

**PENGARUH BANGUNAN KRIB SEBAGAI HAMBATAN DALAM
PENGURANGAN KECEPATAN ALIRAN DAN TEGANGAN GESER
DASAR SALURAN PASIR**

**THE EFFECT OF CRIB BUILDINGS AS BARRIERS IN REDUCING
FLOW VELOCITY AND SHEAR STRESS OF SAND CHANNEL BEDS**

TAUFAN AKMAL ASKAR

D012191008



PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

TESIS

PENGARUH BANGUNAN KRIB SEBAGAI HAMBATAN DALAM PENGURANGAN KECEPATAN ALIRAN DAN TEGANGAN GESER DASAR SALURAN PASIR

**TAUFAN AKMAL ASKAR
D012191008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 22 Desember 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof.Dr.Ir.H.Muh. Saleh Pallu.,M.Eng
NIP. 195409101983031003

Pembimbing Pendamping



Prof.Dr.Eng.Ir.H. Farouk Maricar.,MT
NIP. 196410201991031002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng.PM
NIP. 197303061998021001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang Bertanda tangan di bawah ini

Nama : Taufan Akmal Askar
Nomor mahasiswa : D012191008
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Pengaruh Bangunan Krib Sebagai Hambatan Dalam Pengurangan Kecepatan Aliran Dan Tegangan Geser Dasar Saluran Pasir” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. H. Muh.Saleh Pallu.,M.Eng sebagai Pembimbing Utama dan Prof. Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar.,MT sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Prosiding Internasional The 1ST International Conference in Research in Engineering and Science Technology (IC-REST) 2023 publisher Scientic.Net sebagai artikel dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Struktur Groin Tipe Permeable Terhadap Perubahan Karakteristik Aliran”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 29 Desember 2023

Yang Menyatakan



Taufan Akmal Askar

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal penelitian Tesis ini dengan judul “***Pengaruh Bangunan Krib Sebagai Hambatan Dalam Pengurangan Kecepatan Aliran Dan Tegangan Geser Dasar Saluran Pasir***”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tesis ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, baik itu 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. Muhammad Isran Ramli, ST., M.T** Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Bapak **Dr. Ir. M. Asad Abdurahma., ST., M. Eng., PM** Sebagai Ketua program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muh.Saleh Pallu.,M.Eng** Selaku pembimbing 1 dan Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar.,MT** Selaku Pembimbing

II, yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya 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 serta Istri 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 2019 1 Keairan dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tesis ini.

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

Makassar, 20 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Penelitian.....	5
F. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Hasil Penelitian Terdahulu.....	7
B. Pengertian Saluran Terbuka.....	14
C. Hidrolika Saluran Terbuka.....	15
1. Persamaan Dasar Aliran Terbuka.....	15
2. Klasifikasi Aliran Berdasarkan Bilangan <i>Reynolds</i>	15
3. Klasifikasi Aliran Berdasarkan Bilangan Froude.....	17
4. Persamaan Chezy, Manning dan Strickler.....	18
5. Tegangan geser dan Distribusi kecepatan.....	20

6. Pembentukan Dasar Saluran (<i>Bedform</i>).....	22
7. Karakteristik Aliran Melewati Sebuah Benda.....	24
8. Karakteristik Lapisan Batas.....	25
9. Hambatan Pada Benda Yang Terendam.....	27
D. Gerusan.....	29
1. Faktor yang Mempengaruhi Gerusan.....	31
2. Mekanisme Gerusan.....	33
E. Bangunan Krib.....	36
1. Klasifikasi Krib.....	37
2. Perencanaan krib.....	39
3. Formasi Krib.....	44
4. Pemilihan Tipe Krib.....	45
F. Kerangka Pikir.....	46
BAB III METODE PENELITIAN.....	48
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	48
B. Jenis Penelitian.....	48
C. Alat dan Bahan.....	48
D. Variabel Yang Diteliti.....	50
E. Rancangan Model Penelitian.....	50
F. Prosedur Penelitian.....	53
G. Diagram Alir Penelitian.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar Peneliti terkait tentang bangunan krib dan sejenisnya.....	7
Tabel 2. Angka Kekasaran Manning (n)	19
Tabel 3. Angka Kekasaran Strickler (Kst)	19
Tabel 4. Nilai C _D untuk benda - benda tiga dimensi pada $Re > 10 [8,9]$	28
Tabel 5. Bazin untuk Koefisien yang Tergantung pada Kekasaran Dinding (Sunghono 1995)	42
Tabel 6. Hubungan antara panjang dan interval krib (Sosrodarsono 2008).....	42
Tabel 7. Arah Aliran dan Sudut Sumbuh Krib	44
Tabel 8. Perhitungan Debit Aliran	544
Tabel 9. Perhitungan Validasi Debit Aliran	44
Tabel 10. Rekapitulasi Validasi Kecepatan Aliran.....	446
Tabel 11. Data Kecepatan Aliran Model Krib dk1a1L2	448
Tabel 12. Data Kecepatan Aliran Model Krib dk1a2L2	59
Tabel 13. Data Kecepatan Aliran Model Krib dk2a1L2.....	4460
Tabel 14. Data Kecepatan Aliran Model Krib dk2a2L2	44
Tabel 15. Perhitungan Fr Pada Model Krib dk1a1L2	443
Tabel 16. Perhitungan Fr Pada Model Krib dk1a2L2	63
Tabel 17. Perhitungan Fr Pada Model Krib dk2a1L2	644
Tabel 18. Perhitungan Fr Pada Model Krib dk2a2L2	644
Tabel 19. Perhitungan Re Pada Model Krib dk1a1L2	446
Tabel 20. Perhitungan Re Pada Model Krib dk1a2L2	66
Tabel 21. Perhitungan Re Pada Model Krib dk2a1L2	44
Tabel 22. Perhitungan Re Pada Model Krib dk2a2L2	44
Tabel 23. Tegangan Geser Dasar Model Krib dk1a1L2.....	44
Tabel 24. Tegangan Geser Dasar Model Krib dk1a2L2.....	44

Tabel 25. Tegangan Geser Dasar Model Krib dk2a1L2.....	44
Tabel 26. Tegangan Geser Dasar Model Krib dk2a2L2.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Mekanisme gerusan akibat pola aliran air disekitar pilar	35
Gambar 2.	Hubungan kedalaman gerusan (ds) dengan kecepatan	36
Gambar 3.	Hubungan kedalaman gerusan (ds) dengan waktu	36
Gambar 4.	Konstruksi krib permeabel.....	37
Gambar 5.	Lokasi dan konstruksi krib impermeabel	38
Gambar 6.	Konstruksi krib semi permeabel	38
Gambar 7.	Formasi krib dan penggerusan-pengendapan pada dasar sungai (Sasrodarsono, S. 2008).....	44
Gambar 8.	Kerangka Pikir Penelitian	47
Gambar 9.	Denah Model Flume.....	50
Gambar 10.	Potongan Melintang Model Flume.....	51
Gambar 11.	Denah model pemasangan krib jarak 90 cm dengan kerapatan krib 9 mm dan diameter krib permeable 9; 1,2, dan 1,7 cm	51
Gambar 12.	Detail Model Krib Permeabel dengan kerapatan 0,9 cm dan diameter 1.7 cm	49
Gambar 13.	Diagram Alir Penelitian.....	53
Gambar 14.	Grafik hubungan kedalaman aliran (h) dengan kecepatan aliran (V).....	57
Gambar 15.	Grafik Hubungan Kemiringan saluran (s) dengan kecepatan aliran (V).....	57
Gambar 16.	Pengaruh Parameter ak/dk terhadap kecepatan (v) untuk debit (Q_1)	71
Gambar 17.	Pengaruh Parameter ak/dk terhadap kecepatan (v) untuk debit (Q_2).....	72
Gambar 18.	Pengaruh Parameter ak/dk terhadap kecepatan (v) untuk debit (Q_{13})	73
Gambar 19.	Pengaruh Parameter ak/dk terhadap kedalaman (h) untuk debit (Q_1).....	74

Gambar 20. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap kedalaman (h) untuk debit (Q_2).....	75
Gambar 21. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap kedalaman (h) untuk debit (Q_3).....	76
Gambar 22. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap bilangan froude (Fr) untuk debit (Q_1).....	78
Gambar 23. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap bilangan froude (Fr) untuk debit (Q_2).....	79
Gambar 24. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap bilangan froude (Fr) untuk debit (Q_3).....	80
Gambar 25. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap bilangan renolds (Re) untuk debit (Q_1).....	81
Gambar 26. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap bilangan renolds (Re) untuk debit (Q_2).....	82
Gambar 27. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap bilangan renolds (Re) untuk debit (Q_2).....	83
Gambar 28. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap tegangan geser dasar saluran (τ_0) untuk debit Q_1).....	84
Gambar 29. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap tegangan geser dasar saluran (τ_0) untuk debit Q_2).....	85
Gambar 30. Pengaruh Parameter ak/dk terhadap tegangan geser dasar saluran (τ_0) untuk debit Q_2).....	86
Gambar 31. Pemasangan Model krib permeable.....	92
Gambar 32. Pengaliran Model krib permeable	92
Gambar 33. Penggerusan Terjadi di sekitar krib permeable	93
Gambar 34. Pengukuran kecepatan aliran dengan pitot portable	93
Gambar 35. Kondisi sedimen setelah pengaliran.....	94
Gambar 36. Pengukuran kedalaman gerusan	94
Gambar 37. Tampungan sedimen yang tergerus.....	95
Gambar 38. Berat tampungan sedimen yang tergerus ..	95

DAFTAR NOTASI

- a_k = kerapatan krib
- 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
- γ = berat isi air
- γ_s = berat isi butiran sedimen
- γ_m = berat isi suspensi
- φ_o = viskositas dinamik semula
- φ = viskositas dinamik suspensi
- ν = viskositas kinematik
- ρ = rapat massa air

- ρ_s = rapat massa sedimen
- τ_0 = tegangan geser dasar
- ω_o = kec. endap sedimen tunggal
- ω_g = kec. endap sedimen kolektif
- ω = kec. endap sedimen suspensi
- φ = kec. Kehilangan debit
- y = kedalaman aliran (m)
- S_E = kemiringan energy (%)
- ρ = kerapatan air (kg/m³)
- μ = kekentalan dinamis air
- σ = standar deviasi dari distribusi ukuran material dasar saluran
- ρ_s = kerapatan butiran (sedimen) saluran (kg/m³)
- S_p = Faktor bentuk partikel
- S_e = Factor bentuk saluran melintang
- f_s = Gaya resapan (*seepage force*) pada dasar dan tebing saluran
- ω = 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

μ_m = viskositas campuran

ABSTRAK

Taufan Akmal Askar. *Studi Eksperimental Pengaruh Struktur Groin Tipe Permeable Terhadap Perubahan Karakteristik Aliran* (Dibimbing oleh **Muh. Saleh Pallu** dan **Farouk Maricar**)

Sungai merupakan suatu unsur alam yang sangat berperan, dalam pemanfaatan potensi sungai yang baik diperlukan beberapa rekayasa untuk menyeimbangkan bentuk dan dasar sungai. Rekayasa aliran sungai dapat dilakukan dengan menggunakan krib sebagai bangunan pengatur sungai dan meredam kecepatan aliran. Untuk mengetahui pengaruh perubahan karakteristik aliran sungai, maka dilakukan pengujian laboratorium dengan menggunakan struktur krib tipe permeable yang memvariasikan kerapatan krib. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan karakteristik aliran dengan mengubah rasio kerapatan krib, yaitu 0,9 cm dan 1,2 cm pada variasi debit dan kemiringan saluran. Data yang dibutuhkan antara lain kecepatan aliran, kedalaman aliran dan suhu. Model krib memberikan pengaruh terhadap Kecepatan aliran, pemasangan krib permiabel yang meliputi diameter (dk) dan kerapatan krib (ak). Untuk nilai parameter krib ($dk : 0,9 \text{ cm}$, $ak : 0,9 \text{ cm}$) mengalami penurunan kecepatan aliran dibandingkan nilai parameter krib lainnya

Kata kunci : Karakteristik aliran, Groin Permeabel , Turbulen.

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai merupakan suatu unsur alam yang sangat berperan dalam membentuk corak kehidupan suatu masyarakat, dalam upaya pemanfaatan potensi sungai tersebut, manusia tidak akan lepas dari konsekuensi untuk melakukan rekayasa terhadapnya dalam mengambil manfaat, sehingga perlu bangunan kontrol untuk menyeimbangkan dasar sungai dan melindungi tebing sungai dengan memasang krib; A. Abd Rahim, dkk (2017).

Sungai sangat penting peranannya bagi kehidupan manusia. Kenyataan ini dapat dilihat dari pemanfaatan sungai yang makin lama makin kompleks, mulai dari sarana transportasi, sumber tenaga listrik dan sebagainya (Halim, 2014). 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 fisik sungai yang diakibatkan oleh adanya erosi tebing dan perubahan morfologi dasar sungai dapat mempercepat proses sedimentasi di suatu daerah sungai tertentu. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan morfologi pada sungai dalam jangka panjang yaitu, perubahan penggunaan lahan DAS, saluranisasi, pekerjaan sungai, penambangan pasir atau kerikil disungai,

pengalihan air masuk atau keluar sungai, dan penurunan alami seluruh sistem (Yasir Arafat dkk. 2015). Oleh sebab itu, dalam memanfaatkan potensi sungai yang baik perlu memperhatikan kaidah-kaidah konservasi sistem yang berkelanjutan dalam pengelolaan lahan DAS yang tidak terkendali. Permasalahan utama yang sering terjadi di sungai adalah proses pengendapan atau sedimentasi yang menyebabkan naiknya dasar sungai sehingga membentuk delta (pulau kecil) dan meander sungai, kemudian mengakibatkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadi banjir.

Salah satu cara untuk mencegah dan mempertahankan morfologi 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 dan diameter krib dengan menggunakan berbagai metode baik secara empiris maupun simulasi permodelan terhadap kondisi morfologi sungai yang berbeda-beda. Beberapa penelitian yang mengkaji bangunan krib sebagai bangunan pengaman dasar sungai maupun tebing sungai, antara lain : Moh Patoni, (2017) Efek kombinasi krib permeable dan impermeable 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; 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 permeable dan impermeable dalam saluran rektanguler.

Kecepatan aliran, tegangan dan kecepatan geser dasar sangat memengaruhi besarnya proses angkutan sedimen pada perubahan morfologi dasar saluran. Pada dasarnya pemasangan bangunan krib permeabel masih berpotensi menimbulkan gerusan lokal di dekat bangunan dan menyebabkan pola pergerakan aliran menjadi turbulen.

Oleh karena itu berdasarkan latar belakang di atas, maka timbul pemikiran untuk mengkaji lebih lanjut pokok permasalahan yang terjadi pada perubahan morfologi dasar saluran dengan meninjau keefektifan

struktur bangunan krib permeable sebagai pengaman dasar saluran terhadap gerusan.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh bangunan krib permeable sebagai hambatan terhadap perubahan kecepatan aliran.
2. Bagaimana pengaruh bangunan krib permeable sebagai hambatan terhadap tegangan geser dasar saluran.

C. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk menganalisis pengaruh bangunan krib permeable sebagai hambatan terhadap perubahan kecepatan aliran.
2. Untuk menganalisis pengaruh bangunan krib permeable sebagai hambatan terhadap tegangan geser 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 menangani gerusan dasar sungai dengan menggunakan Krib.

2. Sebagai sarana ilmu pengetahuan dalam memecahkan suatu permasalahan yang berkaitan dengan perubahan morfologi dasar saluran akibat kecepatan geser, hambatan tegangan geser dan pola gerusan.
3. Menjadi bahan referensi bagi penelitian yang lebih khusus terhadap hidrolika sungai dan perubahan morfologi dasar saluran terhadap pemasangan bangunan krib.
4. Hasil penelitian dapat menjadi bahan perbandingan antara peneliti yang lain dalam penggunaan jenis bangunan krib 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, jarak dan diameter krib untuk mengatasi gerusan dasar saluran.
2. Krib yang digunakan adalah krib tipe permeable (lolos air).
3. Fluida yang digunakan adalah air tawar.
4. Campuran tanah dan pasir sebagai bahan sedimen dasar saluran.
5. Saluran yang digunakan berbentuk plum segi empat dan lurus.

6. Kayu bulat sebagai bahan dasar pembuatan krib tipe permeable yang dipotong sesuai model krib yang divariasikan.
7. Penelitian ini tidak memberikan perlakuan pada variasi panjang, tinggi kerapatan dan sudut perletakan bangunan krib.

F. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sampel tanah dan pasir yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari hasil pengendapan di tepi sungai maros sebagai bahan sedimen dasar saluran.
2. Krib yang digunakan adalah krib tipe permeable yang dibuat dari kayu yang telah di potong sesuai model krib yang divariasikan
3. Sudut perletakan bangunan krib adalah 90° ;
4. Variasi model krib yang digunakan adalah jarak (L) (90 cm), Kerapatan antar krib (a) (0,9 cm dan 1,7 cm) dengan diameter (0,9cm dan 1,7cm).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Menurut Suryono Sosrodorso (2008) krib pada sungai mempunyai beberapa klasifikasi yaitu krib permeable (krib lolos air), krib impermeable (tidak lolos air), krib semi permeable(krib permeable dan krib padat), krib silang dan krib memanjang.

Beragam penelitian telah dilakukan pada krib dan pengaruhnya, antara lain; bentuk, jenis, ukuran, jarak, panjang dan diameter krib dengan menggunakan berbagai metode baik secara empiris maupun simulasi permodelan terhadap kondisi morfologi sungai yang berbeda-beda. Beberapa penelitian yang mengkaji bangunan krib sebagai bangunan pengaman dasar sungai maupun tebing sungai , antara lain : dijelaskan di tabel 1.

Tabel 1. Daftar Peneliti terkait tentang bangunan krib dan sejenisnya

No	Peneliti/judul	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	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	1. Krib terendam dapat dicirikan oleh pusaran arus primer yang terbentuk di hilir krib, pusaran sekunder yang berotasi berlawanan dan pusaran dinamis yang

Lanjutan Tabel 1

			pengukuran kecepatan aliran : EMF dan PTV	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.
2	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 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.
3	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	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

Lanjutan tabel 1

			adveksi. Untuk penutupan turbulensi, model $k-\epsilon$, model persamaan nol dan model viskositas eddy digunakan dan dibandingkan dengan parameter.	panjang spur-dike, yang menegaskan dengan baik hasil sebelumnya dalam literatur.
4	Iskandar dkk, analisa pengaruh penempatan krib terhadap distribusi sedimen di pertemuan sungai Garang dan Kreo	2015	Metode simulasi model numerik 2D dengan menggunakan 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 (τ) maksimum 8.65 N/m ² dan sedimentasi terjadi di daerah sekitar krib, erosi pada arah tanggul kanan penampang sungai yang sering terjadi sedimentasi.
5	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> dengan tiga (3)	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

			skenario perletakan krib pada 2 lokasi	
6	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 Penelitian - Woody cylinders mewakili vegetasi riparian yang keras Strip silikon digunakan sebagai vegetasi akuatik yang fleksibel.	1) Pengaruh signifikan mengubah tanaman air dan hambatan vegetasi sungai dengan mengubah sistem sirkulasi besarnya kecepatan aliran. 2) Krib vegetasi dapat mengurangi tekanan aliran 3) Dimamika aliran krib vegetasi dapat dimodelkan, cukup baik.
7	A.Abd. Rahim, Farouk Maricar dan Silman Pongmanda. Pengaruh jarak antar krib terhadap karakteristik aliran pada model saluran.	2017	Membuat prototype diman krib dipasang tegak lurus terhadap saluran dengan 3 variasi jarak antar krib.	1) Berubahnya kecepatan aliran sehingga merubah jenis aliran tiap model. 2) Aliran yang terjadi yaitu subkritis dan aliran turbulen.
8	Moh Patoni, Efek kombinasi krib permeable dan impermeable		Menggunakan metode variasi jarak dan ketinggian krib yang efektif terhadap pola gerusan .	3) semakin rapat jarak antar krib, gerusan yang terjadi semakin besar ke arah hulu 4) semakin jauh jarak antar krib, gerusan

Lanjutan tabel 1

	terhadap gerusan.			yang terjadi semakin kecil di arah hilir
8	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 .
9.	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.

Lanjutan tabel 1

10	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 Irmatioan Teknologi	2018	Penelitian ini,dengan objek variasi diameter krib vegetasi diameter, 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) Mereduksi mengurangi kecepatan aliran sungai, 2) Mengendapkan sedimen dan mengurangi gerusan local, 3) Pengaruh krib vegetasi signifikan terhadap perubahan aliran
11	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) Krib jarak seragam konfigurasi paling efektif adalah jarak sama dengan enam groyne panjang. 2) Efektifitas dicapai dengan konfigurasi non-seragam jarak antar krib
12	Damera R Marak dan Mimi Das Saikia. <i>Comparisons Of Velocity Distributions Due To Permeable And Impermeable</i>	2018	Menggunakan krib permeable dan impermeable denga menganalisis kecepatan aliran di sekitar krib yang ditempatkan pada tiga sudut yang berbeda, yaitu 60°,	Dari analisis yang dilakukan untuk ketiga kasus tersebut, dapat disimpulkan bahwa krib permeable yang ditempatkan pada sudut 90° memiliki pengaruh yang besar dengan mengurangi kecepatan

Lanjutan tabel 1

	<i>Spur-Dike In A Rectangular Channel</i>		90°, dan 120° pada jarak 1 m dari panjang saluran 6 m	aliran secara efektif dibandingkan krib impermeable.
14	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 laboratorium dilakukan meneliti efek backwater dan ketahanan aliran bidang krib terendam dengan bervariasi dan jarak krib. Efek dari bentuk model krib diselidiki dengan menggunakan dua jenis krib	1) Efek backwater yang lebih tinggi untuk krib sederhana yang terbuat dari pelat multipleks dibanding krib yang terbuat dari kerikil. 2) Kekasaran tertinggi bidang krib pada kepadatan kekasaran.
15	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 satu dan dua 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
16	Riham Mohsen Ezzeldin. <i>Numerical and experimental investigation for the effect</i>	2019	Menggunakan persamaan empiris dan numerik Nays-2DH untuk pengaruh krib permeable dan impermeable terhadap gerusan lokal . variasi bukaan	Persamaan empiris menggunakan data eksperimen menunjukkan akurasi yang lebih baik daripada hasil numerik. Nays-2DH yang mensimulasikan gerusan di sekitar krib

Lanjutan tabel 1

	<i>of permeability of spur dikes on local scour</i>		yang digunakan pada krib permeabel sebagai krib lolos air, yaitu Pr = 0.55 mm, 0,45 mm, 0,35 mm dan 0,23.	permeabel dan impermeable dengan tingkat akurasi yang di verifikasi.krib permeabel denganbeberapa variasi bukaan sangat efektif untuk mengurangi gerusan dengan penurunan kedalaman gerusan 68 % dari pada krib impermeable yang mencapai 55 %
--	---	--	---	--

B. Pengertian Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam) dan drainase (saluran 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) menjelaskan kerumitan sistem sungai dapat dilihat dari berbagai komponen penyusun sungai, misalnya bentuk alur dan percabangan sungai, formasi dasar sungai (river bed form), morfologi sungai (rivermorphology), 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. Persamaan Dasar Aliran Terbuka

a) Persamaan Kontinuitas :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

b) Persamaan Momentum :

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x - \frac{F_x}{P} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y - \frac{F_y}{P} \quad (3)$$

2. 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 (Kodatie, 2009). Variabel yang digunakan untuk klasifikasi ini adalah Bilangan Reynolds yang didefinisikan sebagai :

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \quad (4)$$

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)

ν = Viskositas kinematik ($m^2/detik$)

di mana kekentalan kinematik didefinisikan sebagai :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (5)$$

Dimana:

μ = Kekentalan dinamik dengan satuan kg/m.d

ρ = Kerapatan air dengan satuan kg/m^3

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

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

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

3. 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 :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot y}} \quad (7)$$

Dimana:

Fr = Angka Froude

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

y = Kedalaman Air (m)

g = Gaya gravitasi (m/det)

4. 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, 2008).

Persamaan empiris yang menjelaskan tentang kecepatan rata-rata tampang pada saluran terbuka dengan kondisi aliran seragam, diantaranya persamaan Chezy, Manning dan Strickler.

$$V = C \sqrt{R \cdot I} \quad (8)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (9)$$

$$V = k_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (10)$$

Dimana;

R = Jari-jari penampang basah (m)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

I = Kemiringan dasar sungai.

c = Koefisien Chezy

n = Angka kekasaran Manning

k_{st} = Angka kekasaran Strickler

Ditentukan dengan menggunakan pendekatan secara empiris, seperti pada Tabel 2 dan 3 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, 2008)

Tabel 3. Angka Kekasaran Strickler (Kst)

Kondisi Dasar Sungai Sungai/saluran alamiah	Angka Kekasaran (k_{st})	Kondisi dasar sungai Sungai dengan dasar batu lempengan	Angka Kekas aran (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
Sungai dengan vegetasi pendek-pendek	30-35	Sungai dengan batu runtuhan yang tak teratur	15-20
Sungai dengan batuan menggelinding dan tidak teratur	30	Sungai/saluran dari tanah	
Sungai dengan sebagian besar batuan sedimen kasar	28-30	Saluran tanah dipadatkan dan halus	60
Daerah bantaran, dipengaruhi vegetasi	15-20	Saluran pasir dengan berlempung dan berkerikil	50

Lanjutan Tabel 3.

Sungai kecil alamiah dengan sedimen kasar yang menggelinding	15-20	Saluran dengan dasar dari pasir dan kerikil dengan dinding tebing diplaster	45-50
Sungai kecil alamiah yang dengan sedimen menggelinding dan sedimen yang bergerak	10-15	Sungai dengan sedimen menggelinding dan kerikil halus tak teratur	40
		Sungai dengan sedimen menggelinding dan kerikil kasa yang tak teratur	35
		Sungai dengan sedimen menggelinding dan berlempung	30
		Sungai dengan sedimen menggelinding 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)

5. Tegangan geser dan Distribusi kecepatan

Tegangan geser τ 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 δ . Dalam aliran laminar, tegangan geser pada bidang batas adalah :

$$\tau_o = \mu \left(\frac{dv}{dh} \right) \text{ pada } h = 0 \quad (11)$$

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

$$\tau_z = \mu \left(\frac{dv}{dh} \right) \quad (12)$$

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

$$\tau_z = \rho g (h - z) S_f \quad (13)$$

$$V_z = \frac{g S_f}{\nu} \left(h z - \frac{1}{2} z^2 \right) \quad (14)$$

b) Tegangan geser aliran turbulen

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

$$\tau_z = \rho L^2 \left(\frac{dV_z}{dz} \right)^2 \quad (15)$$

Di mana :

L = Panjang percampuran = $x \cdot z$

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

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

$$V_z = 5,75V_o \cdot \log \frac{z}{z_o} \quad (16)$$

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_{ppm} . 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 :

$$U^* = \sqrt{g \cdot h \cdot s} \quad (17)$$

Dimana:

U^* = Kecepatan geser (m/dt)

h = Kedalaman aliran (m)

s = Kemiringan dasar saluran (%)

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/dt²)

Sedangkan untuk menghitung tegangan geser (τ_o) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\tau_o = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot S \quad (18)$$

Dimana:

τ_o = Tegangan geser (kg/m²)

ρ_w = Berat jenis air (kg/m³)

h = Kedalaman aliran (m)

S = Kemiringan dasar saluran (%)

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/dt²).

Pergerakan butir dasar sedimen dinyatakan pada ketentuan berikut.

Apabila :

$\tau_o > \tau_c$ maka butiran bergerak

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

$\tau_o < \tau_c$ maka butiran diam

7. Karakteristik Aliran Melewati Sebuah Benda

Aliran-aliran luar yang melewati benda-benda meliputi berbagai variasi fenomena mekanika fluida yang sangat beragam. Karakter dari medan aliran adalah sebuah fungsi dari bentuk benda. Aliran-aliran yang melewati bentuk-bentuk geometri yang relatif sederhana (misalnya bola atau silinder bundar) diperkirakan memiliki medan-medan aliran yang lebih sederhana dibandingkan aliran yang melewati sebuah bentuk yang kompleks seperti sebuah pesawat terbang atau sebuah pohon. (Bruce R. Munson, dkk. 2005).

Untuk benda-benda dengan bentuk yang diberikan, karakteristik alirannya sangat tergantung pada berbagai parameter seperti ukuran, orientasi, kecepatan dan sifat fluida. Untuk aliran luar yang biasa, yang paling penting dari parameter-parameter ini adalah bilangan Reynolds.

$$Re = \rho U \ell / \mu.$$

Umumnya pada aliran yang berkaitan dengan benda berukuran sedang dan panjang karakteristik dalam orde $0,01 \text{ m} < \ell < 10 \text{ m}$. Kecepatan tambahan hulu biasanya dalam kisaran $0,01 \text{ m/dt} < U < 100 \text{ m/dt}$ pada air. Nilai kisaran bilangan Reynolds dihasilkan untuk aliran-aliran sekitar $10 < Re < 10^9$. Sebagai kaidah umum (*rule of thumb*), aliran dengan $Re > 1$ didominasi oleh efek inersia, sedangkan aliran dengan $Re < 1$ didominasi oleh efek viskos. Sehingga kebanyakan aliran diluar yang biasa dilihat didominasi oleh inersia. (Bruce R. Munson, dkk. 2005) Sebaliknya umumnya aliran luar bilangan Reynolds sungai kurang dari 1, menunjukkan

gaya viskos lebih penting dari gaya-gaya inersia. Perbedaan umum pada aliran dengan bilangan Reynolds kecil dengan besar mengalir melewati benda yang *streamlined* dan tumpul dapat diilustrasikan dengan meninjau aliran melewati dua benda yang satu adalah pelat datar sejajar dengan kecepatan hulu dengan silinder bundar. (Bruce R. Munson, dkk. 2005)

Aliran mengalir melewati tiga pilar pelat datar panjangnya l dengan $Re = \rho U l / \mu = 0, 1, 10$ dan 10^7 . Bilangan Reynolds kecil, efek viskos relative kuat dan pelat mempengaruhi aliran hulu seragam jauh di depan, di atas di bawah dan di belakang pelat. Untuk mencapai bagian medan aliran pada kecepatan telah berubah sebesar kurang dari 1% dari nilainya yang tidak terganggu yaitu $U - u < 0,01 U$. Aliran dengan bilangan Reynolds rendah, efek viskos dapat terasa jauh dari benda di segala arah.

8. Karakteristik Lapisan Batas

Pada tahun 1904, Prandtl mengembangkan pengertian lapisan batas. Pengertian ini menjadi penghubung yang penting antara aliran fluida ideal dan aliran fluida nyata. Bagi fluida yang mempunyai viskositas yang relatif kecil, akibat-akibat gesekan dalam terasa hanya di dalam suatu daerah yang sempit disekitar batas fluida.

Bila gerakan dimulai di dalam fluida yang mempunyai viskositas yang sangat kecil, alirannya pada saat-saat pertama pada hakekatnya tidak rotasional. Karena fluida pada batas mempunyai kecepatan nol relatif terhadap batas, maka terdapat gradien kecepatan yang curam dari batas ke aliran. Di dalam fluida nyata gradien kecepatan ini membangkitkan gaya

geser di dekat batas yang memperkecil aliran relatif terhadap batas. Lapisan fluida yang kecepatannya terpengaruh oleh tegangan geser batas tersebut disebut lapisan batas. Kecepatan di dalam Lapisan batas mendekati kecepatan di dalam aliran utama secara asimtotik. Lapisan batas pada ujung hulu suatu benda yang mengikuti garis aliran serta dalam keadaan tidak bergerak di dalam aliran yang sedianya seragam amat tipis. Dengan Bergeraknya lapisan ini sepanjang benda tersebut, aksi tegangan geser yang terus menerus cenderung memperlambat lebih banyak partikel-partikel fluida, sehingga menyebabkan bertambah tebalnya lapisan batas bersama jarak dari titik hulu. (Viktor L. Streeter, dkk. 1992)

Untuk batas hulu yang licin lapisan batas mulai sebagai lapisan batas laminar dengan partikel-partikel fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan licin. Dengan bertambahnya tebal lapisan batas laminar, lapisan batas menjadi tidak stabil dan akhirnya berubah menjadi lapisan batas turbulen dengan partikel-partikel fluida yang bergerak dalam lintasan tidak beraturan, walaupun kecepatan partikel-partikel itu telah berkurang akibat aksi viskositas pada batas.

Defenisi tebal lapisan batas δ yang paling mendasar menunjuk perpindahan aliran utama yang disebabkan oleh melambatnya partikel-partikel fluida di dalam daerah batas. Tebal δ_1 ini disebut tebal perpindahan, dinyatakan oleh :

$$U\delta_1 = \int_0^{\delta} (U - u) dy \quad (19)$$

dengan δ nilai y tempat $u = U$ dalam aliran yang tidak terganggu.

a) Lapisan Batas Laminar

Untuk lapisan batas laminar Prandtl mengasumsikan bahwa :

$$\frac{u}{U} = F = \frac{3}{2}\eta - \frac{\eta^3}{2} \quad 0 \leq y \leq \delta \quad \text{dan} \quad F = 1 \quad y \geq \delta \quad (20)$$

Sedangkan hambatan dapat dinyatakan dalam koefisien hambat C_D kali tekanan stagnasi $\rho U^2/2$ dan luas pelat l (per lebar satuan),

$$\text{Hambatan} = C_D \frac{\rho U^2}{2} l \quad (21)$$

Untuk lapisan batas laminar,

$$C_D \frac{1,328}{\sqrt{Re_l}} l \quad \text{dan untuk} \quad Re_l = Ul/v \quad (22)$$

b) Lapisan Batas Turbulen

Untuk penyelesaian lapisan batas turbulen menghasilkan,

$$\delta = 0,37 \left(\frac{v}{U}\right)^{1/5} x^{4/5} = \frac{0,37x}{(Ux/v)^{1/5}} = \frac{0,37x}{Re_x^{1/5}} \quad (23)$$

Tebal lapisan batas turbulen meningkat lebih cepat. Dalam hal lapisan batas turbulen tebal lapisan batas meningkat sebanding dengan $x^{4/5}$, tetapi dalam hal lapisan batas laminar δ sebanding dengan $x^{1/2}$.

Untuk lapisan batas turbulen,

$$C_D \frac{0,455}{(\log Re_l)^{2,58}} l \quad 10^6 < Re_l < 10^9 \quad (24)$$

9. Hambatan Pada Benda Yang Terendam

Hambatan komponen gaya yang sejajar dengan kecepatan mendekat relatif yang dilakukan terhadap benda oleh fluida yang bergerak; koefisien hambat berdefenisi.

$$\text{Hambatan} = C_D A \rho \frac{U^2}{2} \quad (25)$$

dengan A sebagai luas benda yang diproyeksikan pada bidang yang tegak lurus terhadap aliran.

Kurva koefisien hambat untuk bola dan piringan (cakram) yang berbentuk lingkaran. Aliran fluida viskos disekitar bola telah diselesaikan oleh Stokes untuk nilai Reynolds UD/ν yang lebih kecil dari pada 1.

Tabel 4. Nilai C_D untuk benda - benda tiga dimensi pada $Re > 10$ [8,9]

Tipe	Bentuk Tiga Dimensi	b/h	C_D
Kubus			1,1
Kerucut 60°			0,5
Setengah Bola			1,4
Terbuka		1	1,18
		b	1,2
Pelat Segi Empat		10	1,3
		20	1,5
Lanjutan Tabel 4.		∞	2,0
		D	1,15
Silinder		1	0,90
Aliran Dalam Arah		2	0,85
		4	0,87
Sumbu		8	0,99

Sumber : (Viktor L. Streeter, dkk. 1992)

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 Eterna 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. 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.

Faktor variabel-variabel yang berpengaruh pada gerusan lokal, seperti; gaya gravitasi (g), kerapatan fluida (ρ_w), kecepatan aliran (U), kekentalan (μ), Kedalaman aliran (h), material dasar sungai (diameter butiran sedimen, d_z), kerapatan massa (ρ_s), Distribusi butiran, jenis butiran, Faktor genetis pilar (tebal pilar, diameter (d_k), panjang krib (L), bentuk krib, sudut arah krib (α), jenis antar krib (λ). 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 (σ/d_{50}) . Dimana σ adalah standar deviasi untuk ukuran butiran dan d_{50} adalah ukuran partikel butiran rerata

Nilai kritis dari σ/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 tinggi, 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 Engaldinger, 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. Bila perubahan air hulu tertahan akan terjadi gangguan pada elevasi muka air di sekitar pilar. 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.

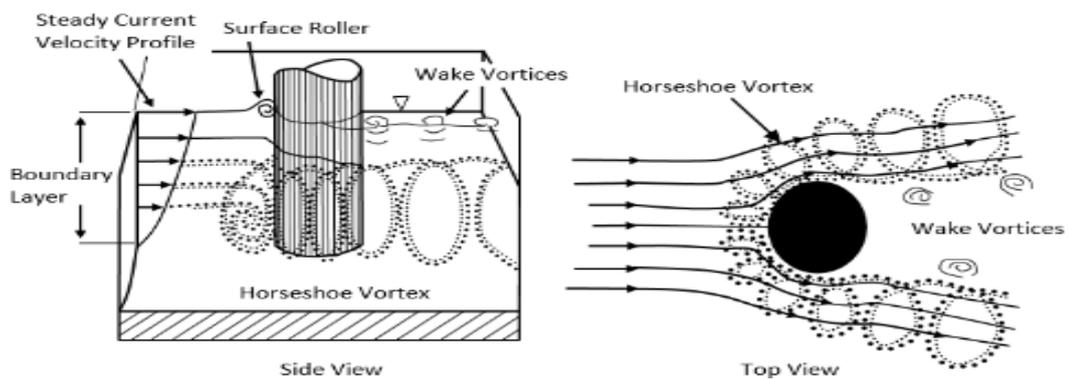
Menurut Nakagawa dan Suzuki dalam Miller (2003) membedakan gerusan dalam empat tahap:

- a. Gerusan di sisi (kanan dan kiri) pilar yang disebabkan kekuatan tarikan dari arus utama (main flow).
- b. Gerusan di depan pilar yang diakibatkan pusaran tapal kuda (horseshoe vortex).
- c. Pembesaran gerusan oleh pusaran stabil yang mengalir melewati pilar dan 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.

Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya. Pergerusan lokal pada material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikain 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

(ρ), Kekentalan (ν), Gravitasi (g), Kecepatan (U), Kedalaman aliran (h), Diameter butiran sedimen (d_s), Kerapatan massa (ρ_s), Distribusi butiran, Bentuk butiran), Faktor kinetik pilar (Panjang pilar (L), Bentuk muka pilar, Sudut arah pilar (α), Jenis antar pilar (λ). Mekanisme gerusan akibat pola aliran (Gambar 1)



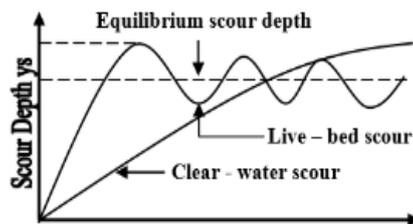
Gambar 1. Mekanisme gerusan akibat pola aliran air disekitar pilar

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*).

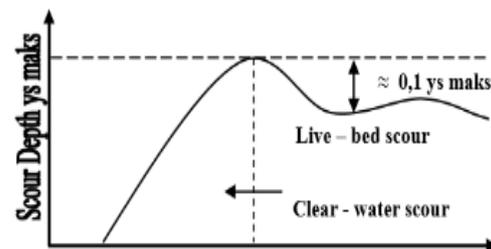
Berdasarkan Vanoni dalam Indra (2000:8) terdapat tiga jenis sistem gaya pusaran yang bekerja disekitar pilar, yaitu sistem pusaran tapal kuda (*horse shoes system*), sistem pusaran belakang (*wake vortek system*) dan sistem pusaran seret (*trailing vortex system*).

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 3. Hubungan kedalaman gerusan (d_s) dengan waktu



Gambar 2. Hubungan kedalaman gerusan (d_s) dengan kecepatan

E. Bangunan Krib

Krib berfungsi mengatur arah aliran, memperlambat aliran pada belokan sungai, serta melindungi tebing sungai dari hantaman air. Perlindungan dengan menggunakan bangunan krib, selain dapat dipasang pada belokan sungai juga dapat dipasang sebelum belokan sungai. Dengan pemasangan krib pada sungai maka akan terjadi suatu perubahan pola aliran dan dengan jarak pemasangan antar krib akan berpengaruh pada karakteristik aliran, Farouk Maricar, dkk (2017).

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

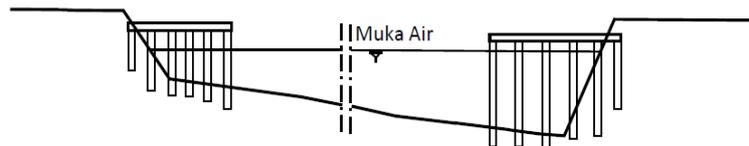
tipe silang (*transversal type*) dan tipe memanjang (*longitudinal type*). (Suyono Sosrodarsono,dkk, 1986).

1. Klasifikasi Krib

a) Krib permeable

Krib permeable disebut juga dengan krib lolos air yang mampu melindungi tebing sungai terhadap gerusan aliran dengan cara meredam energy yang terkandung dalam aliran sepanjang tebing sungai dan dapat mengendapkan sedimen.

Konstruksi krib permeable ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini.



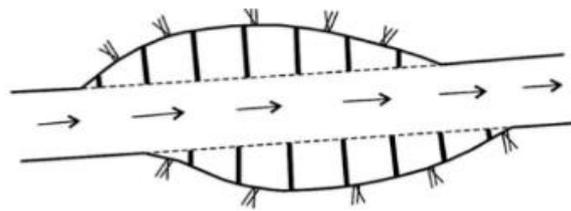
Gambar 4. Konstruksi krib permeabel

b) Krib impermeabel

Krib impermeable 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 permeable 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,

S. 1986). Ilustrasi
5.

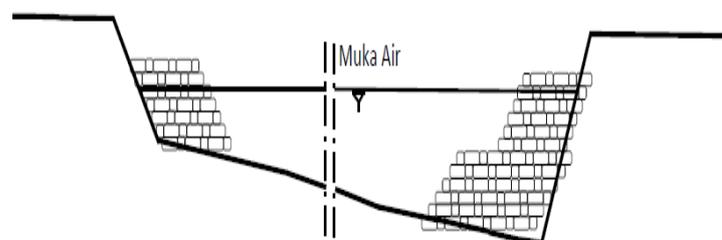


Sasrodarsono,
1 pada Gambar

Gambar 5. Lokasi dan konstruksi krib impermeabel

c) Krib semi permeable

Krib semi permeable 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 permeable dan krib impermeable atau padat. Biasanya yang padat ditempatkan pada bagian bawah sebagai fondasi, sedangkan bagian atasnya merupakan konstruksi permeable disesuaikan dengan fungsi dan kondisi setempat. (Suyono Sosrodarsono, dkk, 1986). Ilustrasi konstruksi krib semi permeable ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konstruksi krib semi permeabel

d) Krib-krib silang dan memanjang

Krib yang formasinya tegak lurus atau hampir tegak lurus arah arus sungai dapat merintang aris tersebut dan dinamakan krib melintang (*transversal dyke*), sedang krib yang formasinya hampir sejajar arah arus sungai disebut krib memanjang (*longitudinal dyke*). (Suyono Sosrodarsono, 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 (Suyono Sosrodarsono, 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 diperhtikan dengan baik agar memadai pada penanganan suatu sungai. Perbandingan antara panjang krib (L) dan lebar sungai digunakan lebih kecil daira 10%.

$$L < \alpha \frac{c^2 h}{2g} \quad (26)$$

Dimana:

L = Jarak antar krib (m)

α = Parameter empiris $\approx 0,6$

c = Koefisien Chezy, $m^{1/2}/det$

h = Kedalaman air rerata (m)

g = Percepatan gravitasi, ($\approx 9,8 \text{ m/det}^2$)

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 (γ).

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma_B}{\sqrt{R}}} \quad (37)$$

Dimana:

C = Koefisien Chezy, $\text{m}^{1/2}/\text{det}$

R = Jari-jari hidrolis

γ_B = Koefisien yang tergantung pada kekasaran dinding.

Tabel 5. Bazin untuk Koefisien yang Tergantung pada Kekasaran Dinding (Sunghono 1995)

Jenis Dinding	γ_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 6. Hubungan antara panjang dan interval krib (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	Belokan 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 impermeable 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.

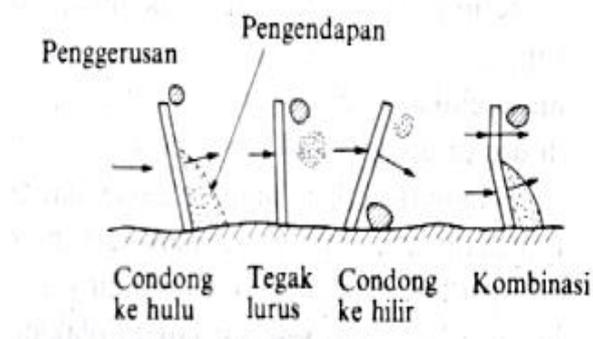
- 1) *Straight* Krib diatur pada beberapa sudut α dari tepi dan memiliki hulu untuk memberikan volume tambahan dan area untuk perlindungan gerusan di ujung luar.
- 2) *T-head* krib memiliki bagian lurus dengan kepala perpendukan persegi panjang di ujung luar. Sudut α digunakan biasanya 90° .
- 3) *L-head* 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)
- 5) Krib lurus dengan hulu dermaga dirancang dan digunakan untuk menahan tebing galian dan menstabilkan kolam buatan untuk ikan salmon, migrasi dan pemancingan.

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 kearah hulu dan condong ke arah hilir.

Formasi krib ditunjukkan pada Gambar 7.

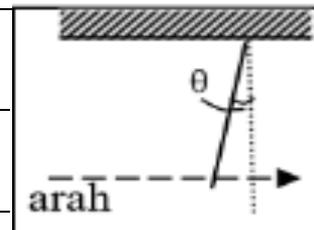


Gambar 7. Formasi krib dan penggerusan-pengendapan pada dasar sungai (Sasrodarsono, S. 2008)

Sudut-sudut yang paling cocok antara arah aliran dan sudut sumbu krib untuk berbagai krib seperti pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Arah Aliran dan Sudut Sumbuh Krib

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



Sumber : (Sasrodarsono, S. 2008)

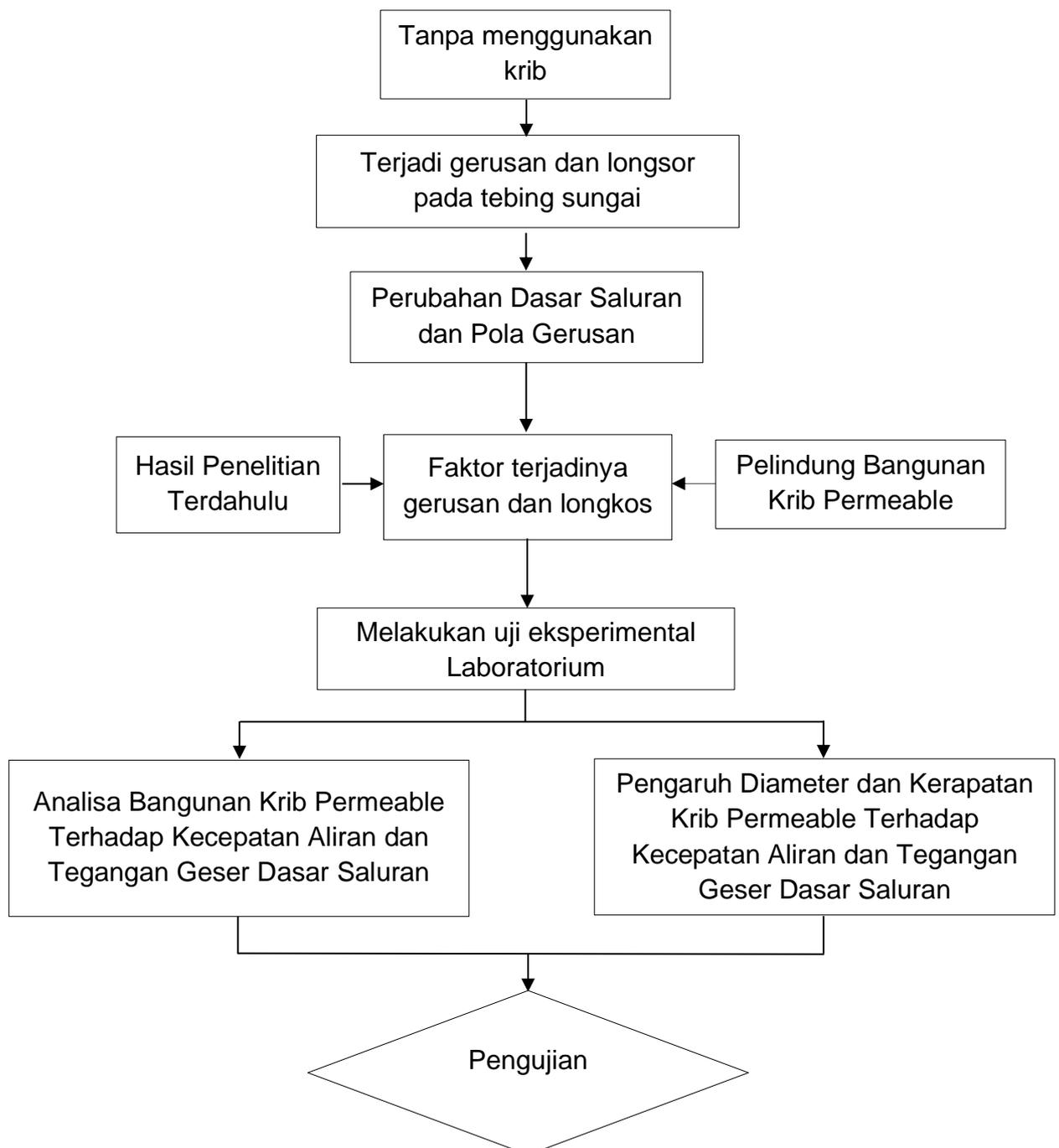
4. Pemilihan Tipe Krib

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.

F. Kerangka Pikir





Hipotesis :
Krib Permeable, Penentuan Kerapatan dan
Diameter Krib yang Efektif Untuk Mengurangi
Gerusan Pada Perubahan Bentuk Dasar Saluran

Gambar 8. Kerangka Pikir Penelitian