

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH KETEBALAN SEDIMEN TERHADAP  
FLUIDISASI SEMPROTAN SERI SECARA EKSPERIMENTAL**

***EFFECT OF SEDIMENT THICKNESS ON SERIES JET  
FLUIDIZATION EXPERIMENTALLY***

**MELANI RESKIA NURKAMIDEN  
D111 81 301**



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

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH KETEBALAN SEDIMEN TERHADAP  
FLUIDISASI SEMPROTAN SERI SECARA EKSPERIMENTAL**

***EFFECT OF SEDIMENT THICKNESS ON SERIES JET  
FLUIDIZATION EXPERIMENTALLY***

**MELANI RESKIA NURKAMIDEN  
D111 81 301**



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

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**PENGARUH KETEBALAN SEDIMEN TERHADAP FLUIDISASI SEMPROTAN  
SERI SECARA EKSPERIMENTAL**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MELANI RESKIA NURKAMIDEN**

**D011 18 1301**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 1 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

NIP: 196012311986091001

Dr. A. Ildha Dwipuspita, ST, MT

NIP: 198907142018016001

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 : Melani Reskia Nurkamiden  
Nomor Mahasiswa : D011181301  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Pengaruh Ketebalan Sedimen Terhadap Fluidisasi Semprotan Seri  
Secara Eksperimental”

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 04 Januari 2023

Yang menyatakan,



Melani Reskia Nurkamiden

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “PENGARUH KETEBALAN SEDIMEN TERHADAP FLUIDISASI SEMPROTAN SERI SECARA EKSPERIMENTAL” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam menyusun tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih 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.**, selaku dosen pembimbing I, Ibu **Dr. A. Ildha Dwipuspita S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing 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. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teistimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Akman M. Nurkamiden** dan ibunda **Herlina**, atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan baik secara moril maupun materil.
2. **Ummul khairiah**, selaku partner dalam menyelesaikan tugas akhir ini, mulai dari tahapan awal hingga tahapan akhir tugas akhir ini, terima kasih telah berbagi ilmu dan pengetahuan dalam tugas akhir ini.
3. Bapak **Rudi Azis**, selaku dosen yang membantu dan membimbing penulis mulai dari proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini selesai, terima kasih telah berbagi ilmu dan pengetahuan dalam tugas akhir ini.
4. **M. Ramdhan Syamsul**, sebagai rekan dalam berbagai pengalaman penulis baik di suka maupun duka, Terima kasih atas doa, semangat

dan segala dukungan yang diberikan agar segera menyelesaikan tugas akhir ini.

5. **Ica, Nadia, Ipa, Asih, Yuyun, Fitri, Wana, Yusriah, Upe** sebagai teman yang selalu menemani penulis di dunia perkuliahan. Terima kasih telah berbagi suka duka dan semua pengalaman baru yang sangat menyenangkan.
6. **Yaya , Adhe , Dhea** sebagai saudara sepupu penulis yang selalu menemani penulis di rumah putih. Terima kasih karena telah menjadi teman berdiskusi dan memberikan pengalaman serta ilmu.
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 , 4 Januari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Muara merupakan badan dari pantai air payau yang sebagian diantaranya tertutup dengan satu atau bahkan lebih sungai atau aliran yang mengalir ke arah dalam dengan koneksi yang bebas ke laut lepas. Estuari nantinya akan membentuk zona transisi antara lingkungan sungai serta lingkungan laut yang disebut dengan ecotone. Adapun masalah yang sering terjadi pada muara sungai yaitu salah satunya pendangkalan atau sedimentasi. Secara umum, pendangkalan sungai dapat terjadi karena adanya pengendapan partikel padatan yang terbawa oleh arus sungai, seperti di dari sungai , waduk atau dam, ataupun muara sungai.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini diharapkan mampu Menganalisis kebutuhan debit dan tekanan untuk mengalirkan atau membongkar sedimen melalui pipa terhadap ketinggian sedimen

Analisis 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 dan pengolahan data dengan menggunakan Microsoft Excel sehingga mendapatkan hasil perhitungan data dan kesimpulan dari penelitian ini. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu membahas tentang hubungan debit dan tekanan yang berbanding lurus dengan tinggi ketebalan sedimen dan hubungan ketebalan sedimen dengan kehilangan energi yang berbanding lurus , yang dimana semakin tebal ketinggian sedimen maka semakin besar debit dan tekanan yang di butuhkan untuk terjadinya fluidisasi awal begitu pula dengan kehilangan energi , semakin tebal tinggi sedimen maka semakin besar kehilangan energi yang terjadi pada saat proses fluidisasi.

**Kata kunci :** muara, sedimentasi, fluidisasi.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
A.1. Rumusan Masalah .....	4
A.2. Tujuan Penelitian.....	4
A.3. Manfaat Penelitian.....	4
A.4. Batasan Masalah.....	5
A.5. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Muara (Estuary).....	7
A.1. Muara Yang Didominasi Gelombang Laut.....	7
A.2. Muara Yang Didominasi Pasang Surut .....	8
B. Sedimentasi.....	9
B.1. Muatan Sedimen Dasar (bed load).....	10
B.2. Muatan Sedimen Melayang (suspended load) .....	10
B.3. Penyebab Sedimentasi pantai.....	10
B.4. Transpor Sedimen .....	11
B.5. Jenis Sedimentasi pada muara .....	12
B.4. Karakteristik Sedimen Endapan .....	14
B.5. Klasifikasi Dan Sifat-Sifat Dasar Sedimen.....	15
B.5.1. Berat Jenis Sedimen .....	16
B.5.2. Porositas .....	16
B.6. Gaya-gaya yang Bekerja Pada Butiran Sedimen Dalam Air.....	17

C. Pemeliharaan alur .....	18
D. Fluidisasi .....	20
D.1. Tahapan fluidisasi .....	21
D.2. Pipa Fluidisasi dan Lubang Perforasi.....	23
D.3. Debit dan Tekanan Fluidisasi.....	25
D.3.1. Debit fluidisasi .....	25
D.4. Kebutuhan Tekanan Fluidisasi.....	25
E. Kehilangan Tinggi Tenaga (Head Losses) .....	27
E.1. Kehilangan Tenaga melalui lubang .....	29
F. Kehilangan Tenaga Akibat Sedimen .....	29
G. Kecepatan Aliran Dalam Pipa .....	30
H. Aliran Pada Lubang Terendam .....	30
I. Aliran Pada Saluran Tertutup (Pipa).....	31
I.1. Aliran Laminer.....	32
I.2. Aliran turbulen.....	32
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
A. Umum.....	33
B. Lokasi Penelitian .....	33
C. Alat Dan Bahan Penelitian.....	34
1. Alat.....	34
2. Bahan.....	37
D. Prosedur Penelitian .....	37
D.1.1. Tahapan Pendahuluan.....	38
D.1.2. Pelaksanaan eksperimen .....	39
D.1.3. Analisis Dan Pengolahan Data.....	42
D.1.4. Diagram Alir .....	42
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
A. Pemeriksaan Material Sedimen.....	44
A.1. Uji Gradasi Butiran Material Sedimen .....	44
A.2. Karakteristik sedimen.....	45
B. Fluidisasi Pada Pipa Lubang Seri.....	46

B.1. Eksperimen Fluidisasi Pada Ketebalan Sedimen 20 Cm .....	47
B.2. Eksperimen Fluidisasi Pada Ketebalan Sedimen 25 Cm .....	49
B.3. Eksperimen Fluidisasi Pada Ketebalan Sedimen 30 Cm .....	50
B.4. Eksperimen Fluidisasi Pada Ketebalan Sedimen 35 Cm .....	51
B.5. Eksperimen Fluidisasi Pada Ketebalan Sedimen 40 Cm .....	52
C. Hasil Perhitungan Besar Kehilangan Energi.....	57
C.1. Kehilangan Energi Pada Ketebalan 20 Cm.....	58
C.2. Kehilangan Energi Pada Ketebalan 25 Cm.....	58
C.3. Kehilangan Energi Pada Ketebalan 30 Cm.....	59
C.4. Kehilangan energi pada ketebalan 35 Cm .....	60
C.5. Kehilangan Energi Pada Ketebalan 40 Cm.....	60
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
A. Kesimpulan.....	62
B. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN.....	66

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Skematis struktur sungai. ....	7
<b>Gambar 2.</b> Tipe muara yang di dominasi gelombang laut.....	8
<b>Gambar 3.</b> Tipe muara yang di dominasi pasang surut.....	9
<b>Gambar 4.</b> Gaya seret (drag force) dan gaya angkat (lift force) .....	18
<b>Gambar 5.</b> Tahapan-tahapan pembentukan alur dengan fluidisasi.....	22
<b>Gambar 6.</b> Empat tipe lubang.....	24
<b>Gambar 7.</b> Perbandingan sedimen masuk ke dalam pipa .....	24
<b>Gambar 8.</b> Lokasi penelitian.....	33
<b>Gambar 9.</b> Flume tampak depan.....	34
<b>Gambar 10.</b> Flume tampak atas .....	34
<b>Gambar 11.</b> Bak penampungan .....	35
<b>Gambar 12.</b> Mesin pompa (dynamo).....	35
<b>Gambar 13.</b> Katup .....	36
<b>Gambar 14.</b> Flow watch .....	36
<b>Gambar 15.</b> Manometer .....	37
<b>Gambar 16.</b> Kurve hasil kalibrasi.....	40
<b>Gambar 17.</b> Bagan alur penelitian.....	43
<b>Gambar 18.</b> Grafik uji gradasi sedimen pasir halus.....	45
<b>Gambar 19.</b> Tahapan proses fluidisasi pipa seri .....	46
<b>Gambar 20.</b> Grafik hasil eksperimen fluidisasi dalam ketebalan 20 cm ..	48
<b>Gambar 21.</b> Grafik data eksperimen fluidisasi dalam ketebalan 25 cm...	49
<b>Gambar 22.</b> Grafik eksperimen fluidisasi dalam ketebalan 30 cm.....	51
<b>Gambar 23.</b> Grafik hasil eksperimen fluidisasi dalam ketebalan 40 cm ..	53
<b>Gambar 24.</b> Grafik hubungan antara debit dan tekanan .....	54
<b>Gambar 25.</b> Validasi eksperimen dan teori pada ketebalan 20 cm .....	55
<b>Gambar 26.</b> Validasi eksperimen dan teori pada ketebalan 25 cm .....	55
<b>Gambar 27.</b> Validasi eksperimen dan teori pada ketebalan 30 cm .....	56
<b>Gambar 28.</b> Validasi eksperimen dan teori pada ketebalan 35 cm .....	56
<b>Gambar 29.</b> Validasi eksperimen dan teori pada ketebalan 40 cm .....	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> klasifikasi ukuran butir sedimen menurut wentworth .....	16
<b>Tabel 2.</b> Gradasi ukuran butir .....	44
<b>Tabel 3.</b> Ringkasan hasil uji karakteristik sedimen pasir halus .....	46
<b>Tabel 4.</b> Data hasil eksperimen fluidisasi pada ketebalan 20 cm .....	47
<b>Tabel 5.</b> Data hasil eksperimen fluidisasi pada ketebalan 25 cm .....	49
<b>Tabel 6.</b> Data hasil eksperimen fluidisasi pada ketebalan 30 cm .....	50
<b>Tabel 7.</b> Data hasil eksperimen fluidisasi pada ketebalan 35 cm .....	51
<b>Tabel 8.</b> Data hasil eksperimen fluidisasi pada ketebalan 40 cm .....	53
<b>Tabel 9.</b> kehilangan energi pada ketebalan 20 cm .....	58
<b>Tabel 10.</b> kehilangan energi pada ketebalan 25 cm .....	58
<b>Tabel 11.</b> hasil perhitungan kehilangan energi pada ketebalan 30 cm ....	59
<b>Tabel 12.</b> Hasil perhitungan kehilangan energi pada ketebalan 35 cm ...	60
<b>Tabel 13.</b> Hasil perhitungan kehilangan energi pada ketebalan 40 cm ...	61

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Muara merupakan badan dari pantai air payau yang sebagian diantaranya tertutup dengan satu atau bahkan lebih sungai atau aliran yang mengalir ke arah dalam dengan koneksi yang bebas ke laut lepas. Estuari nantinya akan membentuk zona transisi antara lingkungan sungai serta lingkungan laut yang disebut dengan ecotone. Estuari akan sangat berpengaruh dengan laut seperti gelombang, pasang surut, masuknya air asin serta pengaruh sungai seperti sedimen dan juga air tawar. Bercampurnya air laut serta air tawar nantinya akan memberikan nutrisi tinggi di kolom air dan juga sedimen sehingga muara menjadi salah satu dari habitat alami yang produktif di dunia.

Adapun masalah yang sering terjadi pada muara sungai yaitu salah satunya pendangkalan atau sedimentasi. Secara umum, pendangkalan sungai dapat terjadi karena adanya pengendapan partikel padatan yang terbawa oleh arus sungai, seperti di dari sungai , waduk atau dam, ataupun muara sungai. Partikel ini bisa berupa padatan besar, seperti sampah, ranting, dan lainnya. Namun, sumber utama partikel ini biasanya berupa partikel tanah sebagai akibat dari erosi yang berlebihan di daerah hulu sungai. Air hujan akan membawa dan menggerus tanah subur di permukaan dan melarutkannya yang kemudian akan terbawa ke sungai.

Peningkatan konsentrasi sedimen di sekitar muara menyebabkan pendangkalan serta tertutupnya aliran sungai. Pendangkalan muara dapat menyebabkan terhambatnya jalur transportasi kapal dengan draft tertentu pada wilayah yang umumnya menjadikan muara sebagai jalur menuju Pelabuhan (Triadmodjo, 2014). Sedangkan pada tertutupnya aliran sungai menjadi hambatan bagi distribusi air saat terjadi curah hujan tinggi di daerah hulu sehingga dapat menyebabkan banjir pada daerah sekitar sungai. Pada alur pelayaran, sedimentasi mengurangi kedalaman alur sehingga kapal tidak dapat tertambat sedangkan pada Pelabuhan yang berada disisi alur muara peran sedimentasi dapat menyebabkan pendangkalan pada kolam Pelabuhan. Jika laju transportasi sedimen menyusuri pantai tidak berubah maka dapat menyebabkan lidah pasir yang akan berkembang memotong alur pelayaran masuk Kawasan Pelabuhan (Thaha, 2006).

Untuk membantu mengatasi penumpukan sedimen (penyumbatan) di muara ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pengerukan dengan tenaga manusia, pengerukan dengan alat berat, membuat bangunan jetty, dan membangun struktur ambang bawah air. Dalam menentukan dan memilih cara-cara yang tepat, perlu dipertimbangkan cara yang paling ekonomis. Alternatif lain yang dapat dipakai selain cara-cara tersebut di atas, adalah dengan metode fluidisasi, Metoda Fluidisasi adalah metode yang menggunakan prinsip mengagitasi (mengusik) sedimen dari pipa fluidizer yang ditanam di dasar saluran (di bawah sedimen), dengan memanfaatkan pancaran air bertekanan mengakibatkan sedimen bed load

berubah menjadi suspended load, yang pada akhirnya dapat mengalir secara gravitasi ke area lain yang berelevasi rendah (Moh Faiqun Ni'am, Radianta Triatmadja, Nizam, No Date).

Penelitian awal mengenai metode fluidisasi dilakukan di Amerika Serikat oleh Weismann dan Lennon pada tahun 1994. Kegiatan penelitian ini merupakan rangkaian dari penelitian yang dilakukan sejak tahun 1977 oleh Kelly (1977) yang selanjutnya di ikuti oleh Weismann dkk berturut-turut tahun 1982, 1988, 1990, 1991 dan 1994, pada tahun 1990 Lennon dkk melakukan penelitian yang sama dengan Ledwith (1990), selanjutnya Lennon dan McNair tahun 1991 dan pada tahun 1995 Law melakukan penelitian yang sama dimana Weismann dan Lennon (1995) melanjutkan penelitian tersebut (Thaha, 2006). Hasil penelitian Weismann dan Lennon telah diterapkan pada proyek pemeliharaan alur pelayaran di Pelabuhan Anna Maria (1986) dan proyek pemompaan pasir di Oceanside, California (1991). Akan tetapi proyek ini telah mengalami kendala sejak tahun 2003 dimana terjadi penyumbatan pada lubang dan pipa fluidisasi.

Berdasarkan maksud tersebut maka penulis bermaksud untuk melakukan penelitian tentang pengaruh ketebalan sendimen terhadap fluidisasi semprotan seri eksperimental.

### **A.1. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana hubungan antara tekanan dan Debit pada fluidisasi semprotan seri horizontal?
2. Bagaimana pengaruh ketebalan sedimen terhadap fluidisasi semprotan seri secara eksperimental?

### **A.2. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memenuhi maksud dan tujuantujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui dan memahami hubungan antara tekanan dan debit pada fluidisasi semprotan seri horizontal
2. Menganalisis pengaruh ketebalan sedimen terhadap fluidisasi semprotan seri secara eksperimental

### **A.3. Manfaat Penelitian**

Kesuksesan penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan pemikiran terhadap pengembangan teknologi alternatif yang relatif murah dan mudah ini, untuk dapat diterapkan dalam mengatasi permasalahan banjir dan terganggunya lalu lintas transportasi air oleh sedimentasi. Selain untuk pemeliharaan alur, teknologi fluidisasi juga diaplikasikan sebagai sub sistem untuk meningkatkan kapasitas pemompaan pasir (sand by passing),

pengurusan waduk, bendung dan saluran irigasi, memelihara kanal-kanal pembuangan kota dari penyumbatan oleh sedimentasi.

#### **A.4. Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian dalam tulisan ini adalah sebagai berikut :

- a) Penelitian dilakukan secara eksperimental dan tidak membutuhkan skala model di laboratorium
- b) Mengkaji karakteristik partikel sedimen seperti butiran sedimen, distribusi ukuran butiran, dan densitas partikel.
- c) Mengkaji besaran bukaan katup pada proses flushing dan fluidisasi terhadap waktu, kebutuhan tekanan, dan kecepatan.
- d) Sedimen yang digunakan adalah sedimen muara (non-kohefif) , dan hanya menggunakan satu jenis sedimen (pasir halus).
- e) Kehilangan energi yang di gunakan yaitu kehilangan energi pada lubang dan kehilangan energi pada sedimen.

#### **A.5. 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.

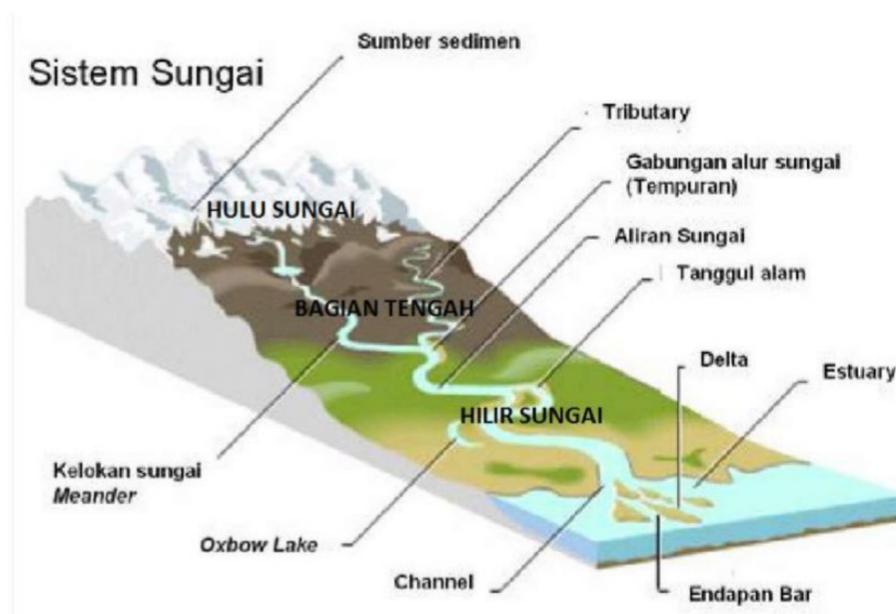
## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Muara (Estuary)

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut dimana terdapat organisme didalamnya. Pertemuan aliran air sungai dengan pasang surut laut serta gelombang memberi banyak permasalahan pada wilayah muara terutama pada bagian mulut sungai (river mouth) yang merupakan bagian paling hilir dari muara sungai. Pengaruh pasang surut pada sungai membentuk ekosistem tersendiri yang umumnya disebut sebagai estuari. Muara sungai secara umum dapat dibagi menjadi tiga macam, sesuai dengan faktor dominan yang mempengaruhi muara. (Afni, Mudin and Rahman, 2019)

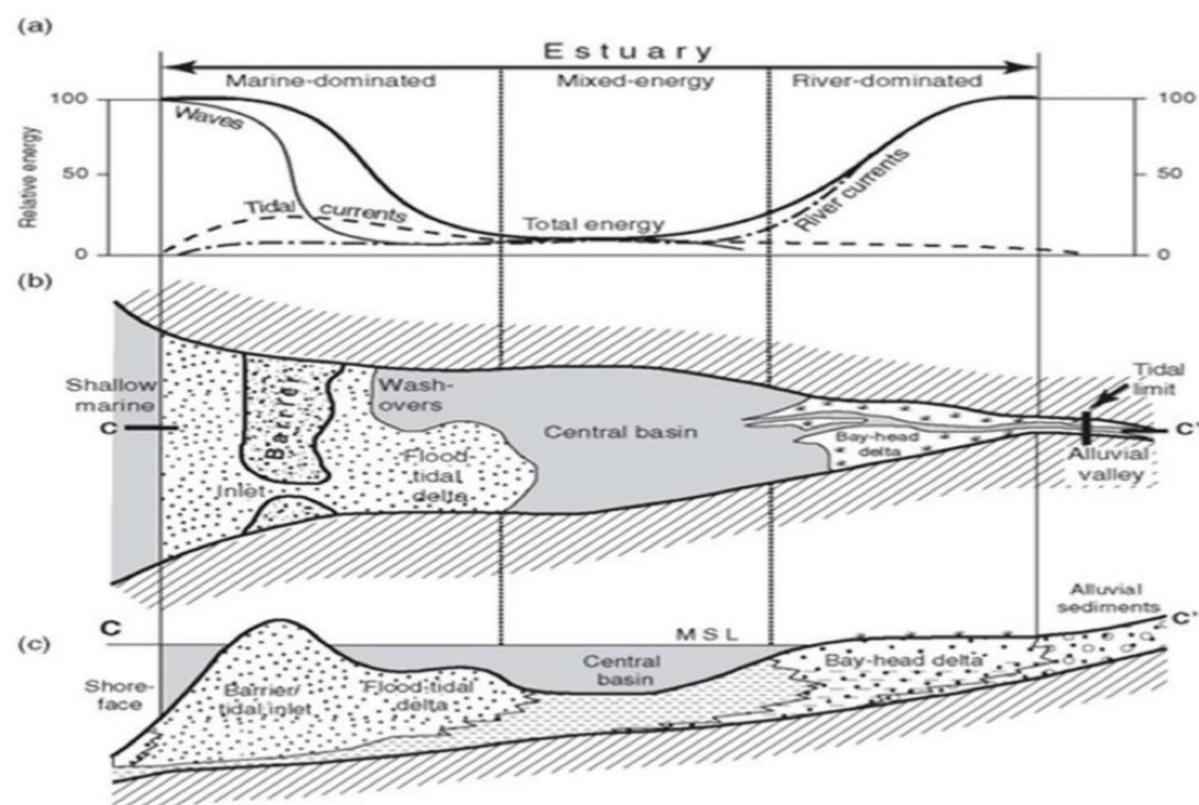


**Gambar 1.** Skematis struktur sungai.

#### A.1. Muara Yang Didominasi Gelombang Laut

Tipe muara ini ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun cukup besar dan arus menyusur pantai cukup dominan dalam

pembentukan muara sungai. Pada tipe ini biasanya muara tertutup oleh lidah pasir dengan pola sedimentasi. Permasalahan utama pada sungai ini ialah saat awal musim hujan, yaitu ketika endapan pasir di muara cukup tinggi dan biasanya muara cukup sempit. Muara tidak mampu menyalurkan air banjir di awal musim hujan. Jika sungai tersebut juga digunakan untuk keperluan 28 nelayan, nelayan tidak dapat atau sulit memasuki muara sungai pada kondisi seperti itu.

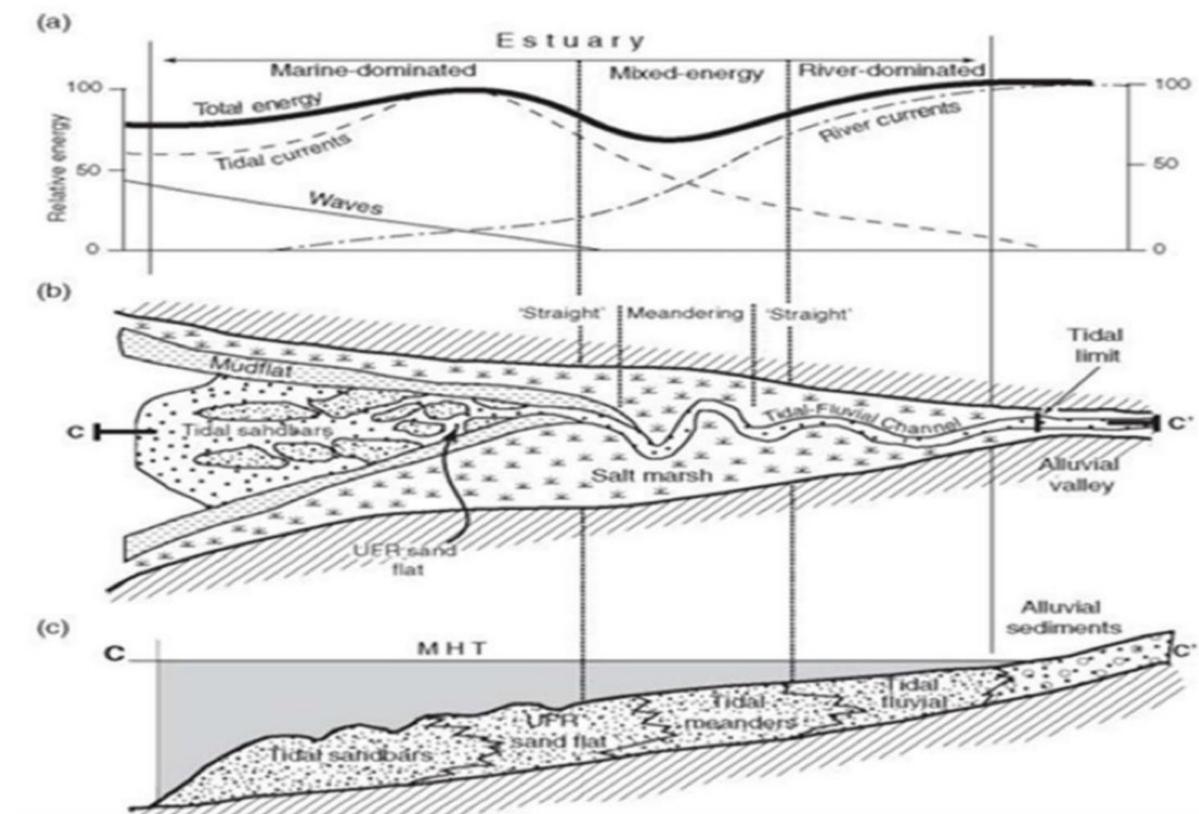


**Gambar 2.** Tipe muara yang di dominasi gelombang laut

## A.2. Muara Yang Didominasi Pasang Surut

Tipe muara ini ditandai dengan proses pasang surut yang cukup besar sehingga arus yang terjadi akibat pasang surut ini cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Pada tipe ini terjadi angkutan sedimen dua arah (arah laut dan arah darat). Muara biasanya berbentuk corong atau lonceng dengan beberapa alur dan pendangkalan. Permasalahan utama

pada tipe muara ini bukan penutupan muaranya, tetapi pendangkalan yang terjadi di muara sungai dapat mengganggu pelayaran atau navigasi.



**Gambar 3.** Tipe muara yang di dominasi pasang surut

## B. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses mengendapnya material hasil erosi di suatu tempat tertentu. Pengendapan material dapat diakibatkan oleh air, angin, es atau gletser pada suatu cekungan yang kemudian membentuk jenis batuan baru yang dinamakan batuan sedimen. Endapan-endapan yang terkumpul menjadi batuan baru terdiri dari komponen abiotik, seperti tanah dan pasir yang berasal dari pelapukan atau pengikisan dalam jangka waktu yang lama.

### **B.1. Muatan Sedimen Dasar (bed load)**

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (bed load). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir (Soewarno, 1991).

### **B.2. Muatan Sedimen Melayang (suspended load)**

Muatan sedimen melayang (suspended load) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (bed material) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri terutama dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran (Soewarno, 1991).

### **B.3. Penyebab Sedimentasi pantai**

Sedimentasi adalah proses pengendapan material batuan secara gravitasi yang dapat terjadi di daratan, zona transisi (garis pantai) atau di dasar laut karena diangkut dengan media angin, air maupun es. Sedimentasi di daerah pantai menyebabkan majunya pantai sehingga dapat menyebabkan masalah pada drainase yang kemungkinan dapat

menyebabkan di wilayah tersebut tergenang. Penyebab sedimentasi pantai antara lain :

- a. Adanya sumber material sedimen
- b. Adanya lingkungan pengendapan yang cocok (darat,transisi,laut)
- c. Terjadinya pengangkutan sumber material (transport) oleh angin, es maupun air
- d. Berlangsungnya pengendapan, karena perbedaan arus atau gaya
- e. Terjadinya replacement (penggantian) dan rekristalisasi (perubahan) material
- f. Diagenesis, perubahan yang terjadi saat pengendapan berlangsung secara kimia dan fisika
- g. Kompaksi, akibat gaya berat dari material sedimen yang memaksa volume lapisan sedimennya menjadi berkurang
- h. Lithifikasi, akibat kompaksi terus menerus sehingga sedimen akan mengeras.

#### **B.4. Transpor Sedimen**

Sedimen transpor secara umum diartikan sebagai proses perpindahan horisontal dari satu tempat ke tempat lainnya baik dalam bentuk campuran sedimen dengan fluida pengangkutnya (river and coastal transport) maupun aliran massa oleh fluida yang mengangkutnya (mass flows). Laju transpor sedimen adalah ukuran volume sedimen yang melintasi suatu penampang

dalam satuan waktu, transpor sedimen merupakan fungsi dari karakteristik sedimen.

Transpor sedimen merupakan fungsi dari karakteristik sedimen, fluida dan aliran. Laju transpor sedimen merupakan hasil kali kecepatan aliran sedimen rata-rata ( $U_G$ ) dengan massa sedimen suspensi yang mengalir.

Jika total massa sedimen tersuspensi adalah:

$$m = \rho_s \int_0^h C_{(z)} dz \quad (1)$$

maka total laju transport sedimen adalah:

$$q = m \cdot U_G \quad (2)$$

dengan:

$\rho_s$  = rapat massa sedimen

$C_{(z)}$  = konsentrasi sedimen pada tinggi  $z$  dari dasar (m<sup>3</sup>)

$h$  = ketebalan lapisan transpor (m)

$q$  = laju transpor sedimen (kgm/dtk)

$U_G$  = kecepatan rerata sedimen suspensi (m/dtk)

Partikel dalam transpor sedimen merupakan intergranular fluid dalam kondisi dispersi, sementara massa  $m$  merupakan kandungan solid (load) (Bagnold, 1956, 1966 dalam Allen, 1984 dan Nielsen, 1992).

### **B.5. Jenis Sedimentasi pada muara**

Pengendapan dibagi menjadi dua, yaitu berdasarkan proses endapan dan lokasi endapan. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing sedimentasi tersebut, yaitu:

## 1. Berdasarkan Proses Endapan

Berdasarkan penyebab proses endapan, maka sedimentasi dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a) Sedimentasi Akuatis atau Sedimentasi Air Sungai adalah pengendapan yang disebabkan material yang terbawa oleh air. Proses pengendapan akuatis mengandalkan kekuatan aliran air yaitu ketika aliran kuat, maka material akan terbawa dan jika aliran melemah maka material akan mengendap. Pengendapan jenis ini umumnya terjadi pada aliran-aliran sungai yang mengalami pelemahan arus, misalnya membentuk dataran banjir dan alluvial fan.
- b) Sedimentasi Angin adalah pengendapan yang disebabkan material yang terbawa oleh hembusan angin. Hasil dari endapan jenis ini adalah gumpuk pasir atau bukit pasir yang dapat ditemukan di gurun atau pantai.
- c) Sedimentasi Marine atau Sedimentasi Air Laut adalah pengendapan yang disebabkan material yang terbawa oleh arus atau gelombang laut. Pengendapan jenis ini juga dapat disebabkan oleh pasang surut air laut, contohnya adalah tumpukan karang dan tombolo.
- d) Sedimentasi Glasial atau Gletser adalah pengendapan oleh gletser kemudian membentuk lembah. Ketika musim semi tiba,

maka terjadi pengikisan gletser yang melucur menuruni lembah dan membawa material batuan atau tanah.

## **2. Berdasarkan Lokasi Endapan**

Berdasarkan tempat terjadinya endapan, pengendapan dapat dikelompokkan menjadi 5 jenis, yaitu:

- a) Sedimen Teristris merupakan pengendapan yang terjadi di daratan atau dataran banjir.
- b) Sedimen Fluvial merupakan pengendapan yang terjadi di dasar sungai dan akan menyebabkan pendangkalan sungai.
- c) Sedimen Limnis merupakan pengendapan yang terjadi di daerah rawa-rawa.
- d) Sedimen Marine merupakan pengendapan yang terjadi di perairan laut.
- e) Sedimen Lakustris merupakan pengendapan yang terjadi di dasar danau.

### **B.4. Karakteristik Sedimen Endapan**

Sedimen didefinisikan sebagai partikel-partikel solid yang terangkut dalam media cair atau ditemukan menjadi deposit endapan setelah terangkut oleh aliran air, angin, gelombang, gletser maupun oleh pengaruh gravitasi lainnya (Chien and Wan, 1999). Sedimen yang ditemukan di pantai dan muara sungai berasal dari erosi garis pantai, dari daratan hulu yang terbawa oleh aliran sungai dan dari laut yang terbawa oleh arus ke pantai.

Sifat-sifat sedimen adalah sangat penting di dalam mempelajari proses erosi, transport dan sedimentasi termasuk mekanisme fluidisasi sedimen.

### **B.5. Klasifikasi Dan Sifat-Sifat Dasar Sedimen**

Ukuran partikel secara geometris dengan bentuk yang umum dapat dengan mudah diketahui dan diukur misalnya diameter dari bentuk bulat atau panjang sisi dari bentuk segiempat. Namun untuk semua bentuk partikel yang tidak beraturan akan menjadi suatu pekerjaan yang rumit jika akan menentukan ukuran partikel sebenarnya. Untuk memudahkan dalam aplikasi, maka ukuran partikel ditetapkan dengan parameter diameter ( $d$ ). (Chien and Wan, 1999). Untuk ukuran dari Cobbles ke pasir halus, ditentukan dengan analisis saringan. Sedangkan ukuran partikel yang lebih kecil dari pasir halus seperti lanau (silt) dan lempung (clay) ditentukan dengan cara analisis hidrometer atau metode kecepatan endap. Bentuk butiran sedimen akan mempengaruhi kecepatan endap dan proses angkutan sedimen. Koefisien dan parameter dari bentuk-bentuk butiran sedimen dikelompokkan dalam tiga macam yaitu shape (faktor bentuk), sphericity (koefisien kebulatan) dan roundness (koefisien kekasaran permukaan). Dalam teknik sipil klasifikasi sedimen dibedakan menjadi lempung (clay), lumpur (silt), pasir (sand), kerikil (gravel), koral (pebble) atau kerakal (cabbles), dan batu (boulders). Menurut Wentworth klasifikasi berdasar ukuran butir dapat disajikan dalam Tabel:

**Tabel 1.** klasifikasi ukuran butir sedimen menurut wentworth

KLASIFIKASI		DIAMETER PARTIKEL (mm)
<b>BERANGKAL</b>	Sangat besar	4096-2048
	Besar	2048-1024
	Sedang	1024-512
	Kecil	512-256
<b>KERAKAL</b>	Besar	256-128
	Kecil	128-64
<b>KORAL (KERIKIL BESAR)</b>	Sangat kasar	64-32
	Kasar	32-16
	Sedang	16-8
	Halus	8-4
<b>KERIKIL</b>		4-2
<b>PASIR</b>	Sangat kasar	2-1
	Kasar	1-0,5
	Sedang	0.5-0.25
	Halus	0.25-0.125
	Sangat halus	0.125-0.062
<b>LUMPUR</b>	Kasar	0.062-0.031
	Sedang	0.031-0.016
	Halus	0.016-0.008
	Sangat halus	0.008-0.004
<b>LEMPUNG</b>	Kasar	0.004-0.002
	Sedang	0.002-0.001
	Halus	0.001-0.0005
	Sangat halus	0.0005-0.00024

### B.5.1. Berat Jenis Sedimen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Berat jenis sedimen ini dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. pemeriksaan ini dilakukan untuk memperoleh specific Gravity (Gs). Yang dimana berat jenis yang terdiri dari partikel kecil memiliki nilai Gs lebih besar dari 1,00.

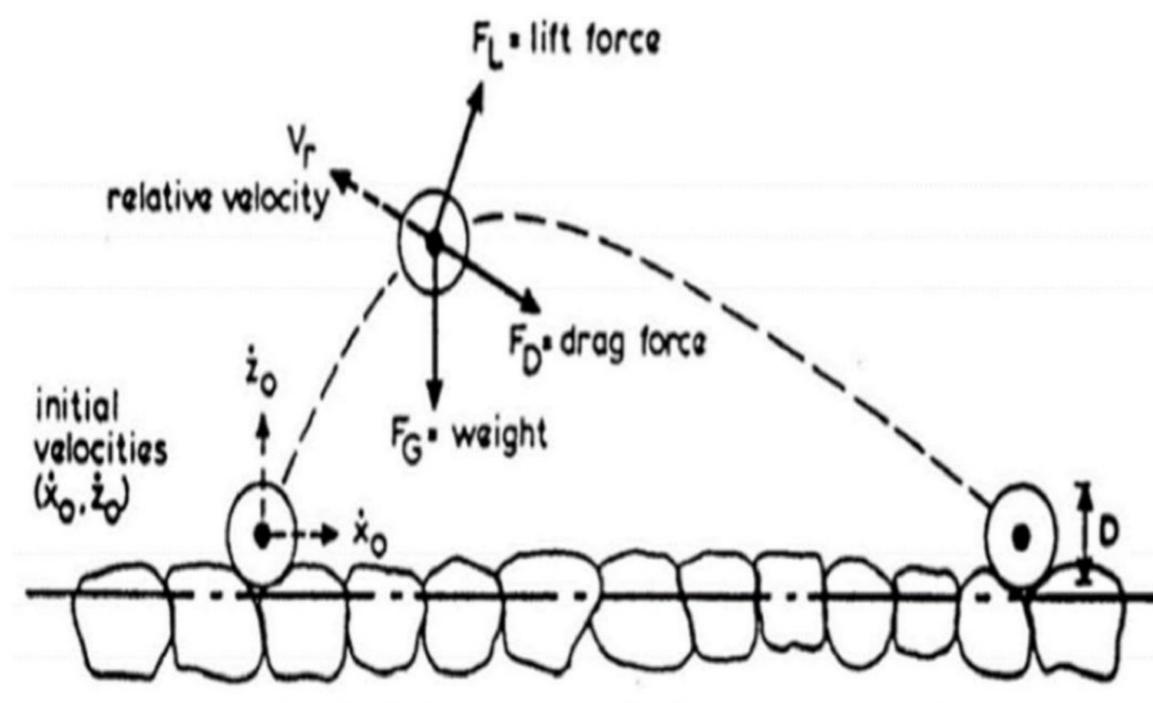
### B.5.2. Porositas

Porositas didefinisikan sebagai persentase ruang pori dalam volume total batuan. Ruang pori sendiri diartikan sebagai ruang dalam tubuh batuan

yang tidak diisi oleh zat padat. Dengan demikian, porositas yang dimaksud di atas adalah ruang pori total, bukan ruang pori efektif. Ruang pori total mencakup semua ruang yang tidak terisi oleh zat padat, baik ruang yang berhubungan maupun ruang yang tidak berhubungan. Ruang pori efektif adalah ruang-ruang pori yang berhubungan satu sama lain (Pettijohn, 1975).

#### **B.6. Gaya-gaya yang Bekerja Pada Butiran Sedimen Dalam Air**

Suatu butiran sedimen dalam aliran fluida akan menerima gaya-gaya fluida jika terdapat pergerakan relatif antara butiran dan fluida tersebut. Pergerakan relatif yang dimaksud adalah jika antara butiran dan fluida terdapat perbedaan kecepatan aliran misalnya pergerakan butiran lebih lambat atau lebih cepat dari aliran fluida (Mehta, 1993). Gaya fluida yang bekerja searah dengan pergerakan butiran disebut gaya seret (drag force), sedangkan gaya fluida yang bekerja dengan arah normal atau tegak lurus arah pergerakan butiran disebut gaya angkat (lift force) (Rijn, 1990). Pada umumnya pendekatan dilakukan dengan menggunakan koefisien yang disebut koefisien seret dan angkat (drag and lift coefficients  $C_D$  dan  $C_L$ ) yang ditentukan secara eksperimental. Kedua koefisien ini sangat dipengaruhi oleh tipe aliran laminar, turbulen atau transisi di sekitar butiran melalui angka Reynold ( $Re$ ). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa  $C_D$  dan  $C_L$  adalah fungsi  $Re$ .



**Gambar 4.** Gaya seret (drag force) dan gaya angkat (lift force)

### C. Pemeliharaan alur

Pemeliharaan alur meliputi usaha untuk mengatasi sedimentasi pada alur pelayaran maupun alur muara yang umumnya dilakukan dengan metode pengerukan (dredging), sand by passing, pembangunan underwatersill, jety dan breakwater.

#### 1. Pengerukan (Dredging)

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2010 pekerjaan pengerukan adalah pekerjaan mengubah dasar perairan untuk mencapai kedalaman dan lebar yang dikehendaki atau untuk mengambil material dasar laut/perairan yang dipergunakan untuk keperluan tertentu. Kegiatan untuk membuat alur pelayaran serta

merawat alur pelayaran adalah melalui pekerjaan pengerukan pada alur pelayaran dengan menggunakan peralatan.

## **2. Sand by passing**

Sand by passing merupakan proses pemindahan pasir yang berada disepanjang pantai yang dipindahkan secara sengaja melewati inlet. Inlet merupakan jalan air yang pendek dan sempit yang berhubungan dengan laut atau dapat juga berupa danau besar dengan air didalamnya, inlet itu ada yang alamiah (teluk) dan ada pula yang sengaja di buat untuk keperluan navigasi (Pelabuhan) dengan jalan menahan laju transportasi sedimen sejajar pantai.

## **3. Bangunan ambang bawah air (Underwater Sill)**

Underwater sill adalah bangunan bawah air yang berfungsi membelokkan aliran transpor sedimen agar tidak memasuki alur pelayaran yang dirawat (Thaha, 2006). Pembuatan bangunan underwater sill dapat digunakan untuk menghindari dan mengurangi pendangkalan di pelabuhan. Konsep pengendalian sedimen dengan bangunan underwater sill dengan melindungi kolam kolam labuh dengan bangunan underwater sill sehingga sebagian arus yang membawa sedimen setinggi underwater sill akan terdefleksi sehingga tidak masuk ke area kolam labuh.

## **4. Bangunan jetty dan breakwater**

Jetty adalah bangunan yang menjorok ke laut yang terletak di sisi mulut sungai yang dimaksudkan secara bersama-sama

mengarahkan aliran debit sungai menggelontor sedimen dan memotong transpor sedimen menyusur pantai yang berpotensi mengendap di mulut alur. Dengan demikian kedalaman dan lebar mulut sungai atau alur pelayaran dapat terpelihara sesuai kebutuhan. Bangunan ini banyak dipakai khususnya oleh negara-negara maju untuk menstabilkan alur pelayaran dan muara sungai (Thaha, 2006).

#### **D. Fluidisasi**

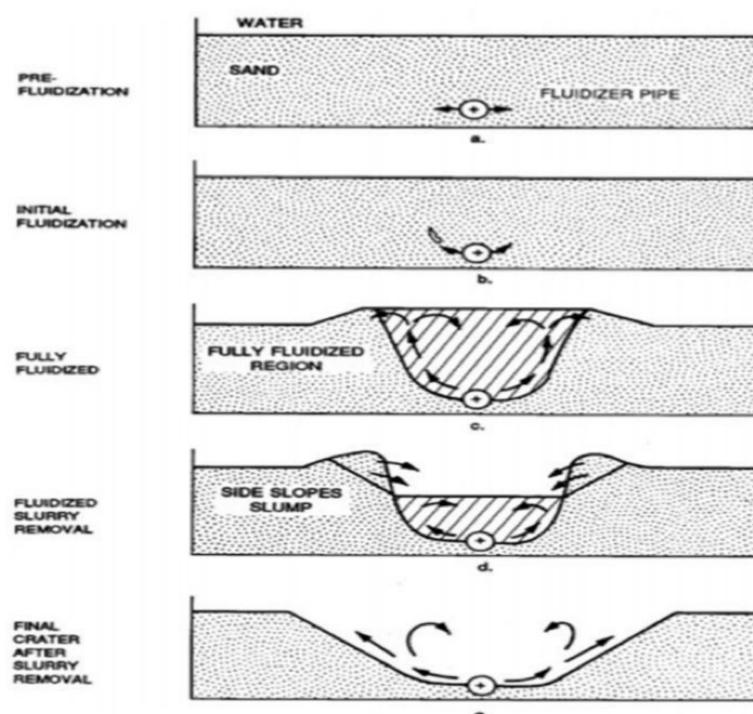
Fluidisasi adalah fluida dengan fraksi solid dasar (bed deposit) yang umumnya berbentuk butiran granular menyebabkan butiran tersebut terangkat, teragitasi dan berpindah dari posisinya semula. Beberapa penelitian terkait pengembangan fluidisasi alur terutama pada muara sungai seperti pada penanganan pendangkalan sungai (Ni'am. M.F, 2003), fluidisasi untuk pemeliharaan alur pelayaran (Widiyanto, Soedirman, 2018). Tujuan utama penggunaan metode fluidisasi di lingkungan pantai dan sungai adalah untuk membentuk alur seoptimal mungkin. Dengan demikian pembentukan alur yang optimal merupakan pertimbangan utama dalam proses disain. Prinsip dasar fluidisasi pada penanggulangan sedimentasi di alur adalah mengubah sedimen padat yang mengendap di dasar alur atau muara menjadi fluid. Fluidisasi dilakukan dengan mengalirkan air bertekanan melalui pipa fluidisasi atau pipa bermulut banyak yang tertanam di bawah sedimen. Pancaran air yang keluar dari lubang diharapkan

mampu mengusik dan mengangkat sedimen untuk selanjutnya ditranspor oleh arus permukaan yang ada. Bagian yang ditinggalkan berupa lubang yang bermanfaat untuk berbagai hal. Bila daerah yang terfluidisasi berupa garis, maka akan terbentuk alur dengan panjang, lebar dan kedalaman tertentu.

Penguasaan teknologi fluidisasi khususnya untuk tujuan pemeliharaan alur perlu didukung oleh tersedianya referensi dengan uraian yang lebih luas tentang fenomena fluidisasi sedimen oleh jet air. Kenyataan menunjukkan bahwa referensi tentang metode fluidisasi untuk pemeliharaan alur termasuk hasil-hasil penelitian yang ada, belum mampu mendukung keandalan teknologi ini untuk diterapkan di lapangan (Thaha, 2006).

#### **D.1. Tahapan fluidisasi**

Proses fluidisasi untuk pembentukan alur menurut Wiesman dan Lennon (1994) dibagi dalam lima tahapan seperti diperlihatkan pada Gambar 5. dan diuraikan sebagai berikut:



**Gambar 5.** Tahapan-tahapan pembentukan alur dengan fluidisasi  
(US Army Corps of Engineers, 1991)

**a. Awal Fluidisasi (Initial fluidization)**

Fluidisasi awal (Initial fluidization) terjadi bilamana aliran air dipercepat, mulai terlihat kantong-kantong terisolasi atau pasir terusik di sekitar lubang perforasi dan selanjutnya bergerak ke atas hingga menyembur (spout) dipermukaan sedimen. Keadaan ini merupakan awal dari proses fluidisasi.

**b. Fluidisasi Penuh (fully fluidization)**

Jika kecepatan air ditingkatkan, maka fase fluidisasi penuh (fully fluidization) akan terjadi dengan indikasi seluruh sedimen di atas pipa telah terfluidisasi dan membentuk slurry. Zona yang terfluidisasi terlihat mempunyai permukaan yang lebih tinggi daripada zona di luarnya.

**c. Pembuangan Slurry (Fluidized slurry removal)**

Bila daerah di atas pipa telah terfluidisasi sempurna maka slurry dengan mudah dapat diangkut oleh aliran permukaan yang ada.

**d. Erosi Pancaran Aliran**

Jika slurry terbuang/terpindahkan semua, maka akan terbentuk alur yang diperlebar oleh gerusan di sekitar pipa dimana terdapat lubang perforasi.

**D.2. Pipa Fluidisasi dan Lubang Perforasi**

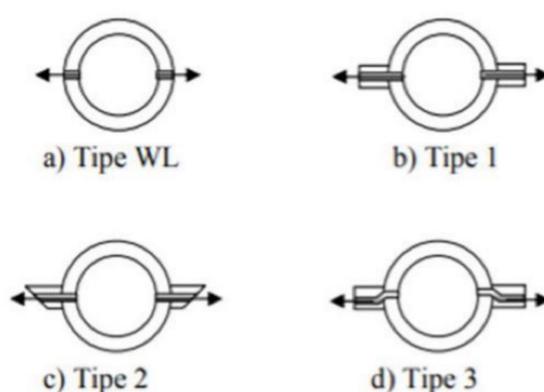
Pipa fluidisasi adalah manifold yang berfungsi menyediakan aliran yang seragam keluar dari lubang perforasi. Untuk itu diperlukan diameter pipa yang memberikan tekanan sepanjang pipa yang relatif konstan (Weisman dan Lennon, 1994 dalam Thaha 2006).

Orientasi lubang perforasi direkomendasikan horisontal di samping kirikanan pipa. Rekomendasi ini didasarkan pada:

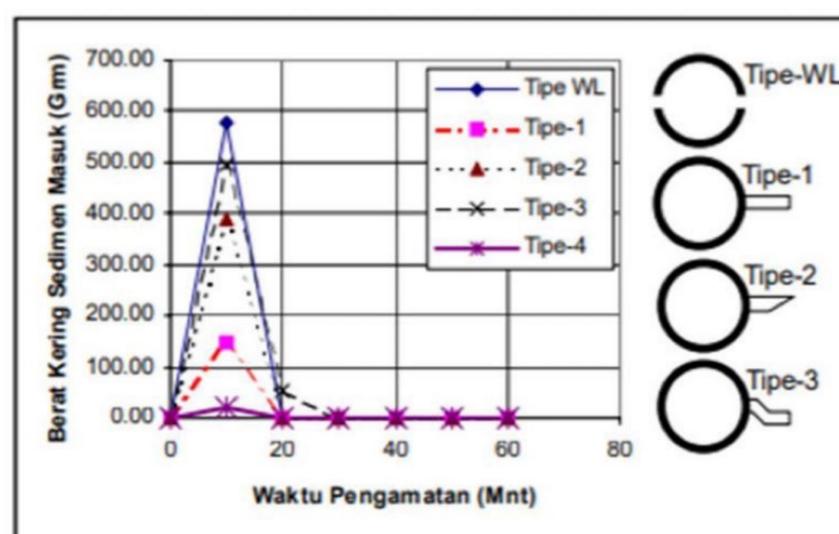
1. Kelly (1977) dalam Weisman dan Lennon (1994) memperlihatkan pembentukan lebar alur optimum dengan posisi lubang tersebut.
2. Weisman et.al (1979) dalam Weisman dan Lennon (1994) memperlihatkan bahwa jet ke atas mudah tersumbat/terisi oleh pasir saat tidak digunakan, sedangkan jika mengarah ke bawah akan menyebabkan pipa tenggelam.
3. Kebutuhan tekanan dan debit fluidisasi untuk menghasilkan T yang sama antara jet vertikal dan horisontal pada dasarnya sama, namun

karena alasan mudah terisi pasir, maka jet horizontal tetap lebih baik (Thaha dkk., 2005).

Kriteria yang digunakan untuk menilai kinerja tipe lubang adalah jumlah sedimen yang masuk ke dalam pipa setelah operasional dihentikan. Hasil penelitian menunjukkan lubang Tipe 3 yang paling sedikit kemasukan sedimen dengan kata lain dapat meminimalisasi jumlah sedimen yang masuk sekitar 60% dari pada Tipe WL. Tipe 1 dan 2 masing-masing dapat meminimalisasi jumlah sedimen masuk sebesar 30% dan 45% dari pada Tipe WL.



**Gambar 6.** Empat tipe lubang yang dikaji Taufik, Darmawan dan Triyanto



**Gambar 7.** Perbandingan sedimen masuk ke dalam pipa pada 4 tipe lubang

### D.3. Debit dan Tekanan Fluidisasi

Dalam menentukan berhasilnya proses fluidisasi maka tergantung dari dua parameter yang sangat berpengaruh yaitu debit dan tekanan.

#### D.3.1. Debit fluidisasi

Persamaan yang di hasilkan dari hukum kontinuitas dimana debit yang keluar melalui lubang jet ( $Q$ ) sama dengan debit yang keluar di permukaan sedimen melalui tabung khayal berdiamater  $D_s$  ditambah dengan debit hilang (keluar dari tabung khayal) yang diasumsikan sebesar  $\Psi Q_0$  Untuk menghitung kebutuhan debit fluidisasi ( $Q$ ) digunakan rumus sebagai berikut (Thaha,2006) :

$$Q = C_D A_h \sqrt{2gh_e} \quad (3)$$

Dengan:

$Q$  = Debit (m<sup>2</sup>/s)

$C_D$  = Koefisien Debit

$A_h$  = Luas tiap lubang (m/s<sup>2</sup>),

$h_e$  = Tekanan fluidisasi (m)

### D.4. Kebutuhan Tekanan Fluidisasi

Kebutuhan tinggi tekanan dalam pipa fluidisasi untuk mengangkat sedimen adalah sama dengan kehilangan tinggi tenaga di lubang dan di

lapisan sedimen. Bentuk persamaan kebutuhan tinggi tenaga fluidisasi ( $h_e$ ) adalah sebagai berikut (Thaha,2006):

$$h_e = [1 + k] \frac{v_2^2}{2g} + d_b(1 - \varepsilon)\Delta \quad (4)$$

Dengan:

$h_e$	= Kebutuhan tinggi tenaga fluidisasi	(m)
$h_f$	= Kebutuhan tenaga full fluidisasi	(m)
$d_b$	= Ketebalan sedimen	(m)
$k$	= Koefisien kehilangan energi dilubang	
$v$	= Kecepatan fluidisasi	(m/s)
$g$	= Gaya gravitasi	(m/s <sup>2</sup> )
$\varepsilon$	= Porositas sedimen	
$D_f$	= Diameter lubang pipa fluidisasi	(m)

Dari penelitian Weistman-Lennon terlihat bahwa setelah pengelontoran slurry berlangsung. Tekanan pada pipa fluidisasi penuh berkisar 1 m per meter kedalaman pipa. Tekanan yang di butuhkan dapat dihitung dengan rumus lubang terendam (Thaha,2006):

$$Q_h = C_D A_h \sqrt{\frac{2g \Delta P_o}{\gamma}} \quad (5)$$

Dengan:

$Q_h$	= Debit tiap lubang	(ltr/dtk)
$C_D$	= Koefisien debit	

$A_h$	= Luas tiap lubang	(m <sup>2</sup> )
$\Delta P_o$	= Selisih tekanan di dalam dan di luar pipa	(kg/cm <sup>2</sup> )
$\gamma$	= Berat jenis air	(kg/cm <sup>3</sup> )

### E. Kehilangan Tinggi Tenaga (Head Losses)

Head Losses adalah kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida ketika dialirkan pada pipa. Satuan head losses adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggi satu satuan panjang. Besarnya head losses pada sambungan belokan pipa tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti diameter, debit, viskositas, dan sudut pada sambungan belokan pipa tersebut. Kehilangan tinggi tenaga terdiri dari mayor losses dan minor losses:

$$H = H_f + H_m \quad (6)$$

Dengan:

$H$  = Kehilangan tinggi tenaga (m)

$H_f$  = Kehilangan energi mayor (m)

$H_m$  = Kehilangan energi minor (m)

Kehilangan energi mayor adalah kerugian akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida.

kehilangan energi mayor dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Darcy –Weisbach yaitu:

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (7)$$

Dengan:

$h_f$	= Kehilangan energi mayor	(m)
L	= Panjang pipa	(m)
D	= Diameter pipa	(m)
V	= Kecepatan	(m/s)
g	= Gravitasi bumi	(m/s <sup>2</sup> )
f	= Faktor gesek	

Adapun pengertian kehilangan energi minor (*minor losses*) adalah terjadinya kerugian yang disebabkan oleh gesekan pada sambungan pipa, belokan, katup, dan pada luas penampang pipa yang tidak seragam. Kehilangan energi minor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy –Weisbach yaitu:

$$h_m = k \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Dengan:

$h_m$	= Kehilangan energi minor	(m)
v	= Kecepatan	(m/s)
g	= Gravitasi bumi	(m/s <sup>2</sup> )
k	= Koefisien kehilangan	

### E.1. Kehilangan Tenaga melalui lubang

Kehilangan tinggi tenaga pada lubang ( $h_{oc}$ ) untuk mencapai fluidisasi awal adalah merupakan fungsi dari kecepatan jet kritis ( $v$ ) (Thaha, 2006)

$$h_{oc} = (1 + K) \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

dengan:

$h_{oc}$	= Tinggi tenaga yang hilang akibat gesekan	(m)
$D$	= Diameter pipa	(m)
$v$	= Kecepatan aliran	(m <sup>2</sup> )
$g$	= Percepatan gravitasi	(m/s <sup>2</sup> )
$K$	= Koefisien Kehilangan energi	

### F. Kehilangan Tenaga Akibat Sedimen

Kehilangan energi akibat sedimen dapat di peroleh dengan meninjau gaya ke atas ( $\rho g h A$ ) dengan berat sedimen dalam air ( $d_b(1 - \varepsilon)A(\rho_s - \rho)/\rho$ ).

Menghitung kebutuhan tinggi tenaga pada lapisan sedimen dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_e = d_b \Delta (1 - \varepsilon) \quad (10)$$

dengan:

$h_e$	= Kehilangan Energi Sekunder	(m)
$d_b$	= Ketebalan Sedimen	(m)
$\Delta$	= Berat Jenis Relative Sedimen	
$\varepsilon$	= Porositas	(%)

### G. Kecepatan Aliran Dalam Pipa

Di dalam ilmu hidraulika kecepatan ( $v$ ) dan debit ( $Q$ ) aliran merupakan faktor yang sangat penting. Hiyungan praktis, rumus yang umum digunakan adalah persamaan komunitas, yaitu:

$$Q = A.v \quad (11)$$

Dengan:

$$Q = \text{Debit aliran} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$A = \text{Luas penampang} \quad (\text{m}^2)$$

$$v = \text{Kecepatan aliran} \quad (\text{m/s})$$

### H. Aliran Pada Lubang Terendam

Aliran melalui lubang jika permukaan zat cair di sebelah hilir lubang keluar adalah diatas sisi lubang, maka lubang tersebut terendam, rumus bernoulli dapat digunakan untuk menghitung kecepatan aliran melalui lubang terendam tersebut. Adapun persamaan Bernoulli dapat dirumuskan sebagai berikut (Triatmojo,2014):

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \quad (12)$$

Dimana  $P_1/\gamma = h_1$ ,  $P_2/\gamma$  dan  $v_1 = 0$  maka kecepatan aliran melalui lubang ( $V_2$ ) dapat diturunkan sebagai:

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (13)$$

Debit yang melalui lubang terendam dapat di hitung dengan rumus:

$$Q = C_D A_h \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (11)$$

Dimana:

$Q$  = Debit lubang terendam (ltr/dtk)

$C_D$  = Koefisien debit

$A_h$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$g$  = Gaya gravitasi ( $m^2/s$ )

$h_1 - h_2$  = selisih elevasi muka air dihilu dan hilir lubang (m)

### I. Aliran Pada Saluran Tertutup (Pipa)

Aliran pada Saluran Tertutup (Pipa) Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo, 1996). Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Jenis aliran dalam saluran tertutup ada 2 jenis , yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Dua jenis aliran tersebut hanya dibedakan berdasarkan besarnya nilai bilangan reynold (Re). Bilangan Reynold ini adalah bilangan yang tidak berdimensi dan sama dengan hasil kalo kecepatan karakteristik dari sistem dibagi dengan kecepatan kinematik dari cairan dan secara matematis dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{vd_0}{\mu} \quad (14)$$

Dengan:

Re = Bilangan reynold

v = Kecepatan aliran (m/s)

$d_o$  = Diameter pipa (m)

$\mu$  = Kekentalan kinematic zat cair ( $m^2/s$ )

### **I.1. Aliran Laminer**

Aliran laminar adalah aliran fluida yang tidak terganggu dan konstan. Ketika fluida menunjukkan aliran laminar, lapisan fluida yang berdekatan tidak bercampur satu sama lain pada tingkat makroskopik. Oleh karena itu, lapisan fluida tampak bergerak dalam garis lurus sejajar satu sama lain adapun bilangan Reynold yang dimiliki Aliran laminar yaitu kurang dari 2000.

### **I.2. Aliran turbulen**

Aliran turbulen merupakan salah satu aliran fluida yang memiliki kecepatan yang berubah-ubah dan mengandung partikel-partikel yang bergerak secara acak dan tidak stabil. Garis alir pada masing-masing partikel dalam aliran turbulen saling berpotongan satu sama lain. Aliran reynold mempunyai bilangan Reynold lebih dari 4000 dan aliran dalam pipa relative lebih kasar pada kecepatan tinggi.