

**THESIS**

**PENGARUH JARAK DAN KERAPATAN KRIB PERMEABEL  
TERHADAP KECEPATAN ALIRAN DAN GERUSAN DASAR SALURAN  
EFFECT OF DISTANCE AND PERMEABLE GROIN DENSITY ON THE  
FLOW VELOCITY AND CHANNEL BED SCOUR**

**ALFIN EKO DUDUNG MASSORA**

**D012181007**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**PENGARUH JARAK DAN KERAPATAN KRIB PERMEABEL  
TERHADAP KECEPATAN ALIRAN DAN GERUSAN  
DASAR SALURAN**

Thesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan Oleh

**ALFIN EKO DUDUNG MASSORA**

**D012181007**

Kepada

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**TESIS**

**PENGARUH JARAK DAN KERAPATAN KRIB PERMEABEL  
TERHADAP KECEPATAN ALIRAN DAN GERUSAN  
DASAR SALURAN**

**ALFIN EKO DUDUNG MASSORA**

**NIM : D012181007**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

pada tanggal 11 Januari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ir. Muh. Saleh Hallu, M.Eng.  
NIP. 19540910 198303 1 003

Pembimbing Pendamping

Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T.  
NIP. 19730512199903 1 002



Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. IPM  
NIP. 19750926 200012 1 002

Ketua Program Studi S2  
Departemen Teknik Sipil

Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, S.T., M.Eng.P.M.  
NIP. 19730306199802 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN THESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfin Eko Dudung Massora

Nomor mahasiswa : D012181007

Program studi : Teknik Sipil

Konsentrasi : Keairan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa thesis 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 thesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 Januari 2023

Yang menyatakan,



Alfin Eko Dudung Massora

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan petunjuk-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan judul “***Pengaruh Jarak Dan Kerapatan krib Permeabel Terhadap Kecepatan Aliran Dan Gerusan Dasar***”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan Tesis ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran serta perbaikan guna kesempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri.

Dalam penyelesaian Tesis ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Eng Ir. Muhammad Isran Ramli., ST., MT** Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Bapak **Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, S.T., M.Eng. P.M** Sebagai Ketua program Studi S2 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muh.Saleh Pallu.,M.Eng** Selaku pembimbing 1 dan Bapak **Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta.,ST.,MT** Selaku

Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tesis ini.

4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta pengorbanan kepada penulis.
6. Rekan-rekan mahasiswa Magister Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar, terkhusus saudaraku Angkatan 2018 Keairan dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan proposal penelitian Tesis ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Tuhan Yang Maha Esa dan proposal penelitian Tesis yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara, Amin

Makassar, 11 Januari 2023

Alfin Eko Dudung Massora

## ABSTRAK

**ALFIN EKO DUDUNG MASSORA.** Pengaruh Jarak Dan Kerapatan Krib Permeabel Terhadap Kecepatan Aliran Dan Gerusan Dasar Saluran. (dibimbing oleh **Prof. Dr. Ir. Muh. Saleh Pallu., M.Eng** dan **Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta., ST., MT**)

Sebagai saluran drainase alami sungai memiliki perilaku yang dipengaruhi oleh luas dan bentuk daerah pengaliran, serta kemiringannya. Salah satu unsur yang dipengaruhi oleh perilaku sungai adalah kecepatan aliran. Kondisi sungai yang memiliki kecepatan aliran yang tinggi dapat mempengaruhi proses sedimentasi sehingga terjadi pendangkalan pada dasar sungai. Dalam meredam kecepatan aliran, maka dilakukan pengujian eksperimen laboratorium dengan menggunakan struktur groin tipe permeabel sebagai bangunan pengatur aliran yang dapat mengatasi permasalahan kecepatan aliran dan gerusan dasar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh jarak (60 cm , 90 cm) dan kerapatan (0,9 cm , 1,7 cm) krib permeabel terhadap kecepatan aliran dan gerusan dasar saluran. Hubungan antara variabel antara lain , kecepatan aliran, bilangan Froude dan bilangan Reynolds. Selain itu penggambaran kontur gerusan menggunakan software Surfer. Hasil eksperimen diperoleh adanya efek perubahan pola aliran turbulen dan kecepatan aliran pada penggunaan groin yang berpontesi terjadinya gerusan lokal disekitar groin dan terungkap bahwa penggunaan groin dengan rasio jarak 60 cm dan kerapatan 0,9 cm menunjukkan volume gerusan yang besar dengan persentase 32,49 %.

**Kata kunci :** Perubahan Morfologi, Groin Permeabel, Jarak, Kerapatan, Gerusan

## ABSTRACT

**ALFIN EKO DUDUNG MASSORA.** Effect of Permeable Groin Distance and Density on Flow Velocity and Channel Bottom Scour. (Supervised by **Prof. Dr. Ir. Muh. Saleh Pallu., M.Eng** and **Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta., St., MT**).

As a natural drainage channel, the river has a behavior that is influenced by the area and shape of the drainage area, as well as its slope. One element that is influenced by the behavior of the river is the flow velocity. River conditions that have a high flow velocity can affect the sedimentation process resulting in silting of the riverbed. In order to reduce the flow velocity, laboratory experiments were carried out using a permeable groyne structure as a flow control structure that could overcome the problems of flow velocity and bottom scour. The purpose of this study was to analyze the effect of spacing (60 cm, 90 cm) and density (0.9 cm, 1.7 cm) of permeable groin on flow velocity and channel bed scour. The relationship between variables, among others, flow velocity, Froude number and Reynolds number. Besides that, the scour contour depiction uses Surfer software. The experimental results showed that there was an effect of changing turbulent flow patterns and flow velocity on the use of groynes which had the potential for local scouring around the groynes and it was revealed that the use of groynes with a spacing ratio of 60 cm and a density of 0.9 cm showed a large scour volume with a percentage of 32.49%.

**Keywords:** Morphological Changes, Permeable Groins, Distance, Density, Scour



## DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN THESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN THESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Masalah	6
F. Ruang Lingkup Penelitian	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Hasil Penelitian Terdahulu	8
B. Pengertian Saluran Terbuka	14
C. Hidrolika Saluran Terbuka	15
1. Klasifikasi Aliran berdasarkan Angka Reynolds	15
2. Klasifikasi Aliran berdasarkan Bilangan Froude	16

3. Persamaan Chezy, Manning dan Strickler	17
4. Tegangan Geser Aliran	19
5. Perlawana Terhadap Aliran	20
6. Pembentukan Dasar Saluran ( <i>Bedform</i> )	23
D. Gerusan	25
1. Faktor yang Mempengaruhi Gerusan	27
2. Mekanisme Gerusan	29
E. Bangunan Krib	33
1. Klasifikasi Krib	33
2. Perencanaan Krib	35
3. Formasi Krib	40
4. Pemilihan Tipe Krib	41
F. Kerangka Pikir	42
BAB III. METODE PENELITIAN	43
A. Tempat dan Waktu Penelitian	43
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	43
C. Alat Dan Bahan	43
D. Variabel Yang Diteliti	45
E. Rancangan Model Penelitian	45
F. Prosedur Penelitian	49
G. Diagram Alir Penelitian	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
A. Data hasil penelitian	52

1. Umum	52
2. Debit Aliran	52
3. Kedalaman aliran	54
4. Validasi kecepatan aliran	54
5. Kecepatan aliran pada krib permeabel	56
B. Analisa Data Penelitian	61
1. Perhitungan bilangan Froude	61
2. Perhitungan bilangan Reynolds	64
3. Tegangan geser dasar saluran	66
C. Morfologi Dasar Saluran	68
D. Hasil Analisis Data dan Pembahasan	76
1. Pengaruh jarak dan kerapatan terhadap kecepatan	76
2. Pengaruh jarak dan kerapatan terhadap kedalaman	79
3. Pengaruh jarak dan kerapatan terhadap Fr	82
4. Pengaruh jarak dan kerapatan terhadap Re	85
5. Volume Gerusan	88

## BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

B. Saran

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar Peneliti terkait tentang bangunan dan sejenisnya	8
Tabel 2. Angka kekasaran Manning ( $n$ )	18
Tabel 3. Angka kekasaran Strickler ( $k_{st}$ )	18
<b>Tabel 4.</b> Bazin untuk Koefisien yang Tergantung pada Kekasaran Dinding (Sunghono 1995)	38
Tabel 5. Hubungan antara panjang dan interval krib (Sosrodarsono 2008)	38
<b>Tabel 6.</b> Arah Aliran dan Sudut Sumbuh Krib	40
<b>Tabel 7.</b> Perhitungan debit aliran	53
<b>Tabel 8.</b> Perhitungan debit aliran	53
<b>Tabel 9.</b> Perhitungan validasi debit aliran	53
<b>Tabel 10.</b> Rekapitulasi Validasi kecepatan aliran	55
<b>Tabel 11.</b> Data kecepatan aliran model krib I	57
<b>Tabel 12.</b> Data kecepatan aliran model krib II	58
<b>Tabel 13.</b> Data kecepatan aliran model krib III	59
<b>Tabel 14.</b> Data kecepatan aliran model krib IV	60
<b>Tabel 15.</b> Perhitungan bilangan Froude model krib I	61
<b>Tabel 16.</b> Perhitungan bilangan Froude model krib II	61
<b>Tabel 17.</b> Perhitungan bilangan Froude model krib III	62
<b>Tabel 18.</b> Perhitungan bilangan Froude model krib IV	62
<b>Tabel 19.</b> Perhitungan bilangan Reynolds model krib I	64
<b>Tabel 20.</b> Perhitungan bilangan Reynolds model krib II	64
<b>Tabel 21.</b> Perhitungan bilangan Reynolds model krib III	65
<b>Tabel 22.</b> Perhitungan bilangan Reynolds model krib IV	65
<b>Tabel 23.</b> Tegangan geser dasar model krib I	66

<b>Tabel 24.</b> Tegangan geser dasar model krib II	67
<b>Tabel 25.</b> Tegangan geser dasar model krib III	67
<b>Tabel 26.</b> Tegangan geser dasar model krib IV	67
<b>Tabel 27.</b> Volume Gerusan dan Persentase Gerusan Dasar	89

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Mekanisme gerusan akibat pola aliran air disekitar pilar	31
<b>Gambar 2.</b> Hubungan kedalaman gerusan ( $d_s$ ) dengan waktu, Breusers dan Raudkivi (1991)	32
<b>Gambar 3.</b> Hubungan kedalaman gerusan ( $d_s$ ) dengan kecepatan Breusers dan Raudkivi (1991)	32
<b>Gambar 4.</b> Konstruksi krib permeabel	34
<b>Gambar 5.</b> Lokasi dan konstruksi krib impermeabel	34
<b>Gambar 6.</b> Konstruksi krib semi permeabel	35
<b>Gambar 7.</b> Formasi krib dan penggerusan-pengedapan pada dasar Sungai (Sasrodarsono, S. 2008)	40
<b>Gambar 8.</b> Kerangka pikir penelitian	42
<b>Gambar 9.</b> Denah model <i>flume</i>	45
<b>Gambar 10.</b> Detail model flume 3 Dimensi	46
<b>Gambar 11.</b> Potongan melintang model flume	46
<b>Gambar 12.</b> Denah model <i>flume</i> jarak krib 90 cm, kerapatan krib 9 mm dan diameter krib permeabel 9 mm; 1,7 mm	46
<b>Gambar 13.</b> Denah model <i>flume</i> jarak krib 90 cm, kerapatan krib 9 mm dan diameter krib permeabel 9 mm; 1,7 mm	47
<b>Gambar 14.</b> Isometrik model flume dan krib bulat jarak 90 dan 60 cm	47
<b>Gambar 15.</b> Detail Model 1 Krib Permeabel dengan kerapatan 9 mm dan diameter 9 mm	47
<b>Gambar 16.</b> Detail Model 2 Krib Permeabel dengan kerapatan 9 mm dan diameter 1,7 mm	48
<b>Gambar 17.</b> Diagram alir penelitian	51

<b>Gambar 18.</b> Grafik hubungan (h) dengan (u)	55
<b>Gambar 19.</b> Grafik hubungan (S) dengan (u)	56
<b>Gambar 20.</b> Morfologi dasar saluran model krib I Q <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	69
<b>Gambar 21.</b> Morfologi dasar saluran model krib I Q <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	70
<b>Gambar 22.</b> Morfologi dasar saluran model krib I Q <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	70
<b>Gambar 23.</b> Morfologi dasar saluran model krib II Q <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	71
<b>Gambar 24.</b> Morfologi dasar saluran model krib II Q <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	71
<b>Gambar 25.</b> Morfologi dasar saluran model krib II Q <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	72
<b>Gambar 26.</b> Morfologi dasar saluran model krib III Q <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	72
<b>Gambar 27.</b> Morfologi dasar saluran model krib III Q <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	73
<b>Gambar 28.</b> Morfologi dasar saluran model krib III Q <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	73
<b>Gambar 29.</b> Morfologi dasar saluran model krib IV Q <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	74
<b>Gambar 30.</b> Morfologi dasar saluran model krib IV Q <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	74
<b>Gambar 31.</b> Morfologi dasar saluran model krib IV Q <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	75
<b>Gambar 32.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (u) untuk Q <sub>1</sub>	76
<b>Gambar 33.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (u) untuk Q <sub>2</sub>	77
<b>Gambar 34.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (u) untuk Q <sub>3</sub>	78
<b>Gambar 35.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (h) untuk Q <sub>1</sub>	79

<b>Gambar 36.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (h) untuk Q <sub>2</sub>	80
<b>Gambar 37.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (u) untuk Q <sub>3</sub>	81
<b>Gambar 38.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Fr) untuk Q <sub>1</sub>	82
<b>Gambar 39.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Fr) untuk Q <sub>2</sub>	83
<b>Gambar 40.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Fr) untuk Q <sub>3</sub>	84
<b>Gambar 41.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Re) untuk Q <sub>1</sub>	85
<b>Gambar 42.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Re) untuk Q <sub>2</sub>	86
<b>Gambar 43.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Re) untuk Q <sub>3</sub>	87
<b>Gambar 44.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Vg) untuk Q <sub>1</sub>	90
<b>Gambar 45.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Vg) untuk Q <sub>2</sub>	91
<b>Gambar 46.</b> Grafik ak/ Lk terhadap (Vg) untuk Q <sub>3</sub>	92



## DAFTAR NOTASI

- a = kerapatan krib
- $d_z$  = diameter butiran sedimen
- $d_k$  = diameter krib
- $C_D$  = Koefisien Hambatan
- $C_d$  = Koefisien debit
- d = diameter butir sedimen
- $d_{50}$  = diameter butir tengah sedimen
- $d_b$  = ketebalan endapan sedimen
- g = percepatan gravitasi bumi
- $G_s$  = *specific gravity*
- V = kecepatan aliran
- Q = debit aliran
- $q_s$  = debit aliran sedimen
- $Re$  = angka Reynold
- $V_g$  = volume gerusan sedimen
- $\gamma$  = berat isi air
- $\gamma_s$  = berat isi butiran sedimen
- $\gamma_m$  = berat isi suspensi
- $\varphi_o$  = viskositas dinamik semula
- $\varphi$  = viskositas dinamik suspensi
- $\nu$  = viskositas kinematik

- $\rho$  = rapat massa air  
 $\rho_s$  = rapat massa sedimen  
 $\tau_b$  = tegangan geser dasar  
 $\omega_o$  = kec. endap sedimen tunggal  
 $\omega_g$  = kec. endap sedimen kolektif  
 $\omega$  = kec. endap sedimen suspensi  
 $\phi$  = kec. Kehilangan debit  
 $y$  = kedalaman aliran (m)  
 $S_E$  = kemiringan energy (%)  
 $\rho$  = kerapatan air (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\mu$  = kekentalan dinamis air  
 $\sigma$  = standar deviasi dari distribusi ukuran material dasar saluran  
 $\rho_s$  = kerapatan butiran (sedimen) saluran (kg/m<sup>3</sup>)  
 $S_p$  = Faktor bentuk partikel  
 $S_e$  = Factor bentuk saluran melintang  
 $f_s$  = Gaya resapan (*seepage force*) pada dasar dan tebing saluran  
 $\omega$  = Kecepatan jatuh partikel  
 $T_c$  = Tegangan geser kritis  
 $F_R$  = Angka Froude  
 $K$  = Kekasaran dinding strikler,  
 $R_h$  = Jari-jari hidrolis (m),  
 $S_o$  = Kemiringan saluran,

$A$  = luas penampang saluran

$C_D$  = koefisien seret

$s$  = *Solid specific gravity*

$V_D$  = Kecepatan pengendapan

$Re$  = Angka Reynolds

$V_{ts}$  = Terminal velocity

$\mu_m$  = viskositas campuran

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Menurut Triatmodjo (2008), sungai adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Sungai sendiri memiliki peranan yang penting bagi kehidupan manusia antara lain untuk keperluan air irigasi, pertanian, bahan baku air minum, PLTA, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan bisa untuk dijadikan objek wisata sungai. Pemanfaatan sungai yang tidak optimal dapat menimbulkan masalah yang besar bagi kehidupan manusia, seperti terjadinya krisis air, kelebihan air pada musim hujan juga dapat mengakibatkan banjir, dan berubahnya kondisi morfologi dasar sungai yang diakibatkan oleh adanya erosi tebing dan gerusan dasar sungai dapat mempercepat proses sedimentasi. Oleh sebab itu, dalam pemanfaatan potensi sungai yang baik perlu memperhatikan kaidah-kaidah konservasi sistem yang berkelanjutan dalam pengelolaan lahan DAS yang tidak terkendali.

Menurut Soewarno (1991), proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan sedimen), pengendapan dan pematatan dari sedimentasi itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang

merupakan permulaan dari proses erosi. Sedangkan sedimen adalah pecahan-pecahan material yang umumnya terdiri atas uraian batu-batuan secara fisis dan secara kimia.

Bahan utama pembentukan morfologi (topografi) sungai adalah sedimen dan berubahnya morfologi sungai terjadi sebagai akibat berpindahnya sedimen yang berlangsung melalui mekanisme erosi, pengangkutan (*transpor*) dan pengendapan (*deposisi*). Sedimen yang dipindahkan adalah sedimen yang terletak pada permukaan dasar perairan (Poerbondone dan Djunasjah, 2005). Morfologi sungai merupakan ukuran dan bentuk sungai sebagai hasil reaksi terhadap perubahan kondisi hidraulik dari aliran sehingga sungai akan leluasa dalam menyesuaikan ukuran-ukuran dan bentuknya baik bentuk geometri atau kekasaran dasar sungai. Kondisi sungai yang berkelok-kelok dan geoteknik yang tidak stabil dapat mempercepat proses erosi, pengikisan, dan gerusan pada dasar sungai.

Terjadinya gerusan dasar di pengaruhi oleh adanya debit aliran, kecepatan aliran, kedalaman aliran, tegangan geser dasar dan kecepatan geser yang berlangsung secara terus menerus. Dampak gerusan sendiri dapat menimbulkan ketidakstabilan pada struktur bangunan air dan berubahnya morfologi dasar sungai.

Salah satu cara untuk mencegah atau mengurangi gerusan pada dasar sungai adalah dengan pemasangan bangunan Krib. Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai ke arah tengah guna

mengatur arus sungai dan menjamin keamanan tebing dan dasar sungai agar tidak tergerus. Berbagai macam penelitian telah dilakukan pada krib dan pengaruhnya , antara lain; bentuk, jenis, ukuran, jarak, panjang, diameter, sudut dan penempatan posisi krib dengan menggunakan berbagai metode baik secara empiris maupun simulasi permodelan terhadap kondisi morfologi sungai yang berbeda-beda. Beberapa penelitian yang mengkaji bangunan krib atau sejenisnya sebagai bangunan pengaman dasar sungai maupun tebing sungai , antara lain :

Moh Patoni, (2017) Efek kombinasi krib permeabel dan impermeabel terhadap gerusan; Iskandar dkk, (2015) Analisa pengaruh penempatan krib terhadap distribusi sedimen di pertemuan Sungai Garang dan Kreo; M. Sahriat dkk, (2016) Kajian perletakan krib pada aliran sungai Krueng Aceh; Ahmad Syarif Sukri dan Riswal K. (2018) Pengaruh bentuk krib tiang terhadap pola aliran; Pratiwi Aziz dan Akihiro Kadota, (2018) Perubahan morfologi dan Struktur Arus disekitar krib vegetasi; Theofano I. Koutrouveli dkk, (2018) Jarak krib sebagai pengontrol tegangan geser pada saluran terbuka; Liang Choufu, dkk. (2019) Investigasi Aliran, Erosi, dan Pola sedimentasi di sekitar variasi krib pada Hidraulik berbeda dan kondisi Geometri'; Ronald Möws and Katinka Koll (2019) Pengaruh kekasaran bidang krib terendam dengan variasi panjang, jarak, dan jenis krib; Alexander N. Sukhodolov, dkk. (2016) Pengaruh vegetasi pada aliran turbulen pada struktur krib lapangan; Mona M. Mostafaa, dkk, (2019) Karakteristik aliran banjir di sekitar krib tunggal polos; Yossef, M. F. M., &

De Vriend, H. J. (2011). Detail aliran dekat krib sungai (Investigasi eskperimental); Riham Mohsen Ezzeldin, (2019) Investigasi numerik dan eksperimental untuk efek permeabilitas spur dikes pada gerusan lokal; Damera R Marak dan Mimi Das Saikia, (2018) Perbandingan distribusi kecepatan akibat spur-dike permeabel dan impermeabel dalam saluran rektanguler; Md. Shahjahan Ali, dkk (2017) Simulasi aliran dua dimensi di saluran terbuka dengan struktur groin oleh iric nays2dh; Hamed Sarveram, dkk (2012) Simulasi pola aliran dua dimensi di sekitar groin menggunakan metode semi-implisit semi-Lagrangian; Mukesh Kafle, (2014) Simulasi numerik aliran di sekitar spur dike dengan arus permukaan bebas masuk pada bidang datar tetap; Hamzah Al Imran, (2013) Studi pengaruh kelompok tiang terhadap gerusan.

Susunan dan penempatan posisi struktur bangunan krib permeabel sangat memengaruhi keefektifan dalam mengurangi hambatan pada aliran, maka untuk mereduksi kecepatan aliran dan koefisien tahanan geser dapat di lakukan dengan mengubah rasio jarak serta kerapatan bangunan krib permeabel untuk mencegah gerusan dasar saluran.

Berdasarkan pemikiran tersebut di atas, maka di lakukan penelitian mengenai **“Pengaruh Jarak Dan Kerapatan Krib Permeabel Terhadap Kecepatan Aliran Dan Gerusan dasar saluran”** Hasil dalam kajian ini dapat mengurangi kerumitan dalam mengestimasi hubungan antara kecepatan aliran, tegangan geser dasar dan gerusan dasar saluran.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jarak dan kerapatan krib permeabel terhadap kecepatan aliran.
2. Bagaimana pengaruh jarak dan kerapatan krib permeabel terhadap gerusan dasar saluran.

## **C. Tujuan Penelitian**

Dari permasalahan yang telah di rumuskan di atas, maka tujuan utama dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa pengaruh jarak dan kerapatan krib permeabel terhadap kecepatan aliran.
2. Untuk menganalisa pengaruh jarak dan kerapatan krib permeabel terhadap gerusan dasar saluran.

## **D. Manfaat Penelitian**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan wawasan yang dapat dijadikan referensi dalam mencegah dan mengurangi gerusan dasar saluran dengan menggunakan Krib.
2. Sebagai sarana ilmu pengetahuan dalam memecahkan suatu permasalahan yang berkaitan dengan perubahan morfologi dasar



saluran akibat kecepatan aliran, tegangan geser dasar dan pola gerusan.

3. Menjadi bahan referensi bagi penelitian yang lebih khusus terhadap hidrolika sungai dan perubahan morfologi dasar saluran terhadap pemasangan bangunan krib permeabel.
4. Hasil penelitian dapat menjadi bahan perbandingan antara peneliti yang lain dalam penggunaan jenis bangunan krib permeabel dan pengaruhnya agar lebih efektif.
5. Memberikan wawasan dalam penelitian yang berkaitan dengan teknik persungai dan sumber daya air.

#### **E. Batasan Penelitian**

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah dalam mencapai tujuan penelitian, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini merupakan uji ekperimental yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan variasi debit, kemiringan saluran, jarak dan kerapatan krib permeabel.
2. Krib yang digunakan adalah krib tipe permeabel (lolos air).
3. Fluida yang digunakan adalah air tawar.
4. Material campuran tanah dan pasir sebagai bahan sedimen pada dasar saluran.
5. Saluran yang digunakan berbentuk segi empat dan lurus.
6. Kayu bulat sebagai bahan dasar pembuatan krib tipe permeabel yang

dipotong sesuai model krib yang divariasikan.

7. Penelitian ini tidak memberikan perlakuan pada variasi panjang krib, tinggi krib, diameter krib, sudut perletakan krib dan ketebalan sedimen dasar.

## **F. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sampel campuran tanah dan pasir yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari hasil pengendapan di tepi Sungai Maros sebagai bahan sedimen dasar saluran.
2. Variasi kemiringan saluran
3. Krib yang digunakan adalah krib tipe permeabel yang dibuat dari kayu yang telah di potong sesuai model krib yang divariasikan.
4. Sudut perletakan bangunan krib permeabel adalah  $90^\circ$
5. Model krib yang tidak divariasikan adalah panjang krib ( $p$ ) 12 cm, diameter krib ( $dk$ ) 0,9 cm, dan tinggi krib ( $h$ ) 25 cm
6. Variasi model krib yang digunakan adalah jarak ( $L$ ) (60 cm, 90 cm) dan kerapatan ( $a$ ) (0,9 cm; 1,7 cm).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Hasil Penelitian Terdahulu

**Tabel 1.** Daftar Peneliti terkait tentang bangunan krib dan sejenisnya

No	Peneliti/judul	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Moh Patoni, Efek kombinasi krib permeabel dan impermeabel terhadap gerusan.	2017	Menggunakan uji eskperimnetal pada variasi jarak dan ketinggian krib yang efektif terhadap pola gerusan .	1) semakin rapat jarak antar krib, gerusan yang terjadi semakin besar ke arah hulu 2) semakin jauh jarak antar krib, gerusan yang terjadi semakin kecil ke arah hilir
2	Iskandar dkk, analisa pengaruh penempatan krib terhadap distribusi sedimen di pertemuan sungai Garang dan Kreo	2015	Metode simulasi model numerik 2D dengan model RMA2 dan SED2D. Kedua simulasi tersebut menggunakan 3 (tiga) skenario penempatan krib.	Penempatan krib yang lebih efektif adalah skenario yang ketiga dengan distribusi kecepatan maksimum 1,75 m/dtk, tegangan geser ( $\tau$ ) maksimum 8.65 N/m <sup>2</sup> dan sedimentasi terjadi di daerah sekitar krib, erosi pada arah tanggul kanan penampang sungai yang sering terjadi sedimentasi.
3	M. Sahriat dkk, Kajian perletakan krib pada aliran sungai Krueng Aceh	2016	Metode penelitian kajian ini meliputi pengumpulan data, pekerjaan persiapan, pekerjaan lapangan, analisis data dan penyajian hasil simulasi model <i>Surface Water Modeling system (SMS 11.2) RMA2</i>	Hasil simulasi menunjukkan posisi perletakan konstruksi krib tegak lurus terhadap aliran (00 – 50) atau skenario 1 (satu) memberikan hasil yang efektif dibandingkan skenario perletakan krib condong ke hulu atau hilir.

Lanjutan Tabel 1.

			dengan tiga (3) skenario perletakan krib pada 2 lokasi	
5.	Ahmad Syarif Sukri dan Riswal K, pengaruh bentuk krib tiang terhadap pola aliran.	2018	Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh krib tiang terhadap pola aliran dan pengaruh kecepatan aliran akibat penempatan krib pada tikungan 50° dan 90° pada uji laboratorium	Pola aliran yang terjadi sebelum adanya krib mengarah kebagian luar segmen dan setelah adanya krib, perubahan pola aliran beralih ke arah tengah segmen akibat berfungsinya krib dalam mengarahkan aliran ketengah saluran sehingga tebing pada sisi luar segmen I dan II aman terhadap gerusan.
6	Pratiwi Aziz dan Akihiro Kadota, Pratiwi Azis dan Akihiro Kadota, <i>Experimental Study of Morphological Changes and Flow Structure around the Vegetation Groyne.</i> Advanced Science Engineering Information Teknologi	2018	Menggunakan metode variasi diameter krib vegetasi; 10 mm, 8 mm, dan 5 untuk krib permeabel dan 10 mm, 8 mm dan 5 diberikannya lebih efek dari 10 mm pada kerapatan krib 1/10 dan 1/5	1) Mengurangi kecepatan aliran sungai dan gerusan local, 2) Pemasangan krib vegetasi memengaruhi perubahan aliran yang signifikan.
7	Theofano, dkk., <i>Groyne spacing role on the effective control of wall shear stress in open-channel flow.</i> Taylor dan Francis	2018	Menggunakan metode dengan variasi jarak krib dengan jarak seragam dan non seragam. Patokan jarak adalah $D / b \leq 6$ dan $D / b \leq 1.5$	1) Jarak krib seragam yang efektif adalah jarak sama dengan enam groyne panjang. 2) Efektifitas dicapai dengan konfigurasi non-seragam jarak antar krib

Lanjutan Tabel 1.

8	Liang Choufu, dkk. <i>Investigation of Flow, Erosion, and Sedimentation Pattern around Varied Groynes under Different Hydraulic and Geometric Conditions: A Numerical Study</i> , Water 2019, 11, 235. MDPI.	2019	Menggunakan pendekatan Van-Rijn pada transpor sedimen, serta menggunakan numerik eksperimen. Simulasi numerik dilakukan dengan konduksi aliran 3D	1) Krib berukuran besar ke kecil pada sudut 45° sangat efektif menurunkan kedalaman gerusan hingga 55%, sedangkan 2) Krib berukuran kecil ke besar pada sudut 135° sangat efektif mengurangi kedalaman gerusan hingga 72%.
9	Ronald Möws and Katinka Koll, dkk., <i>Roughness Effect of Submerged Groyne Fields with Varying Length, Groyne Distance, and Groyne Types</i> , Water 2019, 11, 1253. MDPI.	2019	Eksperimen dilakukan dengan meneliti efek backwater sebagai penahan aliran pada bidang krib yang terendam dengan stuktur variasi dan jarak krib yang berbeda. model krib yang digunakan ada dua jenis krib	1) Efek backwater yang lebih efektif untuk krib sederhana yang terbuat dari pelat multipleks dibanding krib yang terbuat dari kerikil. 2) Kekasaran tertinggi bidang krib pada kepadatan kekasaran.
10	Alexander N. Sukhodolov, Tatiana A. Sukhodolova, Dan Julian Krick,. <i>Effects of vegetation on turbulent flow structure in groyne fields</i> . Taylor dan Francis	2016	Menggunakan dua jenis vegetasi sebagai krib . Woody cylinders mewakili vegetasi riparian yang keras Strip silikon digunakan sebagai vegetasi akuatik yang fleksibel.	1) Pengaruh yang baik mengubah tanaman air dan hambatan vegetasi sebagai krib vegetasi dalam proses perubahan besarnya sirkulasi kecepatan aliran 2) Krib vegetasi dapat mengurangi kecepatan aliran 3) model dinamika aliran krib vegetasi cukup efektif digunakan untuk memengaruhi besarnya kecepatan aliran

Lanjutan Tabel 1.

11	Mona M. Mostafaa, dkk. <i>Experimental study off low characteristics around flood plain single groyne</i> . Journal of Hydro-environment Research, Elsevier.	2019	Menggunakan saluran campuran yang berbeda dengan lebar gelombang banjir simetris yang simetris dengan masing-masing 1 dan 2 kali lebar saluran utama	Peningkatan daya tahan hingga 60%, pengurangan daya hingga 30% ke tingkat maksimum dan 22% untuk kecepatan diamati. Panjang krib permeabel memiliki pengaruh terbatas pada struktur aliran
12	Yossef, M. F. M., & De Vriend, H. J. <i>Flow Details Near River Groynes: Experimental Investigation</i>	2011	Menyelidiki dinamika aliran di sekitar rangkaian krib pada dua tahap kondisi aliran yang berbeda, yaitu tahapan krib yang muncul dan terendam dengan menggunakan 2 alat pengukuran kecepatan aliran : EMF dan PTV	1. Krib terendam dapat dicirikan oleh pusaran arus primer yang terbentuk di hilir krib, pusaran sekunder yang berotasi berlawanan dan pusaran dinamis yang keluar dari ujung hulu krib. 2. Krib terendam dapat dicirikan sebagai daerah kecepatan rendah dengan pola percepatan dan perlambatan yang bergantian antara aliran diatas dan sekitar krib.
13	Riham Mohsen Ezzeldin. <i>Numerical and experimental investigation for the effect of permeability of spur dikes on local scour</i>	2019	Menggunakan persamaan empiris dan numerik Nays-2DH untuk pengaruh krib permeabel dan impermeabel terhadap gerusan lokal . variasi bukaan yang digunakan pada krib permeabel sebagai krib lolos air, yaitu $Pr = 0.55 \text{ mm}, 0,45$	Persamaan empiris yang menggunakan data eksperimen menunjukkan akurasi yang lebih baik daripada hasil numerik Nays-2DH yang mensimulasikan gerusan di sekitar krib permeabel dan impermeabel dengan tingkat akurasi yang diterima ketika di verifikasi. Penggunaan

Lanjutan Tabel 1.

			mm, 0,35 mm dan 0,23.	krib permeabel dengan beberapa variasi bukaan sangat efektif untuk mengurangi gerusan dengan penurunan kedalaman gerusan 68 % dari pada krib impermeabel yang mencapai 55 %
14	Damera R Marak dan Mimi Das Saikia. <i>Comparisons Of Velocity Distributions Due To Permeabel And Impermeabel Spur-Dike In A Rectangular Channel</i>	2018	Menggunakan krib permeabel dan impermeabel dengan menganalisis kecepatan aliran di sekitar krib yang ditempatkan pada tiga sudut yang berbeda, yaitu 60°, 90°, dan 120° pada jarak 1 m dari panjang saluran 6 m	Dari analisis yang dilakukan untuk ketiga kasus tersebut, dapat disimpulkan bahwa krib permeabel yang ditempatkan pada sudut 90° memiliki pengaruh yang besar dengan mengurangi kecepatan aliran secara efektif dibandingkan krib impermeabel.
15	Md. Shahjahan Ali, dkk. <i>Two-Dimensional Simulation of Flows in an Open Channel with Groin-Like Structures by iRIC Nays2DH</i>	2017	Menggunakan simulasi numerik iRIC Nays2DH yang didasarkan pada model 2D terhadap pola aliran turbulen disekitar krib dengan penempatan sudut krib 45°, 90° dan 135°	Hasil simulasi menunjukkan kecepatan maksimum dan tegangan geser dasar maksimum pada posisi atas krib ketika jarak lateral $y / l = 1$ , dimana $l$ adalah panjang krib. Posisi kecepatan maksimum dan tegangan geser dasar ditemukan bergeser ke arah hilir dengan peningkatan $y / l$ . Kecepatan maksimum dan tegangan geser dasar untuk krib 135° ditemukan lebih rendah daripada dua kasus lainnya untuk semua bagian dari $y / l$ .

Lanjutan Tabel 1.

16	Hamed Sarveram, dkk. <i>Two-dimensional simulation of flow pattern around a groyne using semi-implicit semi-Lagrangian method</i>	2012	Menggunakan mode numerik diperoleh dari hasil simulasi pola aliran di sekitar groin. Model ini mendekati persamaan kedalaman rata-rata, air dangkal dengan volume terbatas, representasi semi-implisit dan semi-Lagrangian. Skema Runge-Kutta digunakan untuk penentuan titik awal atau permulaan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model numerik memiliki stabilitas dan efisiensi yang tinggi. Selain itu, representasi numerik memiliki kemampuan untuk mengenali batas-batas tanah; oleh karena itu, batas tertutup tidak membutuhkan spesifikasi.
17	Mukesh Kafle. <i>Numerical simulation of flow around a spur dike with free surface flow in fixed flat bed.</i>	2014	Menggunakan model numerik NAYS 2D untuk simulasi aliran di dekat spur dike pada bidang datar tetap. Metode kubik-interpolasi partikel semu (CIP) digunakan sebagai metode diferensial hingga untuk adveksi. Untuk penutupan turbulensi, model $k-\varepsilon$ , model persamaan nol dan model viskositas eddy digunakan dan dibandingkan dengan parameter statistik.	Model diterapkan pada kasus (5) percobaan A1. Bidang vektor yang dihitung menunjukkan percepatan aliran oleh spur dike dengan baik. Di zona resirkulasi di belakang spur-dike, panjang reattachment dan lebar maksimum tampak 12 dan 2 kali panjang spur-dike, yang menegaskan dengan baik hasil sebelumnya dalam literatur.
18	Hamzah Al Imran Studi pengaruh kelompok tiang terhadap gerusan	2013	Menggunakan metode uji eksperimental pada variasi model tiang berbentuk hexagonal dengan	Hasil penelitian menunjukkan kecepatan aliran dan jarak antar kelompok tiang sangat berpengaruh terhadap gerusan, semakin rapat



Lanjutan Tabel 1.

			jarak kerapatan : 1,4 mm , 1 mm dan 0,6 mm terhadap gerusan.	jarak antar tiang, maka semakin besar gerusan yang terjadi pada model kerapatan tiang 1,7 mm dengan kedalaman maksimum yang terjadi sebesar 3,75 cm.

### B. Pengertian Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam) dan drainase (saluan buatan) variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan debit aliran dan sebagainya (Triatmodjo, 2015).

Menurut Maryono (2007) dalam Wardani (2018), kerumitan sistem sungai dapat dilihat dari berbagai komponen penyusun sungai, misalnya bentuk alur dan percabangan sungai, formasi dasar sungai (river bed form), morfologi sungai (river morphology), dan ekosistem sungai (river ecosystem). Percabangan sungai akan menyerupai pohon sungai mulai dari sungai orde pertama sampai orde ke-n. Formasi dasar sungai jika diperiksa sekilas sangat sulit untuk di adakan identifikasi dan karakteristik. Bentuk alur meander dipengaruhi oleh kemiringan memanjang bentang alam, jenis material dasar sungai, dan vegetasi di daerah bersangkutan.

Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut dengan aliran permukaan bebas (Free surface flow) atau aliran saluran terbuka (open channel flow). Permukaan bebas memiliki tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan bebas dan aliran dalam saluran penuh, maka aliran terjadi disebut aliran dalam pipa (Suripin, 2004).

### C. Hidrolika Saluran Terbuka

#### 1. Klasifikasi Aliran Berdasarkan Bilangan *Reynolds*

Menurut ilmu mekanika fluida aliran fluida khususnya air diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya-gaya inersia (*inertial forces*) dengan gaya-gaya akibat kekentalannya (*viscous forces*) menjadi tiga bagian, yaitu: aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen (French, 1985). Variabel yang digunakan untuk klasifikasi ini adalah Bilangan Reynolds yang didefinisikan sebagai :

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \quad (1)$$

Dimana:

$R_e$  = Angka Reynolds

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$L$  = Panjang karakteristik (m), pada saluran muka air bebas  $L = R$ .

$R$  = Jari – jari hidrolis saluran (m)

$\nu$  = Viskositas kinematik ( $m^2/detik$ )

di mana kekentalan kinematik didefinisikan sebagai :

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

Dimana:

$\mu$  = Kekentalan dinamik dengan satuan kg/m.d

$\rho$  = Kerapatan air dengan satuan kg/m<sup>3</sup>

Untuk air, perubahan kekentalan kinematik terhadap temperatur dapat diperkirakan dengan persamaan berikut ini :

$$v = \frac{\mu}{\rho} (1,14 - 0,013 (T^{\circ} - 15) + 0,00068 (T^{\circ} - 15)^2) 10^{-6} \quad (3)$$

Klasifikasi aliran berdasarkan Bilangan Reynolds dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti berikut ini (French, 1985)

$R < 500$  = Aliran laminar

$500 < R < 12,500$  = Aliran transisi

$R > 12,500$  = Aliran turbulen

## 2. Klasifikasi Aliran Berdasarkan Bilangan Froude

Menurut Chow (1959) dalam buku Open Channel Hydraulics dalam Mulyandari (2010) dijelaskan bahwa akibat gaya tarik bumi terhadap aliran dinyatakan dengan rasio inersia dengan gaya tarik bumi (g). Rasio ini diterapkan sebagai bilangan *Froude* (Fr). Bilangan *Froude* untuk saluran terbuka dinyatakan sebagai berikut (Mukti, 2016)

- a) Aliran kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu ( $Fr = 1$ ) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arus.

- b) Aliran subkritis, jika bilangan *Froude* lebih kecil dari satu ( $Fr < 1$ ). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- c) Aliran superkritis, jika bilangan *Froude* lebih besar dari satu ( $Fr > 1$ ). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu Gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan *Froude*, yaitu :

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot y}} \quad (4)$$

Dimana:

$F_r$  = Angka Froude

$v$  = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

$y$  = Kedalaman Air (m)

$g$  = Gaya gravitasi (m/det)

### 3. Persamaan Chezy, Manning dan Strickler

Zat cair yang mengalir melalui saluran terbuka akan menimbulkan tegangan geser (tahanan) pada dinding saluran. Tahanan ini akan diimbangi oleh komponen gaya berat yang bekerja pada zat cair dalam arah aliran. Di dalam aliran seragam, komponen gaya berat dalam arah aliran adalah seimbang dengan tegangan geser. Tegangan geser ini tergantung pada kecepatan aliran (Bambang Triatmodjo, 1993).

Persamaan empiris yang menjelaskan tentang kecepatan rata-rata tampang pada saluran terbuka dengan kondisi aliran seragam, diantara

nya persamaan Chezy, Manning dan Strickler.

$$V = C \sqrt{R \cdot I} \quad (5)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (6)$$

$$V = k_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (7)$$

Dimana; R = jari-jari penampang basah (m), V = kecepatan aliran (m/dt), I = kemiringan dasar sungai. Angka kekasaran Manning (n) dan Strickler ( $k_{st}$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan secara empiris, seperti pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Angka Kekasaran Manning (n)

Jenis Permukaan/Bahan	N
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortal	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah Bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : (Bambang Triatmodjo, 1993)

**Tabel 3.** Angka Kekasaran Strickler ( $K_{st}$ )

Kondisi Dasar Sungai Sungai/saluran alamiah	Angka Kekasaran n ( $k_{st}$ )	Kondisi dasar sungai Sungai dengan dasar batu lempengan	Angka Kekasaran ( $k_{st}$ )
Sungai dengan dasar stabil dan teratur	40 – 42	Sungai dengan batu-batu menengah patah-runtuhan	25 – 30
Sungai dengan batuan dasar menengah	35-38	Sungai dengan batu-batu bekas ledakan teratur	20-25

Lanjutan Tabel 3.

Sungai dengan vegetasi pendek	dengan pendek-	30-35	Sungai dengan batu runtuh yang tak teratur	15-20
Sungai dengan menggeling dan tidak teratur	batuan dan	30	Sungai/saluran dari tanah	
Sungai sebagian besar sedimen kasar	dengan batuan	28-30	Saluran tanah dipadatkan dan halus	60
Daerah dipengaruhi vegetasi	bantaran,	15-20	Saluran pasir dengan berlempung dan berkerikil	50
Sungai kecil dengan yang menggeling	alamiah kasar	15-20	Saluran dengan dasar dari pasir dan kerikil dengan dinding tebing diplaster	45-50
Sungai kecil yang dengan menggeling dan sedimen yang bergerak	alamiah sedimen dan	10-15	Sungai dengan sedimen menggeling dan kerikil halus tak teratur	40
			Sungai dengan sedimen menggeling dan kerikil kasa yang tak teratur	35
			Sungai dengan sedimen menggeling dan berlempung	30
			Sungai dengan sedimen menggeling dan dengan batu atau batu kasar dengan letak tak teratur	26-30
			Sungai dengan sedimen dasar pasir, lempung, kerikil dan bergetasi padat	20-26

Sumber : (Agus Maryono , 2008)

#### 4. Tegangan geser Aliran

Tegangan geser  $\tau$  adalah tegangan internal fluida yang melawan deformasi / perubahan bentuk. Tegangan geser ada hanya pada fluida Yang bergerak. Tegangan ini merupakan tegangan tangensial, berbeda dengan tekanan yang merupakan tegangan normal.

a) Tegangan geser aliran laminar

Tegangan geser lokal pada pertemuan antara bidang batas dan fluida dapat ditentukan dengan mudah untuk bidang batas yang halus, yaitu jika kekasaran pada bidang batas tenggelam dalam lapisan kekentalan (*viscous sublayer*).

Dalam hal ini, tebal lapisan laminar dilambangkan dengan  $\delta$ . Dalam aliran laminar, tegangan geser pada bidang batas adalah :

$$\tau_o = \mu \left( \frac{dv}{dh} \right) \text{ pada } h = 0 \quad (8)$$

untuk  $h = z$ , maka persamaan (11) menjadi

$$\tau_z = \mu \left( \frac{dv}{dh} \right) \quad (9)$$

Pada aliran permanen beraturan, tegangan geser pada  $h = z$  adalah

$$\tau_z = \rho g (h - z) S_f \quad (10)$$

$$V_z = \frac{g S_f}{\nu} \left( h z - \frac{1}{2} z^2 \right) \quad (11)$$

b) Tegangan geser aliran turbulen

Menurut teori panjang percampuran yang dikembangkan oleh Prandtl (1926) :

$$\tau_z = \rho L^2 \left( \frac{dV_z}{dz} \right)^2 \quad (12)$$

Di mana :

$L$  = Panjang percampuran =  $x \cdot z$

$x = \text{kappa} = \text{knstanta universal von Karman} (= 0.40)$

Dengan asumsi di dekat dasar  $\tau_z = \tau_o$

$$V_z = 5,75V \cdot \log \frac{z}{z_o} \quad (13)$$

## 5. Perlawanan Terhadap Aliran

Perlawanan terhadap aliran pada sungai-sungai aluvial adalah sangat kompleks karena banyaknya variabel yang saling tergantung satu sama lain dan interaksi antar variabel tidak begitu diketahui secara baik (Simons & Senturk, 1992). Kesulitan lainnya, terutama Pada kondisi lapangan, adalah bagaimana menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi aliran dan sebaliknya variabel mana yang dihasilkan dari aliran tersebut (Richardson dkk, 2990). Variabel utama yang menjelaskan sungai-sungai aluvial dapat di tulis dalam suatu persamaan umum sebagai berikut (Richardson dkk, 1990; Simons & Senturk, 1992)

$$\Phi (V, y, S_E, \rho, \mu, g, d_s, \sigma, \rho_s, S_p, S_R, S_e, f_s, C_T, C_s, \varphi, T_c) = 0 \quad (14)$$

Pengaruh variabel - variabel di atas masih perlu diamati karena adanya interaksi-interaksi dari variabel lain yang spekulatif, oleh karena itu bentuk persamaan perlawanan yang disederhanakan sebagai berikut :

$$S = F_r^2 \cdot f \cdot \left( R_e, \frac{d_s}{y} \right) \quad (15)$$

Dimana :

$F_r$  = angka bilangan Froude

$R_e$  = angka bilangan Reynolds

$d_s$  = diameter material dasar saluran (mm)

$y$  = kedalaman aliran (m)

$f$  = factor gesek Darcy-Weisbach

Factor geserk Darcy Weisbach digunakan persamaan berikut :

$$f = \frac{8S_f}{F_r} \quad (16)$$



Sedangkan evaluasi perlawanan (*resistance*) dapat digunakan persamaan berikut :

$$S_f = \frac{V_*^2}{C_*^2 \cdot g \cdot R} \quad (17)$$

Dan kecepatan geser digunakan persamaan berikut :

$$v_* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} \quad (18)$$

Dimana :

$\tau_o$  = Tegangan geser ( $\text{kg/cm}^2$ )

$v_*$  = kecepatan geser ( $\text{m/dt}$ )

$\rho$  = kerapatan air ( $\text{kg/m}^3$ )

$R$  = jari-jari hidrolis (m),  $R = h$

$C_*$  = koefisien Chezy tak berdimensi

$g$  = percepatan gravitasi

## 6. Pembentukan Dasar Saluran (*Bedform*)

Konfigurasi pada dasar sungai aluvial berdasarkan bentuk, perlawanan aliran dan cara transportasi (*mode of transport*) dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu (Simons dan Richardson, 1996): regime lebih rendah (*lower regime*) dan regime lebih atas (*upper regime*).

Yang termasuk dalam regime yang lebih rendah adalah: dasar saluran bidang (*planned-bed*), dasar beriak-riak (*ripple*), dasar berbukit-bukit (*dune*), penggelontoran dasar yang berbukit-bukit (*washed-out dunes*) atau transisi.

Yang termasuk dalam regime yang lebih tinggi adalah dasar saluran bidang dengan sedimentasi pada aliran (*plane bed with sediment transport*), *antidunes with standing waves*, *antidunes with breaking waves*, *chute* (daerah dengan aliran meluncur dan kolam (*pools*)).

Perbedaan antara regime lebih rendah (*lower*) dan regime tinggi (*upper*) juga dapat dilihat dari banyaknya sedimen yang melewati suatu potongan sungai. Kodoatie (1999) dalam disertasinya menyimpulkan bahwa batasan untuk upper regime dan lower regime terletak pada sedimen konsentrasi 1000 C<sub>ppm</sub>. Nilai ini juga sesuai dengan hasil yang telah diperoleh oleh Watson dkk., 1998 dalam investigasinya tentang karakter sedimen di sungai Mississippi bagian utara.

Permulaan gerak butiran sedimen dasar merupakan awal mula angkutan sedimen. Salah satu faktor yang menyebabkan permulaan gerak sedimen adalah kecepatan. Kecepatan geser untuk menggerakkan butiran dinyatakan dalam rumus berikut :

$$U^* = \sqrt{g \cdot h \cdot s} \quad (19)$$

Dimana :  $U^*$  adalah kecepatan geser (m/dt),  $h$  adalah kedalaman aliran (m);  $S$  adalah kemiringan dasar saluran (%) dan  $g$  adalah percepatan gravitasi (9.81 m/dt<sup>2</sup>), sedangkan untuk menghitung tegangan geser ( $\tau_0$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\tau_0 = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot S \quad (20)$$

dimana :  $\tau_0$  adalah tegangan geser ( $\text{kg/m}^2$ );  $\rho_w$  adalah berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ),  $h$  adalah kedalaman aliran (m);  $S$  adalah kemiringan dasar saluran (%) dan  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $9.81 \text{ m/dt}^2$ ).

Untuk menghitung nilai tegangan geser kritis, maka dapat digunakan persamaan :

$$\tau_c = F_* (\gamma_s - \gamma_w) D_s \quad (21)$$

dimana :  $\tau_c$  adalah tegangan geser kritis ( $\text{kg/m}^2$ );  $\gamma_w$  adalah berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\gamma_s$  adalah berat jenis sedimen ( $\text{kg/m}^3$ );  $F_*$  adalah dimensi tegangan geser.

Pergerakan butir dasar sedimen dinyatakan pada ketentuan berikut.

$\tau_0 > \tau_c$  maka butiran bergerak

$\tau_0 = \tau_c$  maka butiran mulai bergerak (kondisi kritis)

$\tau_0 < \tau_c$  maka butiran diam

#### D. Gerusan

Gerusan adalah fenomena alam yang terjadi karena erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing saluran alluvial atau proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Hoffmans and Verheij 1997).

Jenis gerusan menurut Etterna dan Raudkivi dalam Istiarto (2002), gerusan dapat dibagi menjadi:

- 1) Gerusan umum (*general scour*), gerusan yang terjadi akibat dari proses alam dan tidak berkaitan sama sekali dengan ada tidaknya bangunan sungai.
- 2) Gerusan di lokalisir (*constriction scour*), gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.
- 3) Gerusan lokal (*local scour*) merupakan akibat langsung dari struktur pada alur sungai.

Gerusan lokal (*local scouring*) ini menurut Yulistiyanto dkk (1998) merupakan gerusan yang terjadi disekitar abutmen jembatan atau pilar, disebabkan oleh pusaran air (*vortex system*) karena adanya gangguan pada pola aliran akibat hambatan. Aliran yang mendekati pilar dan tekanan stagnasi akan menurun dan menyebabkan aliran kebawah (*down flow*) yaitu aliran dari kecepatan tinggi menjadi rendah. Kekuatan *down flow* akan mencapai maksimum ketika berada tepat pada dasar saluran. Menurut Laurser (1952) menjelaskan bahwa fenomena gerusan mempunyai sifat alami yaitu :

- 1) Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah material yang ditranspor keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang ditranspor masuk ke dalam daerah gerusan.
- 2) Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah (karena erosi).
- 3) Untuk kondisi aliran akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

Penggerusan lokal (Garde dan Raju, 1977) terjadi akibat adanya turbulensi air yang disebabkan terganggunya aliran, baik besar maupun arahnya, sehingga menyebabkan hanyutnya material-material dasar atau tebing sungai. Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya. Penggerusan lokal pada material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikian rupa sehingga daya tahan material terlampaui. Secara teoristik tegangan geser yang terjadi lebih besar dari tegangan geser kritis dari butiran dasar.

Faktor variabel-variabel yang berpengaruh pada gerusan lokal, seperti; gaya gravitasi ( $g$ ), kerapatan fluida ( $\rho_w$ ), kecepatan aliran ( $U$ ), kekentalan ( $\mu$ ), Kedalaman aliran ( $h$ ), material dasar sungai (diameter butiran sedimen,  $d_z$ ), kerapatan massa ( $\rho_s$ ), Distribusi butiran, jenis butiran, Faktor genetik pilar (tebal pilar, diameter ( $d_k$ ), panjang krib ( $L$ ), bentuk krib, sudut arah krib ( $\alpha$ ), jenis antar krib ( $\lambda$ ). Variabel yang berpengaruh cukup banyak, sehingga variabel dominan yang menjadi bahan uji dengan kedalaman gerusan ( $d_s$ ) merupakan fungsi  $d_s = f(\rho_s, \mu, U, d_z, h, L, d_k, \rho_w, \alpha)$ .

### 1. Faktor yang Mempengaruhi Gerusan

Gerusan terjadi disekitar bangunan air, jembatan dan penyempitan aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut:

#### a) Kecepatan aliran

Kedalaman gerusan lokal maksimum rata-rata di sekitar pilar

sangat tergantung pada nilai relatif kecepatan alur sungai (perbandingan antara kecepatan rerata aliran dan kecepatan geser), nilai diameter butiran dasar (butiran seragam/ tidak seragam) dan diameter pilar. Sehingga gerusan lokal maksimum rerata tersebut merupakan gerusan lokal maksimum dalam kondisi setimbang.

Kedalaman dan luas gerusan lokal sangat dipengaruhi oleh debit, kemiringan dasar sungai, diameter butiran, dan waktu. Semakin lama terjadinya pengaliran dan semakin besar debit aliran, maka semakin dalam dan semakin luas gerusan lokal yang terjadi, sehingga apabila dasar sungai terdiri dari material lepas yang berdiameter butiran kecil seperti pasir, dan kerikil dan kemiringan dasar sungai cukup besar, maka gerusan yang terjadi akan lebih cepat bertambah dalam dan berkembang ke hilir.

Gerusan lokal terus terjadi dan semakin luas ke arah hilir seiring Dengan bertambahnya waktu dan debit, sehingga bangunan akan mengalami kegagalan konstruksi seperti yang sering kita jumpai pada kasus rusaknya bangunan sungai setelah banjir besar. Kedalaman gerusan lokal maksimum rerata di sekitar pilar sangat tergantung nilai relatif kecepatan alur sungai (perbandingan antara kecepatan rerata aliran dan kecepatan geser), nilai diameter butiran (butiran seragam/ tidak seragam) dan lebar pilar. Dengan demikian maka gerusan lokal maksimum rerata tersebut merupakan gerusan lokal maksimum dalam kondisi setimbang. Pengaruh kecepatan relatif pada gerusan dapat

ditunjukkan pada  $(u/u_c)$  pada kedalaman gerusan tak berdimensi  $(d_s/d_k)$ .

Menurut Chabert dan Engeldinger dalam Breuser dan Raudkivi (1971), melakukan penelitian secara intensif pengaruh berbagai variabel terhadap gerusan lokal disekitar pilar. Variabel utama adalah kecepatan aliran, dimensi pilar, kedalaman air (0,1 – 3,5 m), ukuran butir dan bentuk pilar. Berdasarkan studi kecepatan aliran menunjukkan bahwa ada dua resim yang berpengaruh yaitu untuk kecepatan aliran pada atau dibawah kecepatan kritik ( $u < u_c$ ), kedalaman gerusan hanya pada batas asimtosis, seperti terlihat pada gambar sedangkan untuk kecepatan yang lebih besar ( $u > u_c$ ), kedalaman gerusan berfluktuasi akibat pengendapan material secara periodik pada lubang gerusan oleh gerakan bukit pasir.

#### b) Gradasi sedimen

Gradasi sedimen merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kedalaman dan luas gerusan pada kondisi air bersih (*clear water scour*). Kedalaman gerusan  $(d_s/d_k)$  tak berdimensi sebagai fungsi dari karakteristik gradasi sedimen material dasar  $(\sigma/d_{50})$ . Dimana  $\sigma$  adalah standar deviasi untuk ukuran butiran dan  $d_{50}$  adalah ukuran partikel butiran rerata. Nilai kritikal dari  $\sigma/d_{50}$  untuk melindunginya hanya dapat dicapai dengan bidang dasar, tetapi tidak dengan lubang gerusan dimana kekuatan lokal pada butirannya tinggi yang disebabkan meningkatnya aliran turbulen (pusaran air).

## 2. Mekanisme Gerusan

Gerusan terjadi dimulai saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran bagian hulu ke bagian hilir saluran. Seiring dengan kecepatan aliran yang lebih tinggi membawahi partikel tingg, baik ukuran halus sampai yang kasar. Kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen baik yang masuk maupun yang terjadi gerusan, sehingga kedalaman rata-rata terjadi pada kondisi *equilibrium scour depth* (Chabert dan Engel Dinger, 1956 dalam Breuser dan Raudkivi, 1991).

Gerusan lokal umumnya terjadi pada alur sungai yang terhalang struktur bangunan air akibatnya menyebabkan adanya pusaran. Pusaran tersebut terjadi pada bagian hulu bangunan. Isnugroho (1992) dalam Aisyah (2004) menyatakan bahwa adanya pilar akan mengganggu kestabilan butiran dasar. Bila perubahan air hulu tertahan akan terjadi gangguan pada elevasi muka air di sekitar pilar. Selanjutnya aliran akan berubah secara cepat. Karena adanya percepatan aliran maka elevasi muka air akan turun. Menurut Melville dalam Miller (2003) menjelaskan tahap-tahap gerusan yang terjadi antara lain sebagai berikut:

- 1) Peningkatan aliran yang terjadi pada saat perubahan garis aliran di sekeliling pilar
- 2) Pemisahan aliran dan peningkatan pusaran tapal kuda yang lebih intensif sehingga menyebabkan pembesaran lubang gerusan.



3) Longsor/turunnya material disekitar lubang gerusan pada saat lubang cukup besar setelah terkena pusaran tapal kuda.

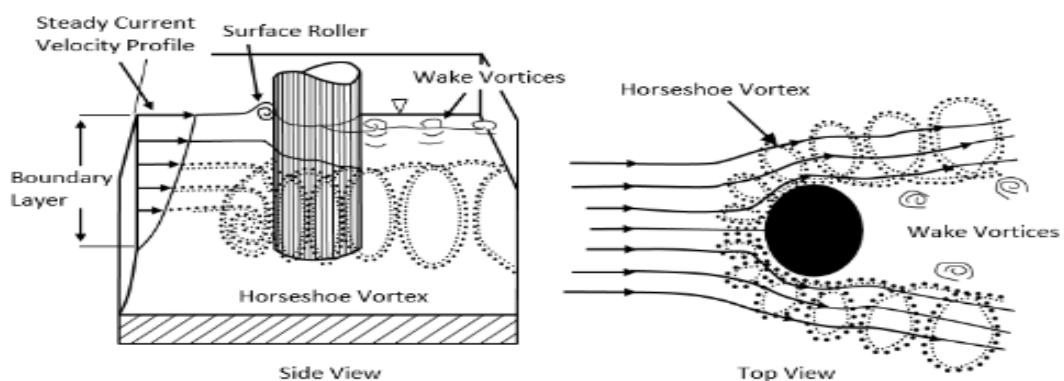
Menurut Nakagawa dan Suzuki dalam Miller (2003) membedakan gerusan dalam empat tahap:

- D. Gerusan di sisi (kanan dan kiri) pilar yang disebabkan kekuatan tarikan dari arus utama (main flow).
- E. Gerusan di depan pilar yang diakibatkan pusaran tapal kuda (horseshoe vortex).
- F. Pembesaran gerusan oleh pusaran stabil yang mengalir melewati pilar.
- G. Periode reduksi gerusan selama penurunan kapasitas transpor di lubang gerusan.

Struktur yang dibangun di sungai menjadi tenggelam ketika Kedalaman aliran lebih tinggi dari ketinggian struktur. Misalnya, fondasi dermaga jembatan terendam ketika menerima banjir besar selama pembangunannya. Kadang-kadang struktur yang dibangun di sepanjang tepi sungai untuk perlindungan tebing berperilaku seolah-olah struktur yang tenggelam selama banjir besar.

Penggerusan lokal (Garde dan Raju, 1977) terjadi akibat adanya turbulensi air yang disebabkan terganggunya aliran, baik besar maupun arahnya, sehingga menyebabkan hanyutnya material-material dasar atau tebing sungai. Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya. Pengerusan lokal pada

material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikian rupa sehingga daya tahan material terlampaui. Secara teoristik tegangan geser yang terjadi lebih besar dari tegangan geser kritis dari butiran dasar. Variabel-variabel yang berpengaruh pada gerusan lokal, meliputi kondisi fluida (Kerapatan ( $\rho$ ), Kekentalan ( $\nu$ ), Gravitasi ( $g$ ), Kecepatan ( $U$ ), Kedalaman aliran ( $h$ ), Diameter butiran sedimen ( $d_s$ ), Kerapatan massa ( $\rho_s$ ), Distribusi butiran, Bentuk butiran), Faktor genetik pilar (Panjang pilar ( $L$ ), Bentuk muka pilar, Sudut arah pilar ( $\alpha$ ), Jenis antar pilar ( $\lambda$ ))

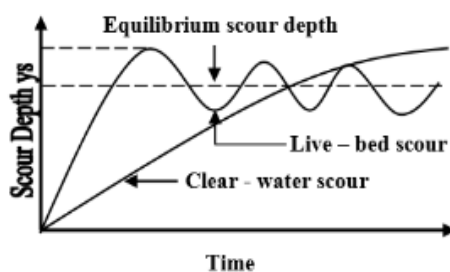


**GAMBAR 1. MEKANISME GERUSAN AKIBAT POLA ALIRAN AIR DISEKITAR PILAR**

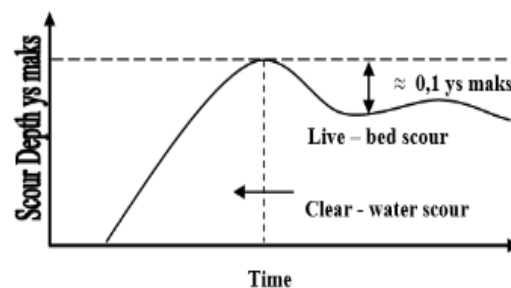
Pada umumnya tegangan geser (*shear stress*) meningkat pada *bed* bagian depan struktur. Bila *bed* mudah tergerus maka lubang gerusan akan terbentuk disekitar struktur. Fenomena ini disebut gerusan lokal (*local or structure-induced sediment scour*).

Berdasarkan Vanoni dalam Indra (2000:8) terdapat tiga jenis sistem gaya pusaran yang bekerja disekitar pilar, yaitu sistem pusaran tapal kuda (*horse shoes system*), sistem pusaran belakang (*wake vortek system*) dan sistem pusaran seret (*trailing vortex system*).

Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Breuser dan Raudkivi (1991:61) menyatakan lubang gerusan yang terjadi pada alur sungai umumnya merupakan korelasi antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran sehingga lubang gerusan tersebut merupakan fungsi waktu (Gambar 2), sedangkan Breusers dan Raudkivi (1991:61) menyatakan bahwa kedalaman gerusan maksimum merupakan fungsi kecepatan geser (Gambar 3).



**Gambar 2.** Hubungan kedalaman gerusan ( $d_s$ ) dengan waktu, Breusers dan Raudkivi (1991)



**Gambar 3.** Hubungan kedalaman gerusan ( $d_s$ ) dengan kecepatan Breusers dan Raudkivi (1991)

### E. Bangunan Krib

Bangunan krib merupakan salah satu bagian dari penanganan gerusan yang terjadi di tebing sungai. Untuk maksud mengarahkan aliran dan menghindarkan kuat arus dari sepanjang tepi sungai, termasuk pada belokan sungai perlindungan semacam ini merupakan perlindungan tak langsung.

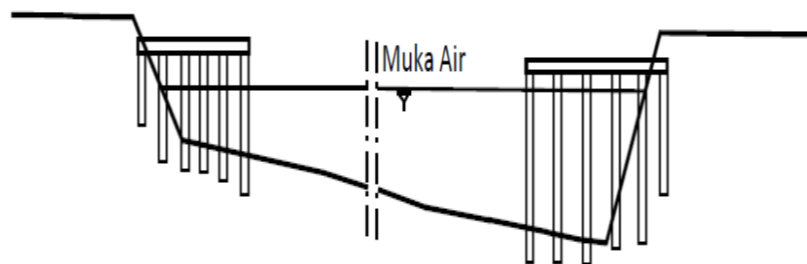
Konstruksi krib diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) tipe konstruksi krib yaitu: tipe *permeabel* (*permeabel type*) dimana air sungai dapat mengalir melalui krib tersebut, tipe *impermeabel* (*impermeabel type*) dimana air

sungai tidak dapat mengalir melalui krib tersebut dan tipe *semi-permeabel* (*combined of both the permeabel type and the impermeabel type*). Berdasarkan formasinya, krib dapat diklasifikasikan ke dalam 2 tipe, yaitu tipe silang (*transversal type*) dan tipe memanjang (*longitudinal type*). (Suyono Sosrodarsono,dkk, 1986).

### 1. Klasifikasi Krib

#### a) Krib permeabel

Krib permeabel ini melindungi tebing sungai terhadap gerusan aliran dengan cara meredam energy yang terkandung dalam aliran sepanjang tebing sungai dan dapat mengendapkan sedimen. Krib permeabel dapat dilalui aliran, oleh karena dapat menurunkan ketahanan terhadap aliran sungai. Maknya diperlukan stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan krib impermeabel. Konstruksi krib permeabel ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini.

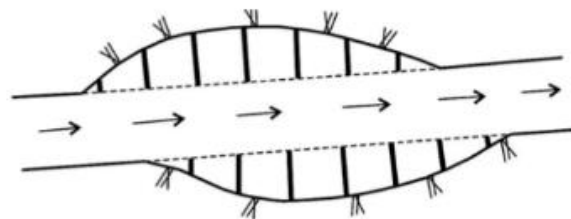


**Gambar 4.** Konstruksi krib permeabel

#### b) Krib impermeabel

Krib impermeabel yang disebut dengan krib padat, karena air sungai tidak dapat mengalir melalui tubuh krib. Tipe krib untuk membelokan arah arus sungai dan mencegah gerusan yang cukup dalam

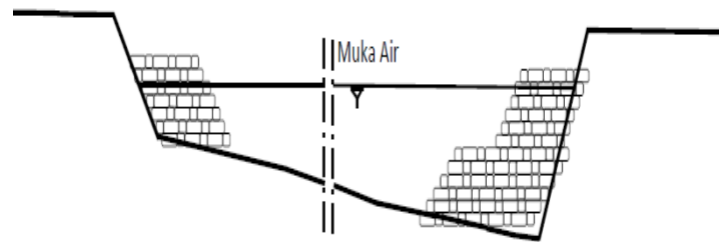
di depan ujung krib-krib atau bagian sungai di sebelah hilirnya. Krib permeabel dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu terbenam dan tidak terbenam. Jenis terbenam terjadi penggerusan yang dalam di sisi hilir krib, akibat terlimpas aliran, sehingga sisi hilirnya berfungsi sebagai kolam olakan. Sedangkan jenis yang tidak terbenam dapat menyebabkan terjadinya turbulen aliran di bagian ujung bangunan krib dan menyebabkan gerusan yang cukup dalam. Untuk mencegah gerusan haruslah dipertimbangkan penempatan pelindung dengan konstruksi flexible, seperti matras ataupun hambaran pelindung batu, sebagai pelengkap dari krib padat. (Sasrodarsono, S. 1986). Ilustrasi konstruksi krib impermeabel ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Lokasi dan konstruksi krib impermeabel

c) Krib semi permeabel

Krib semi permeabel ini digunakan untuk mendapatkan efek positif dari kedua tipe krib, yaitu meningkatkan pengaturan aliran sungai dan meningkatkan stabilitas krib. Krib ini berfungsi ganda yaitu sebagai krib permeabel dan krib impermeabel atau padat. Biasanya yang padat ditempatkan pada bagian bawah sebagai fondasi, sedangkan bagian atasnya merupakan konstruksi permeabel disesuaikan dengan fungsi dan kondisi setempat. (Sosrodarsono, S. dkk, 1986)



**Gambar 6.** Konstruksi krib semi permeabel

Krib yang formasinya tegak lurus atau hampir tegak lurus arah arus sungai dapat merintang arus tersebut dan dinamakan krib melintang (*transversal dyke*), sedang krib yang formasinya hampir sejajar arah arus sungai disebut krib memanjang (*longitudinal dyke*). (Sosrodarsono, S. dkk, 1986)

## 2. Perencanaan krib

Persiapan yang perlu diperhatikan untuk perencanaan (*planning*) struktur krib, seperti denah, bentuk memanjang, debit air sungai, kecepatan arus sungai, bahan-bahan dasar sungai. Hal ini menjadi pertimbangan untuk menentukan jenis krib, sehingga harus dilakukan survey dengan baik untuk bahan analisis metode pembuatannya ditetapkan secara empiris dengan memperhatikan pengalaman-pengalaman pada krib-krib yang telah dibangun diwaktu-waktu yang lalu. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses perencanaan krib-krib adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, S. dkk, 2008):

- 1) Mengingat metode pembuatan krib-krib sangat tergantung dari resim sungainya perlu diperoleh data mengenai pengalaman pembuatan krib

pada sungai yang sama atau yang hampir sama, kemudahan pelaksanaannya dan besarnya pembiayaan.

- 2) Untuk sungai-sungai yang terlalu lebar dan untuk mengurangi turbulensi aliran, maka permukaan air sungai normalnya harus dinaikkan sedemikian rupa dengan krib yang panjang, akan tetapi panjangnya harus dibatasi secukupnya, karena krib yang terlalu panjang disamping biaya pembangunannya lebih tinggi, pemeliharannya akan lebih mahal dan lebih sulit.
- 3) Untuk krib yang akan dibangun antara lain untuk melindungi tebing sungai terhadap pukulan air, maka panjang krib sepanjang ini harus dibatasi, karena krib yang terlalu panjang akan menyebabkan timbulnya pukulan air pada tebing sungai disebelahnya.
- 4) Krib-krib tidak dapat berfungsi dengan baik pada sungai-sungai yang kecil atau yang sempit alurnya.
- 5) Apabila pembuatan krib-krib yang dimaksudkan untuk menaikan permukaan normal air sungai, maka perlu dipertimbangkan kapasitasnya disaat terjadinya debit yang lebih besar atau debit banjir dan juga pertimbangan mengenai trase serta kapasitas alur sungai, guna mempertahankan stabilitas sungai secara keseluruhan.

Adapun fungsi dari parameter penting dalam perencanaan bangunan krib sebagai berikut (Prezedwojski,1995) :

- a) Variable aliran, antara lain kedalaman dan aliran banjir, jumlah angkutan sedimen suspensi dan angkutan sedimen dasar.

- b) Parameter saluran, antara lain kemiringan dasar, kecepatan aliran sungai, sifat-sifat material dasar, dimensi umum saluran (lebar, tinggi dan kedalaman air terendah)
- c) Beberapa faktor lain, seperti : adanya aliran debris selama banjir, kemungkinan kerusakan bangunan oleh gempa, ketersediaan material dan pondasi.

Penetapan tinggi krib dilakukan lebih menguntungkan apabila evaluasi mercu krib dapat dibuat serendah mungkin ditinjau dari stabilitas bangunan terhadap gaya yang mempengaruhinya, sebaiknya elevasi mercu dibuat 0,50 - 1,00 meter di atas elevasi rata-rata permukaan air rendah. Dari hasil pengamatan terhadap tinggi berbagai jenis krib yang telah dibangun dan berfungsi dengan baik, diperoleh angka perbandingan antara tinggi krib dan kedalaman air banjir ( $h_g/H$ ) sebesar 0,20 – 0,30. (Sosrodarsono, S. dkk, 2008):

Panjang dan jarak krib antara satu krib dengan lainnya ditetapkan secara empiris (tanpa menggunakan aturan khusus) akan tetapi didasarkan pada perkiraan dan data-data sungai bersangkutan, diantaranya topografi sungai, lebar sungai, kemiringan, debit banjir, kedalaman air, debit normal, material dasar sungai, kondisi disekeliling sungai, dll. Krib yang terlalu panjang akan berakibat kurang baik terhadap kestabilan sungai, oleh karenanya panjang krib harus diperhatikan dengan baik agar memadai pada penanganan suatu sungai. Perbandingan antara panjang krib ( $L$ ) dan lebar sungai digunakan lebih kecil dari 10%.



$$L < \alpha \frac{C^2 h}{2g} \quad (22)$$

Dimana: L adalah Jarak antar krib (m),  $\alpha$  adalah Parameter empiris  $\approx 0,6$ , C adalah koefisien Chezy,  $m^{1/2}/det$ , h adalah kedalaman air rerata (m), g adalah Percepatan gravitasi, ( $\approx 9,8 m/det^2$ )

Untuk menentukan koefisien Chezy dapat menggunakan rumus bazin dimana koefisien Chezy berdasarkan Bazin (1869), adalah fungsi dari jari-jari hidraulis (R) dan berat jenis fluida ( $\gamma$ ).

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma_B}{\sqrt{R}}} \quad (23)$$

Dimana : C adalah Koefisien Chezy,  $m^{1/2}/det$ , R adalah Jari-jari hidrolis,  $\gamma_B$  adalah koefisien yang tergantung pada kekasaran dinding.

**TABEL 4. BAZIN UNTUK KOEFISIEN YANG TERGANTUNG PADA KEKASARAN DINDING (SUNGHONO 1995)**

Jenis Dinding	$\gamma_B$
Dinding sangat halus (semen)	0,06
Dinding halus (papan, batu, bata)	0,16
Dinding batu pecah	0,46
Dinding tanah sangat teratur	0,85
Saluran tanah dengan kondisi biasa	1,30
Saluran tanah dengan dasar batu pecah dan tebing rumput	1,75

**TABEL 5. HUBUNGAN ANTARA PANJANG DAN INTERVAL KIRIB (SOSRODARSONO 2008)**

No	Lokasi pembuatan krib sungai	Hubungan antara interval (L) dengan panjang (Lk)
1	Bagian lurus	$L = (1.7 - 2.3) Lk$
2	Belokan luar	$L = (1.4 - 1.8) Lk$
3	Belokkan dalam	$L = (2.8 - 3.6) Lk$

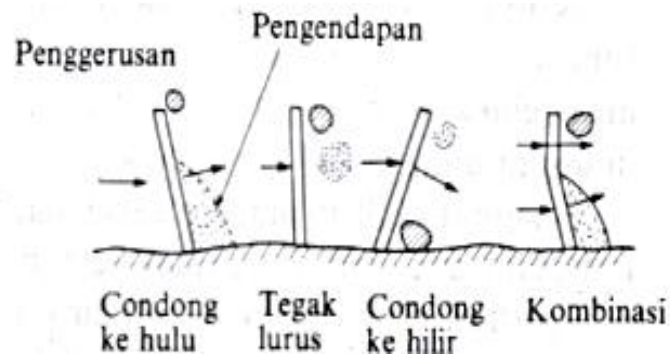
Klasifikasi krib berdasarkan kebutuhan desain dibagi menjadi dua yaitu; krib terendam atau tidak terendam. Dalam banyak kasus, krib impermeabel dirancang untuk tidak terendam. Untuk kondisi terendam, krib padat rentan terhadap erosi cukup tinggi disepanjang bagian saluran menyebabkan aliran di bagian atas krib. Di sisi lain, krib permeabel lebih cocok untuk kondisi yang terendam karena mereka tidak menciptakan gangguan aliran melayani seperti krib padat .

Krib dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk untuk perencanaan. Di antara jenis yang diilustrasikan dalam Gambar 4 dan 6.

- 1) *Straight* Krib diatur pada beberapa sudut  $\alpha$  dari tepi dan memiliki hulu untuk memberikan volume tambahan dan area untuk perlindungan gerusan di ujung luar.
- 2) *T-head* krib memiliki bagian lurus dengan kepala berpanduan persegi panjang di ujung luar. Sudut  $\alpha$  digunakan biasanya  $90^{\circ}$  .
- 3) *L-head* krib atau *trail* krib memiliki endapan sedimen yang lebih besar di antara krib, mengurangi gerusan di hulu, memberikan perlindungan yang lebih besar ke tebing dan lebih efektif sebagai pelintasan navigasi ketika panjangnya menutup 45 hingga 65 % dari celah diantara krib
- 4) Krib bentuk *hocky* memiliki lubang gerusan yang lebih luas di area daripada krib bentuk-T dan tampaknya tidak memiliki keunggulan dibandingkan bentuk lainnya (Richardsor et al., 1975 )

### 3. Formasi Krib

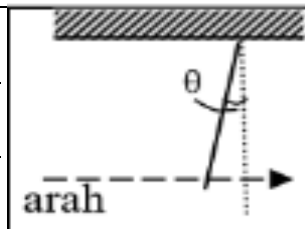
Formasi krib yang umum digunakan terdapat tiga macam formasi krib yang umum diterapkan dalam membangun bangunan krib yaitu tegak lurus arus, condong ke arah hulu dan condong ke arah hilir.



**Gambar 7.** Formasi krib dan penggerusan-pengendapan pada dasar sungai (Sasrodarsono, S. 2008)

**Tabel 6.** Arah Aliran dan Sudut Sumbuh Krib

Lokasi Pembuatan Krib di sungai	Arah Aliran dan Sudut sumbu krib $\theta$
Bagian lurus	$10^{\circ} - 15^{\circ}$
Belokan luar	$5^{\circ} - 15^{\circ}$
Belokan dalam	$0^{\circ} - 10^{\circ}$



Sumber : (Sasrodarsono, S. 2008)

### 4. Pemilihan Tipe Krib

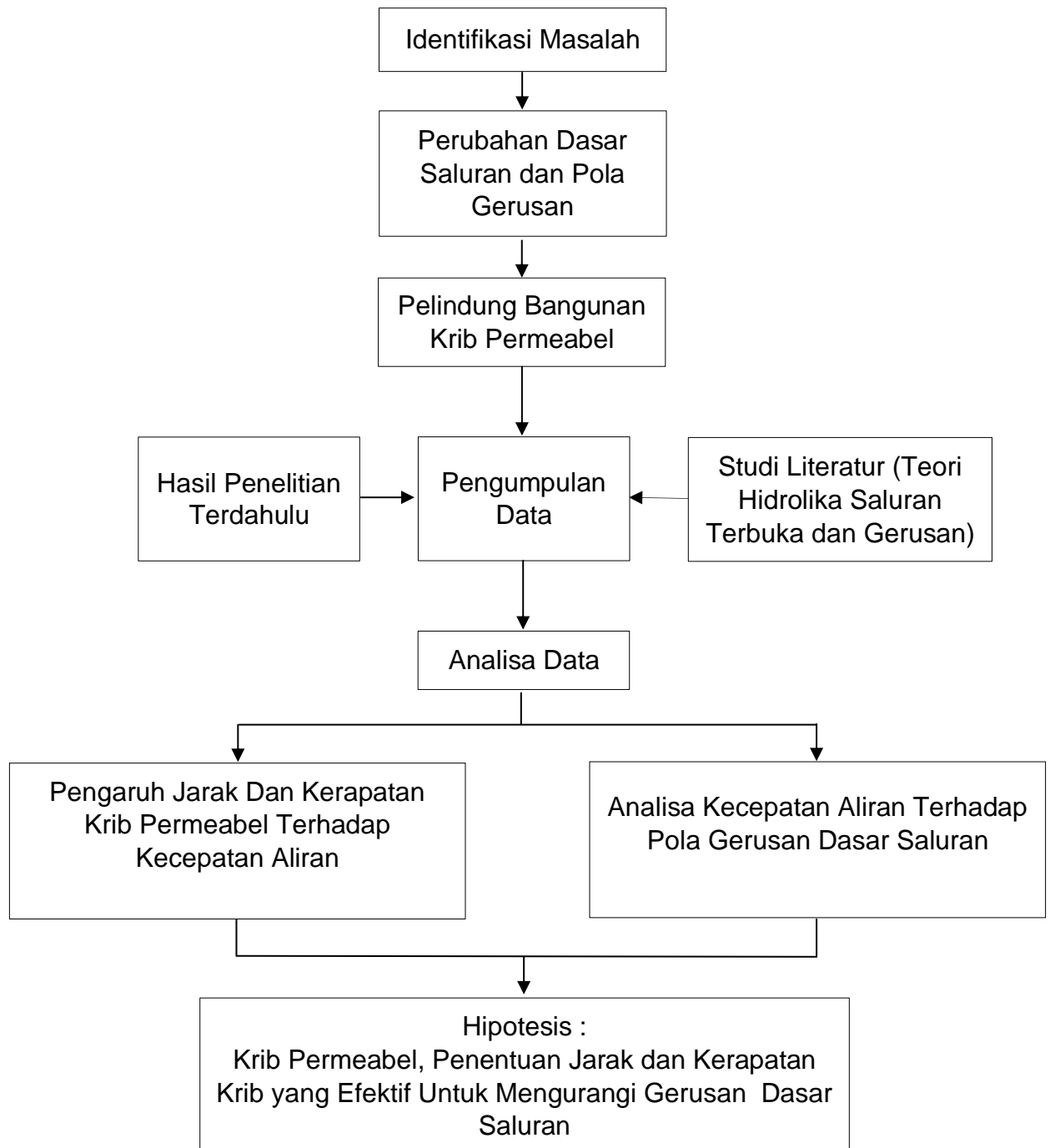
Pemilihan tipe krib yang sesuai pada suatu lokasi ditentukan berdasarkan resim sungai pada lokasi tersebut dengan memperhatikan tujuan pembuatannya, tingkat kesulitan dan jangka waktu pelaksanaannya. Jadi hal-hal yang perlu diperhatikan dan dipelajari adalah bentuk denah, kemiringan memanjang dan bentuk penampung lintang krib, elevasi muka air, debit, kecepatan arus angkutan dasar dan arah pergeseran pada

sungai. Tipe krib harus mempertimbangkan berdasarkan fungsi hidrolika dari krib pengalaman-pengalaman yang pernah ada dan contoh-contoh bangunan krib-krib yang dibuat di waktu-waktu yang lalu.

Dalam proses penentuan tipe krib diperlukan perhatian khusus pada hal-hal sebagai berikut :

- a) Krib permeabel yang rendah dengan konsolidasi pondasi biasanya cukup memadai untuk melindungi tebing sungai.
- b) Krib tidak cocok untuk sungai-sungai yang sempit alurnya atau untuk sungai-sungai kecil.
- c) Krib permeabel bercelah besar, seperti krib tiang pancang
- d) Krib Impermeabel dapat mengurangi gerusan pada dasar saluran.

## F. Kerangka Pikir



**Gambar 8.** Kerangka Pikir Penelitian