

**STUDI PENGARUH VARIASI BANGUNAN TERHADAP  
AGRADASI DAN DEGRADASI DASAR SUNGAI**

*A STUDY ON THE INFLUENCE OF BUILDING VARIATIONS  
ON AGGRADATION AND DEGRADATION OF RIVERBED*

**ABDUL RAFIUDDIN RASYID**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

**STUDI PENGARUH VARIASI BANGUNAN TERHADAP  
AGRADASI DAN DEGRADASI DASAR SUNGAI**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan Diajukan Oleh

**ABDUL RAFIUDDIN RASYID**

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

## TESIS

### STUDI PENGARUH VARIASI BANGUNAN TERHADAP AGRADASI DAN DEGRADASI DASAR SUNGAI

Disusun dan diajukan oleh

ABDUL RAFI UDDIN RASYID

Nomor Pokok P2301210011

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 30 Oktober 2013

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

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

Ketua

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

Anggota

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

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

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin.

Prof. Dr. Ir. Mursalim.



## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abdul Rafiuddin Rasyid  
Nomor Mahasiswa : P2301210011  
Program Studi : Teknik Sipil

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

Makassar, 18 Oktober

2013

Yang menyatakan,

**Abdul Rafiuddin Rasyid**

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhana Wata'ala atas selesainya tesis ini.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan kejadian agradasi dan degradasi pada sungai yang menyebabkan berkurangnya kestabilan aliran sungai sehingga penulis melakukan penelitian di laboratorium sungai untuk menganalisis pengaruh pemasangan variasi bangunan terhadap agradasi dan degradasi dasar sungai. Maka diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti selanjutnya.

Banyak kendala yang di hadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, berkat bantuan berbagai pihak maka tesis ini dapat selesai. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT. Sebagai Sekretaris Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingannya yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Matius Tangyong, MT selaku Kepala Balai Wilayah Sungai Papua Barat atas bantuan, perhatian dan dorongannya. Rekan seperjuangan Hamzah Al Imran dan M. Riski RA, yang memberikan perhatian dan bantuannya.

Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil Konsentrasi Keairan angkatan 2010. Ucapan terimakasih secara khusus penulis sampaikan kepada Almarhum/Almarhumah orang tua yang tercinta, saudara-saudara penulis atas do'a dan dorongan moril yang telah diberikan. Ucapan terima kasih yang tak terhingga untuk istriku yang tercinta Sertiani Manalu, dan anakku yang tersayang Annisa Alfiani Rafiuddin atas segala kesabaran dan ketabahnya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tesis ini. Semoga tesis ini dapat bermanfaat dan digunakan untuk pengembangan wawasan serta peningkatan ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Makassar, 18 Oktober 2013

Abdul Rafiuddin Rasyid

## ABSTRAK

**ABDUL RAFIUDDIN RASYID.** *Studi Pengaruh Variasi Bangunan Terhadap Agradasi Dan Degradasi Dasar Sungai* (dibimbing oleh **Muh. Saleh Pallu** dan **Mukhsan Putra Hatta**).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemasangan bangunan terhadap agradasi dan degradasi yang terjadi di dasar sungai.

Penelitian ini adalah penelitian Eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Keairan yang berlokasi di Universitas Hasanuddin dengan tiga variasi bangunan, yaitu bendung mercu rata, bendung mercu bulat dan bendung baja.

Hasil penelitian ini analisis memperlihatkan kondisi dasar saluran setelah dialiri, terlihat pada bagian depan mercu mengalami penggerusan yang antara lain diakibatkan oleh terhambatnya aliran air oleh mercu sehingga merubah pola aliran air di mana air yang pada awalnya bergerak konstan mengalami perubahan kecepatan yang tiba-tiba sesaat setelah melewati ambang yang disebabkan oleh adanya beda elevasi yang cukup besar. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh data kecepatan aliran pada beberapa model mercu yang digunakan pada study experimental ini.

**Kata kunci:** Bendung, agradasi, dan degradasi.

## ABSTRACT

**ABDUL RAFI UDDIN RASYID.** *A Study on the Influence of Building Variations on Aggradation and Degradation of Riverbed* (Supervised by **Muh. Saleh Pallu** and **Mukhsan Putra Hatta**)

This study aims to analyse the influence of building establishment on aggradation and degradation of riverbed.

The research was conducted as an experimental study. It was conducted in the Laboratory of Irrigation Civil Engineering at Hasanuddin University with three building variations: flat-summit weir, rounded-summit weir, and steel weir.

The results of the analysis reveal the condition of channel base. After it got watered, scouring occurred at the front part of the summit. One of the causes was the obstruction of water flow by the summit, so that the water flow pattern was changed. Initially, the water flow was constant, but its speed changed suddenly just after the water passed the summit. This was caused by the moderate difference in the elevation level. The observations revealed some data about the flow speed in some summit models used in this experimental study.

Keywords: weir, aggradation, degradation

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
<b>PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5

E. Batasan Masalah	6
F. Sistematika Penulisan	6
<b>I. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Hasil Penelitian Sebelumnya	8
B. Perilaku Sungai	10
C. Debit Aliran	12
D. Bangunan Pengendali Sedimen	12
E. Transpor Sedimen	16
F. Degradasi dan Agradasi	18
G. Konsep Dasar Permodelan	23
H. Kerangka Pikir	27
<b>II. METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	28
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	28
C. Bahan dan Alat	29
D. Variabel yang Diteliti	32
E. Perancangan Model	32
F. Simulasi Penelitian	33
<b>III. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Perhitungan Debit Dan Bilangan Froude	36
1. Kedalaman Aliran	38
2. Kecepatan Aliran	38

3. Debit Aliran	39
B. Hasil Penelitian	39
1. Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Terhadap Kedalaman Gerusan	45
2. Pengaruh Waktu Pengaliran Terhadap Agradasi dan Degradasi Pada Dasar Saluran	48
3. Pengaruh Sudut Buka-an Pintu Terhadap Agradasi dan Degradasi Pada Dasar Saluran	52
4. Pola Aliran dan Gerusan Pada Ambang	56
5. Volume Gerusan	59
<b>IV. PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan	62
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN - LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor</b>		<b>Halaman</b>
1	Proses penggerusan dan pengendapan	20
2	Nilai Bilangan Froude Dan Flume	37
3	Kedalaman Air Pada Hulu	38
4	Kecepatan Aliran	39
5	Debit aliran	39
6	Pengamatan model mercu ambang baja	42
7	Pengamatan model mercu ambang cembung	43
8	pengamatan model mercu ambang rata	44
9	perhitungan volume gerusan	59

## DAFTAR GAMBAR

<b>Nomor</b>		<b>halaman</b>
1	Degradasi dasar sungai	21
2	Agradasi dasar sungai	22
3	kerangka pikir penelitian	27
4	Flume penelitian	31
5	Rancangan model	32
6	Detail saluran	33
7	Bagan alir penelitian	35
8	Profil aliran melewati ambang baja	45
9	Permodelan komputer dan tampilan sebenarnya	45
10.	Pola arah aliran gerusan sedimen model mercu baja	46
11.	Permodelan komputer dan tampilan sebenarnya	46
12.	Propil aliran melalui mercu bendung ambang cembung	46
13.	Pola arah gerusan sedimen mercu ambang cembung	47
14.	profil aliran melalui mercu bending ambang rata	47
15.	permodelan komputer dan tampilan sebenarnya	48
16.	Pola arah sedimen pada model mercu ambang rata	48
17.	Perbandingan waktu durasi 30 dan 60 menit mercu baja	49

18.	Perbandingan waktu durasi 30 dan 60 menit mercu cembung	49
19.	Perbandingan waktu durasi 30 dan 60 menit mercu rata	50
20.	Hubungan sudut bukaan pintu terhadap penggerusan dasar saluran pada ambang mercu baja	53
21.	Hubungan sudut bukaan pintu terhadap penggerusan dasar saluran pada ambang mercu cembung	53
22.	Hubungan sudut bukaan pintu terhadap penggerusan dasar saluran pada ambang mercu rata	54
23.	Pola arah sedimen pada model mercu baja	56
24.	Pola arah sedimen pada model mercu cembung	57
25.	Pola arah sedimen pada model mercu rata	58
26.	Sketsa model	58

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>		<b>halaman</b>
1.	Data Pengamatan Penelitian Laboratorium	64
2.	Dokumentasi Penelitian	82

**DAFTAR SIMBOL**

Simbol/Lambang	Arti dan keterangan
A	Luas penampang basah
b	Lebar dasar saluran
C	Koefisien Chezy
D	Jarak antar tiang
D*	Partikel parameter
D <sub>s</sub>	Diameter butiran sedimen
d <sub>50</sub>	Diameter median material
F*	Dimensi tegangan geser
Fr	Bilangan Froude
g	Gravitasi
h	Kedalaman aliran
I	Kemiringan dasar saluran
L	Lebar tiang
P	Keliling basah
Q	Debit pengaliran
U <sub>0</sub>	Kecepatan aliran

$u^*$	Kecepatan geser
$R$	Jari-jari hidrolis
$\rho_w$	kerapatan massa air
$\tau_c$	Tegangan geser kritis
$\tau_0$	Tegangan geser
$\gamma_s$	Berat jenis butiran sedimen
$\gamma$	Berat jenis air
$U$	viskositas kinematik
$\alpha$	Koefisien kecepatan aliran

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Air adalah kekayaan alam yang dikaruniakan oleh Allah SWT sebagai sarana hidup dan kehidupan yang amat penting dan menyangkut hajat seluruh makhluk hidup baik manusia, hewan, maupun tumbuhan yang terdapat di muka bumi ini. Di alam ini, keberadaan air mengikuti suatu siklus hidrologi yaitu gerakan air ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir dan kembali ke laut. Air laut menguap karena adanya radiasi matahari menjadi awan, kemudian awan yang terjadi bergerak di atas daratan karena tertiup angin. Adanya tabrakan antara butiran-butiran akibat desakan angin menyebabkan presipitasi. Presipitasi yang terjadi dapat berupa hujan, salju, hujan es, dan embun. Sehingga apabila dikelola secara baik dan efisien, karena sesungguhnya air itu bersifat permanen sesuai dengan siklus hidrologi. Namun demikian, dalam pemanfaatan air berkaitan dengan penggunaan lahan disuatu wilayah tertentu dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas air di wilayah tersebut.

Negara kita telah mengatur mengenai air yang tertuang pada Undang-Undang Sumber Daya Air No. 7 Tahun 2004 menyatakan bahwa sumber daya air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang

memberikan manfaat untuk mewujudkan kesejahteraan bagi seluruh rakyat Indonesia dalam segala bidang. Di dalam Pasal 33 ayat (3) Undang-Undang Dasar 1945 Negara Kesatuan Republik Indonesia, menyatakan bahwa sumber daya air dikuasai oleh Negara dan dipergunakan sebesar - besar untuk kemakmuran rakyat secara adil dan merata. Oleh karena itu, maka Negara telah menjamin hak setiap warga/orang untuk mendapatkan air dalam memenuhi kebutuhan pokoknya sehari-hari dan melakukan pengaturan hak atas air. Sehingga dari itu, penguasaan Negara atas sumber daya air tersebut diselenggarakan oleh Pemerintah Pusat dan / atau Pemerintah Daerah dengan tetap mengakui dan menghormati kesatuan-kesatuan masyarakat hukum adat beserta hak-hak tradisionalnya, seperti hak ulayat masyarakat, hukum adat setempat dan hak-hak yang serupa halnya dengan itu, sepanjang masih hidup dan sesuai dengan perkembangan masyarakat dan prinsip serta aturan yang berlaku di Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Sungai Menurut Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 alur atau wadah air alami dan / atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Jadi sungai merupakan suatu jaringan yang terbentuk secara alamiah dari sumber air sampai ke muara yang mengalir di daratan atau daerah-daerah permukiman penduduk. Sehingga kita harus menjaga kelestarian dan keawetan sungai

yang ada, agar air yang ada dapat terjaga kualitasnya dengan baik. Air juga merupakan sumber daya alam yang bersifat permanen jika dikelola secara baik dan efisien. Namun pemanfaatan air dan penggunaan lahan di suatu wilayah dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas air di wilayah tersebut. Pemanfaatan sumber daya air tersebut dapat berupa pembangunan infrastruktur irigasi, air baku, PLTA, industri, dan lain-lain sebagainya. Kebutuhan air akan meningkat baik secara fungsional maupun kuantitasnya sebanding dengan parameter waktu yang terus bertambah. Peningkatan tersebut berjalan sesuai dengan berbagai aspek kegiatan di masyarakat baik sosial, ekonomi dan budaya.

Fenomena yang sering kita jumpai pada sungai-sungai yang ada di Indonesia yaitu bentuknya ada yang lurus, berbelok-belok / tikungan (meander), bahkan ada pula yang memutar. Sehingga pada keadaan yang seperti inilah, morfologi sungai mudah berubah-ubah bentuk. Perubahan ini meliputi perubahan arah vertikal berupa aggradasi dan degradasi dasar sungai serta perubahan ke arah horisontal berupa penyempitan atau pelebaran alur sungai yang berakibat pada kerusakan tebing sungai serta perpindahan alur sungai. Kejadian tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan air serta bangunan infrastruktur lain yang ada di sekitarnya.

Kerusakan yang biasa terjadi di sekitar bangunan air antara lain gerusan lokal. Yaitu gerusan material dasar sungai di hilir/sekitar

bangunan air akibat peningkatan intensitas turbulensi aliran. Hal lain yaitu akibat pengangkutan material dasar sungai oleh aliran tanpa muatan sedimen. Kerusakan lainnya ialah aggradasi dan degradasi dasar sungai, dimana aggradasi merupakan terjadinya kenaikan dasar sungai pada ruas tertentu, sedangkan degradasi yaitu penurunan dasar sungai di suatu ruas tertentu. Hal ini dapat diakibatkan karena pasokan angkutan muatan sedimen yang datang dari hulu jauh lebih kecil daripada kemampuan aliran sungai di ruas tersebut untuk mengangkut sedimen, Atau akibat pengambilan material dasar sungai dengan volume yang lebih besar daripada pasokan sedimen yang masuk. Akan Tetapi Degradasi dasar sungai bisa juga terjadi karena ulah manusia yang mengambil material sungai secara berlebihan.

Salah satu tolok ukur kerusakan Daerah Aliran Sungai adalah besarnya angkutan sedimen di sungai, yang diakibatkan oleh aggradasi dan degradasi. Pengelolaan terhadap angkutan sedimen diperlukan mengingat dampak yang ditimbulkan sangat besar terhadap infrastruktur, perubahan penampang sungai di bagian hilir, yang akhirnya dapat berakibat banjir dan terganggunya transportasi air.

Dengan demikian, maka hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian yang menitikberatkan mengenai aggradasi dan degradasi yang terjadi pada ruas bagian dasar sungai, dengan judul Studi Pengaruh Variasi Bangunan Terhadap Aggradasi dan Degradasi Dasar Sungai.

## **B. Rumusan Masalah**

Mengingat latar belakang permasalahan yang ada di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh pemasangan bangunan terhadap aggradasi dan degradasi yang terjadi pada dasar sungai.
- b. Bagaimana menentukan hubungan antara debit aliran sungai, waktu pengaliran, dan jenis bahan dari bangunan terhadap penambahan dan penurunan yang terjadi di dasar sungai.

## **C. Tujuan Penelitian**

Sehubungan dengan permasalahan yang telah dirumuskan diatas, maka adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Menentukan bentuk/letak bangunan yang telah dipilih yaitu bendung ambang baja, bendung ambang cembung (beton) dan bendung ambang datar (beton) untuk menguji aggradasi dan degradasi yang terjadi di dasar sungai.
- b. Menentukan hubungan antara debit aliran sungai, waktu pengaliran dan Jenis dari bahan bangunan yang telah dipilih yaitu bendung ambang baja, bendung ambang cembung (beton) dan bendung ambang datar (beton) terhadap penambahan dan penurunan yang terjadi pada dasar sungai

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini yaitu diharapkan agar dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam pemilihan jenis dari bahan bangunan yang akan digunakan.

#### **E. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada:

1. Skala yang ditentukan berdasarkan fasilitas laboratorium yang ada.
2. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini air tawar.
3. Jenis material yang digunakan adalah pasir.
4. Saluran berbentuk trapesium dengan lebar dasar saluran 50 cm, tinggi saluran 20 cm.
5. Variasi penelitian yang dilakukan adalah 3 variasi debit, 2 variasi jenis bahan bangunan, 3 variasi waktu pengaliran.
6. Karakteristik aliran tidak dibahas.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dari penulisan tesis ini, dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan

penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

## 2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

## 3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian serta metode analisisnya secara terperinci.

## 4. Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini menjelaskan hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematik tentang data yang diperoleh. Sedangkan pada bagian pembahasan adalah mengolah data hasil penelitian dengan tujuan untuk mencapai tujuan penelitian.

## 5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dikemukakan kesimpulan dari seluruh rangkaian proses penelitian dan saran-saran terkait dengan kekurangan yang didapati dalam penelitian ini, sehingga nantinya dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Hasil Penelitian sebelumnya**

Agradasi dan degradasi dasar sungai terjadi akibat adanya gerusan dan pengendapan pada bagian dasar sungai. Telah dilakukan beberapa penelitian sebelumnya tentang agradasi/degradasi. Berikut ini adalah beberapa penelitian yang bisa menjadi acuan dalam penelitian ini.

Rukiyanti; Yiniarti (2007), Meneliti tentang tentang kajian degradasi dasar sungai dan penanggulangan untuk pengamanan bangunan sungai. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kecenderungan perubahan dasar sungai dan tebing sungai sebagai akibat terjadinya perubahan kecepatan aliran, perubahan debit, serta angkutan sedimen pada sungai Cipeleang dan kali Dengkeng dengan membuat pelindung tebing berupa krib, yang merupakan bangunan menonjol ke dalam alur sungai. Kajian ini dilakukan dengan cara pengumpulan data melalui metode dokumentasi dan observasi serta analisis dengan pendekatan menggunakan persamaan Schocklitch, dan persamaan-persamaan Meyer-Peter-Muller untuk data sekunder yang didapat dari instansi terkait dengan pengelolaan sungai bersangkutan.

Rukiyati; Yiniarti; Mulatsih,U.S (2008), melakukan kajian kinerja krib di Sungai Cimanuk pada 5 (lima) titik pemasangan krib tiang pancang dengan mengumpulkan data lapangan berupa panjang krib, jarak antar

krib, ketinggian krib, kedalaman pemancangan dan kedalaman penggerusan. Dari hasil analisis data dan gerusan yang terjadi dinyatakan bahwa krib tiang pancang yang dibangun di Sungai Cimanuk bekerja secara efektif untuk mengarahkan aliran dan perlindungan tebing, pengaruh penyempitan oleh deretan tiang pancang tidak terlalu besar sehingga tidak mempengaruhi bentuk sungai tersebut.

Ernawan Setyono (2007), mengkaji krib impermeabel sebagai pelindung pada belokan sungai. Dalam studi ini, perencanaan krib didasarkan pada pengaliran debit dominan hasil limpasan bendung Sengkaling sebesar 2,5 m<sup>3</sup>/det. Didapatkan jenis krib impermeabel dengan arah pemasangan 15° condong ke hulu. Dimensi krib yang sesuai adalah panjang dan berkisar antara 1,3 – 2,3 m, lebar sebesar 0,635 m, tinggi berkisar 0,6 – 1,8 m, dan jarak pemasangan krib antara 2,4 – 4 m. Dari penelitian ini didapatkan fluktuasi debit aliran dan kombinasi dengan konsolidasi pondasi untuk mendapatkan alternatif pemakaian krib yang tepat.

I Made Udiana (2005), melakukan penelitian dengan pemasangan krib pada belokan sungai untuk keseimbangan dasar sungai dengan baik dan konstruksi bendung konsolidasi. Dengan tujuan untuk menganalisis kemiringan rata-rata yang terjadi tiap section dan kedalaman gerusan maksimum yang terjadi terhadap pengaruh penempatan bendung konsolidasi. Kajian ini dilakukan dengan cara pengumpulan data melalui metode dokumentasi dan observasi serta analisis dengan pendekatan.

Berikut adalah tabel hasil dari penelitian sebelumnya tentang agradasi dan dgradasi dasar sungai, dapat dilihat pada table II.1. berikut:

Rukiyanti; Yimiarti (2007), judul : Kajian degradasi dasar sungai dan penanggulangannya untuk pengamanan bangunan sungai, hasil : Adanya pergeseran sedimentasi akibat gerusan yang terjadi, sehingga menyebabkan degradasi pada dasar sungai. Melakukan kajian dan pengecekan, dengan analisis pendekatan rumus-rumus persamaan.

I Made Udiana (2005), judul : mobil bekas untuk konstruksi bendung konsolidasi dan krib pada belokan sungai untuk keseimbangan dasar sungai, hasil : Hasil penelitian menunjukkan bahwa penempatan bendung konsolidasi dan krib impermeabel yang sesuai untuk belokan dapat memberikan keseimbangan dasar sungai yang baik. Penelitian ini mengabungkan antara bendung dengan 3 section dan krib dengan 3 formasi yaitu condong ke hulu, ke hilir dan tegak lurus.

## **B. Perilaku Sungai**

Sungai merupakan jalur aliran air diatas permukaan bumi yang disamping mengalirkan air juga mengangkut sedimen yang terkandung dalam air sungai tersebut. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase, dan dengan adanya air yang mengalir didalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus menerus sepanjang masa eksistensinya dan terbentuk lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing. Tebing

sungai di daerah pegunungan kemiringan sungainya curam, gaya tarik aliran airnya cukup besar. Tetapi setelah aliran sungai mencapai dataran, maka gaya tariknya sangat menurun. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan. Karena itu ukuran butir sedimen yang mengendap di bagian hulu, sungai itu lebih besar dari pada di bagian hilir (Sosrodarsono dan Tominaga, 1984).

Dengan terjadinya perubahan kemiringan yang mendadak pada saat alur sungai keluar dari daerah pegunungan yang curam dan memasuki dataran yang lebih landai, pada lokasi ini terjadi pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berpindahnya alur sungai dan terbentuk apa yang disebut kipas pengendapan. Pada lokasi tersebut sungai bertambah lebar dan dangkal, erosi dasar sungai tidak lagi terjadi, bahkan sebaliknya terjadi pengendapan yang sangat intensif. Dasar sungai secara terus menerus naik, dan sedimen yang hanyut terbawa arus banjir tersebut dan mengendap secara luas membentuk dataran aluviasi. Pada daerah dataran yang rata alur sungai erosi terjadi pada tebing bagian luar belokan yang berlangsung sangat intensif, sehingga terbentuklah meander. Dalam keadaan tersebut apabila terjadi debit banjir yang besar dapat menimbulkan luapan dan tergerusnya dinding bagian luar belokan sungai (Sosrodarsono dan Tominaga, 1984). Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan dinding

### C. Debit Aliran

Menurut Bambang Triadmodjo (2003), untuk menentukan debit aliran dengan menggunakan persamaan (1).

$$Q = V \cdot A \quad (1)$$

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

$V =$  Kecepatan aliran ( $m/det$ )

$A =$  Luas penampang basah ( $m^2$ )

Sedangkan untuk Luas penampang basah dan keliling basah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$A = y (B + my)$$

$$P = B + 2y \sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{y (B + my)}{B + 2y \sqrt{1 + m^2}} \quad (2)$$

Dimana:  $B =$  Lebar saluran (m)

$y =$  kedalaman saluran (m)

$m = 1 \operatorname{tg} \alpha$

$R =$  Jari – jari hidrolis (m)

### D. Bangunan Pengendali Sedimen

Bangunan pengendali sedimen berfungsi untuk memperlambat proses sedimentasi adalah dengan mengadakan pekerjaan teknik sipil untuk mengendalikan gerakannya menuju bagian sungai di sebelah hilir. Pekerjaan teknik sipil tersebut berupa pembangunan bendung penahan

(*check dam*), kantong lahar, bendung pengatur (*sabo dam*), bendung konsolidasi serta pekerjaan normalisasi alur sungai dan pengendalian erosi di lereng-lereng pegunungan.

### **1. Bendung Penahan**

Bendung-bendung penahan dibangun di sebelah hulu yang berfungsi memperlambat gerakan dan berangsur-angsur mengurangi volume banjir lahar. Untuk menghadapi gaya-gaya yang terdapat pada banjir lahar maka diperlukan bendung penahan yang cukup kuat. Selain itu untuk menampung benturan batu-batu besar, maka mercu dan sayap bendung harus dibuat dari beton atau pasangan yang cukup tebal dan dianjurkan sama dengan diameter maksimum batu-batu yang diperkirakan akan melintasi. Sangat sering runtuhnya bendung penahan disebabkan adanya kelemahan pada sambungan konstruksinya, oleh sebab ini sambungan-sambungan harus dikerjakan dengan sebaik-baiknya.

Walaupun terdapat sedikit perbedaan perilaku gerakan sedimen, tetapi metode pembuatan desain untuk pengendaliannya hampir sama, kecuali perbedaan pada konstruksi sayap mercu serta ukuran pelimpah dan bahan tubuh bendung. Untuk bendung pengendali gerakan sedimen secara fluvial yang bahannya berbutir halus, mercunya dapat dibuat lebih tipis. Bahan untuk tubuh beton selain beton dan pasangan batu dapat juga dari kayu, bronjong kawat, atau tumpukan batu. Sedangkan untuk bendung penahan gerakan massa biasanya digunakan beton dan

pasangan batu. Tipe bendung yang dipakai adalah tipe gravitasi yang lebih rendah dari 15 m.

## **2. Bendung Pengatur**

Di samping dapat pula menahan sebagian gerakan sedimen, fungsi utama bendung pengatur adalah untuk mengatur jumlah sedimen yang bergerak secara fluvial dalam kepekatan yang tinggi, sehingga jumlah sedimen yang meluap ke hilir tidak berlebihan. Dengan demikian besarnya sedimen yang masuk akan seimbang dengan kemampuan daya angkut aliran air sungainya, sehingga sedimentasi pada daerah kipas pengendapan dapat dihindarkan. Pada sungai-sungai yang diperkirakan tidak akan terjadi banjir lahar, tetapi banyak menghanyutkan sedimen dalam bentuk gerakan fluvial, maka bendung-bendung pengatur dibangun berderet-deret di sebelah hulu daerah kipas pengendapan. Untuk sungai-sungai yang berpotensi banjir lahar, maka bendung-bendung ini dibangun di antara lokasi sistem pengendalian lahar dan daerah kipas pengendapan. Jika tanah pondasi terdiri dari batuan yang lunak, maka gerusan tersebut dapat dicegah dengan pembuatan bendung anakan (*sub dam*). Kadang-kadang sebuah bendung memerlukan beberapa buah sub-dam, sehingga dapat dicapai kelandaian yang stabil pada dasar alur sungai di hilirnya. Stabilitas dasar alur sungai tersebut dapat diketahui dari ukuran butiran sedimen, debit sungai dan daya angkut sedimen, kemudian barulah jumlah sub-dam dapat ditetapkan. Selanjutnya harus pula

diketahui kedalaman gerusan di saat terjadi banjir besar dan menetapkan jumlah sub-dam yang diperlukan, agar dapat dihindarkan terjadinya keruntuhan bendung-bendung secara beruntun.

### **3. Bendung Konsolidasi**

Peningkatan aggradasi dasar sungai di daerah kipas pengendapan dapat dikendalikan dan dengan demikian alur sungai di daerah ini tidak mudah berpindah-pindah. Guna lebih memantapkan serta mencegah terjadinya degradasi alur sungai di daerah kipas pengendapan ini, maka dibangun bendung-bendung konsolidasi (*consolidation dam*). Jadi bendung konsolidasi tidak berfungsi untuk menahan atau menampung sedimen yang berlebihan. Apabila elevasi dasar sungai telah dimanfaatkan oleh adanya bendung-bendung konsolidasi, maka degradasi dasar sungai yang diakibatkan oleh gerusan dapat dicegah. Dengan demikian dapat dicegah pula keruntuhan bangunan perkuatan lereng yang ada pada bagian sungai tersebut. Selanjutnya bendung-bendung konsolidasi dapat pula mengekang pergeseran alur sungai dan dapat mencegah terjadinya gosong pasir. Tempat kedudukan bendung konsolidasi ditentukan berdasarkan tujuan pembuatannya dengan persyaratan sebagai berikut:

- Untuk tujuan pencegahan degradasi dasar sungai, bendung-bendung konsolidasi ditempatkan pada ruas sungai yang dasarnya

selalu menurun. Jarak antara masing-masing bendung didasarkan pertimbangan kemiringan sungai yang stabil.

- Apabila terdapat anak sungai, mesti dipertimbangkan penempatan bendung-bendung konsolidasi pada lokasi yang terletak di sebelah hilir muara anak sungai tersebut.
- Untuk tujuan pencegahan gerusan pada lapisan tanah pondasi suatu bangunan sungai, bendung-bendung konsolidasi ditempatkan di sebelah hilir bangunan tersebut.
- Untuk menghindarkan tergerus dan jebolnya tanggul pada sungai-sungai arus deras serta mencegah keruntuhan lereng dan tanah longsor, bendung-bendung konsolidasi ditempatkan langsung pada kaki-kaki tanggul, kaki lereng dan kaki tebing bukit yang akan diamankan.
- Apabila pembangunan sederetan bendung-bendung konsolidasi dikombinasikan dengan perkuatan tebing, jarak antara masing-masing bendung yang berdekatan supaya diambil 1,5 – 2,0 kali lebar sungai

### **E. Transpor Sedimentasi**

Secara umum sedimen transpor dapat diartikan sebagai proses perpindahan secara horisontal dari satu tempat lainnya baik dalam bentuk

campuran sedimen dengan fluida pengangkutnya (river and coastal transport) maupun aliran massa oleh fluida yang mengangkutnya (*massa flows*). Laju transpor sedimen adalah ukuran volume sedimen yang melintas suatu penampang dalam satuan waktu. Dalam mempelajari proses gerusan, maka tidak pernah lepas dari mempelajari bagaimana terjadinya proses sedimentasi. Transportasi sedimen dan sifat – sifat aliran, merupakan hal yang biasanya digunakan dalam mengidentifikasi masalah tentang interaksi antara aliran fluida dan campuran material terhadap terjadinya gerusan. Permulaan pergerakan partikel dalam sebuah aliran akan diketahui apabila timbul gaya untuk menarik dan mengangkat partikel yang menyebabkan sampai partikel bisa bergerak, melebihi gaya gravitasi bumi yang ada. Gerakan tersebut berasal dari suatu status keseimbangan gaya – gaya pada partikel yang dikenal dengan kondisi gaya awal (*initiation of motion*) dimana partikel berada dalam ambang batas atau keadaan diam menuju gerakan awal yaitu :

- c. Apabila nilai geser di dasar aliran baru saja melampaui nilai kritis kecepatan geser untuk gerak awal, maka partikel akan menggelinding atau menggeser atau gabungan dari keduanya dengan selalu bertumpu pada dasar saluran ( *rolling and sliding* ).
- d. Apabila nilai kecepatan geser di dasar saluran bertambah lagi, maka partikel akan bergerak sepanjang dasar dengan cara meloncat ( *saltation* ).

- e. Apabila kecepatan geser pada dasar bertambah besar dan melampaui kecepatan jatuh partikel maka partikel akan melayang (*suspended*).

Faktor-faktor yang menentukan transpor sedimen adalah sebagai berikut :

1. Sifat-sifat aliran air (*flow characteristics*)
2. Sifat-sifat sedimen (*sediment characteristics*)
3. Pengaruh timbal balik antara sifat aliran air dan sedimen (*interaction*)

Transpor sedimen merupakan fungsi dari karakteristik sedimen, fluida dan aliran. Transpor sedimen (debit solid) dapat juga dihitung dengan persamaan :  $q_s = q_{sb} + q_{ss} + (q_{sw})$  dimana:

$q_{sb}$  = bed load,  $q_{ss}$  = suspended load dan  $q_{sw}$  = wash load

Schoklitch (bed load)

$$q = \frac{2.5}{S_s} S_e^{3/2} (q - q_{cr}) \quad (3)$$

$q$  = Debit air sedimen

$q_{cr}$  = Debit keritik, menunjukkan awal gerak butir sedimen

$$q_{cr} = 0,26 (S_s - 1)^{5/3} d_{40}^{3/2} / S_e^{7/6}$$

## F. Degradasi dan Agradasi

Menurut (Setyono, 2007) Gerusan adalah perubahan dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Atau

dapat dikatakan juga bahwa gerusan adalah merupakan erosi pada dasar dan tebing saluran alluvial.

Bila dari satu penampang ke penampang berikutnya (penampang 1 → penampang 2) pada waktu tertentu kapasitas transport  $T$  meningkat, akan terjadi gerusan pada dasar untuk memenuhi kekurangannya. Jadi apabila:

$$\frac{dt}{dx} > 0 \rightarrow \text{gerusan}$$

dimana  $x$  adalah jarak antara titik 1 dan titik 2.

Jadi bukan kecepatan yang besar yang menimbulkan gerusan, tetapi adanya perubahan kapasitas angkut sedimen.

Pada keadaan  $\frac{dt}{dx} = 0$  akan terjadi kondisi setimbang, yang hanya terjadi pada aliran setimbang juga yaitu bila  $h = h_e$ , karena tidak terjadi perubahan-perubahan terhadap  $Q$  dan  $v$  atau  $I$  juga tetap nilainya. Walaupun rumus  $h_e$  tidak mengandung factor sedimen, tetapi akan mencerminkan kesetimbangan:

Pada  $h = h_e \rightarrow \frac{dt}{dx} = 0 \rightarrow$  tidak terjadi gerusan maupun pengendapan.

Secara analogi, apabila  $\frac{dt}{dx} < 0 \rightarrow$  akan terjadi kelebihan angkutan, sehingga sebagian akan diendapkan  $\rightarrow$  timbullah pengendapan. Permulaan pergerakan partikel dalam sebuah aliran akan diketahui apabila timbul gaya untuk menarik dan mengangkat partikel yang menyebabkan sampai partikel bisa bergerak, melebihi gaya gravitasi bumi yang ada.

Tabel 1. Proses penggerusan dan Pengendapan

Perbandingan Jumlah T (kapasitas transport)	Proses yang terjadi	
	Sedimen	Dasar
T1 = T2	Seimbang	Stabil
T1 < T2	Gerusan	Degradasi
T1 > T2	Pengendapan	Agradasi

Adapun faktor-faktor penentu angkutan sedimen ( Cahyono, 2007), yaitu:

- Sifat-sifat aliran air (flow characteristic)
- Sifat-sifat sedimen (sedimen characteristic)
- Pengaruh timbal balik (interaction)

Kedalaman gerusan setempat akibat pemasangan krib perlu dikontrol agar penurunan dasar sungai dapat dikendalikan.

Model degradasi dasar sungai dapat diselesaikan secara analitik pada persamaan (5) dan (6).

#### 1. Penyelesaian analitik

$$Z(x,t) = \Delta h(\operatorname{erfc}) \left[ \frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right] \quad (5)$$

#### 2. Complementary error function, erfc

$$\operatorname{erfc}(Y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_Y^{\infty} e^{-\xi^2} d\xi$$

$$\operatorname{erfc}(Y) = 1 - \operatorname{erf}(Y) \quad (6)$$

dimana:

$\Delta h$  = kedalaman air (m)

$Z$  = kedalaman gerusan dari dasar sungai (m)

erfc = error function dapat dihitung dengan bantuan tabel matematik dan tersedia pula dalam MS Excel.

Model agradasi dasar sungai dapat diselesaikan secara analitik pada persamaan (7).

$$Z(x,t) = \Delta h(t) \operatorname{erfc} \left[ \frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right] \quad (7)$$

Panjang ruas sungai yang mengalami agradasi,  $L_a$  ditetapkan sebagai panjang ruas sungai dari titik kontrol hulu sampai titik dimana deposisi mencapai  $z / \Delta h_m = 0,01$  ( $Y \approx 1,80$ ), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8).

$$L_a \approx X_{1\%} = 3,65 \sqrt{Kt_{1\%}} \quad (8)$$

### 3. Volume pasokan debit solid, $\Delta q_s$

- Selama waktu tertentu,  $\Delta t$ , volume debit solid adalah  $\Delta q_s \cdot \Delta t$
- Jumlah tersebut terdistribusi di dasar sungai sepanjang  $L_a$
- Dengan demikian didapat hubungan, pada persamaan (9).

$$\Delta q_s \cdot \Delta t = (1 - p) \int_0^{L_a} z \, dx \quad (9)$$

### 4. Tinggi (tebal) agradasi, $\Delta h$

- Dari panjang ruas sungai yang mengalami degradasi,  $L_a$  dan
- Dari volume debit solid adalah  $\Delta q_s \cdot \Delta t$
- Dapat dihitung tebal agradasi,  $\Delta h$

$$L_a \approx x_{1\%} = 3,65 \sqrt{Kt1\%} \quad \text{dan} \quad \Delta q_s \cdot \Delta t = (1 - p) \int_0^{L_a} z \, dx$$

### 5. Tinggi agradasi, $\Delta h$

$$\Delta h(t) = \left[ \frac{\Delta q_s \cdot \Delta t}{1,13(1-p)\sqrt{K\Delta t}} \right]$$
 bahwa tinggi agradasi ( $\Delta h$ ) merupakan fungsi waktu.

Menurut Setyono (2007), untuk menentukan gerusan maksimum dapat menggunakan persamaan (10).

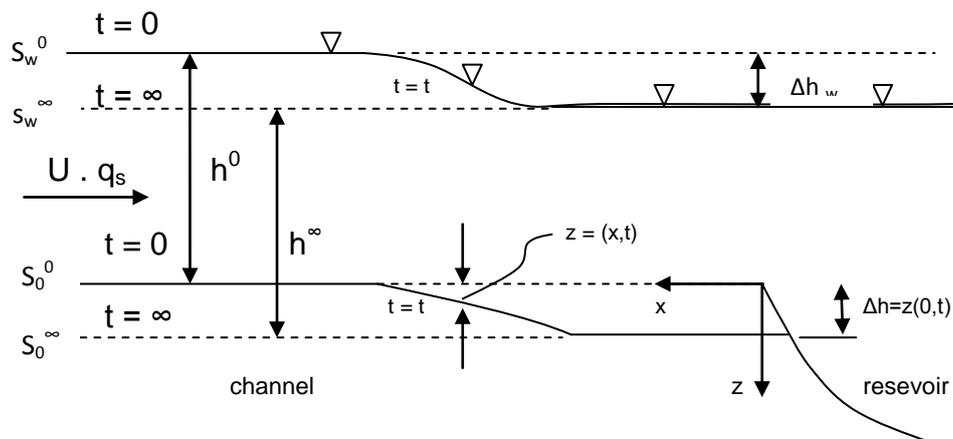
$$\frac{h+z}{h} = \frac{2,1}{2,75} \left( \frac{2,59^2}{D^{0,318}} \right)^{0,333} \quad (10)$$

dimana:

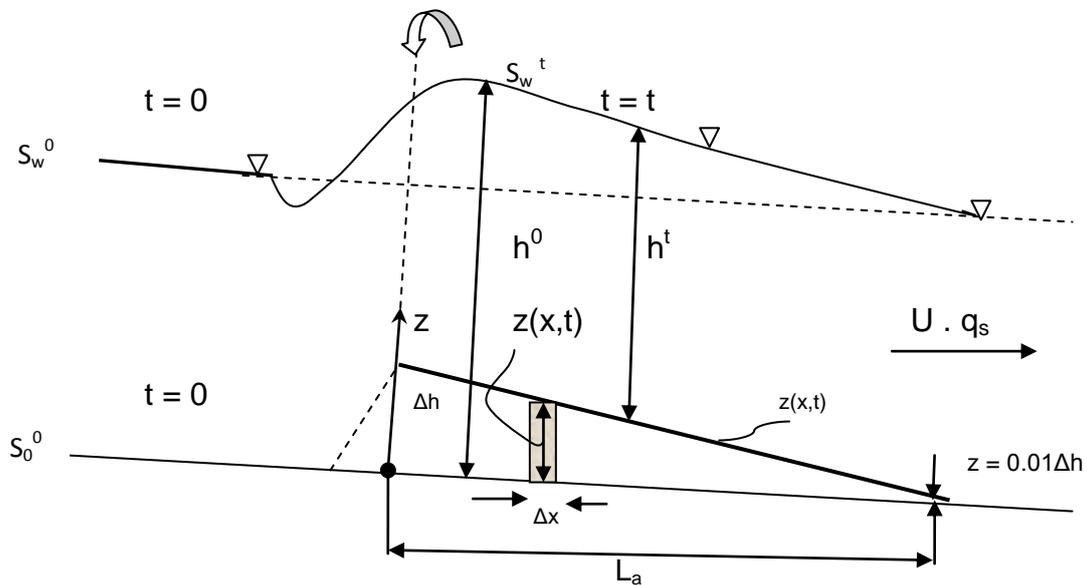
$h$  = kedalaman air (m)

$z$  = kedalaman gerusan dari dasar sungai (m)

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



Gambar 1. Degradasi Dasar Sungai



Gambar 2. Agradasi Dasar Sungai

### G. Konsep Dasar Permodelan

Menurut Nur Yuwono (1996), konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe.

Menurut Bambang Triatmodjo (2003), Hubungan antara model dan prototip dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidraulik. Sifat sebangun ini terbagi atas sebangun geometric, sebangun kinematik dan sebangun dinamik. Pada distorsi, model skala panjang arah horisontal dan skala panjang arah vertikal tidak sama, skala panjang arah horisontal dan skala panjang arah vertikal adalah sama.

## 1. Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik dipenuhi apabila model dan prototipe mempunyai bentuk yang sama tetapi berbeda ukuran. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Perbandingan ini disebut dengan skala geometrik.

Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi. Pada sebangun geometrik tanpa distorsi, skala panjang arah horisontal dan skala panjang arah vertikal adalah sama, sedangkan pada distorsi, model skala panjang arah horisontal dan skala panjang arah vertikal tidak sama. Penggunaan skala sebaiknya dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa maka digunakan skala distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk seperti dibawah ini.

$$n_L = \frac{L_p}{L_m}$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m}$$

Dimana:

$n_L$  = skala panjang

$n_h$  = skala tinggi

$L_p$  = ukuran panjang prototipe

$L_m$  = ukuran panjang model

$h_p$  = ukuran tinggi pada prototipe

$h_m$  = ukuran tinggi pada model

## 2. Sebangun kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar.

Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horizontal.

Pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model. Skala kecepatan diberi notasi  $n_u$ , skala percepatan  $n_a$ , dan skala waktu  $n_T$  sehingga dapat didefinisikan seperti pada persamaan (11).

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (11)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad (12)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \quad (13)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (14)$$

### 3. Sebangun dinamik

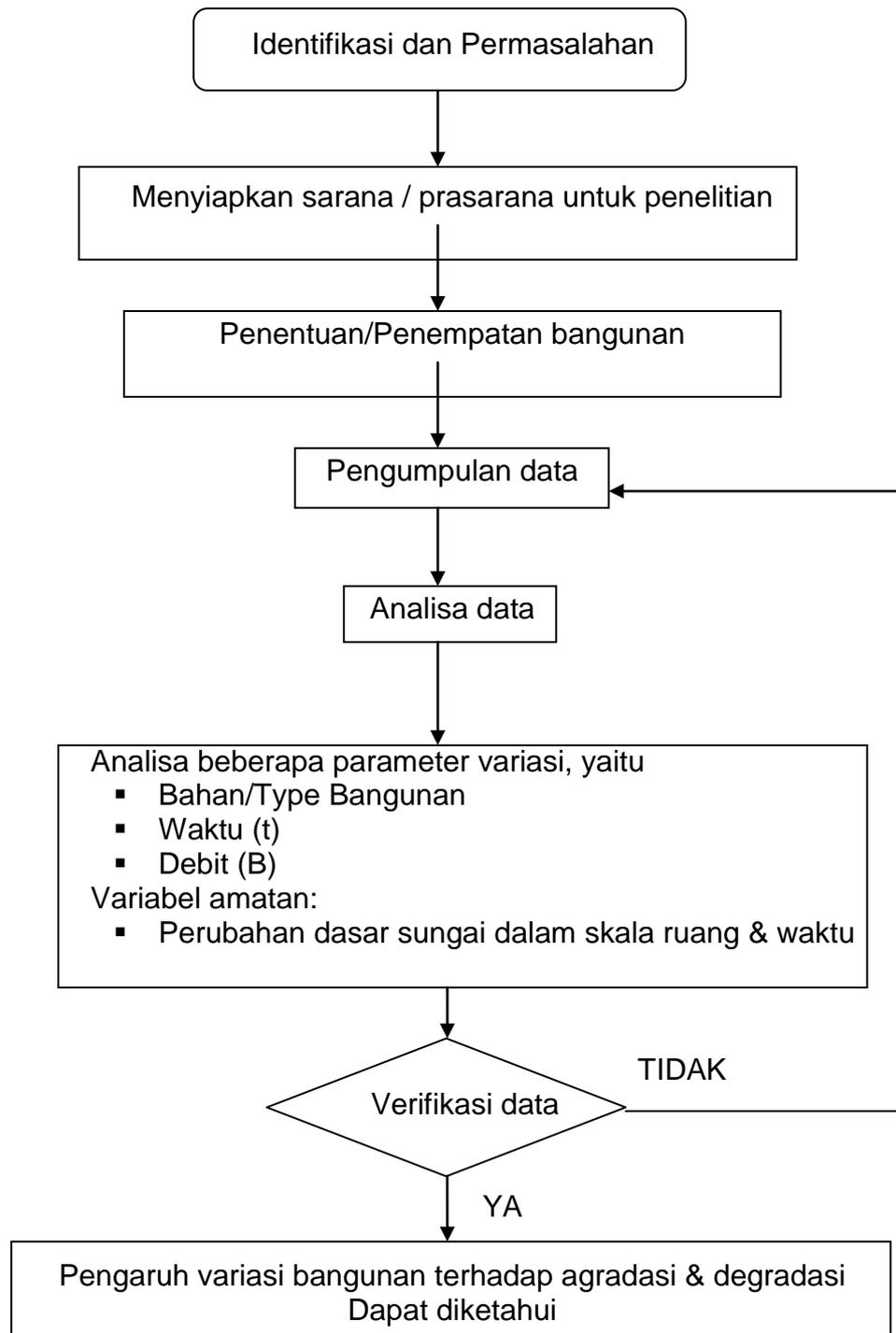
Jika prototipe dan model sebangun geometrik dan kinematik, gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran mempunyai perbandingan yang sama dan bekerja pada arah yang sama, maka dikatakan sebagai sebangun dinamik. Permulaan pergerakan partikel dalam sebuah aliran akan diketahui apabila timbul gaya untuk menarik dan mengangkat partikel yang menyebabkan sampai partikel bisa bergerak, melebihi gaya gravitasi bumi yang ada. Sebangun dinamik dapat dilihat pada persamaan (15).

$$n_F = \frac{F_p}{F_m} \quad (15)$$

Dimana:  $n_F$  = skala gaya

$F_p$  = ukuran gaya pada prototype

$F_m$  = ukuran gaya pada Model



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian