

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH DEBIT ALIRAN TERHADAP  
PENGSELONTORAN SEDIMEN DI MUARA SUNGAI**

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DEBIT FLOW ON  
SEDIMENT FLOODING IN THE ESTIMATE OF THE RIVER**

**NUR ALIF INDRANTO  
D011 18 1304**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**ANALISIS PENGARUH DEBIT ALIRAN TERHADAP PENGGELONTORAN  
SEDIMEN DI MUARA SUNGAI**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**NUR ALIF INDRANTO**

**D011 18 1304**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



**Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.,IPM.AER**  
NIP: 196012311986091001

Pembimbing II,



**Ir. Andi Subhan Mustari, ST, M.Eng., AER.**  
NIP: 197605312005011004

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
NIP: 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ummi Sakinah, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Analisis Pengaruh Debit Aliran Terhadap Penggolontoran Sedimen Di Muara Sungai**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 23 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Nur Alif Indranto  
NIM: D011 18 1304

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Pengaruh Debit Aliran Terhadap Penggolontoran Sedimen Di Muara Sungai". Dan tak lupa pula mengirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shallahu Alaihi Wasallam sebagai idola terbaik sepanjang zaman serta para sahabat dan keluarga beliau dan orang-orang yang senantiasa istiqomah di jalan islam ini.

Tentunya tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang sekaligus menutup perjalanan penulis dalam menempuh pendidikan strata satu pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Prof. Dr.Ir.H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., IPM.** selaku dosen pembimbing I, **Bapak Ir. A. Subhan Mustari S.T. M.Eng., AER.** selaku dosen pembimbng II, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan serta kesabarannya dalam menghadapi kualitas ilmu penulis dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.

4. **Ibu Dr. Eng. Ir. Rita Tahir Lopa, M.T.,PU-SDA** selaku Kepala Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
5. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Kamaruddin Yusuf** dan ibunda **Basmawati**, atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan baik secara moril maupun materil.
2. Adik **Nur Aliyah Azkiya**, sebagai saudara dan teman seumur hidup penulis. Terima kasih atas doa, semangat dan segala dukungan yang diberikan agar segera menyelesaikan tugas akhir ini.
3. **Muklaz, Ahsan, Fak, Rahil, Idrus, Cole, Mila, Fiqri, Didi dan Muh. Yusran H.** sebagai teman yang selalu menemani penulis di dunia perkuliahan. Terima kasih telah berbagi suka duka dan semua pengalaman baru yang sangat menyenangkan.
4. **Ummi Sakinah**, selaku partner dalam berbagi pengalaman suka dan duka, mulai dari partner pengurus, kerja praktek, KKN, dan banyak hal lain. Terima kasih telah menemani dan banyak memberikan bantuan.
5. Rekan-rekan di **Labolatorium Hidrolika Universitas Hasanuddin**,. Terima kasih karena telah menjadi teman berdiskusi dan memberikan pengalaman serta ilmu.
6. Rekan-rekan Tim Riset Muara, Terkhusus **Bapak Imam Rohani**. Terima kasih telah memberikan saran dan masukan dalam penyeleasain tugas akhir ini.
7. Saudara-saudari **TRANSISI 2019** yang senantiasa bersama-sama berproses dalam dinamika kehidupan kampus, memberikan begitu banyak warna dan pengalaman yang sangat berharga.

8. Teman-teman pengurus **HMS FT-UH Periode 2020/2021** yang begitu banyak memberikan pengalaman dan pembelajaran berharga dalam proses pengembangan diri.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan.

Akhirnya semoga Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan kebaikan dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil dan bagi kita semua.

Gowa, Juli 2023

Penulis

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki lima pulau besar dan ribuan pulau kecil sehingga memiliki wilayah pantai yang sangat panjang mencapai 80.000 km dengan muara sungai yang cukup banyak. Muara sungai memegang peran penting selain sebagai pintu penyaluran banjir ke laut, juga sebagai alur transportasi air. Semakin intensifnya kegiatan pemanfaatan wilayah pantai dan muara sungai dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan, prasarana dan sebagainya, yang akan mengakibatkan mundurnya garis pantai, tanah yang timbul akibat endapan pantai yang dapat mengakibatkan majunya garis pantai, pembelokan atau pendangkalan muara yang dapat menyumbat aliran sungai, pencemaran dan instruksi air laut.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini diharapkan mampu menganalisis pengaruh variasi debit terhadap karakteristik aliran dan menganalisis pengaruh debit terhadap penggelontoran sedimen

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika secara eksperimental dimana secara fisik meliputi studi literatur, penyiapan alat dan bahan, pemodelan fisik, dan pengumpulan data berdasarkan hasil pengamatan fenomena yang terjadi pada model dan analisis hasil pengumpulan data dengan menggunakan Microsoft Excel dan diolah menggunakan program komputer "*Surfer v13*" untuk membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

Kecepatan aliran meningkat seiring meningkatnya debit dan begitupun sebaliknya jika debit suatu muara rendah maka kecepatan aliran yang terjadi akan semakin kecil dan aliran yang terjadi termasuk ke dalam jenis aliran cenderung sub kritis.

Penggelontoran sedimen yang terjadi dipengaruhi oleh debit yang mengalir di muara. Semakin tinggi debit yang mengalir maka penggelontoran sedimen pada muara juga akan semakin meningkat. Sehingga penggelontoran sedimen muara berbanding lurus dengan debit yang mengalir.

**Kata Kunci:** Muara, Kecepatan aliran, Debit, Sedimen, Komposit.

## ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic country that has five large islands and thousands of small islands so that it has a very long coastal area of up to 80,000 km with quite a lot of river mouths. River estuaries play an important role apart from being a channel for channeling floods to the sea, as well as a channel for water transportation. The more intensive use of coastal areas and river estuaries can lead to an increase in needs, infrastructure and so on, which will result in the retreat of the coastline, land arising from coastal sediments which can lead to the advancement of the coastline, diversion or silting of estuaries which can clog river flows, pollution and seawater intrusion.

Based on this, this study is expected to be able to analyze the effect of variations in discharge on flow characteristics and analyze the effect of discharge on sediment flushing

The research was carried out in the Hydraulics Laboratory on an experimental basis which physically included literature studies, preparation of tools and materials, physical modeling, and data collection based on observations of phenomena that occurred in the model and analysis of the results of data collection using Microsoft Excel and processing using the computer program "Surfer v13 " to draw conclusions from the research that has been done.

The flow velocity increases as the discharge increases and vice versa if the discharge in an estuary is low, the flow velocity that occurs will be smaller and the flow that occurs is included in the type of flow which tends to be sub critical.

The sediment flushing that occurs is influenced by the discharge that flows in the estuary. The higher the discharge that flows, the flushing of sediment in the estuary will also increase. So that the flushing of estuarine sediment is directly proportional to the flowing discharge.

**Keywords:** Estuary, Flow velocity, Discharge, Sediment, Composite.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Muara Sungai.....	6
A.1 Muara yang Didominasi Gelombang Laut.....	8
A.2 Muara yang Didominasi Debit Sungai.....	9
A.3 Muara yang Didominasi Pasang Surut.....	10
B. Karakteristik Aliran Pada Saluran Terbuka .....	11
C. Angkutan Sedimen dan Gerusan.....	12
C.1 Jenis Angkutan Sedimen .....	15
C.2 Jenis-Jenis Gerusan .....	16
D. Awal Gerak Butiran Sedimen .....	20
E. Penampang Komposit dan Gabungan.....	23
F. Hukum Dasar Model.....	25
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	30

A. Umum .....	30
B. Lokasi Penelitian .....	30
C. Alat dan Bahan Penelitian .....	31
C.1 Alat Penelitian .....	31
C.2 Bahan Penelitian .....	32
D. Prosedur Penelitian .....	32
D.1 Tahapan Pendahuluan .....	33
D.2 Pengambilan Data .....	34
D.3 Analisis dan Pengolahan Data .....	37
D.4 Bagan Alur Penelitian .....	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
A. Hasil Penelitian .....	39
A.1 Data Penampang .....	39
A.2 Data Debit Aliran .....	43
A.3 Data Pasang Surut .....	44
A.4 Data Tinggi Muka Air .....	45
A.5 Data Kecepatan .....	46
A.6 Data Karakteristik Sedimen .....	47
B. Validasi Data .....	48
C. Pembahasan .....	48
C.1 Angka Froude dan Angka Reynold .....	48
C.2 Pengaruh Debit Terhadap Kecepatan Aliran .....	50
C.3 Pengaruh Debit Terhadap Penggelontoran Sedimen .....	52
C.4 Pola Penggelontoran Sedimen .....	54
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
A. Kesimpulan .....	59
B. Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Skematis struktur muara. Batas jangkauan antara air laut dapat berubah posisi tergantung pada debit sungai dan pasang surut (G. M. E. Perillo et All 2011) .....	7
<b>Gambar 2.</b> Model konsep muara yang didominasi gelombang. (a) Rezim energi. (B) Bentuk morfologi. (c) Penampang terhadap MSL. (D Fitzgerald et all 2015) .....	8
<b>Gambar 3.</b> Model konsep muara yang didominasi oleh pasang surut. (a) Rezim energi. (B) bentuk morfologi. (c) Penampang terhadap MHT (D Fitzgerald et all 2015) .....	10
<b>Gambar 4.</b> Hubungan kedalaman gerusan (clear water scour and live bed scour) terhadap waktu (Chabert & Engeldinger (1956) dalam Barbhuiya 2004) .....	19
<b>Gambar 5.</b> Diagram Shields, Hubungan Tegangan Geser Kritis dengan Bilangan Reynold (Breuser dan Raudkivi, 1991).....	22
<b>Gambar 6.</b> Penampang Komposit dan Gabungan .....	24
<b>Gambar 7.</b> Lokasi Penelitian .....	30
<b>Gambar 8.</b> Flume Saluran Percobaan .....	31
<b>Gambar 9.</b> <i>Point Gauge</i> .....	31
<b>Gambar 10.</b> Penempatan penampang di flume .....	35
<b>Gambar 11.</b> Penampang Eksisting .....	35
<b>Gambar 12.</b> Model Pengaturan penampang komposit .....	36
<b>Gambar 13.</b> Bagan Alur Penelitian .....	38
<b>Gambar 14.</b> Potongan melintang model penampang .....	39
<b>Gambar 15.</b> Potongan melintang model penampang komposit 20% 3 cm .....	40
<b>Gambar 16.</b> Potongan melintang model penampang komposit 20% 4,5 cm .....	41
<b>Gambar 17.</b> Potongan melintang model penampang komposit 20% 6 cm .....	41

<b>Gambar 18.</b> Potongan melintang model penampang komposit 30% 3 cm .....	42
<b>Gambar 19.</b> Potongan melintang model penampang komposit 30% 4.5 cm .....	42
<b>Gambar 20.</b> Potongan melintang model penampang komposit 30% 6 cm .....	43
<b>Gambar 21.</b> Validasi Data Kecepatan pada Penampang Eksisting .....	48
<b>Gambar 22.</b> Pengaruh debit terhadap kecepatan aliran pada penampang komposit, tinggi ( $h^*$ ) = 3 cm .....	51
<b>Gambar 23.</b> Pengaruh debit terhadap kecepatan aliran pada penampang komposit, tinggi ( $h^*$ ) = 4.5 cm .....	51
<b>Gambar 24.</b> Pengaruh debit terhadap kecepatan aliran pada penampang komposit, tinggi ( $h^*$ ) = 6 cm .....	52
<b>Gambar 25.</b> Pengaruh debit terhadap kecepatan aliran pada penampang komposit, tinggi ( $h^*$ ) = 3 cm .....	52
<b>Gambar 26.</b> Pengaruh debit terhadap kecepatan aliran pada penampang komposit, tinggi ( $h^*$ ) = 4.5 cm .....	53
<b>Gambar 27.</b> Pengaruh debit terhadap kecepatan aliran pada penampang komposit, tinggi ( $h^*$ ) = 6 cm .....	53
<b>Gambar 28.</b> Prespektif penampang di muara dan sistem grid .....	54
<b>Gambar 29.</b> Detail A – Sistem grid pengamatan kedalaman gerusan .....	55
<b>Gambar 30.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang eksisting untuk Q1 .....	55
<b>Gambar 31.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang eksisting untuk Q2 .....	55
<b>Gambar 32.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang eksisting untuk Q3 .....	55
<b>Gambar 33.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang komposit 20% untuk Q1 .....	56
<b>Gambar 34.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang komposit 20% untuk Q2 .....	56

<b>Gambar 35.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang komposit 20% untuk Q3.....	56
<b>Gambar 36.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang komposit 30% untuk Q1.....	57
<b>Gambar 37.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang komposit 30% untuk Q2.....	57
<b>Gambar 38.</b> Kontur dan Isometri pola gerusan pada penampang komposit 30% untuk Q3.....	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Skala model.....	34
<b>Tabel 2.</b> Data Debit Aliran .....	44
<b>Tabel 3.</b> Data Pasang Surut di Laboratorium.....	44
<b>Tabel 4.</b> Data Pasang Surut di Lapangan.....	44
<b>Tabel 5.</b> Tinggi Muka Air pada Kondisi Eksisting untuk Q1 .....	45
<b>Tabel 6.</b> Tinggi Muka Air pada Kondisi Eksisting untuk Q2.....	45
<b>Tabel 7.</b> Tinggi muka air pada kondisi eksisting untuk Q3 .....	45
<b>Tabel 8.</b> Tinggi muka air pada penyempitan penampang komposit 20 % untuk Q1 .....	45
<b>Tabel 9.</b> Tinggi muka air pada penyempitan penampang komposit 20 % untuk Q2.....	45
<b>Tabel 10.</b> Tinggi muka air pada penyempitan penampang komposit 20 % untuk Q3.....	45
<b>Tabel 11.</b> Tinggi muka air pada penyempitan penampang komposit 30% untuk Q1 .....	46
<b>Tabel 12.</b> Tinggi muka air pada penyempitan penampang komposit 30% untuk Q2.....	46
<b>Tabel 13.</b> Tinggi muka air pada penyempitan penampang komposit 30% untuk Q3.....	46
<b>Tabel 14.</b> Kecepatan aliran pada kondisi eksisting untuk Q1 .....	46
<b>Tabel 15.</b> Kecepatan aliran pada kondisi eksisting untuk Q2.....	46
<b>Tabel 16.</b> Kecepatan aliran pada kondisi eksisting untuk Q3.....	46
<b>Tabel 17.</b> Kecepatan aliran pada penyempitan penampang komposit 20% untuk Q1 .....	46
<b>Tabel 18.</b> Kecepatan aliran pada penyempitan penampang komposit 20% untuk Q2.....	46
<b>Tabel 19.</b> Kecepatan aliran pada penyempitan penampang komposit 20% untuk Q3.....	47

<b>Tabel 20.</b> Kecepatan aliran pada penyempitan penampang komposit 30% .....	47
<b>Tabel 21.</b> Kecepatan aliran pada penyempitan penampang komposit 30% .....	47
<b>Tabel 22.</b> Kecepatan aliran pada penyempitan penampang komposit 30% .....	47
<b>Tabel 23.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada kondisi eksisting untuk Q1 .....	48
<b>Tabel 24.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada kondisi eksisting untuk Q2 .....	48
<b>Tabel 25.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada kondisi eksisting untuk Q3 .....	49
<b>Tabel 26.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada penyempitan penampang komposit 20 % Untuk Q1.....	49
<b>Tabel 27.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada penyempitan penampang komposit 20 % untuk Q2 .....	49
<b>Tabel 28.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada penyempitan penampang komposit 20 % untuk Q3 .....	49
<b>Tabel 29.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada penyempitan penampang komposit 30 % untuk Q1 .....	49
<b>Tabel 30.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada penyempitan penampang komposit 30 % untuk Q2 .....	49
<b>Tabel 31.</b> Angka Froude dan angka Reynold pada penyempitan penampang komposit 30 % untuk Q3 .....	49

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki lima pulau besar dan ribuan pulau kecil sehingga memiliki wilayah pantai yang sangat panjang mencapai 80.000 km dengan muara sungai yang cukup banyak. Muara sungai memegang peran penting selain sebagai pintu penyaluran banjir ke laut, juga sebagai alur transportasi air. Wilayah tersebut merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai kawasan pemukiman, pusat pemerintahan, pelabuhan, pertambangan, industri, perikanan, pertanian, pariwisata dan sebagainya. Semakin intensifnya kegiatan pemanfaatan wilayah pantai dan muara sungai dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan, prasarana dan sebagainya, yang selanjutnya akan mengakibatkan munculnya permasalahan baru; yaitu mundurnya garis pantai, tanah yang timbul akibat endapan pantai yang dapat mengakibatkan majunya garis pantai, pembelokan atau pendangkalan muara yang dapat menyumbat aliran sungai, pencemaran dan intrusi air laut.

Permasalahan lainnya yang berkaitan dengan alur adalah kurang baiknya kinerja pengurasan kantong pasir pada bangunan pengambilan air irigasi serta daya tampung reservoir waduk yang semakin menurun akibat sedimentasi. Kinerja pengurasan ditentukan oleh kecepatan aliran atau debit yang dapat diatur dengan bukaan pintu. Namun pada kondisi



medan tertentu kecepatan pengurasan sulit tercapai sehingga proses pengurasanpun tidak berjalan secara optimal.

Sedimentasi di muara pada umumnya terjadi pada sungai-sungai yang mengangkut sedimen cukup banyak dengan debit yang sangat fluktuatif (besar pada saat musim penghujan dan kecil pada saat musim kemarau). Angkutan sedimen menyusur pantai (longshore sediment transport) akan memperparah endapan di muara dan menjadi penyebab utama endapan di alur pintu pelabuhan.

Pengendapan sedimen yang berlebihan dapat menyebabkan pendangkalan sungai maupun waduk. Kapasitas tampung akan menurun, sehingga dapat menyebabkan luapan air ke daerah pemukiman (banjir) yang pastinya sangat merugikan masyarakat sekitar.

Berdasarkan uraian di atas dengan melihat begitu kompleks permasalahan yang ada serta bahaya yang dapat ditimbulkan, maka hal tersebut menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan penelitian berjudul “**Analisis Pengaruh Debit Aliran Terhadap Penggelontoran Sedimen Di Muara Sungai**”.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang penelitian dapat ditarik kesimpulan mengenai bahasan permasalahan yang menjadi pokok pembahasan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi debit terhadap karakteristik aliran pada muara sungai?
2. Bagaimana pengaruh debit terhadap penggelontoran sedimen pada penampang komposit di muara sungai?

### **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memenuhi maksud dan tujuan-tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi debit terhadap karakteristik aliran pada muara sungai
2. Menganalisis pengaruh debit terhadap penggelontoran sedimen pada penampang komposit di muara sungai

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi utamanya dalam studi terkait dengan konsep pedoman pelaksanaan dilapangan, model sistem penampang saluran untuk rekayasa pemeliharaan alur. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai referensi sistem penampang yang mampu memelihara alurnya sendiri.

### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Muara yang ditinjau adalah sungai Soro di Takalar

2. Gelombang dan arus tidak dimodelkan
3. Pasang surut yang ditinjau hanya tinggi elevasi muka air
4. Sedimen yang dimodelkan adalah pasir sungai maros
5. Kekasaran dinding saluran tidak ditinjau
6. Kemiringan dasar rata (tidak bergelombang)

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

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut.

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, Batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang teori-teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisis tentang permasalahan dari penelitian.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian, termasuk juga kerangka alir penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

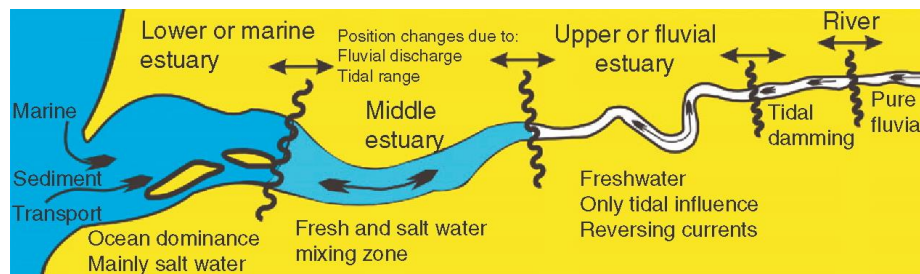
## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Muara Sungai**

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan di muara sungai dapat ditinjau dibagian mulut sungai (river mouth) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut, sedangkan estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan, debit, profil muka air, intrusi air asin) di estuari dapat sampai jauh ke hulu sungai, tergantung pada tinggi pasang surut, debit sungai dan karakteristik estuari (tampang aliran, kekasaran dinding, dan sebagainya).

Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/ pembuangan debit sungai terutama pada waktu banjir ke arah laut. Karena letaknya yang di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar dibanding pada penampang sungai disebelah hulu. Selain itu, muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut yang bisa lebih besar dari debit sungai. Sesuai dengan fungsinya tersebut, muara sungai harus cukup lebar dan dalam. Permasalahan yang sering dijumpai adalah banyaknya endapan di muara sungai sehingga tampang alirannya kecil, yang dapat mengganggu pembuangan debit sungai ke laut. Ketidاكلancaran pembuangan tersebut dapat mengakibatkan banjir

didaerah sebelah hulu muara (Triadmodjo, 1999). Gambar 1. Menunjukkan skematis struktur muara.



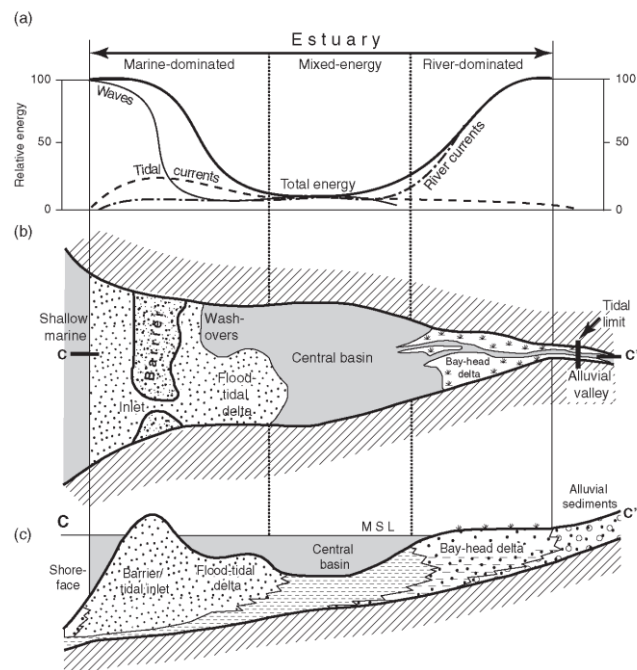
**Gambar 1.** Skematis struktur muara. Batas jangkauan antara air laut dapat berubah posisi tergantung pada debit sungai dan pasang surut (G. M. E. Perillo et All 2011)

Berdasarkan gambar diatas, interaksi antara sungai dan pasang surut, sebuah muara dapat dibagi dalam tiga sektor: (1) lautan, muara bawah yang didominasi oleh pasang surut dan air asin; (2) muara tengah, dimana dominasi diberikan oleh pencampuran air tawar dan air asin dalam proporsi yang berbeda; dan (3) muara bagian atas dan fluvial dimana hanya ada air tawar yang terkena dampak pasang surut.

Muara sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut (Nur Yuwono dalam Triadmodjo 1999). Ketiga faktor tersebut akan berperan secara bersamaan dalam suatu muara, hanya saja salah satu yang akan mendominasi.

### A.1 Muara yang Didominasi Gelombang Laut

Gelombang laut yang besar dapat menyebabkan transportasi sedimen dari laut menuju muara dan menyebabkan endapan. Apabila debit sungai kecil kecepatan arus tidak mampu mengerosi endapan tersebut sehingga muara sungai benar-benar akan tertutupi sedimen. Permasalahan akan timbul pada musim hujan, dimana debit banjir dari daerah aliran sungai tidak dengan lancar dapat dialirkan menuju laut. Akibatnya, banjir dapat terjadi di daerah sebelah hulu muara baik itu permukiman ataupun persawahan. Jika debit sungai sepanjang tahun cukup besar, kecepatan arus dapat mengerosi endapan tersebut, sehingga mulut sungai selalu terbuka. Model konsep muara yang didominasi gelombang seperti ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2.** Model konsep muara yang didominasi gelombang. (a) Rezim energi. (B) Bentuk morfologi. (c) Penampang terhadap MSL. (D Fitzgerald et all 2015)

## **A.2 Muara yang Didominasi Debit Sungai**

Beban Muara dengan jenis ini terjadi pada sungai yang debit sepanjang tahunnya cukup besar sedangkan gelombang lautnya relatif lebih kecil. Sungai dengan debit besar tentunya membawa angkutan sedimen yang lebih besar dari hulunya. Ketika sampai pada muara, sedimen yang terendap merupakan sedimen dengan suspensi partikel yang sangat kecil, yaitu dalam beberap mikron. Sifat-sifat sedimen ini lebih tergantung pada gaya-gaya permukaan dari pada gaya berat, yang berupagaya tarik-menarik dan tolak menolak. Mulai salinitas air sekitar 1 sampai 3‰, gaya tolak menolak antara partikel berkurang dan partikel-partikel tersebut akan bergabung membentuk flokon dengan diameter jauh lebih besar dari partikel individu (Triatmodjo, 1999). Bersatunya partikel tersebut juga dibarengi kecepatan endap yang meningkat tajam.

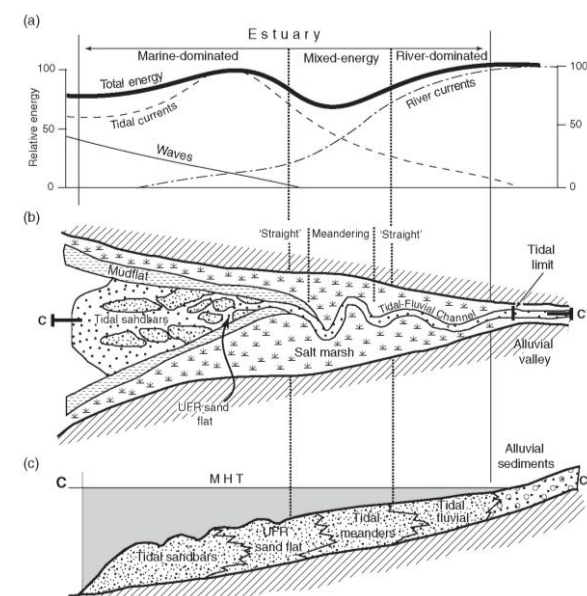
Pada saat terjadi surut, sedimen akan terdorong ke muara dan terdorong ke laut. Selama periode titik balik dimana kecepatan aliran kecil, sebagian suspensi mengendap. Saat berikutnya dimana air mulai pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian suspensi dari laut masuk kembali ke sungai bertemu dengan sedimen yang berasal dari hulu. Dialur sungai, terutama pada waktu air surut kecepatan aliran besar, sehingga sebagian sedimen yang telah diendapkan tererosi kembali. Tetapi didepan muara dimana aliran telah menyebar, kecepatan aliran lebih kecil sehingga tidak mampu mengerosi semua sedimen yang telah diedapkan. Dengan demikian dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang



mengendap jauh lebih banyak dari yang tererosi, sehingga terjadi pengendapan didepan mulut sungai. Proses tersebut terjadi terus-menerus sehingga muara sungai akan maju ke arah laut membentuk delta.

### A.3 Muara yang Didominasi Pasang Surut

Setiap Pada muara yang mengalami pasang yang cukup tinggi, air laut akan masuk ke sungai dengan volume yang cukup besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu surut, volume air yang sangat besar itu mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian, kecepatan arus selama air surut tersebut besar dan cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Muara sungai ini berbentuk seperti lonceng.



**Gambar 3.** Model konsep muara yang didominasi oleh pasang surut. (a) Rezim energi. (B) bentuk morfologi. (c) Penampang terhadap MHT (D Fitzgerald et all 2015)

## **B. Karakteristik Aliran Pada Saluran Terbuka**

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

Aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (uniform) apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Pada aliran seragam, garis energi, garis muka air dan dasar saluran adalah sejajar sehingga kemiringan dari ketiga garis tersebut adalah sama. Kedalaman air pada aliran seragam disebut dengan kedalaman normal  $n$ . Untuk debit aliran dan luas tampang lintang saluran tertentu, kedalaman normal adalah konstan di seluruh panjang saluran (Bambang Triatmodjo, 2008).

Aliran disebut tidak seragam atau berubah (non uniform flow atau varied flow) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan. Apabila perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka disebut aliran berubah cepat, sedang apabila terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah beraturan (Bambang Triatmodjo, 2008).

Bambang Triatmojo dalam bukunya *Hidraulika II* (2008) menjelaskan bahwa aliran melalui saluran terbuka juga dapat dibedakan menjadi aliran sub kritis (mengalir) dan super kritis (meluncur). Di antara kedua tipe tersebut adalah aliran kritis. Aliran disebut sub kritis adalah apabila suatu gangguan (misalnya batu dilemparkan ke dalam aliran sehingga menimbulkan gelombang) 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. Penentuan tipe aliran dapat didasarkan pada nilai angka Froudee  $Fr$ , yang mempunyai bentuk  $Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}$ , dengan  $V$  dan  $y$  adalah kecepatan dan kedalaman aliran. Aliran adalah sub kritis apabila  $Fr < 1$ , kritis apabila  $Fr = 1$ , dan super kritis apabila  $Fr > 1$ . dalam mm.

### **C. Angkutan Sedimen dan Gerusan**

Berdasarkan Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel. Proses sedimentasi meliputi proses

erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (deposition) dan pemadatan (compaction) dari sedimentasi itu sendiri (Oktavia dkk., 2019).

Transpor sedimen merupakan fenomena kompleks yang sering terjadi akibat terlepasnya partikel tanah dan kemudian terbawa aliran ke bagian hilir saluran. Jika ditinjau sebuah pias pada sebuah saluran aluvial, akan terjadi tiga buah kemungkinan kondisi dasar saluran akibat adanya proses transpor sedimen. Kondisi pertama adalah saat besaran debit sedimen masuk sama dengan debit sedimen keluar, kondisi kedua adalah ketika debit sedimen masuk lebih besar jika dibandingkan dengan debit sedimen keluar, dan kondisi ketiga adalah jika debit sedimen masuk lebih kecil daripada debit sedimen keluar (Purnomo dkk., 2016).

Kondisi dasar saluran aluvial yang equilibrium merupakan kondisi akibat terjadinya kemungkinan yang pertama. Saat besaran debit sedimen masuk sama dengan debit sedimen keluar, maka kondisi dasar saluran aluvial akan stabil, dan kondisi ini disebut dengan kondisi equilibrium. Pada kondisi yang kedua, dimana debit sedimen yang masuk lebih besar jika dibandingkan dengan debit sedimen yang keluar, maka akan terjadi kondisi aggradasi atau naiknya dasar saluran aluvial karena terjadinya penumpukan sedimen pada pias tersebut. Pada kondisi yang ketiga, saat debit sedimen yang masuk lebih kecil daripada debit sedimen yang keluar, maka dasar saluran aluvial akan tergerus sehingga akan mengalami proses degradasi atau penurunan dasar saluran. Proses degradasi ini akan diperparah dengan adanya hambatan (dalam hal ini adalah

bangunan) yang diletakkan pada aliran air yang melewati saluran aluvial (Purnomo dkk., 2016).

Gerusan merupakan proses semakin dalamnya dasar sungai karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Proses penggerusan akan terjadi secara alami, baik karena pengaruh morfologi sungai seperti tikungan sungai atau penyempitan aliran sungai, atau pengaruh bangunan hidraulika yang menghalangi aliran seperti abutment jembatan (Legono, 1990).

Proses gerusan dapat terjadi karena adanya pengaruh morfologi sungai yang berupa tikungan atau adanya penyempitan saluran sungai. Morfologi sungai merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam proses terjadinya gerusan, hal ini disebabkan aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas (free surface). Kondisi aliran saluran terbuka berdasarkan pada kedudukan permukaan bebasnya cenderung berubah sesuai waktu dan ruang, disamping itu ada hubungan ketergantungan antara kedalaman aliran, debit air, kemiringan dasar saluran dan permukaan saluran bebas itu sendiri. Kondisi fisik saluran terbuka jauh lebih bervariasi di banding dengan saluran tertutup karena penampang melintang sungai dapat beraneka ragam dari bentuk bundar sampai bentuk tak beraturan. Hasil pola gerusan yang terjadi akan menjadi sangat kompleks dan sulit untuk dapat ditaksir 14 perilaku hidrodinamikanya, terutama pola aliran di hulu dan hilir pilar (Rahmadani, 2014).

Kedalaman gerusan maksimal dipengaruhi oleh beberapa faktor, faktor-faktor tersebut adalah seperti berikut ini:

1. Kecepatan Aliran Dalam perkembangan proses gerusan tergantung pada kecepatan aliran dan intensitas turbulen pada transisi antara fixed dan erodible bed, oleh karena itu tidak diperlukan informasi mengenai kecepatan dan turbulensi dekat dasar pada lubang gerusan.
2. Kedalaman Aliran Gerusan yang terjadi dipengaruhi oleh kedalaman dasar sungai dari muka air (tinggi aliran zat air), maka kecepatan relatif dan kedalaman relatif merupakan faktor penting untuk mengestimasi kedalaman gerusan lokal.

### **C.1 Jenis Angkutan Sedimen**

Menurut Oktavia dkk. (2019), berdasarkan jenis pergerakannya, sedimen terdiri dari:

1. Sedimen dasar

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.

2. Sedimen melayang

*Suspended load* adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus

yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong oleh turbulensi aliran. *Suspended load* itu sendiri umumnya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal dengan *fall velocity*. Pada kenyataan pada tiap satu satuan waktu pergerakan angkutan sedimen yang dapat diamati hanyalah *bed load transport* dan *suspended load transport*.

### 3. Sedimen kikisan

*Wash load* adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang.

## C.2 Jenis-Jenis Gerusan

Menurut Suma dkk. (2018), gerusan yang terjadi dapat digolongkan menjadi 3 yaitu:

### 1. Gerusan Umum (General Scour)

Yaitu bertambah dalamnya dasar saluran sungai akibat interaksi yang terjadi antara aliran yang terjadi pada sungai dengan material dasar sungai. Hal ini menyebabkan terjadinya angkutan sedimen pada sungai, yang dapat dibagi menjadi:

a) Angkutan sedimen dasar adalah pergerakan material lepas dasar sungai yang bergerak mengelinding, bergeser atau melompat lompat di dasar sungai atau saluran akibat gaya seret

aliran.

- b) Angkutan sedimen layang adalah pergerakan material lepas yang berasal dari dasar sungai atau hasil kikisin permukaan daerah tangkapan hujan, bergerak melayang bersama aliran dan dapat mengendap jika gaya berat material tersebut lebih besar daripada kombinasi gaya angkat air dan gaya akibat turbulensi aliran.
- c) Angkutan sedimen kikisan adalah pergerakan material lepas yang berasal dari hasil kikisan permukaan daerah tangkapan hujan, bergerak melayang bersama aliran, sukar mengendap, kecuali di tampungan waduk atau muara sungai.

## 2. Gerusan Lokal (*Local Scour*)

Gerusan lokal adalah penggerusan pada dasar atau tebing sungai yang terjadi setempat di sekitar bangunan akibat peningkatan energi dan turbulensi aliran karena gangguan bangunan atau gangguan alami. Gerusan lokal dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- a) Kondisi tidak ada angkutan sedimen (*clear water scour*)

Yaitu pergerakan sediment hanya terjadi pada sekitar abutment yang timbul akibat tegangan geser yang terjadi lebih besar dari pada tegangan geser kritis, yang dapat dibedakan menjadi:

- Untuk  $\left(\frac{U}{c\tau}\right) \leq 0,5$

Yaitu, kondisi gerusan lokal tidak terjadi dan proses transportasi sedimen tidak terjadi.



- Untuk  $0,5 \leq \left(\frac{U}{U_{cr}}\right) \leq 1,0$

yaitu, kondisi gerusan lokal terjadi menerus dan proses transportasi sedimen tidak terjadi.

- b) Kondisi ada angkutan sedimen (*live bed scour*)

Terjadi akibat adanya perpindahan sedimen yaitu jika:

$$\left(\frac{U}{U_{cr}}\right) \geq 1,0$$

Keterangan:

U = Kecepatan Aliran rata-rata (m/dtk)

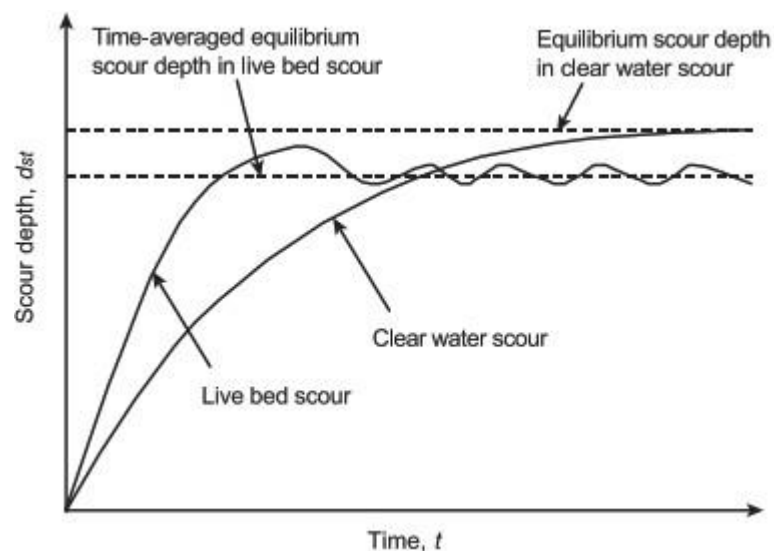
U<sub>cr</sub> = Kecepatan aliran kritis (m/dtk)

3. Gerusan akibat adanya penyempitan di alur sungai (*constriction scour*).

Gerusan ini terjadi akibat perubahan bentuk morfologi sungai yang semakin menyempit yang sebagian besar diakibatkan adanya bangunan air.

Pangestu dan Yuni Astuti (2018) mengatakan bahwa pada umumnya rata-rata inisial gerusan cenderung lebih besar ketika dalam kondisi *live bed scour* dibandingkan dengan *clear water scour* dan *equilibrium*, sehingga kedalaman gerusan terjadi lebih cepat. Pada kondisi *live bed scour*, sedimen dari hulu bendung terus menerus terangkut ke lubang gerusan. Dalam kondisi seperti ini, kesetimbangan kedalaman gerusan (*equilibrium*) tercapai pada saat jumlah sedimen yang masuk ke dalam lubang gerusan setara dengan jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran

air. Walaupun terjadi keadaan seperti itu, kedalaman gerusan akan berubah sejalan dengan waktu meskipun setelah kondisi *equilibrium* tercapai.



**Gambar 4.** Hubungan kedalaman gerusan (clear water scour and live bed scour) terhadap waktu (Chabert & Engeldinger (1956) dalam Barbhuiya 2004)

Menurut Miller (2003) dalam Prasetyo (2006). Parameter yang digunakan untuk menentukan jenis gerusan (clear water scour atau live bed scour) adalah perbandingan antara kecepatan upstream dengan kecepatan batasnya atau kecepatan kritis sedimen yang dibutuhkan untuk memindahkan sedimen dari bed. Perbandingan ini disebut intensitas aliran (flow intensity), mungkin bisa dalam satu atau dua bentuk tergantung kecepatan yang digunakan.

Kecepatan kritis dapat dihitung dengan menggunakan formula Van Rijn (1984) sebagai berikut:

1. Untuk  $0,5 \leq d_{50} \leq 2,0$  mm digunakan rumus:
2. Untuk  $0,1 \leq d_{50} \leq 0,5$  mm digunakan rumus:

Dimana :

$U_{cr}$  = Kecepatan Rata-rata kritis aliran (m/dtk)

$d_{50}$  = Diameter butiran dengan 50% butiran lolos saringan  
(meter)  $d_{90}$  = Diameter butiran dengan 90% butiran lolos  
saringan (meter)

$R_b$  = Jari-jari Hidrolis terhadap dasar (meter)

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

$P$  : Keliling basah penampang (m)

#### **D. Awal Gerak Butiran Sedimen**

Akibat adanya aliran, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Untuk sedimen kasar seperti pasir dan kerikil, gaya tahanan utamanya adalah berhubungan dengan berat sendiri partikel. Ketika gaya hidrodinamik bekerja terhadap butiran sedimen yang mempunyai nilai, dan kalau itu naik secara pelan-pelan, akhirnya butiran sedimen akan mulai bergerak. Gerakan dasar ini biasanya disebut dengan kondisi kritis (Pallu S.M, 2010). Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser dasar ( $\tau_0$ ), kecepatan aliran ( $U$ ) juga mencapai kondisi kritik. Garde dan Raju (1977) dalam Wibowo (2007) menyatakan bahwa yang dikatakan sebagai awal gerakan butiran

adalah salah satu dari kondisi berikut:

1. Satu butiran bergerak,
2. Beberapa (sedikit) butiran bergerak,
3. Butiran bersama-sama bergerak dari dasar, dan
4. Kecenderungan pengangkutan butiran yang ada sampai habis.

Tiga faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen yaitu:

1. kecepatan aliran dan diameter/ukuran butiran,
2. gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran, dan
3. gaya geser kritis

Shield menyatakan parameter mobilitas kritis yang dinamakan parameter Shields (Wibowo, 2007) :

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{\rho \cdot g \cdot \Delta \cdot d} = \frac{u_{*c}^2}{g \cdot \Delta \cdot d}$$

Tegangan Geser:

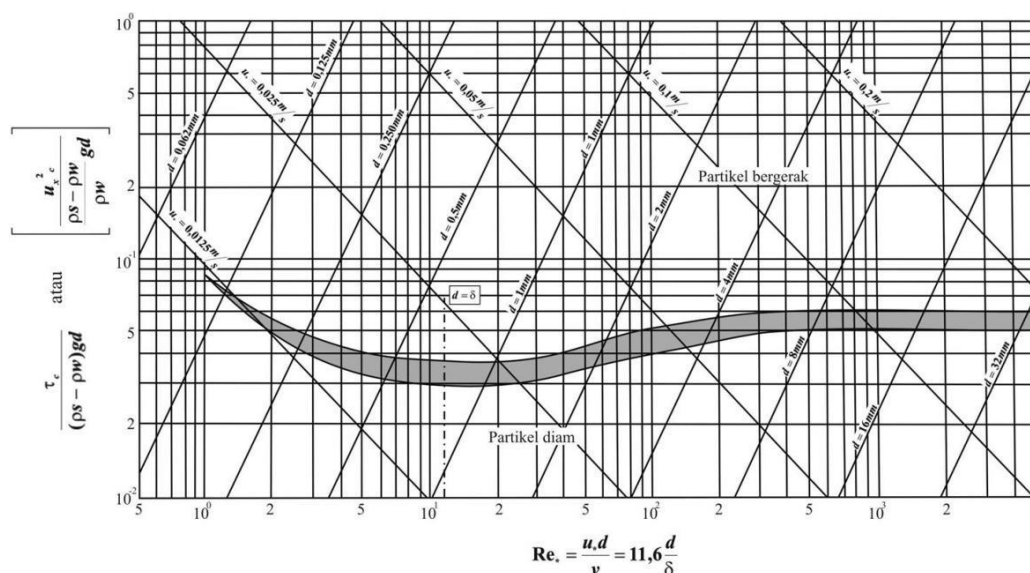
$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R \cdot I$$

Kecepatan Geser:

$$u_{*c} = \sqrt{\theta_c \cdot g \cdot \Delta \cdot d}$$

Dimana:

- $\sigma_g$  = Standar geometri
- $d$  = diameter butiran  $d_{50}$  (m)
- $g$  = Percepatan grafitasi ( $m/s^2$ )
- $\Delta$  = Relatif density (-)
- $\rho$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )
- $u_{*c}$  = Kecepatan geser kritik (m/s)
- $\tau_c$  = Nilai kritik ( $N/m^2$ )
- $\theta_c$  = Parameter mobilitas kritik (-)
- $R$  = Jari-jari hidraulik (m)
- $y_0$  = Kedalaman aliran (m)
- $I$  = Kemiringan dasar sungai



**Gambar 5.** Diagram Shields, Hubungan Tegangan Geser Kritis dengan Bilangan Reynold (Breuser dan Raudkivi, 1991)

Menurut Breuser & Raudkivi (1991), dimensi analisis untuk menentukan beberapa parameter tak berdimensi dan ditetapkan dalam

bentuk diagram pergerakan awal. Melalui grafik Shield, nilai tegangan geser kritis ( $\tau_c$ ) dapat diketahui. Bila tegangan geser yang di dasar saluran ( $\tau_o$ ) berada diatas nilai kritiknya maka butiran sedimen bergerak, atau dengan kata lain:

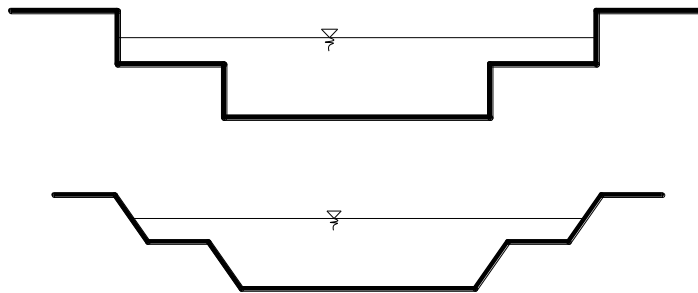
jika  $\tau_o < \tau_c$  maka butiran dasar tidak bergerak (dasar sungai stabil),

jika  $\tau_o = \tau_c$  maka butiran dasar saat mulai bergerak (kondisi kritis),

dan jika  $\tau_o > \tau_c$  maka butiran dasar bergerak (dasar sungai tidak stabil).

#### **E. Penampang Komposit dan Gabungan**

Metode koefisien kekasaran komposit ini terutama harus digunakan untuk saluran non-gabungan dimana dasar dan sisi penampang terbuat dari bahan yang berbeda atau untuk penampang dengan geometri berbentuk aneh dan koefisien kekasaran yang berbeda. Selain itu disarankan kekasaran komposit dapat digunakan untuk penampang gabungan dimana tidak ada perbedaan signifikan dalam kekasaran antara saluran utama dan dataran banjir. Dalam sebagian besar contoh penampang gabungan, para pakar menyarankan bahwa lebih tepat menggunakan metode pengaliran tersegmentasi. Gambar penampang komposit dan gabungan seperti pada gambar (6).



**Gambar 6.** Penampang Komposit dan Gabungan

Metode pengaliran tersegmentasi, yang juga disebut sebagai metode penampang terbagi, tidak menggunakan koefisien kekasaran komposit. Ketika menggunakan rumus Manning untuk analisis penampang gabungan, metode ini sering merupakan metode rekomendasi. Dengan mengasumsikan kemiringan *EGL* adalah sama di semua sub-penampang. Karena kontinuitas membutuhkan debit sub-penampang untuk sama dengan total debit, maka secara logis berikut bahwa pengaliran sub-penampang harus sama dengan total pengaliran.

$$K_{channel} = \sum_{1}^N \frac{K_n}{n_N} A_N R_N^{2/3} = \frac{K_n}{n_1} A_1 R_1^{2/3} + \frac{K_n}{n_2} A_2 R_2^{2/3} + \dots + \frac{K_n}{n_N} A_N R_N^{2/3}$$

dimana:

$K_{channel}$  = koef. pengaliran, dalam satuan SI

$Kn$  = koefisien, 1.49 ketika  $R$  dalam  $ft$  dan 1.0 untuk  $R$  dalam  $m$

$n$  = koefisien kekasaran Manning [non dimensi]

$R$  = jari-jari hidrolis, dalam  $ft$  [ $m$ ]

$A$  = Notasi yang menunjukkan masing-masing sub-penampang dari seluruh bagian penampang gabungan

Debit dapat dihitung, untuk aliran seragam menggunakan persamaan berikut:

$$Q = K_{channel} S^{1/2}$$

Dimana:  $Q$  = debit, dalam  $ft^3/s$  [ $m^3/s$ ]

$K_{channel}$  = pengaliran, dalam satuan SI

$S$  = kemiringan dasar, dalam  $ft/ft$  [ $m/m$ ]

## F. Hukum Dasar Model

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. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Yuwono, 1996).

Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

### a. Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa



berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi (distorted). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada distorted model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk:

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

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

Dengan :

$n_L$  = 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

b. 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 horisontal. Skala kecepatan  $n_v$ , skala debit diberi notasi  $n_Q$ , dan skala waktu  $n_t$  didefinisikan sebagai berikut:

### 1) Skala Kecepatan

Kondisi aliran ditentukan oleh bilangan Froudee,  $Fr$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

Untuk mendapatkan kesamaan kondisi aliran antara model dan lapangan, perlu dipenuhi kesamaan harga bilangan Froudee,  $Fr$  :

Persyaratan ini akan memberikan hubungan sebagai berikut:

$$n_{Fr} = \frac{(Fr)_p}{(Fr)_m} = \frac{[v/\sqrt{gh}]_p}{[v/\sqrt{gh}]_m} = 1$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \frac{g_p}{g_m} \left( \frac{h_p}{h_m} \right)^{1/2} \text{ karena } n_g = 1, \text{ maka } n_v = (n_h)^{1/2}$$

### 2) Skala debit

Debit aliran dapat dinyatakan dengan hubungan berikut :

$$Q = v.A \text{ dengan } A = \text{luas penampang basah aliran}$$

Hubungan tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut menjadi

$$\left. \begin{array}{l} n_Q = n_v n_A \\ n_v = (n_h)^{1/2} \\ n_A = n_L n_h \end{array} \right\} \Rightarrow n_Q = (n_h)^{3/2} n_L \text{ atau } n_Q = (n_h)^{5/2}$$

### 3) Skala waktu

Waktu dapat dijabarkan sebagai:

$$t = \frac{\text{jarak } (L)}{\text{kecepatan } (V)}$$

Hubungan tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut menjadi:

$$\left. \begin{array}{l} n_t = \frac{n_L}{n_V} \\ n_V = (n_h)^{1/2} \end{array} \right\} \Rightarrow n_t = \frac{n_L}{(n_h)^{1/2}} \text{ atau } n_t = (n_h)^{1/2}$$

#### 4) kala percepatan

$$\text{Acceleration} = \frac{V}{T}$$

$$a_r = \frac{a_p}{a_m} = \frac{\left(\frac{V}{T}\right)_p}{\left(\frac{V}{T}\right)_m} = \frac{V_p}{T_p} \times \frac{T_m}{V_m} = \frac{V_p}{V_m} \times \frac{T_m}{T_p} = \sqrt{L_r} \times \frac{1}{\sqrt{L_r}} = 1$$

$$\frac{V_p}{V_m} = \sqrt{L_r}, \quad \frac{T_m}{T_p} = \sqrt{L_r}$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_{r^2}}$$

#### c. Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (Reynold number) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik froudee (froudee number) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi, bilangan Cauchy (Cauchy

Number) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (Weiber Number) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froude. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (undistorted models) dan menggunakan kesebangunan Froude.

$$F_r = \frac{(\rho L^3)(U^2/L)}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gL}$$

Dengan demikian bila gaya gravitasi memegang peranan penting dalam permasalahan, maka perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi pada model dan prototipe harus sama.

$$n_{F_r} = \frac{n_U}{n_{L^{0,5}}}$$

$$n_{F_r} = \frac{F_{rp}}{F_{rm}} = 1$$

Oleh karena digunakan model tanpa distorsi, maka skala panjang gelombang  $n_L$ , skala panjang struktur  $n_B$ , skala kedalaman  $n_d$  dan skala sarat  $n_s$  adalah sama seperti berikut :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s$$

Sedangkan skala waktu  $n_T$  dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_T = \sqrt{n_L}$$

$$n_g = 1$$