRACT

HAMZAH AL IMRAN. The effect of Pier Groups on Scour Study (Supervised by Muh. Saleh Pallu and Mukhsan Putra Hatta).

This aims of study is to find out the velocity effect at the pier groups with a different pier distance toward the botlom scour depth.

It is a laboratory experimental research with three variations with drainage discharge, velocity, and length of flow time. Three hexagonal pier groups type were utilized. Type I with 1,4.L pier distance, Type II with 1,0.L pier distance, and Type III with 0,6.L pier distance.

The results revealed that with a time 60 minutes and discharge runoff of 0.0118m³/sec, the scour volumes were 17242.40 cm³ or 41.16% (for type I pier group); 18942.90 cm³ or 46.44% (for type II pier group), and 21925.89 cm³ or 53.73% (for type III pier group).

The effective distance between pier occured in type I pier group, as indicated by small volume of scour.

Keywords: scour, hexagonal pier groups, channel

vii

ABSTRAK

HAMZAH AL IMRAN. Studi Pengaruh Kelompok Tiang Terhadap Gerusan (dibimbing oleh Muh. Saleh Pallu dan Mukhsan Putra Hatta).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan pada kelompok tiang dan pengaruh jarak antar tiang terhadap kedalaman gerusan yang terjadi.

Penelitian ini adalah penelitian experimental di laboratorium dengan tiga variasi, yaitu debit pengaliran (Q), kecepatan aliran (V), dan waktu (t), serta tiga model kelompok tiang berbentuk heksagonal.

Tipe I jarak antara tiang 1,4.L, tipe II jarak antara tiang 1,0.L dan tipe III jarak antara tiang 0,6.L

Melalui penelitian dengan waktu pengaliran 60 menit dan debit 0,0118 m³/dtk diperoleh hasil bahwa volume gerusan untuk kelompok tiang tipe l adalah 17.242,40 cm³ atau 41,16%, kelompok tiang tipe II adalah 18.942,90 cm³ atau 46,44%, dan kelompok tiang tipe III adalah 21.925,89 cm³ atau 53.73%.

Model kelompok tiang yang efektif dari tiga kelompok tiang adalah tipe I karena volume gerusan lebih kecil.

Kata kunci: gerusan, kelompok tiang tipe heksagonal, saluran



viii

ABSTRACT

HAMZAH AL IMRAN. The effect of Pier Groups on Scour Study (Supervised by Muh. Saleh Pallu and Mukhsan Putra Hatta).

This aims of study is to find out the velocity effect at the pier groups with a different pier distance toward the bottom scour depth.

It is a laboratory experimental research with three variations with drainage discharge, velocity, and length of flow time. Three hexagonal pier groups type were utilized. Type I with 1,4.L pier distance, Type II with 1,0.L pier distance, and Type III with 0,6.L pier distance.

The results revealed that with a time 60 minutes and discharge runoff of 0.0118m³/sec, the scour volumes were 17242.40 cm³ or 41.16% (for type I pier group); 18942.90 cm³ or 46.44% (for type II pier group), and 21925.89 cm³ or 53.73% (for type III pier group).

The effective distance between pier occured in type I pier group, as indicated by small volume of scour.

Keywords: scour, hexagonal pier groups, channel



DAFTAR ISI

	halaman	
PRAKATA	V	
ABSTRAK	vii	
ABSTRACT	viii	
DAFTAR ISI	ix	
DAFTAR TABEL	xi	
DAFTAR GAMBAR	xiii	
DAFTAR LAMPIRAN	xvi	
DAFTAR SINGKATAN	xviii	
BAB I. PENDAHULUAN		
A. Latar Belakang	1	
B. Rumusan Masalah	4	
C. Tujuan Penelitian	4	
D. Manfaat Penelitian	4	
E. Batasan Masalah	5	
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA		
A. Penelitian Sebelumnya	6	
B. Landasan Teori	9	
1. Konsep Dasar Gerusan	9	
2. Aliran Melalui Saluran Terbuka	12	
3. Gradasi Sedimen	17	

4. Ukuran Pilar dan Ukuran Butir Material Dasar	21	
C. Hipotesis	26	
D. Kerangka Pikir Penelitian	28	
BAB III. METODE PENELITIAN		
A. Tempat dan Waktu Penelitian	29	
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	29	
C. Pencatatan Data	30	
D. Bahan dan Peralatan Penelitian	33	
E. Variabel yang Diteliti	35	
F. Perancangan Model Penelitian	35	
G. Diagram Alur Penelitian	37	
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
A. Perhitungan Bilangan Froude	41	
B. Perhitungan Bilangan Reynold	43	
C. Perhitungan Koefisien Chezy	45	
D. Perubahan Dasar Saluran	49	
E. Data Hasil Penelitian dan Pembahasan	52	
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
A. Kesimpulan	71	
B. Saran	72	
DAFTAR PUSTAKA	73	
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Non	nor	halaman
1.	Koefisien koreksi untuk bentuk penampang pilar	26
2.	Koefisien koreksi untuk arah datang aliran air	
3.	Rancangan simulasi percobaan	
4.	Hasil perhitungan bilangan Froude (<i>Fr</i>) untuk pengaliran 20 menit semua tipe kelompok tiang	
5.	. Hasil perhitungan bilangan Froude (<i>Fr</i>) untuk pengaliran 40 menit semua tipe kelompok tiang	
6.	Hasil perhitungan bilangan Froude (<i>Fr</i>) untuk pengaliran 60 menit semua tipe kelompok tiang	42
7.	Hasil perhitungan bilangan Reynod (<i>Re</i>) untuk pengaliran 20 menit semua tipe kelompok tiang	43
8.	Hasil perhitungan bilangan Reynod (<i>Re</i>) untuk pengaliran 40 menit semua tipe kelompok tiang	44
9.	Hasil perhitungan bilangan Reynod (<i>Re</i>) untuk pengaliran 60 menit semua tipe kelompok tiang	44
10.	Hasil perhitungan koefisien Chezy (<i>Ch</i>) untuk pengaliran 20 menit semua tipe kelompok tiang	45
11.	Hasil perhitungan koefisien Chezy (<i>Ch</i>) untuk pengaliran 40 menit semua tipe kelompok tiang	46
12.	Hasil perhitungan koefisien Chezy (<i>Ch</i>) untuk pengaliran 60 menit semua tipe kelompok tiang	46
13.	Kedalaman aliran	47
14.	Kecepatan aliran	48
15.	Debit aliran	49

16. Perhitungan volume gerusan

DAFTAR GAMBAR

Nomor		halaman
1.	Pola penjalaran gelombang di saluran terbuka	14
2.	Distribusi kecepatan aliran pada saluran terbuka	17
3.	Kedalaman gerusan setimbang di sekitar pilar fungsi ukuran butir relatif untuk kondisi aliran air bersih	19
4.	Koefisien baku (K_σ) fungsi standar deviasi geometri ukuran butir	19
5.	Diagram shields, hubungan tegangan geser kritis dengan bilangan reynolds	21
6.	Hubungan kedalaman gerusan seimbang (y_{se}) dengan ukuran butir relatif (b/d_{50}) untuk kondisi aliran air bersih dan bersedimen	25
7.	Hubungan koefisien reduksi ukuran butir relatif $K(b/d_{50})$ untuk kondisi aliran air bersih dan bersedimen	25
8.	Sketsa bentuk penampang pilar	26
9.	Kerangka pikir penelitian	28
10.	Grafik analisa saringan material pembentukan dasar saluran	34
11.	Diagram alur penelitian	37
12.	Susunan model kelompok tiang tipe 1	38
13.	Susunan model kelompok tiang tipe 2	38
14.	Susunan model kelompok tiang tipe 3	38
15.	Denah dan penampang melintang model saluran	39
16.	Model saluran dan peralatan penelitian	40

17.	Titik pengamatan untuk kelompok tiang tipe 1	50
18.	Titik pengamatan untuk kelompok tiang tipe 2	50
19.	Titik pengamatan untuk kelompok tiang tipe 3	
20.	Gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 1	
21.	Gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 2	
22.	Gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 3	52
23.	Grafik pengaruh waktu (t) pengaliran terhadap kedalaman gerusan untuk Q1=0,0063 m³/dtk	53
24.	Grafik pengaruh waktu (t) pengaliran terhadap kedalaman gerusan untuk Q2=0,0092 m³/dtk	54
25.	Grafik pengaruh waktu (t) pengaliran terhadap kedalaman gerusan untuk Q3=0.0118 m³/dtk	54
26.	Hubungan kedalaman gerusan dengan variasi debit (Q) pada kelompok tiang tipe-1	56
27.	Hubungan kedalaman gerusan dengan variasi debit (Q) pada kelompok tiang tipe-2	56
28.	Hubungan kedalaman gerusan dengan variasi debit (Q) pada kelompok tiang tipe-3	57
29.	Perubahan dasar saluran akibat jarak antara tiang pada semua tipe kelompok tiang pada pias 5 dan 6	58
30.	Perubahan dasar saluran akibat jarak antara tiang pada semua tipe kelompok tiang pada pias 9,11 dan 12	59
31.	Perubahan dasar saluran akibat jarak antara tiang pada semua tipe kolompok tiang pada pias 14, 15 dan 17	59
32.	Perubahan dasar saluran akibat jarak antara tiang pada semua tipe kelompok tiang pada pias 20 dan 21	60
33.	Hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran untuk semua variasi debit pada semua tipe kelompok tiang untuk t=20 menit	64

34.	Hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran untuk semua variasi debit pada semua tipe kelompok tiang untuk t=40 menit	64
35.	Hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran untuk semua variasi debit pada semua tipe kelompok tiang tiang untuk t=60 menit	65
36.	Hubungan antara volume gerusan dengan kecepatan aliran untuk semua tipe kelompok tiang	67
37.	Hubungan antara kecepatan aliran dengan persentase kedalaman gerusan untuk semua variasi waktu pada semua tipe kelompok tiang	68
38.	Pola dan arah aliran	69
39.	Illustrasi proses terjadinya gerusan di sekitar kelompok tiang	70

DAFTAR LAMPIRAN

Nomo	r	halaman
1.	Grafik profil memanjang pengaruh waktu pengaliran terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	75
2.	Grafik profil melintang pengaruh waktu pengaliran terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	76
3.	Grafik profil memanjang pengaruh debit terhadap Kedalaman gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	77
4.	Grafik profil melintang pengaruh debit terhadap Kedalaman gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	78
5.	Grafik profil memanjang pengaruh waktu pengaliran terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 2 (1.L)	79
6.	Grafik profil melintang pengaruh waktu pengaliran terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 2 (1.L)	80
7.	Grafik profil memanjang pengaruh debit terhadap Kedalaman gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 2 (1.L)	81
8.	Grafik profil melintang pengaruh debit terhadap Kedalaman gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 2 (1.L)	82
9.	Grafik profil memanjang pengaruh waktu pengaliran terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	83
10.	Grafik profil melintang pengaruh waktu pengaliran terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	84

11.	Grafik profil memanjang pengaruh debit terhadap Kedalaman gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	85
12.	Grafik profil melintang pengaruh debit terhadap Kedalaman gerusan di sekitar kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	86
13.	Pola dan arah gerusan model kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	87
14.	Isometri dan 3 dimensi model kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	88
15.	Pola dan arah gerusan model kelompok tiang tipe 2 (1.L)	89
16.	Isometri dan 3 dimensi model kelompok tiang tipe 2 (1.L)	90
17.	Pola dan arah gerusan model kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	91
18.	Isometri dan 3 dimensi model kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	92
19.	Data pengamatan model kelompok tiang tipe 1 (1,4.L)	93
20.	Data pengamatan model kelompok tiang tipe 2 (1.L)	95
21.	Data pengamatan model kelompok tiang tipe 3 (0,6.L)	97
22.	Dokumentasi penelitian	99

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
A	Luas penampang basah
b	Lebar dasar saluran
С	Koefisien Chezy
D	Jarak antar tiang
D∗	Partikel parameter
Ds	Diameter butiran sedimen
d ₅₀	Diameter median material
F_{\star}	Dimensi tegangan geser
Fr	Bilangan Froude
g	Gravitasi
h	Kedalaman aliran
1	Kemiringan dasar saluran
L	Lebar tiang
Р	Keliling basah
Q	Debit pengaliran
U_0	Kecepatan aliran
U∗	Kecepatan geser
R	Jari-jari hidrolis
$ ho_{\sf w}$	kerapatan massa air
$ au_{ m c}$	Tegangan geser kritis
$ au_0$	Tegangan geser

 γ_s Berat jenis butiran sedimen

γ Berat jenis air

U viskositas kinematik

 α Koefisien kecepatan aliran

BABI

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai sejak jaman purba menjadi suatu unsur alam yang sangat berperan di dalam membentuk corak kebudayaan suatu bangsa. Ketersediaan airnya, lembahnya yang subur, dan lain-lain potensinya menarik manusia untuk bermukim disekitarnya. Kehidupan sehari-hari mereka tidak akan lepas dari memanfaatkan sungai dengan konsekuensi manusia akan melakukan terhadapnya yang perlu untuk lebih banyak dapat mengambil manfaat darinya. Tetapi kesadaran datang terlambat, bahwa manusia harus melakukannya secara bersahabat, agar tidak timbul dampak yang akan merugikan dikemudian hari.

Dalam melakukan tindakan rekayasa terhadap sebuah sungai agar kita dapat mengambil manfaat darinya, kita harus mengetahui sifat-sifat alamiah dan menyesuaikan tindakan-tindakan kita secara bersahabat kepada sifat-sifat itu agar kesetimbangan alam tidak akan terganggu.

Aliran yang terjadi pada suatu sungai seringkali di sertai dengan angkutan sedimen dan proses gerusan. Proses gerusan akan terbentuk secara alamiah karena adanya pengaruh morfologi sungai atau karena adanya struktur yang menghalangi aliran sungai.

Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai yang terdiri dari material alluvial

namun terkadang dapat juga terjadi pada sungai yang keras. Gerusan dapat menyebabkan terkikisnya tanah di sekitar pondasi dari sebuah bangunan yang terletak pada aliran air. Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi dari sungai dan perubahan akibat bangunan artificial (Breusers & Raudkivi, 1991)

Perubahan morfologi sungai di ikuti dengan perubahan karakteristik sungai yang dapat menyebabkan perubahan pola aliran. Bila di tengah sungai terdapat bangunan berupa pilar jembatan maka akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal (local scouring) dan penurunan elevasi dasar (degradasi) di sekitar pilar jembatan tersebut.

Proses gerusan di mulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran bagian hulu kebagian hilir saluran. Pada kecepatan yang lebih tinggi, partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar, baik ukuran maupun kedalamannya bahkan kedalaman gerusan maksimum akan di capai pada saat kecepatan aliran mencapai kecepatan kritik. Lebih jauh lagi ditegaskan bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen baik yang masuk ataupun yang keluar lubang gerusan, jadi kedalaman ratarata terjadi pada kondisi equilibrium scour depth.(Chabert dan Engal Dinger, 1956 dalam Breuser dan Raudkiv,1991).

Sungai-sungai di Indonesia terutama di daerah hulu, sangat sensitif terhadap terjadinya degradasi. Selain itu akibat kehadiran

beberapa tiang di dalam sungai akan mempengaruhi pola aliran, sehingga terjadi kontraksi aliran pada bagian penampang dan peningkatan turbulensi aliran di sekitar tiang.

Dalam bidang Teknik Sipil digunakan metode eksperimental untuk mengkaji berbagai macam fenomena, baik fenomena fisik saluran, fenomena pengaliran maupun fenomena akibat adanya tiang di sungai. maka perlu diadakan penelitian terhadap saluran terbuka dari tanah yang diatasnya diletakkan beberapa tiang, dan selanjutnya di uji dengan model tes fisik di laboratorium teknik sungai.

Maksud dari penulisan ini ialah untuk mengetahui bagaimana pengaruh kelompok tiang terhadap gerusan yang akan terjadi pada dasar sungai.

Adapun judul dari penelitian ini adalah: **Studi Pengaruh Kelompok Tiang Terhadap Gerusan.**

B. Rumusan Masalah

Masalah yang di bahas dalam penelitian ini dapat dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan pada kelompok tiang.
- Bagaimana pengaruh jarak antar tiang terhadap kedalaman gerusan yang terjadi.

C. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

- Untuk mengetahui besaran kecepatan aliran terhadap gerusan pada kelompok tiang.
- Untuk menganalisis pengaruh jarak antar tiang terhadap kedalaman gerusan yang terjadi.

D. Manfaat Penelitian

Dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan gerusan, yang diakibatkan oleh adanya kelompok tiang di sungai.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang ingin di capai maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

- Penelitian ini dilaksanakan pada laboratorium Teknik sungai Universitas Hasanuddin.
- 2. Skala yang digunakan pada model tiang adalah 1 : 10
- 3. Material yang digunakan sebagai bahan dasar saluran adalah pasir.
- 4. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tawar.
- 5. Bentuk kelompok tiang yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tiang berbentuk segi enam (hexagonal) di simulasi dalam 3 tipe.
- Saluran berbentuk trapesium dengan lebar dasar saluran (b): 50 cm, tinggi saluran (h): 20 cm dan panjang saluran (L): 200 cm.
- 7. Variabel penelitian adalah debit (Q), kecepatan (V), tinggi muka air (h), kedalaman gerusan (Ds), serta jarak antar tiang (l).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Sebelumnya

- 1. Jazaul Ikhsan & Wahyudi Hidayat Rawiyah.(2006). Dengan judul penelitian: Pengaruh bentuk pilar jembatan terhadap potensi gerusan lokal. Hasil penelitian mereka adalah perubahan debit aliran (Q), sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan, semakin besar debit yang digunakan, maka kedalaman gerusan yang terjadi juga akan semakin besar pula, pada pengujian dengan debit aliran Q1 = 361 cm³/dtk. gerusan maksimum yang terjadi sebesar (ds) = 2,03 cm untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang, (ds) = 1,7 cm untuk pilar dengan bentuk persegi dan (ds) = 1,53 cm untuk pilar dengan bentuk bulat, Q2= 848 cm 3 /dtk, (ds) = 2,87 cm untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang, (ds) = 2,8 cm pilar dengan bentuk persegi dan (ds) = 2,33 cm untuk pilar dengan bentuk bulat, Q3 = 1087 cm³/dtk (ds) = 3,0 cm untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang, (ds) = 3,0 cm untuk pilar dengan bentuk persegi dan (ds) = 3,0 cm untuk pilar dengan bentuk bulat. Pilar yang paling baik digunakan untuk pilar jembatan adalah pilar dengan bentuk bulat, Jika dibandingkan dengan pilar dengan bentuk persegi dan jajaran genjang.
- Anid Supriyadi, Bambang Agus Kironoto dan Bambang Yulistyanto
 Judul penelitian: Tingkat efektifitas penanganan gerusan pada

pilar silinder dengan tirai dan plat. Dari penelitian yang mereka lakukan dapat disimpulkan sebagai berikut : tirai (screen) mampu mereduksi kedalaman gerusan maksimum di sekitar pilar lebih dari 40 %. Model tirai dengan satu baris jari-jari, bentuk paling sederhana, pemakaian plat datar kaku hanya mampu memberikan reduksi kedalaman gerusan maksimum sebesar 20,39 %, untuk bentuk plat penuh mengelilingi pilar model P1, pemakaian tirai memberikan perlindungan yang lebih baik dibandingkan dengan pemakaian plat datar untuk melindungi gerusan yang terjadi disekitar pilar.

3. Cahyono Ikhsan dan Solichin (2008). Dengan judul penelitian : Analisis susunan tirai optimal sebagai proteksi pada pilar jembatan dari gerusan lokal. Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian tersebut yaitu: Pola aliran yang terjadi di tengah saluran yang terdapat penghalang berupa pilar maka akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal (local scouring) dan penurunan elevasi dasar (degradasi) di sekitar pilar jembatan tersebut. Gerusan lokal di sekitar pilar merupakan akibat langsung dari interaksi antar pilar, aliran sungai, dan material sedimen dasar sungai. Nilai reduksi yang paling besar terjadi pada pilar segiempat ujung bulat, dengan proteksi susunan tirai tipe zig-zag yaitu sebesar 31,5561 %, Sedangkan nilai reduksi yang paling besar pada pilar silinder dengan proteksi susunan tirai tipe zig-zag sebesar 38,5323 %. Nilai reduksi yang paling besar pada pilar segiempat ujung bulat, dengan proteksi jarak tirai 2d yaitu sebesar 28.1770 %,

- Sedangkan nilai reduksi yang paling besar pada pilar silinder dengan proteksi jarak tirai 2d sebesar 32.7189 %.
- 4. Muhammad Yunus Ali (2004). Dengan judul penelitian: Studi pengaruh bentuk pilar jembatan terhadap potensi gerusan, kesimpulan yang di dapat berdasarkan hasil percobaan memperlihatkan bahwa kedalaman gerusan untuk pilar ujung segi empat = 0.0790 m, pilar ujung bulat = 0.0620 dan pilar ujung segi tiga = 0.0700 m.
- 5. Nur Qudus dan Asih Suprapti Agustina (2007). Dengan judul penelitian: Mekanisme perilaku gerusan lokal pada pilar tunggal dengan variasi diameter. Dari hasil penelitian yang mereka lakukan dapat di simpulkan sebagai berikut: Kedalaman gerusan mengalami pertambahan dengan cepat pada menit-menit awal dan perubahan kedalaman semakin mengecil hingga mendekati keseimbangan. Posisi kedalaman gerusan maksimum pada samping pilar, hal ini terjadi karena dominasi penyempitan aliran, semakin sempit aliran maka kecepatan semakin besar. Kedalaman gerusan maksimum yang terjadi pada masing-masing pilar semakin meningkat seiring dengan peningkatan variasi diameter pilar, dalam penelitian ini terjadi dua macam gerusan, yaitu gerusan lokal disekitar model pilar yang terjadi karena pola aliran di sekitar model dan gerusan dilokalisir di alur sungai yang terjadi karena penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi lebih terpusat.

B. Landasan Teori

1. Konsep Dasar Gerusan

Dasar sungai yang tersusun dari endapan material sungai adalah akibat dari suatu proses erosi dan deposisi yang dihasilkan oleh perubahan pola aliran pada sungai *alluvial*. Berubahnya pola aliran dapat terjadi karena terdapat halangan/rintangan pada sungai, berupa pilar jembatan, krib sungai, *spur dikes*, abutmen jembatan, dan sebagainya. Bangunan semacam ini di pandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya di ikuti dengan terjadi gerusan lokal di dekat bangunan tersebut (Legono 1990) dalam Rinaldi (2002:5).

Gerusan (*scouring*) merupakan suatu proses alamiah yang terjadi di sungai sebagai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air. Morfologi sungai merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam proses terjadinya gerusan, hal ini disebabkan oleh aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas. Kondisi aliran saluran terbuka berdasarkan pada kedudukan permukaan bebasnya cenderung berubah sesuai ruang dan waktu, disamping itu ada hubungan antara kedalaman aliran, debit air, kemiringan dasar saluran dan permukaan bebas saluran itu sendiri.

Menurut Laursen (1952) dalam Mulyandari (2010), gerusan adalah pembesaran dari suatu aliran yang disertai oleh pemindahan material melalui aksi gerak fluida. Sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut:

- Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah material yang diangkut keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang diangkut masuk kedalam daerah gerusan.
- Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah. Untuk kondisi aliran bergerak akan terjadi suatu keadaan gerusan yang di sebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik dengan waktu.

Bresuers dan Raudviki (1991) dalam Mulyandari (2010), membagi gerusan yang terjadi pada suatu struktur berdasarkan dua kategori yaitu :

1. Tipe dari gerusan

- a. Gerusan umum (general scour), gerusan umum ini merupakan suatu proses alami yang terjadi pada sungai.
- b. Gerusan di lokalisir (*contriction scour*) gerusan ini terjadi akibat penyempitan di alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.
- c. Gerusan lokal (local scour), gerusan lokal ini pada umumnya diakibatkan oleh adanya bangunan air misalnya; tiang, pilar jembatan, dan lain-lain.

2. Gerusan dalam perbedaan kondisi angkutan

- a. Kondisi clear water scour di mana gerusan dengan air bersih terjadi jika material dasar sungai di sebelah hulu gerusan dalam keadaan diam atau tidak terangkut.
- Kondisi *live bed scour* di mana gerusan yang di sertai dengan angkutan sedimen material dasar.

1.1. Mekanisme dan Proses Penggerusan

Gerusan yang terjadi di sekitar tiang merupakan akibat dari adanya sistem pusaran (*vortex system*) yang terjadi di sekitar tiang. Sistem-sistem pusaran ini merupakan mekanisme dasar dari penggerusan setempat. Ada beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli antara lain :

Struktur-struktur pusaran air terdiri dari sebagian atau seluruhnya dari tiga sistem dasar, yaitu :

- a. Sistem pusaran sepatu kuda (Horseshoe-Vortex Sistem).
- b. Sistem pusaran baling-baling (Wake-Vortex sistem).
- c. Sistem pusaran menggulung (Trailin-Vortex Sistem).

Sistem-sistem pusaran ini merupakan bagian integral dari struktur aliran dengan pengaruh yang besar pada komponen yang vertikal dari kecepatan aliran di sekitar tiang. Dengan adanya ujung tumpul pada tiang maka timbul daerah tekanan di mana di daerah tersebut terjadi pemusatan aliran. Jika daerah tekanan ini cukup kuat, maka akan menyebabkan pemisahan-pemisahan tiga dimensi dari lapisan-lapisan batas yang berputar, bergulung di depan pilar, membentuk sistem saluran sepatu kuda. Suatu ujung tumpul dari tiang menyebabakan pemusatan tekanan yang cukup besar untuk menimbulkan sistem di atas. Tiang-tiang yang berujung tajam tidak menimbulkan pusaran sepatu kuda, meskipun kenyataannya pusaran-pusaran tersebut lambat laun akan terjadi juga di sekitar tiang walaupun relatif kecil.

Jika penggerusan diakibatkan dari kecepatan aliran (*energi kinetik*) berarti kecepatan tersebut cukup kuat untuk menggerakkan partikel-partikel sedimen, penggerusan akan di mulai pada inti pusaran.

2. Aliran Melalui Saluran Terbuka

Aliran air dalam suatu saluran terbuka merupakan aliran bebas (free flow) yang di pengaruhi oleh tekanan udara. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan udara di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfir (Triatmodjo, 2008).

Chow (1989), menyatakan saluran terbuka sebagai saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas yang dapat berupa saluran alam dan saluran buatan, saluran alam meliputi semua alur air yang terdapat di bumi secara alamiah, mulai dari saluran kecil, sungai kecil di pegunungan sampai sungai besar yang bermuara dilaut

2.1. Klasifikasi Aliran

Aliran pada saluran terbuka dapat di tinjau dari beberapa hal. Bila di tinjau berdasarkan perubahan kedalaman dan kecepatan aliran sesuai dengan ruang dan waktu maka dibedakan menjadi aliran tunak/tetap (steady flow) dan aliran tidak tunak/tidak tetap (unsteady flow). Aliran tetap terjadi apabila kedalaman, luas penampang, kecepatan dan debit di setiap penampang saluran adalah sama selama jangka waktu tertentu. Sedangkan aliran tidak tetap terjadi apabila kedalaman atau kecepatan aliran yang terjadi selalu berubah. Pada kedua keadaan aliran ini berlaku hukum kontinuitas.

Aliran tetap dan aliran tidak tetap memiliki sifat aliran seragam yaitu terjadi bila kecepatan aliran tidak berubah dan kedalaman saluran sama pada setiap penampang. Menurut Chow (1989), aliran seragam adalah aliran yang mempunyai kecepatan konstan terhadap jarak, garis aliran lurus dan sejajar, dan distribusi tekanan adalah hidrostatis serta luas penampang tidak berubah terhadap ruang, baik besar maupun arahnya. Sebaliknya bila kedalaman tidak sama pada setiap penampang di sebut aliran tidak seragam. Menurut Triatmodjo (2008), aliran di sebut tidak seragam apabila variabel aliran seperti kedalaman, penampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan.

Berdasarkan pengaruh gaya gravitasi maka aliran dapat di bagi menjadi aliran sub kritis, aliran kritis dan aliran superkritis. Aliran di sebut sub kritis apabila terjadi gangguan di suatu titik pada aliran dapat menjalar ke hulu. Aliran kritis di pengaruhi oleh kondisi hilir. Apabila kecepatan aliran cukup besar sehingga gangguan yang terjadi tidak menjalar ke hulu maka aliran di sebut super kritis.

Parameter yang membedakan ketiga aliran tersebut adalah parameter yang tidak berdimensi yang di kenal dengan angka Froude (Fr) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dan gaya grafitasi, di rumuskan dengan :

$$Fr = \frac{\bar{u}}{\sqrt{g.L}} \tag{1}$$

Dimana:

Fr = angka Froude

 \bar{U} = kecepatan rata-rata aliran (m/det)

L = panjang karateristik aliran (m)

g = Gaya Gravitasi

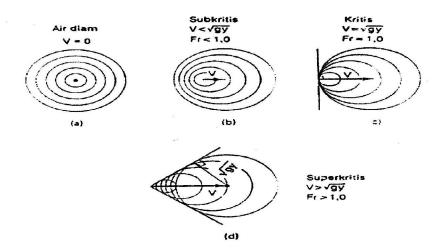
Sehingga jika:

Fr >1, maka Aliran bersifat superkritis

Fr = 1, maka Aliran bersifat Kritis

Fr < 1, maka Aliran bersifat subkritis

Gambar 1 menunjukkan perbandingan antara kecepatan aliran dan kecepatan rambat gelombang karena adanya gangguan. Pada gambar 1a gangguan pada air diam (v = 0) akan menimbulkan gelombang yang merambat ke segala arah, gambar 1b menunjukkan aliran sub kritis di mana gelombang masih bisa menjalar ke arah hulu. Pada kondisi ini bilangan Froude Fr < 1, gambar 1c adalah aliran kritis di mana kecepatan aliran sama dengan kecepatan rampat gelombang.



Gambar 1. Pola penjalaran gelombang di saluran terbuka

Dalam keadaan ini Fr = 1, sedangkan gambar 1d adalah aliran super kritir di mana gelombang tidak bisa merambat ke hulu karena kecepatan aliran lebih besar dari kecepatan rambat gelombang atau Fr > 1.

Pada dasarnya tipe aliran pada saluran terbuka ditentukan oleh pengaruh kekentalan (*viscosity*) dan gravitasi sehubungan dengan gayagaya inersia aliran. Berdasarkan pengaruh kekentalan ini aliran dibedakan menjadi aliran laminer, aliran turbulen dan aliran transisi. Aliran bersifat laminer apabila gaya kekentalan relatif besar dibandingkan dengan gaya kelembaban/inersia sehingga pengaruh kekentalan sangat besar terhadap sifat aliran, dalam aliran ini partikel-partikel air seolah-olah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur. Aliran turbulen dapat terjadi bila gaya kekentalan relatif kecil dibandingkan dengan gaya kelembabannya, pada aliran turbulen partikel-partikel air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap, walaupun partikel-partikel dalam aliran tersebut secara keseluruhan tetap menunjukkan gerakan maju. Aliran di sebut transisi (peralihan) apabila keadaan aliran bersifat suatu campuran antara keadaan laminer dan turbulen. Pengaruh kekentalan terhadap kelembaban dinyatakan dengan bilangan Reynolds (Re).

Reynolds menerapkan analisa dimensi pada hasil percobaannya dan menyimpulkan bahwa perubahan dari aliran laminer ke aliran turbulen terjadi suatu harga yang di kenal dengan angka Reynold (Re). Angka ini menyakatan perbandingan antara gaya-gaya kelembaman dengan gaya-gaya kekentalan yaitu:

$$Re = \frac{\bar{u}L}{\theta} \tag{2}$$

Dimana: Re = angka Reynold

 \bar{U} = kecepatan rata-rata aliran (m/det)

L = panjang karateristik aliran (m)

 ϑ = kekentalan (viscositas) kinematik cairan (m2/det).

Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka Reynolds Re > 1000 dan aliran laminer apabila angka Re < 500. Dalam hal ini panjang karakteristik yang ada pada angka Reynolds adalah jari-jari hidraulis, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara luas penampang basah dan keliling basah. (Triatmodjo, 2008).

2.2. Distribusi Kecepatan Aliran

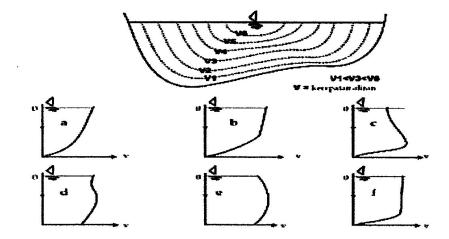
Dalam aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan aliran tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding, kekasaran dasar dan juga debit aliran. Distribusi kecepatan aliran tidak merata di setiap titik pada tampang melintang.

Pada gambar 2 menunjukkan distribusi kecepatan aliran pada tampang melintang saluran dengan berbagai bentuk saluran, yang digambarkan dengan garis kontur kecepatan, terlihat bahwa kecepatan minimum terjadi di dekat dinding batas (dasar dan tebing saluran) dan bertambah besar dengan jarak menuju ke permukaan.

Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di tengah-tengah lebar saluran dan sedikit dibawah permukaan, hal ini terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan tebing saluran dan juga karena adanya

gesekan dengan udara pada permukaan. Untuk saluran yang sangat lebar distribusi kecepatan aliran di sekitar bagian tengah lebar saluran adalah sama, hal ini disebabkan karena sisi-sisi saluran tidak terpengaruh pada daerah tersebut, sehingga saluran di bagian itu di anggap 2 dimensi (vertikal). Keadaan ini akan terjadi apabila lebar saluran lebih besar dari 5 – 10 kali kedalaman aliran yang tergantung pada kekasaran dinding.

Distribusi kecepatan aliran pada arah vertikal dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran pada berbagai kedalaman, semakin banyak titik pengukuran akan memberikan hasil yang semakin baik.



Gambar 2. Distribusi kecepatan aliran pada saluran terbuka

2.3 . Debit Pengaliran

Debit pengaliran pada saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Bambang Triadmodjo,2003):

$$Q = V . A \tag{3}$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m^3/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

A = Luas penampang aliran (m^2)

2.4 . Perhitungan Koefisien Chezy

Perhitungan koefisien Chezy menggambarkan tingkat kekasaran dari saluran dengan menggunakan formula Van Rijn dari Stickler.

Perhitungan dengan rumus Van Rijn

$$C_1 = 18\log\left[\frac{12h}{ks}\right] \tag{4}$$

dimana ks = $3. d_{90}$ (untuk saluran pasir)

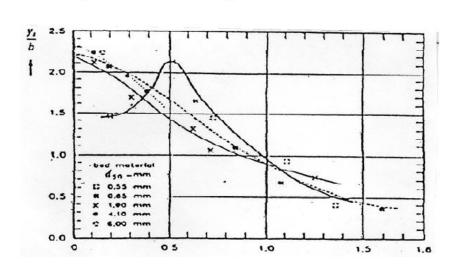
Perhitungan dengan rumus Stikler

$$C_2 = 25 \left\lceil \frac{R}{ks} \right\rceil^{1/6} \tag{5}$$

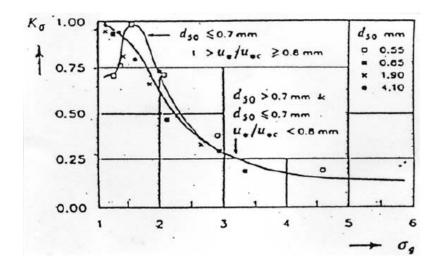
3. Gradasi Sedimen

Gradasi sedimen dari sedimen transpor merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kedalaman gerusan pada kondisi air bersih (*clear water scour*). Dari Gambar 3 kedalaman gerusan (y_s/b) tak berdimensi sebagai fungsi dari karakteristik gradasi sedimen material dasar (σ/d_{50}). Dimana σ adalah standar deviasi untuk ukuran butiran dan d_{50} adalah ukuran partikel butiran rerata. Nilai kritikal dari σ/d_{50} untuk melindunginya hanya dapat di capai dengan bidang dasar, tetapi tidak dengan lubang gerusan di mana kekuatan lokal pada butirannya tinggi yang disebabkan

meningkatnya pusaran air. Dengan demikian nilai koefisien simpangan baku geometrik (σ_g) dari distribusi gradasi sedimen akan berpengaruh pada kedalaman gerusan air bersih dan dapat ditentukan dari nilai grafik seperti pada Gambar 4.



Gambar 3.Kedalaman gerusan setimbang di sekitar pilar fungsi ukuran butir relatif untuk kondisi aliran air bersih (Sumber: Breusers dan Raudkivi, 1991 : 66)



Gambar 4.koefisien simpangan baku (K_{σ}) fungsi standar deviasi geometri ukuran butir (Sumber: Breusers dan Raudkivi, 1991 : 67)

Estimasi kedalaman gerusan dikarenakan adanya pengaruh distribusi material dasar mempunyai nilai maksimum dalam kondisi setimbang pada aliran air bersih (*clear water*) menurut Breuser dan Raudviki (1991:67) adalah sebagai berikut :

$$y_{se}(\sigma)/b = K_{d.}y_{se}/b \tag{6}$$

3.1. Awal Gerak Butiran

Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tertentu, sehingga apabila sedikit gaya di tambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka kondisi tersebut di sebut kondisi kritik. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser dasar (το), kecepatan aliran (*U*) juga mencapai kondisi kritik (Kironoto, (1997) dalam Sucipto (1994:36)).

Garde dan Raju (1977) dalam Sucipto (2004:36) menyatakan bahwa yang dikatakan sebagai awal gerakan butiran adalah salah satu dari kondisi berikut :

- 1. Satu butiran bergerak
- 2. Beberapa (sedikit) butiran bergerak
- 3. Butiran bersama-sama bergerak dari dasar
- 4. Kecenderungan pengangkutan butiran yang ada sampai habis.

Tiga faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen yaitu :

- 1. Kecepatan aliran dan diameter/ukuran butiran
- 2. Gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran

3.2. Gaya geser kritis

Berdasarkan keseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada material butiran di dasar sungai, gaya geser yang terjadi pada dasar sungai dirumuskan sebagai persamaan berikut (Masloman, 2006):

$$\tau_{o} = \rho_{w} \, \text{gRS}$$
 (7)

Dimana:

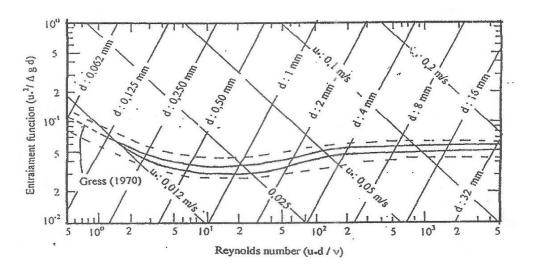
 τ_0 = gaya geser dasar (N/m²)

 p_w = Rapat massa air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar sungai



Gambar 5. Diagram Shields, hubungan Tegangan Geser Kritis dengan Bilangan Reynolds

3.3. Angkutan Dasar (Bed Load Transport)

Menurut Saleh Pallu (2007), Angkutan dasar terjadi apabila gerakan partikel sedimen terguling, tergelincir, atau kadang-kadang meloncat sepanjang dasar, hal ini disebut *angkutan dasar (bed load transport)*. Pada umumnya, besar angkutan dasar pada sungai adalah berkisar 5 – 25% dari angkutan melayang. Material kasar tinggi persentasenya menjadi angkutan dasar.

4. Ukuran Pilar dan Ukuran Butir Material Dasar

Kedalaman gerusan maksimum pada media alir *clear water scour* sangat dipengaruhi adanya ukuran butiran material dasar relatif b/d_{50} pada sungai alami maupun buatan. Untuk sungai alami umumnya koefisien ukuran butir relatif b/d_{50} pada kecepatan relatif U/U_c = 0,90 pada kondisi *clear water* dan umumnya kedalaman gerusan relatif ys/b tidak dipengaruhi oleh besarnya butiran dasar sungai selama $b/d_{50} > 25$.

Ukuran pilar mempengaruhi waktu yang diperlukan bagi gerusan lokal pada kondisi *clear-water* sampai kedalaman terakhir, tidak dengan jarak relatif (y_s/b) , jika pengaruh dari kedalaman relatif (y_0/b) dan butiran relatif (b/d_{50}) pada kedalaman gerusan ditiadakan, maka nilai aktual dari (y_s/b) juga tergantung pada peningkatan dari *bed material*. Pada kasus gerusan yang mengangkut sedimen (*live bed*), waktu diberikan untuk mencapai keseimbangan gerusan dan tergantung pada rasio dari tekanan dasar ke tekanan kritikal.

(Breuser 1971, Akkerman 1976, Konter 1976, 1982, Nakagawa dan Suzuki 1976) melakukan percobaan-percobaan untuk mempraktekkan pendekatan yang sama terhadap proses gerusan di sekitar pilar jembatan. Hasil dari percobaan-percobaan tersebut diantaranya pada kolom dengan ukuran kecil dimana (b/h_0 < 1) kedalaman maksimum gerusan dapat digambarkan dengan persamaan berikut yang berlaku pada seluruh fase dari proses gerusan asalkan $y_{m,e}$ >b:

$$\frac{y_m}{y_{m,e}} = 1 - e^{\begin{bmatrix} t - b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t \\ y_{m,e} \end{bmatrix} Y}$$
(8)

Dimana:

b = lebar pilar jembatan (m)

 h_0 = kedalaman aliran mula-mula (m)

t = waktu(s)

 t_1 = waktu ketika ym= b (s)

 y_m = kedalaman maksimum gerusan pada saat t (m)

 $y_{m,e}$ = kedalaman gerusan maksimum pada saat setimbang (m)

Pada fase perluasan (*development phase*), untuk t < t₁, persamaan di atas menjadi:

$$\frac{y_m}{b} = \left[\frac{t}{t_1}\right]^{\gamma} \tag{9}$$

Menurut Nakagawa dan Suzuki (1976) dalam Miller (2003) dalam Okki (2007:31) nilai y = 0.22-0.23dan t_1 bisa ditulis sebagai berikut :

$$t_1 = 29.2 \frac{b}{\sqrt{2U_0}} \left[\frac{\sqrt{\Delta g d_{50}}}{\sqrt{2U_0}} \right]^3 \left[\frac{b}{d_{50}} \right]^{1.9}$$
 (10)

Dimana:

b = lebar pilar jembatan (m)

 d_{50} = diameter rata-rata partikel (m)

 U_c = kecepatan kritis rata-rata (m/s)

 U_0 = kecepatan rata-rata (m/s), dengan

 $U_0 = Q/A$

 $Q = debit (m^3/s)$

A = luas penampang (m²)

 Δ = berat jenis relatif (-)

Berdasarkan data Laursen dan Toch (1956) dalam Breuser dan Raudkivi(1971) menemukan persamaan untuk pilar bulat jembatan yaitu :

$$y_{m,e}$$
= 1,35 $K_i b^{0.7} h^{0.3}$ (11)

Dimana:

b = lebar pilar jembatan (m)

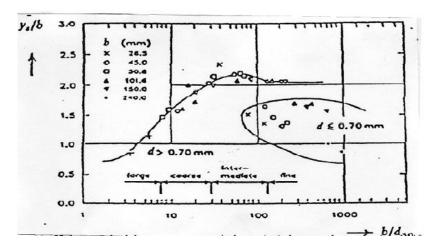
 h_0 = kedalaman aliran (m)

 K_i = faktor koreksi (untuk pilar bulat Ki = 1,0)

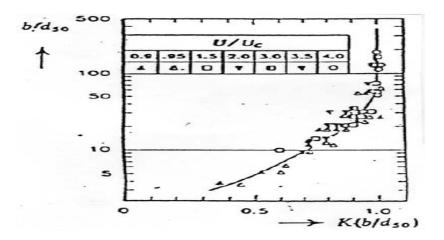
 $y_{m.e}$ = kedalaman gerusan saat setimbang (m)

Volume lubang gerusan di bentuk untuk mengelilingi pilar dan berbanding diameter kubik dari pilar itu sendiri, berarti semakin lebar pilar semakin banyak gerusan dan semakin banyak pula waktu yang diperlukan untuk melakukan penggerusan. Koefisien pengaruh ukuran pilar dan ukuran butir material dasar (*Kdt*) ini menurut Ettema (1980) dalam Breuser (1991:68) dapat pula untuk *live bed scour*.

Dari uraian di atas lebih jelas dapat di lihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 yang memperlihatkan korelasi antara nilai kedalaman gerusan relative dengan ukuran butir relatif U/U_c dengan ukuran butir relatif.



Gambar 6.Hubungan kedalaman gerusan seimbang (y_{se}) dengan ukuran butir realtif (b/d_{50}) untuk kondisi aliran air bersih dan bersedimen (Sumber : Breuser dan Raudkivi 1991:69)



Gambar 7.Hubungan koefisien reduksi ukuran butir relatif $K(b/d_{50})$ dengan ukuran butir relatif (b/d_{50}) untuk kondisi aliran air bersih dan bersedimen (Sumber : Breuser dan Raudkivi 1991:69)

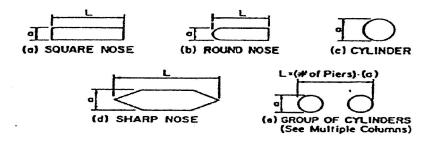
4.1. Bentuk Pilar

Pengaruh bentuk pilar berdasarkan potongan horizontal dari pilar telah di teliti oleh Laursen dan Toch (1956), Neil (1973) dan Dietz (1972). Bentuk potongan vertikal pilar juga dapat dijadikan dasar untuk menentukan faktor koreksi.

Bentuk pilar akan berpengaruh pada kedalaman gerusan lokal, pilar jembatan yang tidak bulat akan memberikan sudut yang lebih tajam terhadap aliran datang yang diharapkan dapat mengurangi gaya pusaran tapal kuda sehingga dapat mengurangi besarnya kedalaman gerusan. Hal ini juga tergantung pada panjang dan lebar (l/b) masing-masing bentuk pilar mempunyai koefisien faktor bentuk K_1 menurut Dietz (1971) dalam Breuser dan Raudkivi (1991:73) ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel. 1 Koefisien koreksi untuk bentuk penampang pilar

Bentuk Ujung Pilar	K ₁
Persegi	1,1
Bulat	1.0
Lingkaran Silinder	1,0
Kumpulan Silinder	1,0
Tajam	0,9



Gambar 8. Sketsa bentuk penampang pilar

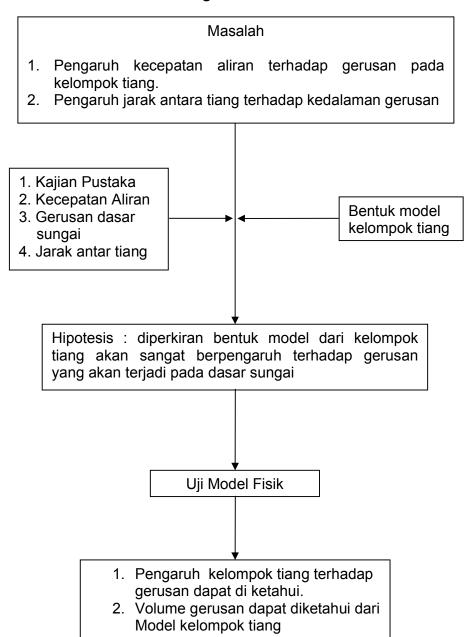
Tabel. 2 Koefisien koreksi untuk arah datang aliran air

θ	L/a=4	L/a=8	L/a=12
0°	1,0	1,0	1,0
15°	1,5	2,0	2,5
30°	2,0	2,75	3,5
30° 45° 90°	2,3	3,3	4,3
90°	2,5	3,9	5,0
	θ = sudut kem L = panjan		

C. Hipotesis

Diperkiran keberadaan kelompok tiang akan sangat berpengaruh terhadap gerusan yang akan terjadi. Bentuk dan dimensi dari kelompok tiang serta jarak antar tiang akan sangat berpengaruh terhadap gerusan di sekitar kelompok tiang.

D. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 9. Kerangka pikir penelitian