

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Saluran Terbuka/Sungai

Menurut Bambang Triatmodjo (2008:103), saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya tekanan atmosfer. Pengaliran melalui pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk aliran melalui saluran terbuka. Oleh karena aliran melalui saluran terbuka harus memiliki muka air bebas, maka aliran biasanya berhubungan dengan zat cair dan umumnya adalah air. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang maupun waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekerasan, kemiringan dasar, belokan, debit aliran, dan sebagainya.

Sungai sebagai saluran terbuka akan sangat leluasa dalam menyesuaikan bentuk morfologi, sebagai reaksi oleh adanya perubahan kondisi hidrolis dari aliran. Morfologi sungai adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang geometri, jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu, dengan demikian menyangkut sifat dinamis sungai dan lingkungannya yang sering berkaitan (SNI 2400.1:2016). Morfologi sungai menggambarkan keterpaduan antara karakteristik abiotik (fisik-hidrologi,

hidraulika, sedimen, dan lain-lain) dan karakteristik biotik (biologi atau ekologi-flora dan fauna) daerah yang dilaluinya.

Proses terjadinya sungai dimulai dari terkumpulnya air pada suatu permukaan daratan yang lebih tinggi dari sekitarnya baik bersumber dari hujan, mata air, maupun cairan gletser. Dengan adanya perbedaan ketinggian, kumpulan air akan bergerak menuju tempat yang lebih rendah sehingga terbentuk sebuah saluran dari hulu menuju hilir. Mula-mula saluran penghubung hulu ke hilir berbentuk relatif sederhana dan pendek. Akan tetapi, dengan berjalannya waktu air akan mengikis daerah yang dilaluinya kemudian berakibat terjadinya sebuah saluran penghubung hulu dengan hilir yang lebar dan panjang sehingga terbentuklah sungai.

Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran tebing relatif besar. Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka *Reynolds* (Re) > 1.000 , dan laminar apabila $Re < 500$. Dalam hal ini panjang karakteristik yang ada pada angka Reynolds adalah jari-jari hidraulik, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara luas tampang basah dan keliling basah (Bambang Triatmodjo, 2008:104).

Aliran melalui saluran terbuka dianggap seragam bila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, dan debit pada setiap tampang saluran terbuka adalah konstan. Aliran melalui saluran terbuka disebut tidak seragam atau berubah, terjadi apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan, selalu berubah-ubah.

Selain itu aliran melalui saluran terbuka juga dapat dibedakan menjadi aliran sub kritis dan aliran super kritis. Aliran disebut sub kritis apabila suatu gangguan yang terjadi di suatu titik pada aliran dapat menjalar ke arah hulu. Aliran sub kritis dipengaruhi oleh kondisi hilir, dengan kata lain keadaan di hilir akan mempengaruhi aliran di sebelah hulu. Apabila kecepatan aliran cukup besar sehingga gangguan yang terjadi tidak menjalar ke hulu maka aliran adalah super kritis. Dalam hal ini kondisi di hulu akan mempengaruhi aliran di sebelah hilir.

Faktor-faktor yang mempengaruhi aliran pada saluran terbuka:

a. Bilangan *Froude* (Fr)

Menurut K.G. Ranga Raju (1986:4), perbandingan gaya-gaya inersia dengan gaya-gaya gravitasi (per-satuan volume) dikenal sebagai bilangan *Froude* dan dapat ditulis sebagai:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gD}} \dots\dots\dots (1)$$

Dalam aliran saluran terbuka adalah lazim digunakan kedalaman hidraulis D (yang dirumuskan sebagai perbandingan luas penampang aliran dengan lebar permukaan air).

Dengan:

Fr = Bilangan *Froude*

U = Kecepatan aliran

D = Kedalaman hidraulis

g = Percepatan gravitasi, m/det²

Bilangan *Froude* untuk saluran terbuka dinyatakan sebagai berikut :

Fr < 1, aliran yang terjadi adalah aliran sub kritis.

$Fr = 1$, aliran yang terjadi adalah aliran kritis.

$Fr > 1$, aliran yang terjadi adalah aliran super kritis.

b. Debit Aliran

Menurut Chow, V.T. (1997:5), debit aliran (Q) pada suatu penampang saluran untuk sebarang aliran melintang dinyatakan dengan:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

Q = Debit aliran, m³/detik

V = Kecepatan rata-rata, m/detik

A = Luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran, m².

c. Koefisien Kekasaran Dasar

Menurut Bambang Triatmodjo (2008:112) beberapa ahli telah mengusulkan beberapa bentuk koefisien *Chezy* (C) dari rumus umum:

$$V = C \sqrt{RI} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran

R = Jari-jari hidrolis saluran

I = Kemiringan saluran

C = Koefisien *Chezy*

Perilaku aliran terhadap konfigurasi dasar dapat digambarkan sebagai hubungan besaran *manning*, seperti dijelaskan pada persamaan dibawah:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan koefisien tersebut maka rumus kecepatan aliran menjadi:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran

R = Jari-jari hidrolis saluran

I = Kemiringan saluran

n = Koefisien *Manning*

Koefisien *n* merupakan fungsi dari bahan tebing saluran (Tabel 1. Harga Koefisien *Manning*).

Tabel 1. Harga Koefisien *Manning*

Bahan	<i>n</i>
Besi tulang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	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 (2008:113)

d. Kecepatan Aliran Rata-rata

Menurut Chow, V.T (1997:84), kecepatan aliran rata-rata dalam saluran terbuka dinyatakan dalam bentuk umum sebagai berikut:

$$V = C \sqrt{R S} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

C = Koefisien Chezy

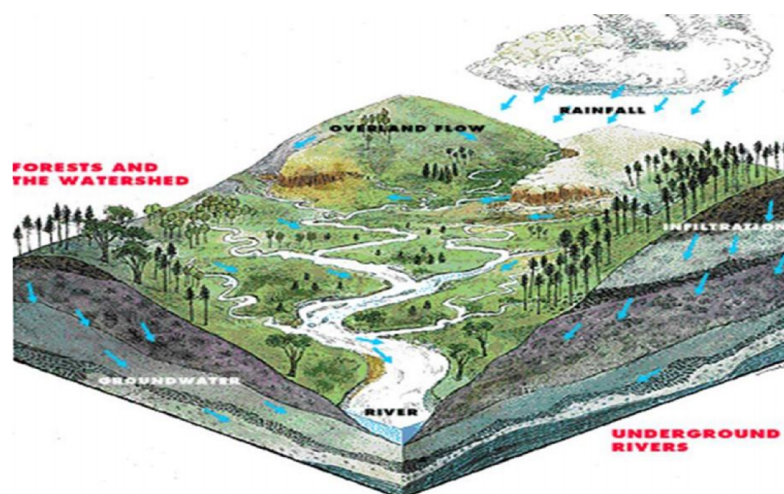
S = Kemiringan garis energi

R = Jari-jari hidrolik

2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah bentuk morfologi alam yang telah menjadi kesatuan ekosistem. DAS berfungsi sebagai penyalur, pengumpul, dan penyimpan air dengan bentuk sistem sungai. DAS memiliki muara tunggal berbentuk danau atau laut. Debit pada DAS dapat berubah sesuai dengan kondisi alam daerah sekitar sungai.

Menurut PP No 37 tentang Pengelolaan DAS, Pasal 1, Daerah Aliran Sungai yang biasa disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.



Gambar 1. Daerah Aliran Sungai

Bagian hulu DAS adalah suatu wilayah daratan yang memiliki bentuk morfologi bergelombang, berbukit, atau bergunung. Pada bagian hulu menjadi tempat bermulanya sebuah aliran dengan kerapatan drainase yang relative tinggi dan menjadi sumber erosi yang sebagian terangkut menuju hilir saluran. Pada bagian hilir memiliki bentuk morfologi cenderung landai serta merupakan tempat endapan sedimen.

Menurut Nahrudin dkk (2018) macam-macam DAS berdasarkan fungsi hulu, tengah, hilir yaitu:

a. Bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan. DAS pada bagian hulu memiliki ciri-ciri antara lain:

- 1) Kemiringan sungainya sangat besar
- 2) Aliran sungai deras dan banyak ditemukan jeram
- 3) Erosi sangat aktif
- 4) Erosi mengarah kebawah
- 5) Lembah sungai berbentuk V

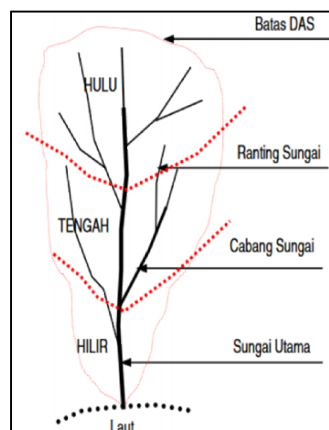
b. Bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah. Serta terkait pada prasarana

pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau. DAS pada bagian tengah memiliki ciri-ciri antara lain:

- 1) Kemiringan sungai sudah berkurang.
- 2) Aliran sungai tidak seberapa deras dan jarang dijumpai jeram.
- 3) Erosi sungai agak berkurang dan sudah ada sedimentasi.
- 4) Erosi sungai berjalan secara vertical dan horizontal.
- 5) Lembah sungainya berbentuk U

c. Bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah. DAS pada bagian hulu memiliki ciri-ciri antara lain:

- 1) Kemiringan sungai sangat landai.
- 2) Aliran sungai berjalan sangat lamban.
- 3) Erosi sungai sudah tidak ada yang ada adalah sedimentasi.
- 4) Sedimentasi membentuk daratan banjir dengan tanggul alam.
- 5) Lembah sungai berbentuk huruf U.



Gambar 2. Bagian Daerah Aliran Sungai

Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju *outlet*. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah.

Menurut Nahrudin, dkk (2018), bentuk DAS secara kuantitatif dapat diperkirakan dengan menggunakan nilai nisbah memanjang dan kebulatan. Macam-macam bentuk Daerah Aliran Sungai:

a. DAS bentuk bulu burung

DAS ini memiliki bentuk yang sempit dan memanjang, dimana anak-anak sungai (sub-DAS) mengalir memanjang di sebelah kanan dan kiri sungai utama. Umumnya memiliki debit banjir yang kecil tetapi berlangsung cukup lama karena suplai air datang silih berganti dari masing-masing anak sungai.

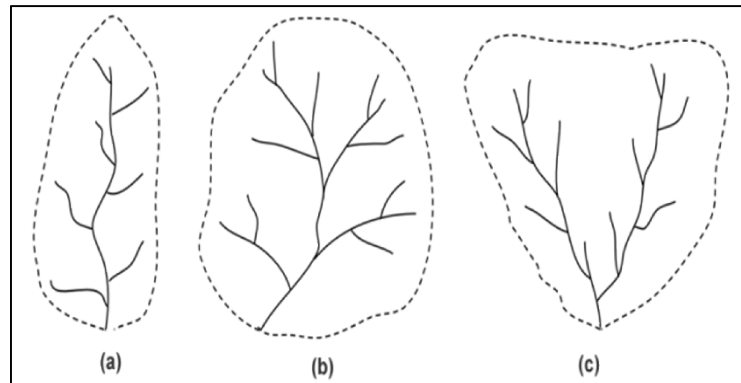
b. DAS bentuk radial

Sebaran aliran sungai membentuk seperti kipas atau nyaris lingkaran. Anak-anak sungai (sub-DAS) mengalir dari segala penjuru DAS dan tetapi terkonsentrasi pada satu titik secara radial, akibat dari bentuk DAS yang demikian. Debit banjir yang dihasilkan umumnya akan sangat besar, dalam catatan, hujan terjadi merata dan bersamaan di seluruh DAS tersebut.

c. DAS bentuk paralel

Sebuah DAS yang tersusun dari percabangan dua sub-DAS yang cukup besar di bagian hulu, tetapi menyatu di bagian hilirnya. Masing-masing sub-DAS tersebut dapat memiliki karakteristik yang berbeda. Dan ketika terjadi hujan pada

kedua sub-DAS tersebut secara bersamaan, maka akan sub DAS tersebut secara bersamaan, maka akan berpotensi terjadinya banjir relatif besar.



Gambar 3. (a) DAS bulu burung, (b) Radial, (c) Parallel
(Sumber: Nahrudin, dkk., 2018:58)

3. Gerusan

Gerusan merupakan kejadian alam hasil dari proses erosi terhadap dasar dan tebing saluran (*alluvial*). Gerusan akan menghasilkan bentuk morfologi sungai semakin dalam atau lebar juga dapat terjadi keduanya untuk bagian hulu dan pengendapan pada bagian hilir saluran. Menurut Breusers dan Raudkivi (1991) gerusan dibagi menjadi:

a. Gerusan umum

Gerusan umum terjadi karena peningkatan kapasitas sungai untuk membawa sedimen selama arus banjir atau sebagai konsekuensi dari berbagai perubahan buatan manusia.

b. Gerusan di lokalisir

Gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.

c. Gerusan lokal

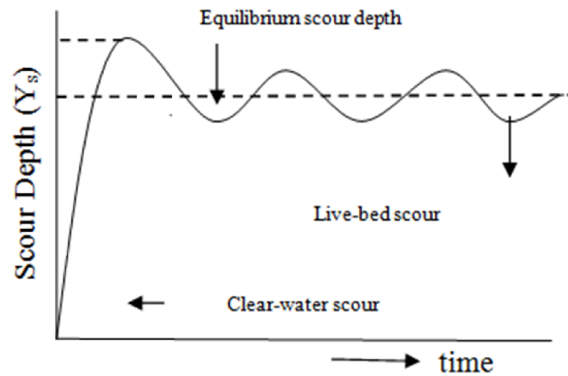
Gerusan lokal ini pada umumnya diakibatkan oleh adanya bangunan air, seperti tiang atau pilar jembatan. Gerusan lokal disebabkan oleh sistem pusaran air karena adanya gangguan pola aliran akibat rintangan.

Gerusan dari jenis (b) dan (c) selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih (*clear water scour*) maupun gerusan dengan air bersedimen (*live bed scour*). Gerusan dengan air bersih berkaitan dengan suatu keadaan dimana dasar saluran di sebelah hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada material yang terangkut) atau secara teoritik $\tau_0 < \tau_c$. Sedangkan gerusan dengan air bersedimen terjadi ketika kondisi aliran dalam saluran menyebabkan material dasar bergerak. Peristiwa ini menunjukkan bahwa tegangan geser pada saluran lebih besar dari nilai kritiknya atau secara teoritik $\tau_0 > \tau_c$. Menurut Laursen (1952) dalam Sucipto (2004), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut:

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

Menurut Chabert & Engeldiner (1956) dalam Breusers dan Raudikivi (1991) lubang gerusan yang terjadi pada alur sungai umumnya merupakan korelasi antara

kedalaman gerusan dan kecepatan aliran sehingga lubang gerusan tersebut merupakan fungsi waktu.



Gambar 4. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu
(Sumber: Breusers dan Raaijmakers 1991:62)

Gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa oleh air bergerak mengikuti pola aliran dari bagian hulu hingga hilir. Pada kecepatan aliran yang lebih tinggi, partikel yang bergerak akan bertabrakan dengan partikel lainnya sehingga pada akhirnya akan membuat partikel-partikel yang terlepas dan bergerak mengikuti pola aliran semakin banyak. Oleh karena terlepasnya partikel-partikel yang bergerak menuju hilir maka pada bagian hulu menuju tengah akan terbentuk morfologi alam berupa lubang gerusan.

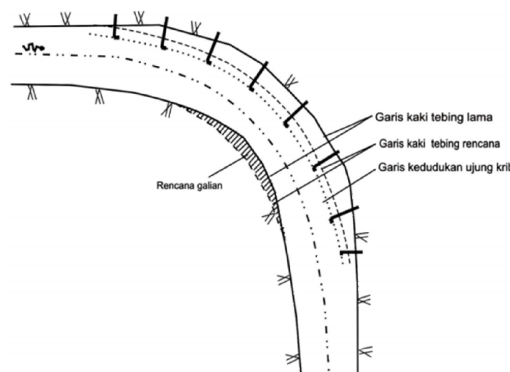
4. Krib

Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai ke arah tengah guna mengatur arah arus sungai dan tujuan utamanya adalah mengurangi kecepatan arus sungai sepanjang tebing sungai, mempercepat sedimentasi, menjamin keamanan tanggul atau tebing terhadap gerusan, mempertahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai, mengonsentrasikan arus sungai.

Menurut SNI 2400.1:2016 fungsi dan jenis krib sebagai berikut:

a. Fungsi krib

1) Krib sebagai pelindung tebing secara tidak langsung dari gerusan lokal atau *meander*. *Meander* adalah bentuk yang pada umumnya terjadi berupa sungai yang berkelok-kelok. Untuk mencegah *meander* krib dipasang pada lokasi potensi sedemikian rupa sehingga energi yang terdapat pada aliran air akan menabrak krib dan terserap. Sedimentasi akan terbentuk pada sekeliling krib dari muatan partikel aliran air sehingga akan membentuk garis tebing baru. Untuk perlindungan tebing terhadap longsor akan ditanggulangi dengan perlakuan sendiri.

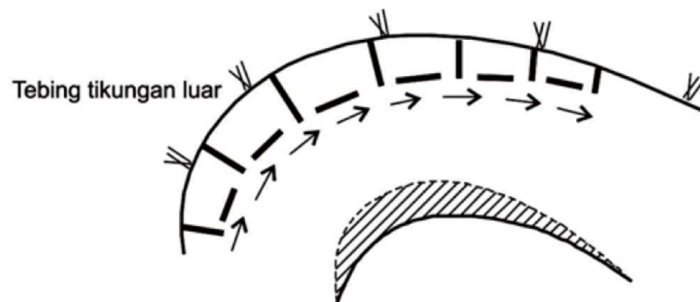


Gambar 5. Perletakan Krib pada Belokan Sungai

2) Krib sebagai pengatur/pengarah arus sungai sesuai dengan tujuannya misalnya pada bagian atas bangunan pengambilan terjadi pada perubahan arah arus. Sebagai pengarah untuk membelokkan aliran sungai agar sesuai dengan tujuannya yaitu:

- a) Krib untuk mengatur debit agar masuk ke percabangan sebagai suplesi, agar aliran masuk ke bangunan pengambilan

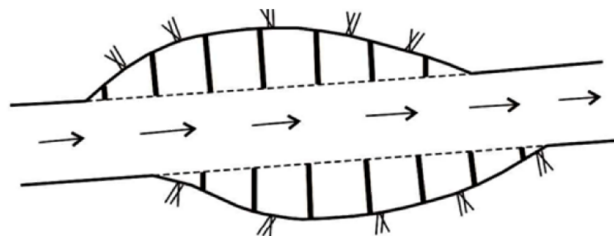
- b) Krib untuk memperbaiki arah arus apabila di udik bangunan pengambilan (bendung, pompa air, pintu air) terjadi perubahan arah arus
- c) Krib untuk memperbaiki pola dan arah aliran pada alur sungai tidak menentu misalnya pada sungai di dataran rendah.



Gambar 6. Perletakan Krib sebagai Pengarah Arus
(Sumber: SNI 2400.1:2016)

- 3) Krib sebagai pengarah untuk memperbaiki alinyemen sungai untuk keperluan tertentu:

- a) Untuk mempertahankan lebar dan kedalaman sungai yang dipakai keperluan navigasi maka krib dipasang pada tebing kiri dan kanan sungai.
- b) Untuk memperbaiki alinyemen karena terjadinya longsoran tebing karena arus sungai maka krib dipasang secara serial guna mengacu terjadinya endapan pada tebing tersebut.



Gambar 7. Perletakan Krib sebagai Perbaikan Alinyemen Sungai

b. Jenis krib

Krib dapat dibedakan berdasarkan:

- 1) Berdasarkan bahan pembuatnya:
 - a) Krib tiang pancang dari kayu.
 - b) Krib tiang pancang dari beton bertulang.
 - c) Krib bronjong batu.
 - d) Krib balok beton.
 - e) Krib pasangan batu
- 2) Berdasarkan sifat hidrauliknya:
 - a) Krib lolos air (permeabel), contohnya krib tiang pancang.
 - b) Krib kedap air (impermeabel), contoh krib pasangan batu/beton.
 - c) Krib semi lolos air (semi permeabel), contohnya krib bronjong.
- 3) Berdasarkan arah pemasangannya / formasi:
 - a) Krib melintang sungai yaitu krib dipasang meintang arah aliran, dibedakan menjadi krib-krib tajam / condong ke hulu atau disebut dengan “*repelling groyne*”, krib tegak serta krib tumpul atau condong ke hilir atau disebut “*attracting groyne*”
 - b) Krib memanjang yaitu krib dipasang sejajar arah aliran, sangat efektif untuk melindungi tebing namun kurang efektif dalam meningkatkan intensitas pengendapan, untuk itu digabung dengan krib melintang.
 - c) Gabungan krib melintang dengan krib memanjang dengan membentuk huruf T atau L dan disebut krib T atau krib L, peningkatan intensitas pengendapan terjadi karena sedimen yang terbawa dalam aliran sungai dapat terperangkap diantara krib melintang.

- 4) Berdasarkan letak terhadap muka air:
 - a) Krib yang mercunya setinggi batas bantaran (tidak tenggelam).
 - b) Krib yang diletakkan di dasar sungai sebagai pengarah arus yang disebut panil dasar (krib tenggelam) pada debit kecil dan pengendali gerusan.
- 5) Berdasarkan kelenggan pemasangan:
 - a) Krib permanen.
 - b) Krib semi permanen.
 - c) Krib darurat.
- 6) Berdasarkan jumlah jenis material penyusun:
 - a) Satu macam bahan penyusun, misalnya krib tiang pancang, krib bronjong batu, krib pasangan batu.
 - b) Kombinasi dari beberapa macam bahan penyusun, misalnya krib tiang pancang kayu dikombinasikan dengan bronjong.
- 7) Berdasarkan tempat pembuatan
 - a) Dibuat di lapangan misalnya tiang pancang kayu
 - b) Dibuat di pabrik misalnya tiang pancang beton

Selain kondisi ketersediaan bahan dan fungsi dari krib, jenis-jenis juga diperlukan dalam perencanaan krib. Menurut SNI 2400.1:2016 terdapat beberapa indikator dalam perencanaan krib disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan jenis krib dan jenis sungai

Jenis Krib	Bahan Pokok	Jenis Sungai	Keterangan
Pasangan Batu	Batu kali setempat	Sungai sedang dan sungai kecil	Sesuai untuk lokasi agar mudah didapat batu pecah
Blok Beton	Blok beton cetak ditempat Blok beton praetak	Bagian berarus deras	Jika lokasi pekerjaan memungkinkan

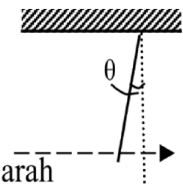
Jenis Krib	Bahan Pokok	Jenis Sungai	Keterangan
Tiang Pancang	Kayu/bambu dan beton	Bagian berarus tidak deras	Terbatas pada lokasi yang memungkinkan pemancang

(Sumber: Suyono Sosrodarsono 1990 dalam SNI2400.1:2016)

Menurut SNI 2400.1:2016 dimensi krib yang perlu diperhatikan:

- a. Arah krib didasarkan pertimbangan gejala perilaku sungai dan sesuai dengan fungsi yang hendak dicapai, formasi krib dapat dibuat tegak lurus atau menyudut terhadap arah arus yaitu condong ke hilir, condong ke hulu dan kombinasi antara condong dan tegak lurus.

Tabel 3. Hubungan antara arah aliran dan sudut sumbu krib

Lokasi pembuatan krib di sungai	Sudut sumbu krib (θ)	
Bagian lurus	10°-15°	
Bagian luar	5°-15°	
Bagian dalam	0°-10°	

(sumber: Suyono Sudarsono 1990 dalam SNI 2400.1:2016)

- b. Panjang krib; hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan panjang adalah:

- 1) Keadaan dan posisi tebing sungai yang ada dan tebing yang dikehendaki serta lebar sungai dan jarak antara krib yang dikehendaki.
 - 2) Jika L = panjang krib dan B = lebar sungai, maka L/B pada umumnya $\pm 10\%$
 - 3) Panjang krib untuk pengarah arus ditentukan sedemikian rupa sehingga didapatkan pola aliran baru sesuai dengan yang diharapkan.
- Umumnya krib yang terlalu panjang akan berakibat kurang baik

terhadap kestabilan sungai, sehingga harus ditentukan dengan sangat hati-hati.

4) Perbandingan panjang krib dan jarak krib dibuat sedemikian rupa sehingga kecepatan arus di tepi tebing cukup aman untuk kestabilan tebing.

5) Untuk krib yang berfungsi memperdalam alur bagi navigasi, panjang krib ditentukan oleh faktor lebar dan kedalaman alur yang diperlukan untuk navigasi, material sedimen dan sifat aliran sungai.

c. Jarak krib ditentukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut.

1) Dibuat sedemikian rupa sehingga susunan krib menghasilkan suatu pengarah arus krib yang paling efektif dan untuk memastikan hal ini digunakan uji model hidraulik.

2) Jarak krib juga didasarkan kepada: lebar sungai, panjang krib, keadaan arus dan sudut belokan sungai, serta bentuk daerah krib.

3) Jarak krib ditentukan juga dengan cara empiris yang didasarkan pada pengamatan dan pengalaman dan Tabel 4 adalah rumusan secara empiris yang dapat dipakai sebagai acuan.

Tabel 4. Hubungan antara panjang dan jarak krib

Lokasi pembuatan krib di sungai	Hubungan antara jarak (d) dan panjang (L)
Bagian lurus	$d = 1.7 - 2.3 L$
Belokan luar	$d = 1.4 - 1.8 L$
Belokan dalam	$d = 2.8 - 3.6 L$

(sumber: Suyono Sudarsono 1990 dalam SNI 2400.1:2016)

B. Kajian Penelitian Relevan

Santoso (2002) melaporkan tentang kajian pengaruh konfigurasi bangunan krib pada belokan sungai dengan sudut belokan 90° . Penelitian tersebut tentang pemanfaatan fungsi krib sebagai pengaman tebing. Hasil menunjukkan, krib dengan posisi tegak lurus tebing baik daripada krib yang 22 dipasang miring, dan semakin rapat pemasangan krib, tebing sungai semakin aman terhadap gerusan karena kelongsoran tebing akibat gerusan dasar berkurang. Pemasangan krib dengan jarak 27,50 cm pada tikungan Rc105 cm dan sudut kemiringan krib 90° terhadap tebing paling efektif mengurangi gerusan dan memberikan efektifitas lebih besar yaitu 93,3%.

Dian, dkk (2018) melakukan pengujian dengan skala laboratorium memiliki kesimpulan bahwa perkuatan *check dam* pada belokan model sungai yang efektif menggunakan jarak 85cm untuk awal dan akhir belokan sedangkan untuk bagian tengah menggunakan jarak 102 cm. dan untuk menggunakan berkuatan bronjong jarak 34 cm efektif untuk digunakan pada bagian awal belokan dan tengah belokan. Untuk bagian akhir belokan efektif menggunakan bronjong dengan jarak 17 cm.

Aristi, dkk (2013) melaporkan pengaruh pola aliran terhadap perubahan morfologi Sungai Kampar segmen Rantau Berangin – Kuok. Hasil dari penelitian yaitu: distribusi kecepatan di lapangan memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil simulasi. Gaya-gaya helikoidal yang bekerja di belokan Sungai Kampar yang seharusnya menyebabkan perubahan morfologi, ternyata tereduksi oleh turbulensi aliran akibat pengaruh kekasaran dasar dan nilai perbandingan h/B

yang kecil dan perubahan morfologi sungai terjadi karena adanya penambangan material dasar yang menyebabkan hilangnya kestabilan tebing Sungai Kampar.

Melody (2018) melakukan penelitian dengan metode yang digunakan pada studi kajian ini adalah metode eksperimen dengan membuat model sungai. Model sungai yang diuji adalah model sungai yang belum mengalami perlindungan dan perbaikan tanah, model sungai dengan tebing yang diperbaiki dengan pemadatan dan model sungai dengan tebing yang dilindungi oleh tetrapod. Pengujian model dilakukan dengan cara mengalir sungai dengan debit 7 liter/detik selama 3 jam.

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pemasangan tetrapod untuk menanggulangi bencana longsor pada tebing sungai bogowonto dinilai dapat mengurangi gerusan. Gerusan maksimum terdapat pada model sungai yang dipasang tetrapod jarak 51 cm yaitu sebesar -9,9 cm, sedangkan gerusan minimum terdapat pada model sungai yang dipasang tetrapod jarak 68 cm yaitu sebesar -3,4 cm. Pengaruh pemasangan tetrapod dengan variasi jarak pada belokan sungai yakni pada awal memasuki belokan efektif digunakan tetrapod dengan jarak 68 cm, kemudian pada 24 tengah belokan efektif digunakan tetrapod dengan jarak 34 cm, dan pada akhir belokan efektif digunakan tetrapod dengan jarak 51 cm.

C. Kerangka Berfikir

Melihat dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa macam tipe krib dengan beberapa variasi jarak antar krib dan orientasi kemiringan. Namun dari beberapa penelitian terbut belum ada penelitian menggunakan variasi krib permeabel berbentuk tiang pancang dengan krib semi

permeabel berbentuk bronjong batu. Sehingga pengujian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi pemasangan krib permeabel dan semi permeabel. Pengujian ini dilakukan dengan jarak krib 51 cm, sudut pemasangan krib permeabel berupa penyelaras arus bambu sebesar 90° dan 45° untuk krib semi permeabel berupa pasangan bronjong. Pengaliran dalam pengujian ini akan dilakukan dengan debit konstan 7.07 liter/detik dan dilakukan selama 180 menit.

Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya gerusan maksimum yang terjadi pada belokan sungai dan pengaruh pemasangan variasi krib sehingga efektifitas bangunan krib dapat melindungi tebing sungai. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta.