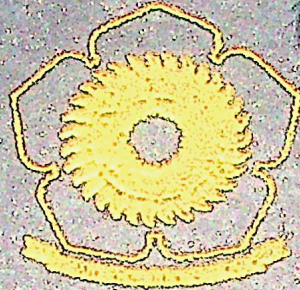


**PENGARUH KIRI KELOMPOK TIANG  
TERHADAP PERUBAHAN MORFOLOGI MEANDER SUNGAI**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar  
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**DERRY KUSUMA**

**03003110087**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2005**

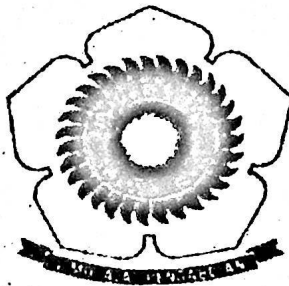
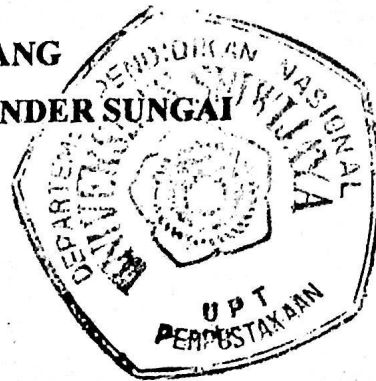
S  
627.12267

Kus

P

2005

**PENGARUH KRIB KELOMPOK TIANG  
TERHADAP PERUBAHAN MORFOLOGI MEANDER SUNGAI**



R. 12447  
12729

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar  
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

**FERRY KUSUMA**

**03003110087**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2005**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**TANDA PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

**NAMA : FERRY KUSUMA  
NIM : 03003110087  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL  
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH KRIB KELOMPOK TIANG  
TERHADAP PERUBAHAN MORFOLOGI  
MEANDER SUNGAI**

**PEMBIMBING TUGAS AKHIR**

**Tanggal : 16 Mei 2005**

**Pembimbing**



**Ir. Sarino, MSCE  
NIP. 131 672 074**



**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

---

**SURAT KETERANGAN**

**No. Khusus / FT-TS / 2005**

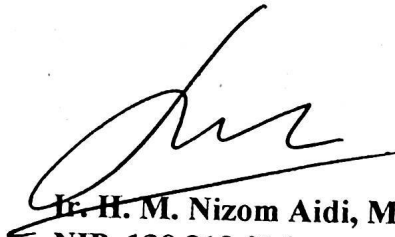
Dosen Penguji Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa :

**NAMA : FERRY KUSUMA**  
**NIM : 03003110087**  
**JURUSAN : TEKNIK SIPIL**  
**JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH KRIB KELOMPOK TIANG  
TERHADAP PERUBAHAN MORFOLOGI  
MEANDER SUNGAI**

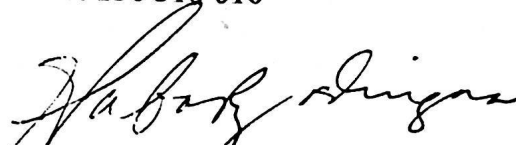
Adalah benar telah menyelesaikan Sidang Sarjana dan telah melakukan perbaikan. Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

**TIM PENGUJI :**

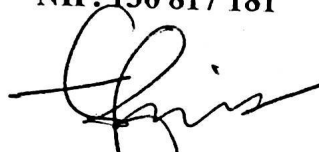
1. Tanggal : Mei 2005, Dosen Penguji

  
**Ir. H. M. Nizom Aidi, MT**  
**NIP. 130 318 016**

2. Tanggal : Mei 2005, Dosen Penguji

  
**Ir. Subary Adinegara, MT**  
**NIP. 130 817 181**

3. Tanggal : Mei 2005, Dosen Penguji

  
**Ir. Taufik Ari Gunawan, MT**  
**NIP. 132 133 348**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**TANDA PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

**NAMA : FERRY KUSUMA  
NIM : 03003110087  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL  
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH KRIB KELOMPOK TIANG  
TERHADAP PERUBAHAN MORFOLOGI  
MEANDER SUNGAI**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**



**Ir. H. Imron Fikri Astira, MS  
NIP. 131 472 645**

*Motto :*

*"Untuk mendapatkan mutiara di dasar lautan anda harus berani menyelami lautan tersebut, tidak cukup dilihat di pinggir pantai saja. Dan mutiara itu tidak akan muncul dengan sendirinya*

*Kupersembahkan kepada :*

*PAPA & MAMA TERCINTA*

## **Pengaruh Krib Kelompok Tiang Terhadap Perubahan Morfologi Meander Sungai**

### **ABSTRAK**

Sungai merupakan komponen yang berperan sangat penting terhadap peningkatan kualitas lingkungan hidup serta memiliki peranan yang sangat penting bagi peradaban manusia. Pada kenyataannya, masih terdapat banyak permasalahan yang terjadi seputar sungai, salah satunya adalah masalah gerusan (scouring).

Gerusan terjadi pada sungai yang bentuk denahnya mengalami pembelokan atau disebut juga gejala meander. Akibat gejala meander ini, maka ada bagian tebing sungai yang tergerus, dan akhirnya dapat menyebabkan tergerusnya kaki tanggul yang lambat laun dapat menjebolkan tanggul dan dapat menimbulkan bahaya yang besar. Krib kelompok tiang merupakan suatu solusi yang dapat menyelesaikan gejala meander pada sungai.

Pembuatan krib bertujuan untuk menormalisasi arah arus sungai, khususnya pada meander sungai sehingga dapat memperlambat kecepatan arus, mempercepat proses sedimentasi tebing sungai, mempertahankan lebar sungai dan kedalaman air serta memudahkan penyadapan.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan membuat model sungai di laboratorium untuk mengetahui perubahan morfologi yang terjadi pada meander sungai akibat adanya krib. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pasir sebagai bahan material dasar dalam pembentukan saluran pada model sungai.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr Wb. Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas petunjuk dan rahmat-Nya lah Penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik, pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan pada diri Penulis. Oleh karena itu Penulis mengharapakan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Dengan hati yang tulus Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang dalam kepada :

1. Bapak Ir. H. Imron Fikri Astira, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
2. Bapak Taufik Ari Gunawan, ST, MT , sebagai sahabat dan selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya
3. Bapak Ir. Helmi Hakki, MT, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selama ini telah banyak membantu
4. Bapak Ir. Sarino, MSCE, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberikan waktunya
5. Dosen dan seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil Unsri
6. Sahabatku Dini Ayu Triani yang telah banyak membantu
7. Kedua Orang Tua yang selalu mendoakan dan banyak berkorban sehingga Penulis dapat menyelesaikan pendidikan
8. Kakakku Dody dan adikku Umy dan Andrea
9. My Big Family : Alexandria, Bik Yuni, Inayah, Vira, Arum, Angga, Aqilah, Ari, Faris, Putri, Icha, Ocha
10. Sahabatku Joni, Jaya, dan Eko yang telah membuka paradigma dalam hidupku
11. Sahabatku Dimas, Lepi, Sento, Stefanus, Yepo, Meki, yang telah banyak membantu



12. Teman-teman Angkatan 2000 terima kasih atas persahabatannya selama ini
13. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

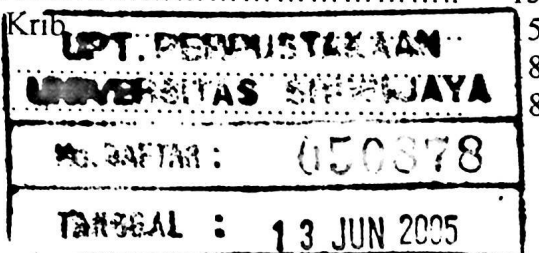
Besar harapan Penulis semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua dan dapat menunjang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang teknik sipil.

Palembang, Mei 2005

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Motto.....	iii
Abstraksi.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Lampiran.....	ix
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Sungai.....	4
2.2.1 Pengertian.....	4
2.2.2 Geometri Sungai.....	4
2.2.3 Morfologi Sungai.....	5
2.3 Saluran.....	7
2.3.1 Jenis Saluran.....	7
2.3.2 Geometri Saluran.....	8
2.3.3 Unsur-unsur Geometri Penampang Saluran.....	8
2.4 Aliran.....	10
2.5 Struktur Geologi.....	10
2.6 Transportasi sedimen.....	12
2.6.1 Intensitas Transportasi Sedimen.....	12
2.6.2 Mekanisme Transportasi Sedimen.....	12
2.7 Gerusan Akibat Meander.....	12
2.8 Krib.....	15
2.8.1 Pengertian dan Fungsi Krib.....	15
2.8.2 Klasifikasi Bangunan Krib.....	5
2.8.3 Perencanaan Krib.....	8
2.8.3.1 Formasi Krib.....	8



2.8.3.2	Konstruksi Krib.....	20
2.8.3.3	Penetapan Panjang Krib.....	21
2.8.3.4	Penetapan Tinggi Krib.....	21
2.8.3.5	Penetapan Jarak Antar Krib.....	22
2.9	Kontrol Gerusan Setempat.....	24
2.10	Perhitungan Debit.....	25
METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Umum.....	26
3.2	Alat dan Bahan.....	26
3.2.1	Alat.....	28
3.2.2	Bahan.....	28
3.3	Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1	Tahap Persiapan.....	29
3.3.2	Tahap Percobaan.....	29
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pengamatan.....	40
4.1.1	Analisis Saringan.....	40
4.1.2	Ukuran Bukaannya Sand Feeder.....	41
4.1.3	Pengukuran Debit Air.....	43
4.1.4	Data Keseimbangan Gerusan Pada Saluran Akibat Aliran.....	44
4.1.5	Data Penampang Melintang di Kelokan 45°.....	47
4.2	Analisis dan Pembahasan.....	60
4.2.1	Perubahan Bentuk Saluran.....	60
4.2.2	Perhitungan Kontrol Gerusan.....	64
KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

### Tabel

II.1	Batuan sedimen menurut ukuran butirannya.....	11
II.2	Arah aliran dan sudut sumbu krib.....	19
II.3	Hubungan antara panjang krib dengan jarak antara krib.....	23
IV.1	Hasil analisis saringan sample sedimen.....	40
IV.2	Data pengukuran berat pasir yang dikeluarkan oleh sand feeder.....	42
IV.3	Hasil pengukuran debit air.....	43
IV.4	Hasil pengamatan keseimbangan gerusan pada $L_s = 1.4$ lb.....	44
IV.5	Hasil pengamatan keseimbangan gerusan pada $L_s = 1.6$ lb.....	45
IV.6	Hasil pengamatan keseimbangan gerusan pada $L_s = 1.8$ lb .....	46
IV.7	Kedalaman rata-rata tiap potongan saluran pada percobaan pertama .....	60
IV.8	Kedalaman rata-rata tiap potongan saluran pada percobaan kedua .....	60
IV.9	Kedalaman rata-rata tiap potongan saluran pada percobaan ketiga .....	60
IV.10	Kedalaman rata-rata awal dan akhir percobaan.....	61
IV.11	Lebar rata-rata tiap potongan saluran pada percobaan pertama .....	62
IV.12	Lebar rata-rata tiap potongan saluran pada percobaan kedua .....	62
IV.13	Lebar rata-rata tiap potongan saluran pada percobaan ketiga .....	62
IV.14	Lebar rata-rata awal dan akhir percobaan.....	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		
II.1	Sketsa geometri meander.....	6
II.2	Pola alur sungai.....	7
II.3	Proses penggerusan dan longsornya tebing.....	13
II.4	Letak gerusan dan pengendapan pada meander sungai.....	14
II.5	Krib tipe rangka.....	17
II.6	Hubungan antara formasi krib dan proses penggerusan pengendapan pada dasar sungai.....	19
II.7	Beberapa formasi pemancangan pada krib tiang pancang.....	20
II.8	Spasi antar krib (sumber : B. Przedwojski dkk, 1995).....	22
II.9	Sketsa penentuan jarak antar krib.....	23
II.10	Pintu ambang Thompson.....	25
III.1	Lay out model hidrolis.....	27
III.2	Bagan alur penelitian.....	32
III.3	Potongan saluran.....	33
III.4	Detail potongan saluran.....	34
III.5	Uji coba sand feeder.....	35
III.6	Bentuk awal saluran.....	35
III.7	Pemasangan krib.....	36
III.8	Kondisi akhir saluran.....	36
III.9	Pengukuran koordinat dan kedalaman.....	37
III.10	Mengamati saluran.....	37
III.11	Pengambilan sedimen.....	38
III.12	Sedimen yang telah ditimbang.....	38
III.13	Timbangan.....	39
III.14	Penyaringan .....	39
IV.1	Grafik hasil analisis saringan.....	41
IV.2	Grafik pengukuran bukaan sand feeder.....	42
IV.3	Grafik pengukuran debit air.....	43
IV.4	Grafik keseimbangan gerusan $L_s = 1.4lb$ .....	45

IV.5	Grafik keseimbangan gerusan $L_s = 1.6lb$ .....	46
IV.6	Grafik keseimbangan gerusan $L_s = 1.8lb$ .....	47
IV.7	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 1 di kelokan $45^\circ L_s = 1.4lb$ .....	48
IV.8	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 2 di kelokan $45^\circ L_s = 1.4lb$ .....	49
IV.9	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 3 di kelokan $45^\circ L_s = 1.4lb$ .....	50
IV.10	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 4 di kelokan $45^\circ L_s = 1.4lb$ .....	51
IV.11	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 1 di kelokan $45^\circ L_s = 1.6lb$ .....	52
IV.12	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 2 di kelokan $45^\circ L_s = 1.6lb$ .....	53
IV.13	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 3 di kelokan $45^\circ L_s = 1.6lb$ .....	54
IV.14	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 4 di kelokan $45^\circ L_s = 1.6lb$ .....	55
IV.15	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 1 di kelokan $45^\circ L_s = 1.8lb$ .....	56
IV.16	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 2 di kelokan $45^\circ L_s = 1.8lb$ .....	57
IV.17	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 3 di kelokan $45^\circ L_s = 1.8lb$ .....	58
IV.18	Grafik perbandingan penampang melintang saluran potongan 4 di kelokan $45^\circ L_s = 1.8lb$ .....	59
IV.19	Grafik rata-rata perubahan kedalaman saluran.....	61
IV.20	Grafik rata-rata perubahan lebar saluran.....	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan suatu dinamika dan menjadi bagian terpenting dalam lingkungan fisik yang berfungsi untuk mengalirkan air dan mengangkut sedimen yang terkandung dalam aliran sungai tersebut. Sungai mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia karena memberikan pengaruh terhadap lingkungan sekitarnya, mulai dari pengendalian banjir, pelayaran dan pengembangan sumber daya air sampai untuk keperluan rekreasi. Sungai juga akan menjadi ancaman bagi populasi manusia dan sifatnya melalui banjir, kekeringan dan erosi. Selain itu sungai juga memiliki aspek politik, sosial, dan ekonomi yang sama besar pengaruhnya seperti halnya sifat fisik yang dimilikinya.

Berdasarkan kenyataan yang ada, bahwa kondisi geografis Indonesia terdiri dari banyak sungai. Pada umumnya bentuk morfologi sungai berubah-ubah dari kondisi lurus dibagian hulu menjadi berkelok disebelah hilirnya, karena pada bagian ini sungai cenderung labil baik pada pinggiran sungai maupun dasar sungai. Untuk mengurangi gerusan tebing sungai biasanya dibangun krib, tetapi krib itu mempengaruhi morfologi sungai. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan model dasar saluran agar selain mempelajari fenomena aliran dapat juga dipakai untuk mempelajari morfologi dasar sungai. Begitu juga fenomena aliran dan dasar sungai dengan adanya krib di tikungan.

Salah satu metode dibidang teknik adalah metode percobaan yang mengkaji secara fisik berbagai fenomena alam yang akan ditinjau. Dengan demikian secara visual akan dapat diamati kecenderungan-kecenderungan yang terjadi dari suatu objek yang akan dianalisis. Hasil pengamatan dan pengkajian secara fisik tersebut akan sangat bermanfaat sebagai koreksi terhadap kajian berdasarkan metode analisis maupun numerik atau sebaliknya.

Dalam penelitian ini krib yang dipakai untuk pencegahan gerusan pada saluran terbuka yang menikung adalah krib kelompok tiang.

## 1.2 Perumusan Masalah

Pembahasan dalam percobaan ini dibatasi pada poin-poin sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh krib kelompok tiang terhadap morfologi meander sungai
- b. Berapa jarak yang efektif antar krib pada meander tersebut.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai adalah :

- a. Mengetahui perubahan bentuk saluran akibat adanya krib jenis kelompok tiang pada meander
- b. Mengetahui jarak yang efektif antar krib pada meander

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian.

Lingkup penelitian pada Tugas Akhir ini dibatasi pada perhitungan jarak antar krib dan secara spesifik pengaruh krib kelompok tiang terhadap morfologi meander sungai dengan kajian laboratorium yang menggunakan model hidrolis, meliputi :

- a. Persiapan
- b. Pembuatan model fisik saluran
- c. Pengujian model fisik saluran
- d. Pengambilan data-data pada saat pengujian berlangsung.
- e. Analisis dan pembahasan perhitungan.



### **1.5 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan tugas akhir ini, disusun menjadi beberapa bab pembahasan, yaitu :

#### **Bab I : Pendahuluan**

Pada bab ini penulis memberikan gambaran mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **Bab II : Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini menjelaskan teori-teori dasar yang digunakan didalam penelitian pengaruh krib kelompok tiang terhadap morfologi sungai pada meander

#### **Bab III: Metodologi Penelitian**

Pada bab ini berisikan prosedur kerja penggunaan model hidrolis di laboratorium untuk mendapatkan parameter-parameter yang mempengaruhi morfologi sungai pada meander akibat krib.

#### **Bab IV: Hasil, Analisis dan Pembahasan.**

Pada bab ini menjelaskan data-data yang didapat dari percobaan laboratorium, dianalisis dan dibandingkan perubahan dasar saluran yang terjadi sebelum dan sesudah pemasangan krib.

#### **Bab V : Kesimpulan**

Pada bab ini berisi kesimpulan atas analisis data-data yang dihasilkan dari percobaan melalui model hidrolis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian sebelumnya pembahasan tentang krib sudah pernah dilakukan, ada beberapa yang melakukan tinjauan langsung ke lapangan dan ada juga yang hanya melakukan percobaan di laboratorium. Pada percobaan di laboratorium sebelumnya ada yang membahas tentang krib yang tak lolos air yang mengakibatkan perubahan bentuk pada saluran di sudut  $90^\circ$ . Percobaannya dilakukan dengan memasang krib pada saat saluran belum dialiri. Pada percobaan ini setelah pembuatan model saluran, saluran dialiri terlebih dahulu selama satu jam untuk mendapat bentuk awal saluran. Selanjutnya dilakukan pemasangan krib yang dipasang di kelokan ketiga dengan sudut  $45^\circ$ , kemudian saluran kembali dialiri sampai kondisi seimbang.

#### **2.2 Sungai**

##### **2.2.1 Pengertian**

Sungai merupakan salah satu sumber air utama untuk kehidupan yang memerlukan upaya perlindungan, pengembangan secara menyeluruh, terpadu, bersinambung sehingga terjaga kelestariannya. Selain sebagai sumber air, sungai juga berperan sebagai pengendali tata air dan drainase alam.

##### **2.2.2 Geometri Sungai**

Terbentuknya suatu sungai melalui proses yang rumit, melibatkan banyak variabel secara garis besar yang merupakan gabungan antara aliran air dengan transportasi sedimen. Sungai merupakan saluran terbuka, dengan ukuran geometrik (penampang melintang, penampang memanjang, dan kemiringan lembah) berubah dengan waktu, tergantung dengan debit, material dasar, tebing serta jumlah dan jenis dari sedimen yang diangkut oleh air. Dalam perancangan geometrik saluran terbuka dikenal adanya variabel bebas dan variabel tidak bebas. Variabel bebas meliputi debit, debit sedimen, dan diameter partikel dasar sedangkan variabel tak bebas meliputi lebar, kedalaman, Bank Slope, dan Channel Slope.

### 2.2.3 Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah pengetahuan yang mempelajari tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Dengan adanya sifat sungai yang dinamik dan berhubungan erat dengan perubahan lingkungan, sungai secara alami menyesuaikan bentuk dan ukurannya. Oleh karena itu bagian dasar dan tebing sungai akan dibentuk oleh material yang diangkut oleh aliran sungai yang berasal dari keruntuhan geologi pada waktu yang panjang. Ukuran dan bentuk sungai tersebut disebut morfologi sungai (Joko Legono, 1986).

Bentuk sungai selalu berubah, perubahan bentuk akan lebih mungkin terjadi karena adanya kegiatan pengaturan ataupun pemanfaatan sungai. Selain perubahan bentuk penampang melintang juga terjadi perubahan bentuk pada arah memanjang, sehingga geometrik sungai akan membentuk secara spesifik, misalnya meander, meander dengan pulau, braided dan sebagainya.

#### a). Sungai Berbentuk kelokan (*Meander*).

Kata meander berasal dari Sungai Maender (*Biyik Menderes*) di Selatan Barat Turki, yang secara jelas menunjukkan karakteristik aliran yang berangin dari sungai *meander* (berkelok). Sungai yang berbentuk meander adalah sungai yang memiliki kelokan yang secara, kurang lebih, teratur membentuk fungsi sinus pada bidang daratannya. Dari Leopold dan Wolman (1960), persamaan empiris untuk panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan amplitude meander ( $\alpha$ ) terhadap lebar penuh sungai ( $B$ ) dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda = 10,9B^{1,01} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\alpha = 2,7B^{1,1} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\lambda = 4,7Rc^{0,98} \dots\dots\dots(2.3)$$

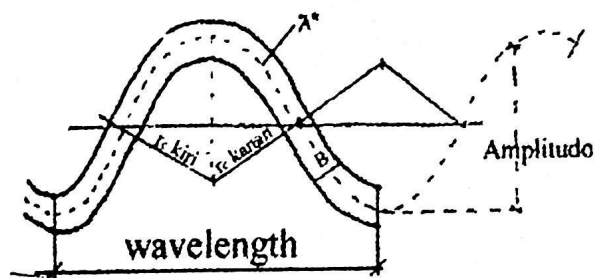
Dimana :  $\alpha$  m = Amplitudo Meander (*Meander Amplitude*)

$\lambda$  = Panjang Gelombang (*Meander Wavelength*)

Rc = Jari-jari Meander (*Loop Radius*)

B = Lebar rata-rata sungai

Hey (1976) mengatakan bahwa nilai tersebut berlaku pada sungai yang mempunyai meander penuh. Denah ditunjukkan oleh gambar berikut :



Gambar II.1 Sketsa geometri meander

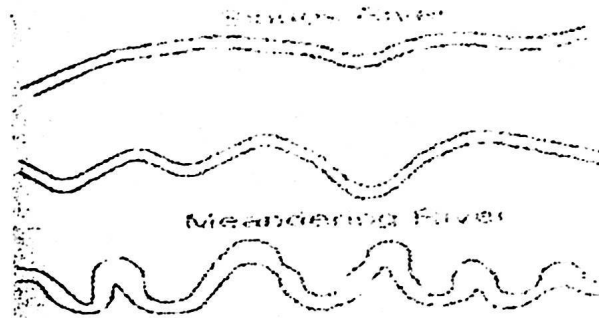
Pada umumnya meander sungai akan mempunyai kemiringan dasar yang landai. Didasar sungai pada sisi luar kelokan biasanya akan lebih dalam karena adanya kecepatan yang lebih besar pada sisi luar kelokan tersebut. Dari beberapa riset baik di lapangan maupun di laboratorium besarnya kecepatan arus di kelokan ini berkisar antara (5-10) % dari kecepatan pada arah utama aliran (Kinori, 1984 dan Legono, 1986), dengan ciri-ciri bahwa didekat permukaan, arus melintang bergerak ke arah kelokan dalam. Dengan demikian akan mudah dipahami bahwa pada sungai yang berkelok, erosi akan terjadi pada sisi luar kelokan dan pengendapan akan terjadi pada sisi dalam kelokan.

#### b). Sungai Beranyam (*Braided*)

Sungai beranyam (*Braided Stream*) merupakan sungai yang terdiri dari banyak alur yang saling menjalin (*anabranches*) yang dipisahkan oleh pulau-pulau. Sungai ini cenderung menjadi sangat lebar dan relatif dangkal bila dasarnya berbahan kasar. Pada dasarnya sungai beranyam terbentuk dari sebuah proses yang panjang dari sungai lurus dan bermeander yang dialiri terus-menerus dan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang mempengaruhi morfologi sungai.

Sungai ini biasanya lebar, alur-alur kecil serta formasi garis sedimen sering berubah dengan berubahnya debit yang lewat, dan biasanya juga mempunyai kemiringan yang terjal serta membawa sedimen dengan konsentrasi tinggi. Dengan demikian kompleksnya sehingga pada debit kecil atau alur, sungai kadang-kadang akan terdiri dari

satu atau lebih alur sungai yang dipisahkan oleh pulau-pulau kecil didalam sungai tersebut.



Gambar II.2 Pola alur sungai

### c). Sungai Lurus

Sungai lurus biasanya merupakan penghubung dari meander-meander atau seing disebut *crossing*, sehingga seolah-olah merupakan bagian transisi dari meander yang satu ke meander lainnya. Kedalaman air pada sungai jenis ini relatif lebih dangkal dibanding kedalaman air pada bagian meander. Sebagian material hasil erosi pada sisi luar kelokan terkadang juga terbawa ke *crossing* oleh arus melintang. Seperti kita ketahui bahwa sebenarnya arus melintang dapat terjadi pada sembarang sungai atau saluran, seiring dengan waktu keberadaan aliran yang terus-menerus ini akan menyebabkan sungai menjadi lurus.

## 2.3 Saluran

### 2.3.1 Jenis Saluran

Saluran yang mengalirkan air dengan permukaan yang bebas disebut saluran terbuka. Berdasarkan asal kejadiannya, saluran digolongkan menjadi dua, yaitu :

#### a). Saluran alam (*natural*)

Meliputi semua alur air yang terdapat secara alamiah di bumi, mulai dari selokan kecil di pegunungan , kali, sungai, sampai ke muara sungai. Sifat-sifat hidrolis saluran alam biasanya tidak menentu. Dalam beberapa hal dapat dibuat anggapan pendekatan yang cukup sesuai dengan pengamatan dan pengalaman sesungguhnya sedemikian rupa , sehingga persyaratan aliran pada saluran ini dapat diterima untuk

penyelesaian analisis hidrolika teoritis. Studi lanjutan tentang perilaku aliran pada saluran alam memerlukan pengetahuan dibidang lain, seperti hidrologi, geomorfologi, angkutan sedimen, dan sebagainya .

b). Saluran buatan (*artificial*)

Saluran jenis ini dibuat dan dibentuk oleh manusia, seperti saluran pelayaran, saluran irigasi, saluran pembangkit listrik, dan sebagainya termasuk model saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian. Sifat-sifat hidrolis saluran semacam ini dapat diatur menurut keinginan atau dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu. Oleh karena itu, penerapan teori hidrolika untuk saluran buatan dapat membuahkan hasil yang cukup sesuai dengan kondisi sesungguhnya.

### 2.3.2 Geometri Saluran

Suatu saluran yang penampangnya melintangnya dibuat tidak berubah-ubah dengan kemiringan dasar tetap disebut saluran prismatic (*prismatic channel*), dan jika sebaliknya disebut saluran tak prismatic (*nonprismatic channel*), contohnya pelimpah tekanan yang memiliki lebar berubah-ubah dengan trase melengkung.

Pada saluran alam umumnya mempunyai penampang yang tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk parabola sampai pada trapesium. Untuk saluran pengatur banjir, dapat terdiri dari satu penampang saluran utama yang mengalirkan debit normal dan satu atau dua lebih penampang saluran tepi untuk menampung kelebihan air. Sedangkan pada saluran buatan biasanya mempunyai penampang yang dirancang berdasarkan bentuk geometris yang umum. Bentuk yang paling umum dipakai untuk saluran berdinding tanah yang tidak dilapisi adalah bentuk trapesium, sebab stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan.

### 2.3.3 Unsur-unsur Geometri Penampang Saluran

Sifat-sifat suatu penampang saluran yang dapat diuraikan seluruhnya berdasarkan geometri penampang dan kedalaman air merupakan unsur-unsur geometri penampang saluran. Unsur-unsur ini sangat penting dan banyak sekali dipakai dalam perhitungan aliran.

Pada penampang biasa yang sederhana, unsur geometrik dapat dinyatakan secara matematik menurut kedalaman aliran dan dimensi lainnya dari penampang tersebut. Namun untuk penampang yang rumit dan penampang saluran lama, belum ada rumus tertentu untuk menyatakan unsur-unsur tersebut, selain kurva-kurva yang menyatakan hubungan unsur-unsur ini dengan kedalaman aliran yang disiapkan untuk perhitungan hidrolis.

Beberapa unsur geometri dasar yang penting yang biasa dipakai dalam penelitian, didefinisikan sebagai berikut :

- a). Taraf (*stage*) adalah elevasi atau jarak vertikal dari permukaan bebas diatas suatu bidang persamaan. Bila titik terendah dari penampang saluran dipilih sebagai bidang persamaan, taraf ini sama dengan kedalaman aliran.
- b). Luas basah (*water area*)  $A$  adalah luas penampang melintang aliran yang tegak lurus arah aliran.
- c). Keliling basah (*wetted perimeter*)  $P$  adalah panjang garis perpotongan dari permukaan basah saluran dengan bidang penampang melintang yang tegak lurus arah aliran.
- d). Jari-jari hidrolis (*hydraulic radius*)  $R$  adalah rasio luas basah dengan keliling basah atau

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

- e). Lebar puncak (*top width*)  $T$  adalah lebar penampang saluran pada permukaan bebas
- f). Kedalaman hidrolis (*hydraulic depth*)  $D$  adalah rasio luas basah dengan lebar puncak atau

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots(2.5)$$

## 2.4 Aliran

Aliran air pada suatu saluran dapat berupa saluran terbuka (*open flow channel*) ataupun aliran pipa (*pipe flow*). Kedua jenis saluran ini memiliki banyak persamaan, tetapi terdapat suatu perbedaan yang sangat mendasar. Aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas yang dipengaruhi tekanan udara sedangkan pada saluran pipa dipengaruhi oleh tekanan hidrolis.

Berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan waktu dan ruang, aliran saluran terbuka digolongkan menjadi berbagai jenis dan dapat diuraikan dengan berbagai cara, yaitu :

- a. Aliran Tunak (*steady flow*), yaitu aliran yang kedalamannya tidak berubah atau dianggap konstan selama selang waktu tertentu.

Aliran ini dibagi menjadi dua, yaitu :

- 1). Aliran seragam (*uniform flow*), yaitu aliran yang kedalamannya sama pada setiap penampang saluran. Suatu aliran seragam dapat bersifat tunak atau tidak tunak, tergantung kedalamannya yang berubah sesuai dengan perubahan waktu.
- 2). Aliran berubah (*varied*), yaitu aliran yang kedalamannya berubah disepanjang saluran.

- b. Aliran Tak Tunak (*unsteady flow*), yaitu aliran yang kedalamannya berubah sesuai waktu.

Aliran ini terbagi menjadi dua, yaitu:

- 1). Aliran seragam tak tunak (*unsteady uniform flow*), yaitu aliran yang mempunyai syarat bahwa permukaan air berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dasar saluran
- 2). Aliran tak tunak, yaitu aliran yang berubah tak tunak

## 2.5 Struktur Geologi

Geologi merupakan bagian dari ilmu yang mempelajari tentang bumi, hanya yang dipelajari berkisar pada kulit bumi saja, yaitu kira-kira dengan kedalaman 35 km. Data-data geologi tersebut dapat kita pelajari pada peta geologi. Peta geologi adalah suatu peta topografi yang menghubungkan antara tepi lapisan tanah dan topografi,



dimana dapat memberikan suatu gambaran tentang letak formasi-formasi tepi lapisan tersebut.

Pada tahap perencanaan, ilmu geologi berfungsi untuk meneliti keadaan lokasi, guna bisa memberikan data-data kepada perencana mengenai topografi, jenis dan susunan tanah, curah hujan, erosi, kondisi permukaan, dan termasuk juga sarana jalan.

Dalam mempelajari ilmu geologi kita tidak lepas dari mempelajari tentang batu-batuan, berdasarkan kejadiannya batuan dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu :

- a. Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari magma yang mendingin dan membeku
- b. Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari sedimen yang terendap dan mengalami proses geologi menjadi batuan sedimen
- c. Batuan metamorf adalah batuan yang berasal dari batuan beku dan batuan sedimen yang mengalami tekanan dengan suhu yang sangat tinggi

Berdasarkan besarnya butiran batuan sedimen dikelompokkan seperti pada tabel berikut :

**Tabel II.1 Batuan sedimen menurut ukuran butirannya**

Batu-batuan	Ukuran butiran
Lempung	< 0,002 mm
Geluh	0,002 – 0,02 mm
Pasir halus	0,02 - 0,2 mm
Pasir Kasar	0,2 - 2 mm
Kerikil halus	2 – 20 mm
Kerikil kasar	20 – 200 mm
Bongkah	200 – 2000 mm

*Sumber : Diktat Kuliah Angkutan Sedimen (Yuniarti, 1997)*

## 2.6 Transportasi Sedimen

### 2.6.1 Intensitas Transportasi Sedimen

Intensitas transportasi sedimen merupakan banyaknya sedimen yang ada melewati suatu penampang melintang sungai atau saluran yang dinyatakan dalam berat (N/det) atau volume ( $m^3/det$ ).

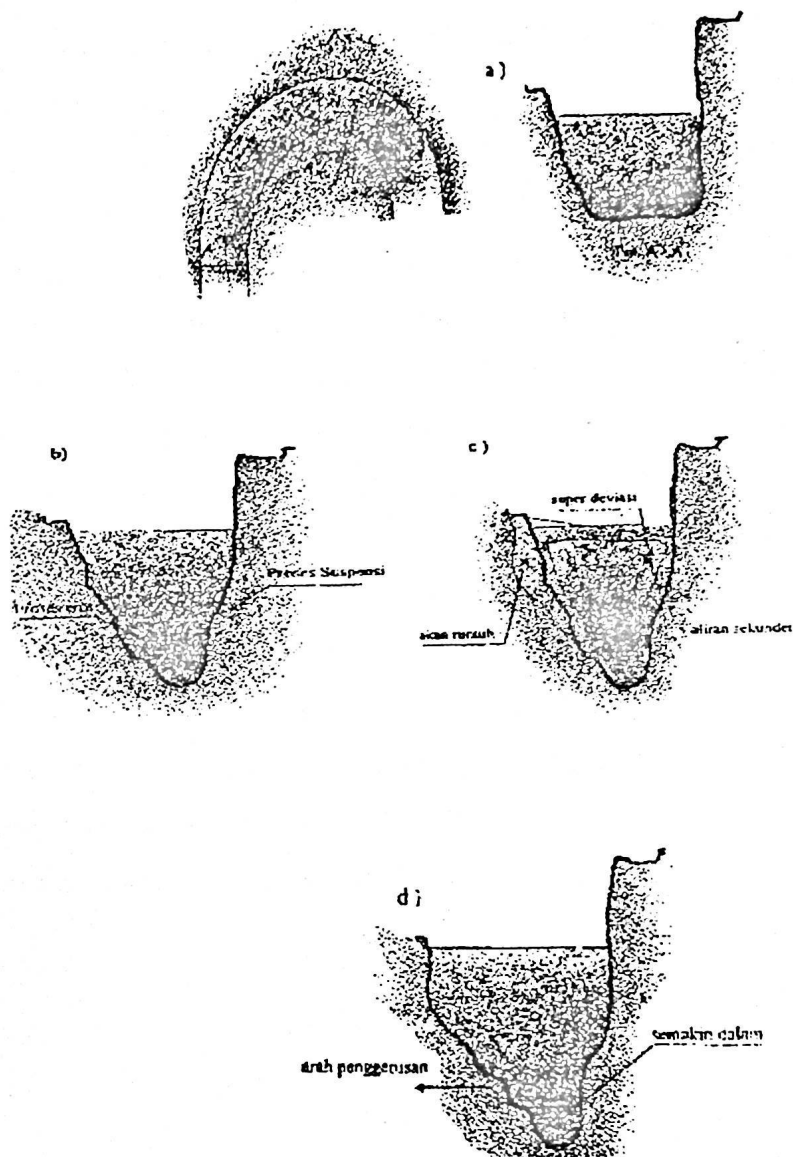
### 2.6.2 Mekanisme Transportasi Sedimen

Sungai merupakan jalur aliran air di permukaan bumi yang selain mengalirkan air, juga mengangkut sedimen yang terkandung dalam air sungai tersebut. Ada dua cara transportasi sedimen, yaitu :

- a. Muatan dasar (*Bed load*), yaitu sedimen yang bergerak pada aliran sungai dengan cara bergulir (*rolling*), meluncur (*sliding*), dan meloncat-loncat (*jumping*) diatas permukaan air.
- b. Muatan layang (*Suspended load*), yaitu sedimen yang terdiri dari butiran halus yang ukurannya lebih kecil dari 0,1 mm yang bergerak melayang didalam aliran air. Muatan layang tidak mempengaruhi naik turunnya permukaan dasar sungai (*river bed alteration*), akan tetapi dapat mengalami pengendapan di dasar muara sungai atau waduk.

## 2.7 Gerusan Akibat Meander

Proses perubahan alur sungai dibedakan menjadi dua macam, yaitu : perubahan menyeluruh dan perubahan setempat. Perubahan setempat seperti : gejala-gejala longsor tebing sungai, pembentukan gosong-gosong pasir, pengendapan pada belokan dalam dan gerusan pada belokan luar serta perpindahan mendadak alur sungai.

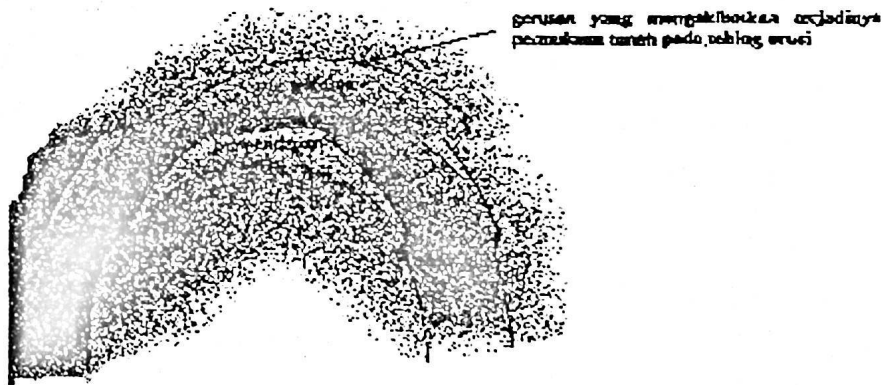


**Gambar II.3 Proses penggerusan dan longsornya tebing**

Sepanjang eksistensinya sungai sebagai suatu kesatuan senantiasa bergerak, sehingga secara visual sungai berbelok-belok mengikuti pola-pola tertentu yang disebut meander. Akibat gejala meander ini, maka ada bagian tebing sungai yang tergerus, ada bagian yang menjadi tempat pengendapan sedimen dan setelah bagian sungai mencapai tahapan meander yang kritis, maka terjadilah perpindahan alur sungai secara alamiah. Penggerusan terjadi pada bagian luar sungai tersebut.

Pada tikungan akan terjadi redistribusi kecepatan dan terjadi aliran sekunder yaitu aliran yang tegak lurus terhadap aliran utama yang secara bersama akan menggerus pada bagian luar tikungan tersebut. Besarnya aliran sekunder dapat mencapai kurang lebih 30% dari aliran utama dan hasil gerusannya akan diangkut kearah dalam. Penggerusan dapat dibagi menjadi 4 tipe utama, yaitu :

- Penggerusan menyeluruh (*general scour*) pada penampang di bawah jembatan/jalan yang disebabkan oleh adanya penyempitan atau oleh adanya jembatan yang mempengaruhi kecepatan aliran terutama pada waktu banjir.
- Penggerusan local (*local scour*) di sekitar jalan, kepala jembatan, ujung tebing pengaman, timbunan-timbunan yang disebabkan adanya arus-arus yang berputar akibat dari adanya bangunan-bangunan tersebut.
- Penggerusan alamiah (*natural scour*) dilapisan endapan dan alur-alur banjir yang disebabkan oleh adanya variasi aliran serta proses yang terjadi pada alur termasuk hanyut dan mengendapnya material serta perubahan-perubahan aliran.
- Penurunan dasar laut (*degradasi*) sehubungan dengan proses geologi atau gangguan-gangguan yang dilakukan oleh manusia



**Gambar II.4 Letak gerusan dan pengendapan pada meander sungai**

Agar tidak terjadi penggerusan pada lereng atau tebing yang lebih mendalam dan akan mengakibatkan erosi pada permukaan lereng atau tebing tersebut, maka diperlukan adanya suatu konstruksi perkuatan lereng atau tebing (*revetment*) yaitu bangunan yang ditempatkan pada permukaan suatu lereng atau tebing guna melindungi suatu tebing alur

sungai atau permukaan lereng tanggul dan secara keseluruhan berperan meningkatkan stabilitas alur sungai atau tubuh tanggul yang dilindunginya terhadap erosi yang disebabkan oleh arus aliran, gelombang, permukaan air atau aliran *groundwater*. Secara umum ada dua bentuk *revetments*, yaitu *permeable* dan *impermeable*.

## 2.8 Krib

### 2.8.1 Pengertian dan Fungsi Krib

Krib adalah suatu bangunan air yang dibuat mengarah membentuk sudut dengan arah aliran sungai, dimulai dari tebing sungai ke arah tengah atau batas garis regulasi yang direncanakan.

Sebagai bagian dari bangunan sistem pengendalian sungai, krib mempunyai fungsi antara lain :

- a. Mengatur arah arus sungai
- b. Memperlambat kecepatan arus sungai di sepanjang tebing sungai, mempercepat proses sedimentasi pada tebing sungai dan menjamin keamanan tanggul atau tebing terhadap gerusan
- c. Mempertahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai
- d. Mengkonsentrasikan arus sungai dan memudahkan penyadapan

Dengan memiliki fungsi tersebut, bangunan krib dalam batasan tertentu telah dapat mendukung upaya mengatasi permasalahan pendayagunaan sungai seperti pengendalian erosi, banjir dan pengaturan alur untuk keperluan navigasi sungai. Pada kondisi sungai yang menganyam (*braided*), maupun berkelok (*meandering*), krib dapat diterapkan dengan baik. Pada sungai menganyam, dimana lokasi sungainya berubah dari tahun ke tahun, krib dapat berfungsi mengatur alur sungai tersebut sedangkan pada sungai berkelok, krib dapat digunakan untuk mengendalikan aliran sungai yang masuk dan keluar pada tikungan-tikungan sungai tersebut.

### 2.8.2 Klasifikasi Bangunan Krib

Jika ditinjau dari bentuk konstruksi, tampilan maupun cara memperlakukan arus sungai, bangunan krib akan sangat bervariasi dalam keberadaannya. Klasifikasi atau jenis bangunan krib tersebut dapat dikelompokkan menjadi :

a. Berdasarkan sifat hidrolis, bangunan krib dapat dibedakan menjadi :

1). Krib *permeable*

Pada bangunan krib jenis ini air dapat mengalir melalui krib, dan krib jenis ini berfungsi melindungi tebing terhadap gerusan arus sungai dengan cara meredam energi yang terkandung dalam aliran sepanjang tebing sungai dan bersamaan dengan itu sedimen yang terkandung dalam aliran tersebut dapat diendapkan. Konstruksi krib jenis ini biasanya terbuat dari bahan kayu maupun bambu dan dapat berformasi tiang pancang, rangka piramid serta rangka kotak.

2). Krib *impermeable*

Krib jenis ini biasanya terbuat dari bahan bebatuan dan gabion, sehingga sering disebut sebagai krib padat. Karena air sungai yang datang tidak dapat menembus tubuh krib, maka krib jenis ini digunakan untuk membelokkan arah arus sungai dan melindungi tebing sungai yang telah tererosi sebelumnya, serta memaksa sungai membentuk alur yang lebih diinginkan yang sangat berguna bagi pemeliharaan kedalaman alur navigasi sungai.

b. Berdasarkan kondisi terbenam atau tidak terbenam

Klasifikasi krib berdasarkan kondisi ini biasanya berkaitan dengan kondisi dari perencanaannya. Krib *impermeable* direncanakan untuk kondisi tidak terbenam, karena pada kondisi terbenam krib ini akan terlimpas arus air yang besar dan dapat terjadi penggerusan yang dalam disisi hilir krib. Pada sisi lain krib *permeable* dapat diterapkan dalam kondisi terbenam, karena pada jenis ini tidak akan terjadi limpasan air yang besar.

c. Berdasarkan pembuatannya terdiri atas :

- 1). Krib beton bertulang
- 2). Krib kayu
- 3). Krib pasangan batu
- 4). Krib bronjong
- 5). Krib dengan bahan kombinasi.

- d. Berdasarkan arah pemasangan terdiri atas :
- 1). Krib dengan arah melintang terhadap aliran
  - 2). Krib dengan arah sejajar terhadap arah aliran
  - 3). Krib dengan arah membentuk sudut tertentu terhadap arah aliran, dapat kearah hulu atau hilir.
- e. Berdasarkan letak pemasangan terhadap muka air, terdiri atas :
- 1). Krib dengan elevasi mercu setinggi bantaran
  - 2). Krib diletakkan di dasar sungai.
- f. Berdasarkan lama waktu pemakaian terdiri atas :
- 1). Krib permanen.
  - 2). Krib semi permanen.
  - 3). Krib darurat.
- g. Berdasarkan segi geometrik :
- 1). Tinggi Krib lebih tinggi dari muka air banjir. Tipe ini mengakibatkan terjadinya erosi diujung krib akibat terjadinya pertambahan kecepatan air di bagian ujung krib.
  - 2). Krib dengan puncak dibuat miring dari tepi sungai sampai ujung krib dan tinggi ujung krib dibuat sama tinggi dengan muka air dimusim hujan. Akibatnya terjadi pertambahan kecepatan arus air diujung krib tidak begitu besar, sehingga terjadi erosi yang lebih kecil.



(a) Rangka piramid



(b) Rangka kotak



Gambar II.5 Krib tipe rangka

### 2.8.3 Perencanaan Krib

Data-data sungai yang dibutuhkan dalam perencanaan krib adalah denah, bentuk penampang, debit air sungai atau saluran. Secara umum, hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses perencanaan krib adalah :

- a. Diperlukan adanya data mengenai pengalaman pembuatan krib pada sungai yang sama atau hampir sama, kemudahan pelaksanaannya dan besar pembiayaannya.
- b. Panjang krib harus dibatasi tanpa mengesampingkan tujuan : 1) untuk menaikkan normal permukaan air untuk mengurangi turbulensi aliran, serta 2) untuk melindungi tebing sungai terhadap pukulan air.
- c. Krib tidak dapat berfungsi dengan baik pada sungai-sungai yang kecil atau sempit alurnya.
- d. Jika pembuatan krib dimaksudkan untuk menaikkan permukaan normal air sungai, maka perlu dipertimbangkan kapasitasnya disaat terjadi debit yang lebih besar atau debit banjir.

#### 2.8.3.1 Formasi Krib

- a. Krib normal (tegak lurus)

Krib normal ini umumnya arah aliran dialihkan kurang lebih sejajar dengan arah aliran di udik, sehingga arah penggerusan pada ujung krib diharapkan akan sejajar dengan sisi sungai. Penggerusan ini disebabkan oleh pusaran-pusaran yang terjadi di ujung krib. Krib normal dibangun dengan tujuan menyempitkan bagian sungai atau saluran yang telah menjadi terlalu lebar pada bagian sisi cembung dari belokan sungai atau saluran. Untuk krib *impermeable* yang formasinya tegak lurus arus sungai atau saluran, mempunyai sifat yang sama dengan krib-krib *impermeable*, baik dengan formasi condong ke hulu maupun condong ke hilir.

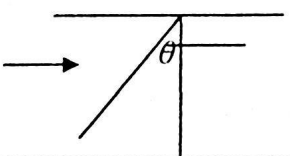
- b. Formasi krib condong ke hulu

Krib ini mempunyai sifat cenderung membendung jika dibandingkan dengan krib normal maupun krib yang condong ke hilir. Pada krib *permeable* yang condong ke hulu, penggerusan akan terjadi didepan ujung krib sedangkan pengendapan umumnya terjadi didekat tebing sungai atau saluran dan aliran akan mengarah ke



tengah sungai atau saluran. Krib ini sangat efektif untuk melindungi tebing sungai atau saluran.

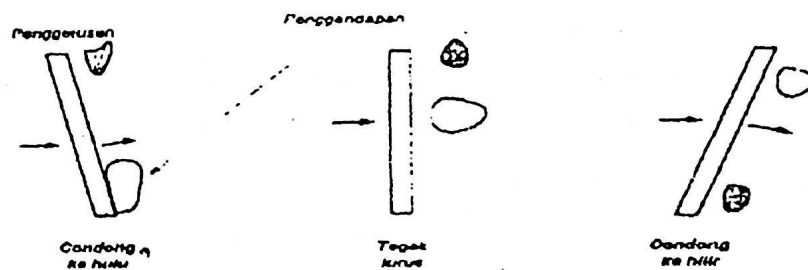
**Tabel II.2 Arah aliran dan sudut sumbu krib**

Lokasi pembuatan krib di sungai	Arah aliran dan sudut sumbu $\theta$	
Bagian lurus	$10^{\circ} - 15^{\circ}$	
Bagian luar	$5^{\circ} - 15^{\circ}$	
Bagian dalam	$0^{\circ} - 10^{\circ}$	

Sumber : Suyono Sosrodarsono, *Perbaikan dan pengaturan sungai* (1994)

c. Formasi krib condong ke hilir

Krib ini akan mengarahkan aliran ke tengah sungai/saluran, tetapi pada debit banjir yang melewati puncak krib, aliran akan mengarah ke tebing sungai/saluran sehingga menimbulkan gerusan. Pada krib *impermeable* yang condong ke hilir, gerusan diujung krib cenderung berkurang dan karenanya dapat terjadi pengendapan disebelah hilir krib



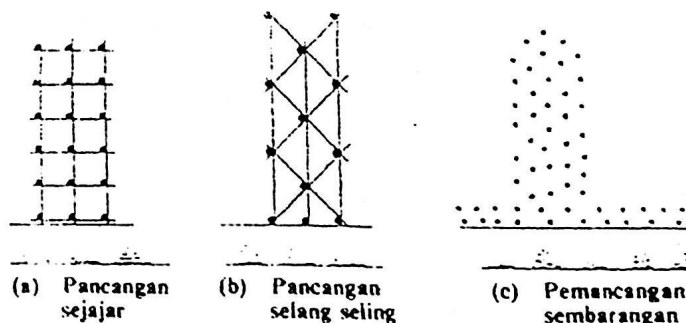
**Gambar II.6 Hubungan antara formasi krib dan proses pengerusan pengendapan pada dasar sungai**

### 2.8.3.2 Konstruksi Krib

#### a. Krib tiang pancang

Krib tiang pancang merupakan krib *permeable* yang dapat digunakan baik sebagai krib memanjang maupun krib melintang. Konstruksinya yang sederhana dapat meningkatkan proses pengendapan serta sangat cocok untuk bagian sungai-sungai yang tidak deras arusnya. Bahan tiang pancang adalah kayu dan beton dengan diameter antara 15 – 30 cm dengan jarak antar tiang pancang kurang lebih 1 – 2 meter. Untuk lebih memperkuat krib tiang pancang, maka kepala tiang-tiang pancang dihubungkan dengan balok horizontal, baik memanjang, melintang maupun diagonal. Tiang dapat dipancang berjajar-jajar secara beraturan atau secara sembarangan.

Sebagai tambahan agar dapat memberikan pengaruh merata dari setiap tiang pancang pada arus banjir, biasanya tiang-tiang pancang pada baris-baris sebelah hulu dipasang dengan jarak antara yang lebih rendah dari tiang-tiang pancang pada baris-baris di sebelah hilirnya. Juga harus diingat, bagian ujung lebih rendah daripada bagian pangkalnya dengan kemiringan antara  $1/20 - 1/200$ . Selain itu dari pengamatan krib-krib tiang pancang, walaupun pemancangan dibuat rapat, pengalaman menunjukkan bahwa krib tersebut akan dapat berfungsi lebih efektif, apabila dibuat dengan permeabilitas yang lebih besar (jarak antara masing-masing tiang pancang lebih besar), tetapi dengan jarak masing-masing krib lebih rapat.



Gambar II.7 Beberapa formasi pemancangan pada krib tiang pancang

b. Krib rangka

Krib rangka (*shelton spur*) adalah krib yang cocok untuk sungai-sungai yang dasarnya terdiri dari lapisan batu atau kerikil yang sulit dipancangkan dan krib rangka ini mempunyai kemampuan bertahan yang lebih besar terhadap arus sungai dibandingkan dengan krib tiang pancang. Balok kayu atau balok beton digunakan untuk bahan utama pembuatan krib rangka ini yang dihubungkan sedemikian rupa membentuk rangka piramid.

c. Krib blok beton

Krib blok beton mempunyai kekuatan yang baik dan awet serta sangat fleksibel dan umumnya dibangun pada bagian sungai yang arusnya deras. Bentuk dan denah krib serta berat masing-masing blok beton sangat bervariasi tergantung dari kondisi setempat antara lain dimensi serta kemiringan sungai dan penempatannya didasarkan pada krib-krib sejenis yang pernah dibangun.

### 2.8.3.3 Penetapan Panjang Krib

Panjang krib ditetapkan secara empiris, didasarkan atas perkiraan dan pengamatan data-data sungai yang bersangkutan antara lain : lebar sungai, kemiringan sungai, kedalaman air dan lain-lain. Umumnya krib yang terlalu panjang akan berakibat kurang baik terhadap kestabilan sungai. Oleh karena itu mula-mula dibuat krib yang pendek sebagai tahapan pertama, kemudian berdasarkan pengamatan terhadap pengaruh pemasangan krib tersebut, selanjutnya krib diperpanjang. Berdasarkan hasil survey dan pengamatan yang pernah dilakukan, perbandingan antar panjang krib dan lebar sungai umumnya lebih kecil dari 20%.

### 2.8.3.4 Penetapan Tinggi Krib

Ditinjau dari segi keamanan terhadap gaya-gaya berat arus sungai atau saluran, elevasi mercu krib sebaiknya dibuat serendah mungkin. Dari hasil pengamatan berbagai jenis krib yang telah dibangun, diperoleh angka perbandingan antara tinggi krib yang dibangun dengan ketinggian yang melebihi perbandingan tersebut. Pada sungai yang

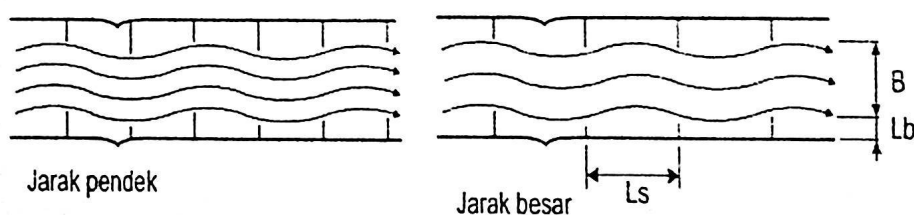
memiliki penampang yang melebihi penampang basah, sebaiknya dibuat krib yang tidak terbenam.

Pada sungai atau saluran dengan arus yang deras, batuan yang besar terkadang ikut hanyut dan menghantam krib-krib, yang menyebabkan rusaknya krib-krib tersebut. Pada keadaan demikian, krib-krib yang lebih tinggi akan mengalami kerusakan yang lebih parah dan karenanya pada sungai-sungai semacam ini penetapan tinggi krib merupakan tahap yang paling menentukan dalam perencanaan.

### 2.8.3.5 Penetapan Jarak Antar Krib

Salah satu hal yang penting dalam perencanaan krib adalah penentuan jarak antar krib atau spasi krib. Apabila spasi krib terlalu jauh maka aliran akan kembali mempengaruhi daerah tepi yang dilindungi sebelum krib yang berikutnya mulai berpengaruh kembali. Hal ini dapat dilihat pada :

- Erosi tebing atau hilangnya krib yang berikutnya
- Spasi yang terlalu jauh akan membuat adanya meander diantara dua krib
- Perbandingan  $L_b/B$  (lihat Gambar II.8) yang semakin besar akan memperbesar percepatan dan hambatan aliran serta hambatan untuk transportasi air.

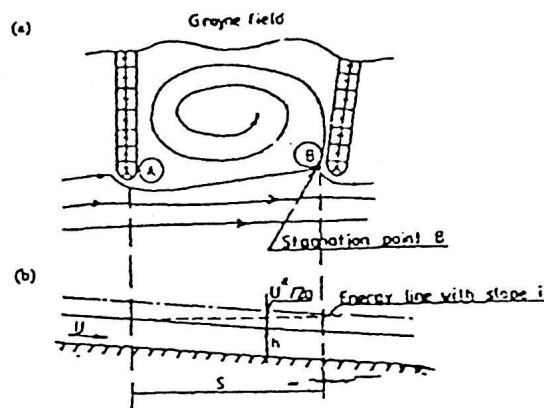


Gambar II.8 Spasi antar krib (sumber: B. Przedwojski dkk, 1995)

Secara umum, jarak krib ( $L_s$ ) berhubungan dengan :

- Lebar Sungai ( $B$ )
- Panjang Krib ( $L_b$ )
- Kecepatan Aliran ( $U$ )
- Sudut

Konsep umum yang direkomendasikan oleh Mamak (1956) dan Woloszyn (1974) adalah :  $L_s \approx B \approx L_b$ . Aturan selanjutnya untuk penetapan pada kelokan adalah penempatan krib pada sisi cekung lebih rapat daripada sisi cembung. Spasi krib yang diperlukan untuk perlindungan alur pelayaran, karena direncanakan untuk menghindari tebing dari arus yang merugikan dan tidak diperlukan untuk menjaga kedalaman alur (Copeland, 1983). Pada umumnya krib tipe lolos air memiliki jarak lebih panjang daripada krib tipe kedap air.



Gambar II.9 Sketsa penentuan jarak antar krib

Tabel II.3 Hubungan antara panjang krib dengan jarak antara krib

Tempat peletakan krib di sungai	Hubungan antara Panjang krib ( $l_b$ ) dan jarak antara krib ( $l_s$ )
Bagian lurus	$L_s = (1,7 - 2,3)/b$
Belokan luar	$L_s = (1,4 - 1,8)/b$
Belokan dalam	$L_s = (2,8 - 3,6)/b$

Sumber : Suyono Sosrodarsono, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai* (1994)

Pada pengendalian suatu sungai yang agak lurus, umpamanya melindungi tebing-tebing yang mulai rusak oleh banjir, jarak dapat diambil kira-kira 3-4 kali panjang krib. Pada belokan-belokan sungai yang berdebit kecil dengan debit banjirnya tidak berbanding besar, Schroder menganjurkan jarak pemasangan sebagai berikut : Misalnya  $b$  adalah lebar muka air pada debit rata-rata, maka pada sisi cekung belokan diambil jarak sama dengan  $b$ , pada sisi cembung belokan diambil jarak  $1.5 - 2b$ , sedang pada peralihannya diambil jarak  $0.5 - 0.75$ .

Rumus lain untuk menentukan jarak antar krib :

$$L_s = 2lb \text{ sampai dengan } 5lb \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :  $L_s$  = Jarak antar krib (m)

$L_b$  = Panjang krib (m)

Secara umum penetapan jarak antar krib tergantung pada panjang krib dan lebar sungai. Dalam penentuan jarak antara krib, kehilangan energi antara dua krib harus lebih kecil daripada kehilangan energi karena kecepatan (*Ph. Jansen: 352*)

$$IL = \alpha V^2/2g \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :  $I$  = kemiringan dasar saluran

$\alpha$  = parameter empiris (0,60 untuk aliran turbulen)

$V$  = kecepatan aliran (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

## 2.9 Kontrol Gerusan Setempat

Kontrol gerusan setempat (*local scour*) dimaksudkan untuk mengetahui seberapa jauh penurunan dasar saluran yang akan terjadi dengan adanya krib. Dari percobaan dan pengalaman yang telah dilakukan dilapangan, Altunin memberikan rumus untuk menentukan kedalaman gerusan maksimum untuk krib permeable sebagai berikut :

$$Z = \frac{8.75Lb}{D_{50}B} r_b^{1/2} \frac{U^2}{2g} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :  $z$  = kedalaman lubang gerusan dari dasar sungai (m)

$L_b$  = Panjang krib (m)

$B$  = lebar sungai (m)

$r_b$  =  $d/(Sd+d)$

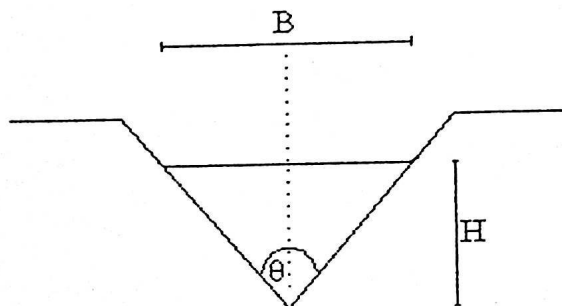
$U$  = Kecepatan aliran (m/dt)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{m}^2/\text{dt}$ )

$D$  = Diameter rata-rata butiran (mm)

## 2.10 Perhitungan Debit

Untuk menghitung debit digunakan pintu ambang berbentuk V, dengan berdasarkan rumus V-Notch Weir. Ketelitian debit yang terukur tergantung dari kondisi aliran di bagian hulu dan hilir ambang serta kondisi bangunannya sendiri. Pada permodelan sungai dipasang pintu ambang Thompson, untuk digunakan dalam pengukuran debit air yang masuk kedalam alur sungai.



Gambar II.10 Pintu ambang thompson

Dimana : B = lebar pintu ambang

H = tinggi air diatas ambang

$\theta$  = sudut pintu ambang

Rumus Pintu Thompson :

$$Q = C_d \frac{8}{15} \sqrt{2g.Tg^\theta} . H^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Rumus koefisien aliran dengan menggunakan rumus Bazin :

$$C_d = \left(0,607 + \frac{0,00451}{H}\right) \left(1 + 0,55 \left(\frac{H}{P \ G \ H}\right)^2\right) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana : Q = debit aliran ( $m^3/dt$ )

$C_d$  = koefisien aliran

g = percepatan gravitasi ( $9.8 \ m/dt^2$ )

H = tinggi muka air dari dasar V-Notch Weir (m)

P = tinggi ambang diatas dasar saluran (m)

## DAFTAR PUSTAKA

Breusers H.N.C, Scouring, International Association for Hydraulic Research Structures design Manual Monograph No a 8

Chih Ted Yang, Sediment Transport (*Theory and Practise*), The Mc Graw-Hill Companies Inc, 1996

Chow, Ven, Te ; Hidrolika Saluran Terbuka, Erlangga, Jakarta, 1985

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Puslitbang Pengairan, Buletin Pusair, 1999

Harsoadi, Konstruksi Krib sebagai salah satu Bagian dari Sistem bangunan Pengendalian Sungai , Diktat

Nugroho, Joko, Tesis Optimasi Pemasangan di saluran Menikung (Kajian Laboratorium dan Numerik), Bidang Pengutamaan Rekayasa Sumber Daya Air Program Pasca Sarjana ITB, 2000

Sukarno, Indratmo, Dr. Ir, Msc., Diktat Morfologi dan Hidrolika Sungai, Kelompok Bidang Keahlian Teknik Sumber Daya Air Jurusan Teknik Sipil ITB, ITB

Tominaga, Masateru, Dr.; Sosrodarsono, Suyono, Dr, Ir.; Perbaikan dan Pengaturan Sungai, PT Pradnya Paramitha, 1985, Jakarta

Yuniarti, Ir, Dipl. He., Diktat Kuliah Angkutan Sedimen, Program Pendidikan Spesialis I, Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) kerjasama Dep. PU- ITB Bandung, 1997