

**SKRIPSI**

**STUDI PENGARUH DEBIT PENGHISAPAN *FLUSHING CONDUIT*  
TERHADAP PENGGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK  
(UJI EKSPERIMENTAL)**



**Oleh:**

**ALFIN EKO DUDUNG MASSORA**  
**105 81 1959 13**

**MUHAMMAD SYAKIR**  
**105 81 1944 13**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2017**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221  
Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)  
Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**PENGESAHAN**

Skripsi atas nama Alfin Eko Dudung Massora dengan Nomor Induk Mahasiswa 10581 1959 13 dan Muhammad Syakir dengan Nomor Induk Mahasiswa 10581 1944 13, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0005/SK-Y/22201/091004/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 16 Desember 2017

Makassar, 4 Rabiul Akhir 1439 H  
23 Desember 2017 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr. H. Muh. Idrus Ompo, SP., PSDA:

2. Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT

3. Ir. Mahmuddin, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. H. Lawalenna Samang, M.Sc., M.Eng.

Amrullah Mansida, ST., MT.

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.  
NBM: 855/500



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI PENGARUH DEBIT PENGHISAPAN FLUSHING CONDUIT TERHADAP PENGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)**

Nama : ALFIN EKO DUDUNG MASSORA  
MUHAMMAD SYAKIR

Stambuk : 10581 1959 13  
10581 1944 13

Makassar, 23 Desember 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

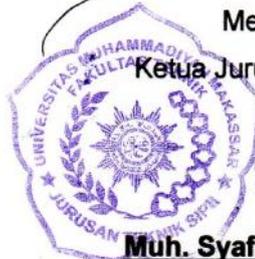
Pembimbing II

Prof. Dr. H. Lawalenna Samang, M.Sc., M.Eng.

Amrullah Mansida, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, S.T.

NBM : 975 288

# STUDI PENGARUH DEBIT PENGHISAPAN *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP PENGGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)

Alfin Eko Dudung Massora<sup>(1)</sup> dan Muhammad Syakir.<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar,  
alfin.ekomassora@gmail.com

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, muhammadsyakir151@gmail.com

## Abstrak

*Studi Pengaruh Debit penghisapan Flushing Conduit Terhadap Penggelontoran Sedimen Di Waduk dibimbing oleh Lawalenna Samang dan Amrullah Mansida. Kerusakan Daerah aliran sungai atau DAS menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya proses sedimentasi akibat adanya erosi lahan di Daerah Aliran Sungai menyebabkan tingginya angkutan sedimen ke waduk sehingga mengurangi kapasitas tampungan waduk menyebabkan fungsi waduk menjadi tidak efektif lagi antara lain, untuk pemenuhan kebutuhan air bersih, air irigasi dan PLTA bagi masyarakat menjadi berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit penghisapan pada metode flushing conduit terhadap penggelontoran sedimen di waduk. dan hubungan antara bukaan gate valve terhadap tinggi tekanan penghisapan. Klasifikasi sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus berdasarkan skala wenworth dari hasil analisa saringan. Dari hasil penelitian menunjukkan volume sedimen yang tergelontor pada Q1 untuk debit penghisapan (q) 0,0030 m<sup>3</sup>/dtk adalah 0,0037 m<sup>3</sup>, debit penghisapan (q) 0,0042 m<sup>3</sup>/dtk adalah 0,0047 m<sup>3</sup> dan debit penghisapan (q) 0,0053 m<sup>3</sup>/dtk adalah 0,0053 m<sup>3</sup>. Kinerja Flushing Conduit menunjukkan semakin besar debit penghisapan (q), maka semakin besar volume gelontor (Vg) akibat adanya tinggi tekanan penghisapan (P) dan kecepatan aliran (v) pada pipa flushing conduit.*

*kata kunci : Flushing Conduit, Penggelontoran, Debit Penghisapan.*

## Abstract

*Study of the influence of discharge sucking Flushing Sediment On flushing out Against Conduit Reservoirs Samang Lawalenna and guided by Amrullah Mansida. Damage to watersheds or DAS becomes one of the causative factors in the process of sedimentation due to land erosion in Watersheds causing sediment transport into high reservoirs capacity so as to reduce the catchment reservoirs cause the function of reservoirs to be not effective anymore, among others, for the fulfillment of the needs of clean water, irrigation water and HYDROELECTRIC POWER for the community be reduced. This research aims to know the influence of discharge sucking on flushing method flushing out sediment against conduit reservoirs. and the relationship between the opening of the gate valve against high pressure sucking. Sediment classification used in this research is fine sand based on scale analysis results of wenworth sieve. Results showed the volume of sediments of tergelontor in Q1 to discharge (q) sucking 0.0030 m<sup>3</sup>/sec was 0.0037 m<sup>3</sup>, discharge (q) sucking 0.0042 m<sup>3</sup>/sec is 0.0047 m<sup>3</sup> sucking and discharge (q) 0.0053 m<sup>3</sup>/sec was 0.0053 m<sup>3</sup>. Flushing performance shows the greater the discharge Conduit sucking (q), then the greater the volume of games (Vg) due to the high pressure sucking (P) and (v) the flow velocity in pipe flushing conduit.*

*Keywords: Flushing, flushing out the Conduit, Debit Sucking*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum, Wr. Wb*

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “ **STUDI PENGARUH DEBIT PENGHISAPAN *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP PENGSELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)**”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena penulis mengharapkan kritik dan saran serta perbaikan guna kesempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Hamzah Al Imran, ST.,MT.** Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Muh. Syafaat, S.Kuba, ST.** Sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, M.Sc., M.Eng.** Selaku pembimbing 1 dan Bapak **Amrullah Mansida, ST.,MT.** Selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
4. Bapak dan ibu Dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar, \
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta pengorbanan kepada penulis.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus saudaraku Angkatan 2013 (***RADICAL***) dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara, Aamiin

***Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.***

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian dan Batasan Masalah .....	4

E. Sistematika Penulisan .....	5
--------------------------------	---

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

A. Manajemen Daerah Aliran Sungai dan Sedimentasi.....	7
1. Pengertian Daerah Aliran Sungai .....	7
2. Tujuan Pengelolaan Das dan Penyebabnya .....	8
3. Penggelontoran Sedimen di Waduk .....	11
B. Konsep Sedimentasi .....	12
1. Pengertian dan Mekanisme Sedimentasi .....	12
2. Transpor Sedimen .....	13
3. Distribusi Ukuran Butir .....	15
C. Waduk dan Penggelontoran Sedimen .....	16
1. Waduk dan Tampungan .....	16
2. Debit Penghisapan Pada <i>Flushing Conduit</i> .....	17
3. Mekanisme Fluidisasi dengan <i>Flushing Conduit</i> .....	18
D. Aliran Dalam Saluran Tertutup.....	19
1. Karakteristik dan Keceptan Aliran .....	19
2. Kehilangan Energi dan Tekanan .....	21

3. Pengaliran Dalam Pipa .....	26
E. Kerangka Pikir Penelitian .....	27

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	28
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	28
C. Alat dan Bahan .....	29
D. Variabel yang di teliti .....	30
E. Rancangan Penelitian .....	31
F. Teknik Analisis Data .....	35
G. Pelaksanaan Simulasi .....	36
H. Flow Chart Penelitian .....	39

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian .....	40
B. Analisi Data .....	41
C. Pembahasan .....	43
1. Karakteristik Material Sedimen .....	43
2. Hubungan Gate Valve (Gv) dengan Tekanan Penghisapan (P) .....	44

3. Pengaruh Debit Penghisapan( $q$ ) Terhadap volume gelontor ( $v_g$ )..	49
---	----

## **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	54
B. Saran.....	54

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Daur Hidrologi .....	7
2. Proses Terjadinya Erosi dengan Berbagai Macam Jenis Butiran .....	10
3. Sumber Sedimen .....	13
4. Sifat Pergerakan Partikel-Partikel dalam Media Air .....	14
5. Percobaan Reynolds tentang Aliran Laminar dan Turbulen di Pipa .....	20
6. Diagram Moody .....	22
7. Kerangka Pikir .....	27
8. Rancangan Model <i>Flushing Conduit</i> (Denah) .....	33
9. Rancangan Model <i>Flushing Conduit</i> (Tampak Samping) .....	33
10. Rancangan Model Pipa Hisap & Potongan Melintang .....	33
11. Detail Rancangan Tebal Lapisan Sedimen .....	33
12. Flow Chart Penelitian.....	39
13. Gradasi Ukuran Butiran Sedimen (sampel) .....	44
14. Hubungan Bukaannya Gate Valve dengan Tekanan Penghisapan ( $Q_1$ ) .....	45
15. Hubungan Bukaannya Gate Valve dengan Tekanan Penghisapan( $Q_2$ ) .....	47

16. Hubungan Bukaannya Gate Valve dengan Tekanan Penghisapan ( $Q_3$ ) .....	48
17. Pengaruh Debit Penghisap Terhadap Penggelontoran Sedimen ( $Q_1$ ) .....	50
18. Pengaruh Debit Penghisap Terhadap Penggelontoran Sedimen ( $Q_2$ ) .....	51
19. Pengaruh Debit Penghisap Terhadap Penggelontoran Sedimen ( $Q_3$ ) .....	52

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen menurut Wentworth .....	15
2. Metode Kerja Fluidisasi dengan <i>Flushing Conduit</i> .....	18
2. Nilai Kekasaran Dinding Untuk Berbagai Pipa Komersial.....	23
3. Hasil Perhitungan Analisa Saringan.....	43
4. Hubungan Bukaannya Gate Valve dengan Tekanan Penghisapan ( $Q_1$ ).....	45
5. Hubungan Bukaannya Gate Valve dengan Tekanan Penghisapan ( $Q_2$ ).....	46
6. Hubungan Bukaannya Gate Valve dengan Tekanan Penghisapan ( $Q_3$ ).....	47
7. Pengaruh Debit Penghisapan Terhadap Volume Gelontoran ( $Q_1$ ).....	49
8. Pengaruh Debit Penghisapan Terhadap Volume Gelontoran ( $Q_2$ ).....	50
9. Pengaruh Debit Penghisapan Terhadap Volume Gelontoran ( $Q_3$ ).....	52

## DAFTAR NOTASI

P	: Tekanan
Q	: Debit
q	: Debit Penghisapan
V	: Kecepatan Aliran
A	: Luas Penampang Aliran
V <sub>g</sub>	: Volume Gelontor
D	: Diameter
$\mu$	: Viskositas absolute
$\nu$	: Viskositas Kinematik
Re	: Bilangan Reynold
P <sub>s</sub>	: Rapat Massa
$\Lambda$	: Faktor Gesekan
G	: Percepatan Gravitasi
H	: Tinggi
a	: Spasi Lubang
db	: Tebal Sedimen
L	: Panjang

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipandang sebagai suatu sistem alami yang menjadi tempat berlangsungnya proses-proses biofisik hidrologis maupun kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat yang kompleks. Proses-proses biofisik hidrologis DAS merupakan proses alami sebagai bagian dari suatu daur hidrologi atau yang dikenal sebagai siklus air. Sedang kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat merupakan bentuk intervensi manusia terhadap sistem alami DAS, seperti pengembangan lahan kawasan budidaya. Hal ini tidak lepas dari semakin meningkatnya tuntutan atas sumber daya alam (air, tanah, dan hutan) yang disebabkan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang membawa akibat pada perubahan kondisi tata air DAS.

Perubahan kondisi hidrologi DAS sebagai dampak perluasan lahan kawasan budidaya yang tidak terkendali tanpa memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air seringkali mengarah pada kondisi yang kurang diinginkan, yaitu peningkatan erosi dan sedimentasi, penurunan produktivitas lahan, dan percepatan degradasi lahan. Maka itu, diperlukan suatu upaya penanganan yang tepat dalam pengelolaan kondisi DAS agar tetap baik sepanjang waktu sehingga penyediaan kebutuhan air tetap terpenuhi.

Waduk (*reservoir*) adalah danau buatan, kolam penyimpanan atau

pembendungan sungai yang bertujuan untuk menyimpan air. Sering kali di temui, pemanfaatan waduk yang kurang maksimal akibat sedimentasi/pengendapan yang di sebabkan oleh angkutan sedimen yang masuk ke dalam waduk yang berasal dari tanah hasil erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit atau jenis erosi tanah lainnya dari tempat yang lebih tinggi (hulu) dengan proses transpor sedimen melalui sungai yang bermuara di waduk (Asdak, 2010).

Sedimen mengakibatkan terjadinya pendangkalan di waduk sehingga pemenuhan air untuk irigasi, PLTA, dan PDAM mengalami penurunan yang signifikan. Sebagai contoh waduk Gajah Mungkur di Wonogiri, Jawa Tengah. Waduk dengan wilayah seluas kurang lebih 8800 ha di 7 kecamatan ini bisa mengairi sawah seluas 23600 ha di daerah Sukoharjo, Klaten, Karanganyar dan Sragen. Selain untuk memasok air minum kota Wonogiri juga menghasilkan listrik dari PLTA sebesar 12,4 MegaWatt. Waduk ini direncanakan bisa berumur sampai 100 tahun. Namun, sedimentasi yang terjadi menyebabkan umur waduk hanya dapat mencapai lebih kurang 27 tahun (Sumber : Kompas 2009). Perum Jasa Tirta Benggawan Solo kewalahan untuk melakukan perawatan terhadap waduk Gajah Mungkur di Wonogiri yang menjadi tugasnya.

Salah satu cara untuk menangani sedimentasi yang berlebihan di waduk, yaitu dengan melakukan pengerukan pada sedimentasi atau yang dikenal dengan metode *Dredging*. Menurut Asosiasi Internasional perusahaan (AIP) pengerukan (*Dredging*) ialah mengambil tanah atau material dari lokasi di dasar air, biasanya perairan dangkal seperti danau, sungai, muara ataupun laut dangkal ,dan memindahkan atau membuangnya ke lokasi lain (Sumber : <http://id.wikipedia.org>

/wiki/pengerukan). Untuk melakukan pengerukan biasanya menggunakan kapal-kapal keruk yang disesuaikan dengan fungsinya. Meskipun efektif untuk mengurangi jumlah sedimentasi pada waduk. Akan tetapi, banyak hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain biaya operasional alat pengerukan yang besar, ketersediaan lahan terbuka yang cukup untuk tempat pembuangan sedimentasi, analisa dampak lingkungan (AMDAL) yang perlu di perhatikan, biaya pekerja lepas dan waktu pelaksanaan yang perlu di analisa dengan baik.

Berdasarkan permasalahan diatas kami memilih alternatif upaya penanganan sedimentasi dengan menggunakan konsep *Flushing Conduit* pada penggelontoran sedimentasi di waduk. Hal ini perlu diteliti terlebih dahulu dengan menguji konsep *Flushing Conduit* pada model replika waduk agar mendapatkan hasil yang baik serta layak digunakan sebelum penerapan di lapangan. Sistem kerja *Flushing Conduit* untuk penggelontoran sedimentasi berkaitan dengan ilmu hidrolika terapan pada saluran tertutup dan mekanika fluida dengan menggunakan beberapa variabel terikat maupun variabel bebas sebagai pengujiannya.

Maka itu kami memilih konsep penanganan sedimentasi di waduk yang ekonomis dan ramah lingkungan dengan judul **“Studi Pengaruh Debit Penghisapan *Flushing Conduit* Terhadap Penggelontoran Sedimen Di Waduk (Uji Eksperimental)”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

- 1) Bagaimana klasifikasi ukuran butir pada material sedimen ?
- 2) Bagaimana hubungan putaran gate valve dengan tekanan penghisapan ?
- 3) Bagaimana pengaruh debit penghisapan terhadap penggelontoran sedimen ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Dengan adanya masalah yang telah di rumuskan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui klasifikasi ukuran butir pada material sedimen.
- 2) Untuk mengetahui hubungan putaran gate valve dengan tekanan penghisapan.
- 3) Untuk mengetahui pengaruh debit penghisapan terhadap penggelontoran sedimen.

### **D. Manfaat Penelitian dan Batasan Masalah**

Manfaat yang dapat di peroleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendapatkan metode dalam penanggulangan sedimentasi yang terjadi di waduk dengan konsep ekonomis dan ramah lingkungan.
- 2) Sebagai bahan rujukan rujukan bagi instansi dalam menangani permasalahan sedimentasi di waduk dengan konsep pekerjaan yang ekonomis dan ramah lingkungan.
- 3) Sebagai sarana untuk mengembangkan pengetahuan yang diperoleh di bangku perkuliahan dengan penerapan di lapangan.
- 4) Dengan ramah lingkungan dan ekonomis, masyarakat lebih mudah menerapkan penanganan sedimentasi di waduk.
- 5) Dengan ramah lingkungan, ekologi waduk menjadi lebih baik dan lebih

terjaga sehingga fungsi waduk tetap berjalan dengan baik sesuai umur rencana waduk.

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang ingin dicapai, maka penelitian ini di berikan batasan masalah sebagai berikut :

- 1) Penelitian menggunakan konsep *Flushing Conduit* pada penggelontoran sedimen di waduk.
- 2) Menggunakan air bersih.
- 3) Menggunakan sedimen dilokasi penelitian.
- 4) Uji model di laboratorium.
- 5) Uji pengaruh besar tekanan dan variasi tekanan *Flushing Conduit* pada penggelontoran sedimentasi di waduk.

#### **E. Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab, dimana masing-masing bab membahas masalah tersendiri, selanjutnya sistematika laporan ini sebagai berikut :

**BAB I PENDAHULUAN** : Merupakan bagian awal dari pembahasan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** : Menguraikan tentang daerah aliran sungai, sedimen di waduk, penggelontoran sedimen dengan metode *flushing conduit*, hidrolika saluran tertutup, dan Tekanan dalam saluran tertutup.

**BAB III METODE PENELITIAN** : Menguraikan tentang tahap penelitian yang terdiri atas lokasi penelitian, rancangan penelitian dan analisis data.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN :** Menguraikan tentang pembahasan penanganan sedimentasi di waduk, perilaku aliran di dalam saluran tertutup, penanganan sedimen dengan menggunakan metode flushing conduit serta kinerja bukaan gate valve pada flushing conduit terhadap penggelontoran sedimen.

**BAB V PENUTUP :** Kesimpulan dan saran yang mencakup dari keseluruhan isi penulisan yang diperoleh dan disertai saran-saran.

## BAB II

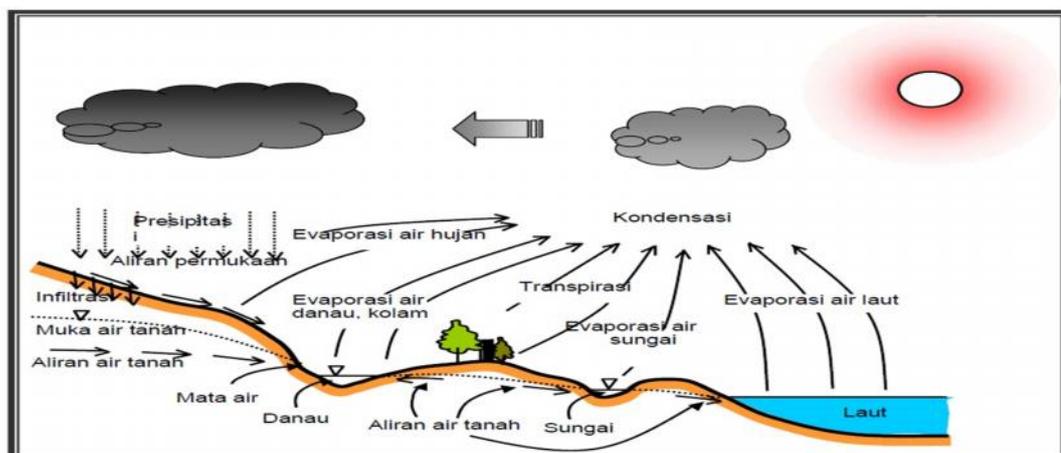
### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Manajemen Daerah Aliran Sungai dan Sedimentasi

##### 1. Pengertian Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. (Chay Asdak : 2010)

Dalam pendefinisian DAS konsep daur hidrologi sangat diperlukan untuk melihat masukan curah hujan yang dengan didistribusikan beberapa cara seperti pada gambar 1. Konsep daur hidrologi DAS menjelaskan bahwa perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia/ makhluk hidup. (Asdak :2010).



**Gambar 1.** Daur Hidrologi (Asdak, 2010)

## **2. Pengelolaan DAS dan Penyebabnya**

Pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya tanah dan air. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah identifikasi keterkaitan antara tata guna lahan, tanah, dan air serta keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS (Asdak : 2002).

Konsep pengelolaan DAS yang baik perlu didukung oleh kebijakan yang dirumuskan dengan baik pula. Dalam hal ini kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan DAS seharusnya mendorong dilaksanakannya praktek-praktek pengelolaan lahan yang kondusif terhadap pencegahan degradasi tanah dan air.

Kerusakan daerah aliran sungai (DAS) yang terjadi mengakibatkan kondisi kuantitas (debit) air sungai menjadi fluktuatif antara musim penghujan dan kemarau. Selain itu juga penurunan cadangan air serta tingginya laju sedimentasi dan erosi . Dampak yang dirasakan kemudian adalah terjadinya banjir di musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau.

Erosi merupakan penyebab utama kerusakan pada DAS yang bila berkelanjutan akan terus menghasilkan sedimentasi didaerah hulu. Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian terkikis dan terangkut, kemudian diendapkan di tempat lain (Arsyad Sinatala, 2010). Pengikisan, pengangkutan dan pemindahan tanah tersebut

dilakukan oleh media alami, yaitu air dan angin. Proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi 3 tahap, yaitu :

- a) Pelepasan butiran tanah atau partikel dari bongkahan agrergat tanah
- b) Pemindahan atau pengangkutan butiran tanah oleh media pengangkut, yaitu air.
- c) Pengendapan butiran tanah dimana butiran tanah tidak dapat di angkut lagi oleh media pengangkut.

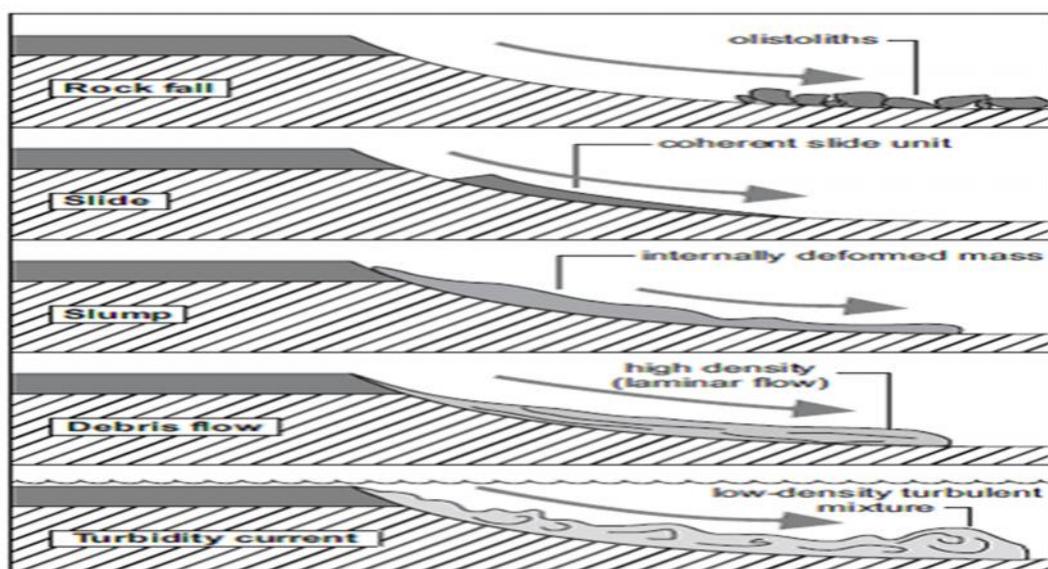
G.Kartasapoetra (1991:48) menjelaskan bahwa erosi terdiri atas normal erosion (erosi geologi) dan accelerated erosion (erosi yang dipercepat) Dari kedua macam erosi tersebut, erosi dipercepat yang perlu diperhatikan. Menurut Nasiah (2000), erosi yang terjadi dapat dibedakan atas dasar kenampakan lahan akibat erosi itu sendiri. Erosi dapat dibedakan menjadi :

- a) Erosi Percik (*Splash erosion*) adalah proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagai air lolos. Arah dan jarak terkelupasnya partikel-partikel tanah ditentukan oleh kemiringan lereng, kecepatan dan arah angin, keadaan kekasaran permukaan tanah dan penutupan tanah.
- b) Erosi lembar (*Sheet Erosion*) adalah erosi oleh air yang jatuh dan mengalir di permukaan tanah secara merata sehingga partekjel-partikel tanah yang hilang merata di permukaan tanah. Permukaan tanah menjadi lebih rendah secara merata. Erosi ini terjadi bila permukaan tanah memiliki ketahanan terhadap erosi yang relatif seragam.
- c) Erosi alur (*Rill Erosion*) adalah erosi oleh air yang mengalir di permukaan

tanah dengan membentuk alur-alur kecil dengan kedalaman beberapa sentimeter. Erosi ini terjadi pada permukaan tanah yang landai dan memiliki daya tahan yang seragam terhadap erosi.

- d) Erosi Parit (*Gulley Erosion*) adalah erosi yang mengalir dipermukaan tanah yang miring atau di lereng perbukitan yang membentuk alur-aklur yang dalam dan lebarnya mencapai beberapa meter dan berbentuk “V” sehingga tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan tanah biasa.
- e) Erosi Tebing Sungai (*Stream Bank Erosion*) adalah pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan pengerusan dasar sungai oleh aliran air sungai. Erosi tebing akan lebih hebat jika vegetasi penutup tebing telah habis atau jika dilakukan pengolahan tanah terlalu dekat tebing.

Jenis-jenis batuan maupun butiran tanah yang tererosi dapat dilihat pada gambar 2. Semakin banyak butiran tanah yang tererosi menunjukkan semakin banyak pula sedimentasi/pengendapan yang terjadi.



**Gambar 2.** Proses terjadinya erosi dengan berbagai macam jenis butiran (Asdak, 2004)

### 3. Penggelontoran Sedimen di Waduk

Usaha untuk mengurangi jumlah sedimen yang masuk ke waduk, serta pencegahan sedimen yang mengendap di dasar waduk kemungkinan tidak cukup untuk mengatasi permasalahan sedimentasi waduk. Apabila dijumpai kondisi yang demikian, maka pemindahan sedimen keluar dari waduk merupakan upaya terakhir yang tetap harus dilaksanakan. Dua cara yang sering ditempuh adalah dengan cara penggelontoran sedimen (*flushing*) melalui fasilitas keluaran bawah (*bottom outlet*), serta pengerukan (*dredging*). Persyaratan tindakan pengelontoran sedimen adalah hampir sama dengan persyaratan tindakan pelewatan sedimen, antara lain tersedia volume air yang cukup selama waktu penggelontoran sedimen, jenis sedimen yang akan dikeluarkan mempunyai ukuran relatif kecil (fraksi lumpur atau lempung), hanya sedimen yang berada di dekat daerah pintu pengambilan saja yang dapat digelontor dan perlu disertai dengan penguraian sedimen yang terlanjur memadat, misalnya dengan metode pengerukan (*dredging*)

Sedangkan hal-hal yang harus diperhatikan dalam kegiatan pengerukan atau dredging adalah volume sedimen yang akan dikeruk, lokasi pengerukan yang tidak membahayakan stabilitas struktur bendungan, lokasi tempat pembuangan bahan hasil pengerukan dan masalah lingkungan lainnya (pencemaran jalan akses, dll). Sehingga pada pada kondisi tertentu tidaklah menjadi solusi yang tepat terutama terhadap dampak lingkungan dan biaya pelaksanaannya, bahkan memunculkan problem baru seperti terjadinya erosi/abrasi dan akresi di sisi luar jetty, relatif mahalnya biaya pengerukan dan terbatasnya kondisi geometrik pantai yang sesuai merupakan kekurangan dari metode tersebut.

## **B. Konsep Sedimentasi**

### **1. Pengertian dan Mekanisme Sedimentasi**

Sedimentasi adalah suatu proses pengapungan, penggelindingan, penyeretan atau pemercikan jarak-jarak tanah hasil pemecahan dan telah terlepas dari satuan tubuh tanahnya, menempuh rentang jarak tertentu sampai tertahan ditempat pengendapan (Yang, 1996; Wulandari, 1999). Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Sedangkan hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air (Chow, 1997 dalam Asdak, 2004).

Proses mekanisme sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu

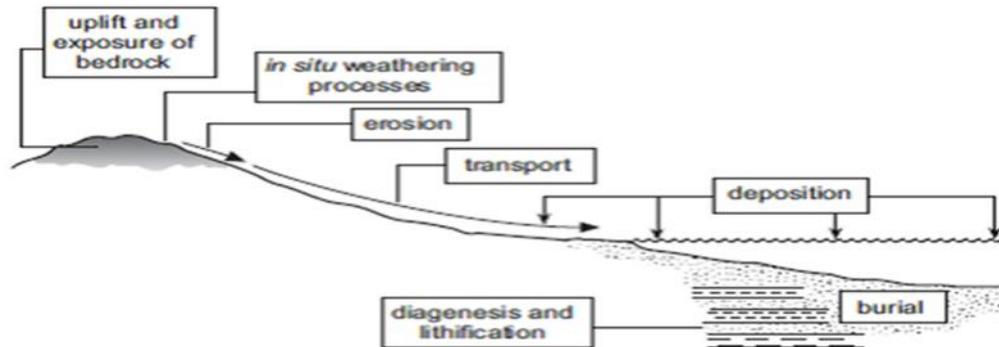
#### a) Proses sedimentasi secara geologis

Sedimentasi secara geologis merupakan proses erosi tanah yang berjalan secara normal, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkenankan atau dalam keseimbangan alam dari proses degradasi dan aggradasi pada permukaan kulit bumi akibat pelapukan.

#### b) Proses sedimentasi yang dipercepat

Sedimentasi yang dipercepat merupakan proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologi dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Sedimentasi ini terjadi melalui proses pengendapan material yang ditranspor oleh media air, angin, es atau gletser di

suatu cekungan. Proses sedimentasi ini meliputi proses pelapukan, perpindahan, sedimentasi, lithifikasi atau pembatuan. Sumber sedimentasi dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



**Gambar 3.** Sumber Sedimen (Asdak, 2004)

## 2. Transpor Sedimen

Menurut (Mardjikoen, 1987) dalam (Amrullah, 2010) transport sedimen adalah perpindahan tempat bahan sedimen granuler (non kohesif) oleh air yang sedang mengalir, dan gerak umum sedimen adalah searah aliran air. Dengan pengetahuan ini kita dapat mengetahui apakah pada keadaan tertentu akan terjadi keadaan seimbang (equilibrium), erosi (erosion) ataukah pengendapan (deposition/silting), dan juga kita dapat mengetahui kuantitas sedimen.

Faktor-faktor yang menentukan transpor sedimen adalah sebagai berikut:

- 1) Sifat-sifat aliran air (*flow characteristics*)
- 2) Sifat-sifat sedimen (flow characteristics)
- 3) pengaruhnya timbal balik antara sifat aliran air dan sifat sedimen (*iteration*).

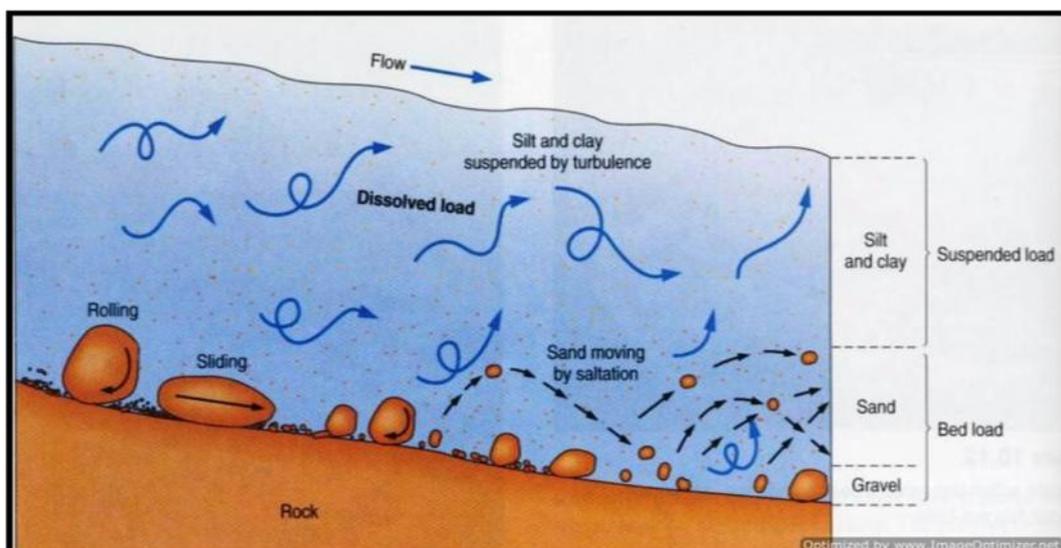
Sedimen dapat diangkut dengan tiga cara, yaitu :

- a) Sedimen melayang (*Suspended Load*) : butir bergerak diatas dasar secara

melayang. Berat butir terus menerus dikompensasi oleh gerak turbulensi air.

- b) Sedimen merayap (*Bed Load*) : butir bergerak di dasar secara menggelinding (*rolling*), menggeser (*sliding*) atau meloncat (*jumping*).
- c) Sedimen terlarut (*Wash Load*) : butir yang sangat halus dan berlindung di antara butir dasar (*bed particles*)

Menurut (Asdak, 2007) dalam (Amrullah, 2010) kecepatan transpor sedimen merupakan fungsi dari kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut (*wash load*). Sedangkan partikel yang lebih besar, antara lain, pasir cenderung bergerak dengan cara melompat. Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*) seperti pada gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 4.** Sifat pergerakan partikel-partikel dalam media air (Sumber: Noor Djauhari, 2010)

### 3. Distribusi Ukuran Butir

Klasifikasi sedimen dibedakan menjadi lempung (*clay*), lumpur (*Slit*), pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), koral (*pebble*), atau kerakal (*cabbles*), dan batu (*boulders*). Menurut Wentworth klasifikasi berdasar ukuran butir dapat disajikan dalam tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi ukuran butir sedimen menurut Wentworth

Klasifikasi		Diameter partikel (mm)
Berangkal	Sangat besar	4096 – 2048
	Besar	2048 – 1024
	Sedang	1024 – 512
	Kecil	512 – 256
Kerakal	Besar	256 – 128
	Kecil	128 – 64
Koral (Kerikil besar)	Sangat besar	64 – 32
	Kasar	32 – 16
	Sedang	16 – 8
	Halus	8 – 4
Kerikil		4-2
Pasir	Sangat besar	2 – 1
	Kasar	1 – 0,5
	Sedang	0,5 – 0,25
	Halus	0,25 – 0,125
	Sangat Halus	0,125 – 0,062
Lumpur	Kasar	0,062 – 0,031
	Sedang	0,031 – 0,016
Lempung	Halus	0,016 – 0,008
	Sangat Halus	0,008 – 0,004
	Kasar	0,004 – 0,002
	Sedang	0,002 – 0,001
	Halus	0,001 – 0,0005
	Sangat Halus	0,0005 – 0,00024

Sumber : Muhammad Arsyad Thaha (2006)

## C. Waduk dan Penggelontoran Sedimen

### 1. Waduk dan Tampungan

Waduk merupakan suatu piranti untuk membenahi daur hidrologi atau neraca air suatu wilayah sehingga lebih bermanfaat bagi pemenuhan kebutuhan penduduk. (Notohadiprawiro: 2006). Sedangkan secara umum, waduk adalah tempat pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air/musim penghujan sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung.

Bagian-bagian pokok dari suatu waduk adalah sebagai berikut :

- a) Tampungan berguna (*usefull storage*), menurut Seyhan (Seyhan, 1979:24), adalah volume tampungan diantara permukaan genangan minimum (*Low Water Level = LWL*) dan permukaan genangan normal (*Normal Water Level = NWL*)
- a) Tampungan tambahan (*surcharge storage*) adalah volume air diatas genangan normal selama banjir. Untuk beberapa saat debit meluap melalui pelimpah. Kapasitas tambahan ini biasanya tidak terkendali, dengan pengertian hanya pada waktu banjir dan tidak dapat dipertahankan untuk penggunaannya selanjutnya (Linsley, 1985;65).
- c) Tampungan mati (*dead storage*) adalah volume air yang terletak dibawah permukaan genangan minimum, dan air ini tidak dimanfaatkan dalam pengoperasian waduk.
- d) Tampungan tebing (*valley storage*) adalah banyaknya air yang terkandung di

dalam susunan tanah pervious dari tebing dan lembah sungai.

- e) Permukaan genangan normal (*normal water level/NWL*), adalah elevasi maksimum yang dicapai oleh permukaan air waduk.
- f) Permukaan genangan minimum (*low water level/LWL*), adalah elevasi terendah bila tampungan dilepaskan pada kondisi normal, permukaan ini dapat ditentukan oleh elevasi dari bangunan pelepasan terendah.
- g) Permukaan genangan pada banjir rencana adalah elevasi air selama banjir maksimum direncanakan terjadi (*flood water level/FWL*).
- h) Pelepasan (*realese*), adalah volume air yang dilepaskan secara terkendali dari suatu waduk selama kurun waktu tertentu.
- i) Periode kritis (*critical periode*), adalah periode dimana sebuah waduk berubah dari kondisi penuh ke kondisi kosong tanpa melimpah selama periode itu.

## **2. Debit Penghisapan Pada *Flushing Conduit***

*Flushing conduit* merupakan pengembangan dari metode *fluidisasi* yang dalam mekanisme prosesnya didahului oleh proses fluidisasi (menaikkan tekanan dalam pipa) kemudian setelah sedimen teragitasi dilakukanlah proses *flushing* (penurunan tekanan dalam pipa) sehingga sedimen terisap masuk kedalam pipa dan dialirkan melalui pipa. Besarnya debit penghisapan memengaruhi peningkatan jumlah volume sedimen yang tergelontor sehingga diperlukan pengaturan debit dengan cara mengatur sudut putaran gate valve yang sesuai. Tujuannya untuk menstabilkan sistem kerja *flushing conduit* dalam penggelontoran sedimentasi . Dari hasil sistem kerja *flushing conduit*, maka akan di dapat pengaruh debit ( $Q$ )

penghisapan, tekanan (P) dan volume gelontor (vg) sedimen sehingga memudahkan dalam menentukan besar tekanan . Tekanan yang digunakan dalam sistem kerja *flushing conduit* ialah tekanan hidrostatis pada saluran tertutup (pipa) dan alat yang digunakan untuk mengukur tinggi tekanan dalam saluran tertutup (pipa) ialah Manometer.

### 3. Mekanisme Fluidisasi dengan *flushing Conduit*

Metode *flushing conduit* pada pemeliharaan alur adalah pengembangan dari metode fluidisasi yang saling berkaitan dilihat pada tabel 2 metode tersebut sebagai berikut:

**Tabel 2.** Metode fluidisasi dengan *flushing conduit*

No.	Metode Fluidasi	Metode <i>flushing conduit</i>
1.	Mengendalikan aliran permukaan mengalirkan sedimen ke daerah yang lebih dalam	Mengendalikan aliran dalam pipa untuk menggelontorkan sedimen ke daerah lebih dalam
2.	Mengandalkan pancaran jet melalui lubang perforasi untuk mengusik dan mengangkat sedimen	Mengandalkan hisapan sedimen melalui lubang isap ke dalam pipa dan transpor sedimen dalam pipa
3.	Mebutuhkan tekanan yang besar	Mebutuhkan tekanan fluktuatif yang relatif besar.
4.	Mebutuhkan debit yang relatif besar	Mebutuhkan debit yang relatif besar
5.	Sistem pengaliran dilakukan dengan pengaliran bebas	Sistem pengaliran dilakukan dengan pengaliran bertekanan fluktuatif
6.	Tekanan dalam pipa harus lebih besar daripada di luar pipa	Tekanan dalam pipa harus lebih rendah dari pada luar pipa

Sumber : Amrullah (2011)

## D. Aliran Dalam Saluran Tertutup

### 1. Karakteristik dan Kecepatan Aliran

Saluran tertutup adalah saluran yang seluruh sisinya ditutup tidak ada kontak langsung dengan tekanan atmosfer, tetapi hanya dengan tekanan hidrolis. pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang di gunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo, 1996 : 25).

Perpindahan fluida (cairan atau gas) di dalam sebuah saluran tertutup (pipa) sangat penting di dalam konsep *flushing conduit* yang menerapkan penggelontoran sedimentasi di dalam pipa. Faktor-faktor yang mempengaruhi aliran dalam saluran tertutup, yaitu Kecepatan, debit dan luas penampang saluran sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = AV \dots \dots \dots (1)$$

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana : Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/dtk)

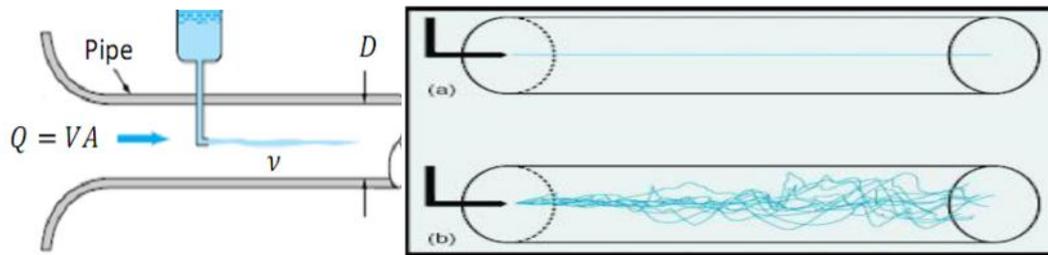
A = Luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/dtk)

Karakteristik struktur aliran internal (dalam pipa) sangat tergantung dari kecepatan rata-rata aliran dalam pipa, densitas, viskositas dan diameter pipa. Aliran fluida (cairan atau gas) dalam pipa mungkin merupakan aliran laminer atau turbulen. Perbedaan antara aliran laminar atau turbulen secara eksperimen pertama kali dipaparkan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883. Eksperimen itu

dijalankan dengan menyuntikkan cairan bewarna ke dalam aliran air yang mengalir di dalam tabung kaca. Jika fluida bergerak dengan kecepatan cukup rendah, cairan bewarna akan mengalir di dalam sistem membentuk garis lurus tidak bercampur dengan aliran air, seperti yang diperlihatkan pada gambar 7(a).

Perilaku ketika fluida mulai bergerak secara acak (tak menentu) dalam bentuk arus-silang dan pusaran, menunjukkan bahwa aliran air tidak lagi laminar. Pada kondisi seperti ini garis alir fluida tidak lagi lurus dan sejajar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(b) dibawah ini.



**Gambar 5.** Percobaan Reynolds tentang Aliran laminar (a) dan Aliran turbulen (b) pada saluran tertutup (pipa) (Sumber : Pustaka Dewa. Blogspot.com)

Menurut Reynolds, untuk membedakan apakah aliran itu turbulen atau laminar dapat menggunakan bilangan tak berdimensi yang disebut Bilangan Reynold. Bilangan ini dihitung dengan persamaan berikut:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :  $Re$  = Bilangan Reynold (tak berdimensi)

$V$  = Kecepatan rata-rata (ft/s atau m/s)

$D$  = Diameter pipa (ft atau m)

$\nu = \mu / \rho$  viskositas kinematik ( $m^2/s$ )

Sifat aliran dalam pipa bergantung pada bilangan Reynolds. Sehingga dapat disimpulkan bahwa :

Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar.

Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen.

Pada  $Re = 2300-4000$  terdapat daerah transisi.

Prinsip stagnasi merupakan dasar dari tabung pitot yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran zat cair. Titik stagnasi terjadi pada ujung bagian pipa yang mendatar dan tekanannya akan lebih besar dari tekanan zat cair di sekitarnya sebesar tinggi kecepatan  $V^2/2g$  , yang ditunjukkan oleh kenaikan zat cair di dalam tabung. Sehingga (Triatmodjo B, 2008)

$$V = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(4)$$

$$= \sqrt{2gh \left( \frac{p_s - p}{\gamma} \right)^{1/2}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :  $p_s$  = Tekanan stagnasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$p$  = Tekanan statis ( $\text{kg/cm}^2$ )

$h$  = Tinggi air pitot (cm)

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

## 2. Kehilangan Energi dan Tekanan

Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kehilangan energi. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran fluida.

Kehilangan energi akibat gesekan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Darcy-Weisbach yaitu :

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :  $h_L$  = Kehilangan energi karena gesekan (m)

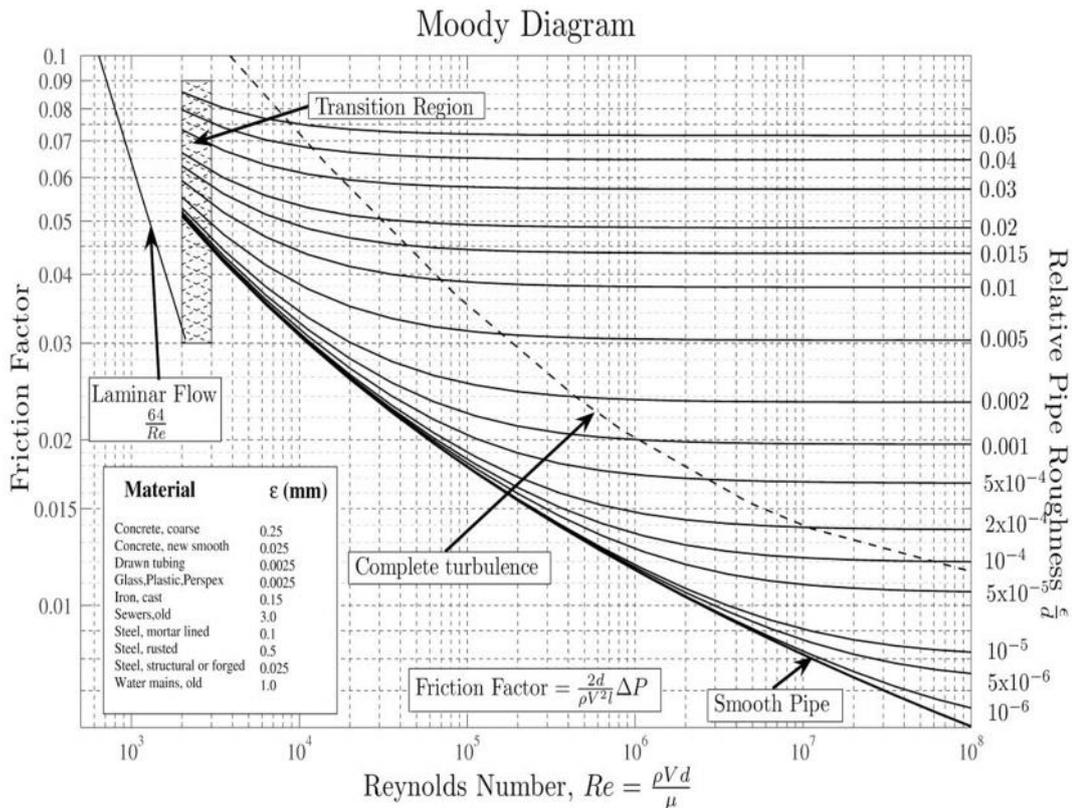
$f$  = Koefisien gesekan Darcy-Weisbach (diperoleh dari grafik moody)

$L$  = Panjang pipa (m)

$D$  = Diamter pipa (cm)

$v$  = Kecepatan aliran (m/dtk)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)



**Gambar 6.** Diagram Moody ( Sumber : Triatmodjo B. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta 1993

**Tabel 3.** Nilai Kekasaran dinding untuk berbagai pipa komersial

Pipa Material	Equivalent Roughness, $\epsilon$ (ft)	Hazen – Williams Coefficient, C
rass, copper, aluminium	$3.3 \times 10^{-6}$	140
PVC, Plastic	$5 \times 10^{-6}$	150
Cast Iron		
New	$8.0 \times 10^{-4}$	130
Old	-	100
Galvanized Iron	$5.0 \times 10^{-4}$	120
Asphalted Iron	$4.0 \times 10^{-4}$	-
Wrought Iron	$1.5 \times 10^{-4}$	-
Commercial and Welded Steel	$1.5 \times 10^{-4}$	120
Riveted Steel	$60.0 \times 10^{-4}$	110
Concrete	$40.0 \times 10^{-4}$	130
Wood Stave	$20.0 \times 10^{-4}$	120

Sumber : Ram S. Gupta. *Hydrology and Hydraulic Systems*. Prentice Hall. London. 1989. Chapter 11, hal.550

Diagram Moody telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida di dalam pipa dengan menggunakan factor gesekan pipa( $f$ ) dari rumus Darcy –Weisbach. Untuk dapat menentukan besarnya nilai  $f$  dari diagram Moody harus diketahui besarnya bilangan Reynolds dan perbandingan antara kekasaran dinding pipa dengan diameter pipa tersebut ( $\frac{\epsilon}{D}$ ). Nilai kekasaran dinding pipa diberikan pada tabel 3.

Selain Kehilangan energi karena gesekan dengan dinding pipa, selama pengalirannya, air kehilangan energi karena harus membelok sehingga terjadi turbulensi. Demikian pula jika air melalui penyempurnaan dan pembesaran secara tiba-tiba.

Kehilangan minor ditempat-tempat tersebut mungkin saja jauh lebih besar dibandingkan dengan kehilangan energi akibat gesekan dengan pipa. Pada kondisi lain, saat pipa sangat panjang, kehilangan energi minor atau sekunder mungkin

menjadi tidak signifikan terhadap kehilangan energi utama . Kehilangan energi minor dalam bahasa matematika ditulis sebagai ;(klaas D., 2009).

$$h_m = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot A^2 \cdot g} \text{ atau } h_m = k_m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :  $k_m$  = koefisien kehilangan tinggi energy pada lubang masuk pipa (m),  
diambil  $k_m = 0,04$  untuk lubang masuk ujung bulat radius kecil.

$v$  = kecepatan aliran (m/dtk)

$g$  = percepatan gravitasi (m/dtk<sup>2</sup>)

Kecepatan aliran pada sumbu jet sama dengan kecepatan jet dilubang.

Tinggi  $Z_1$  sangat dipengaruhi oleh turbulensi dan gesekan antara jet dengan fraksi solid dan fluida yang ada disekitarnta. Pada fenomena antara fluidisasi dan flushing tinggi  $Z_1$  relatif kecil karena gesekan sedimen disekitarnya sehingga dapat dianggap tidak signifikan terhadap ketebalan sedimen. Dengan demikian, beban sedimen yang diperhitungkan dapat berbentuk slinder sehingga  $d_b$  can berdiamter  $d_c$ . Kehilangan tinggi tenaga oleh lapisan sedimen selanjutnya dapat ditentukan dengan meninjau keseimbangan gaya vertical antara gaya ke atas ( $\rho \cdot g \cdot h \cdot A$ ) dengan berat sedimen dalam air ( $d_b (1 - \varepsilon) A (\rho_s - \rho) \cdot g$ ). Kebutuhan tinggi tenaga akibat kehilangan tersebut dapat disimpulkan seperti berikut : (Thaha, 2006).

$$h_{bc} = d_b (1 - \varepsilon) \frac{\rho_s}{\rho} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :  $h_{bc}$  = kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen (cm)

$d_b$  = ketebalan sedimen (cm)

$\rho$  = rapat massa air

$\rho_s$  = rapat massa sedimen

$\varepsilon$  = porositas sedimen

$g$  = percepatan gravitasi (m/dtk<sup>2</sup>)

Kehilangan tinggi tekanan pada *flushing conduit* dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya adalah : kehilangan tinggi tekanan akibat gesek dalam pipa ( $H_L$ ) pers. (6), kehilangan tinggi tekanan ada lubang isap ( $H_m$ ) pers. (7) dan kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen ( $H_{bc}$ ) pers. (8). Sehingga kehilangan tinggi tenaga dan tinggi tenaga *flushing conduit* setelah digabung persamaan (6), persamaan (7) dan persamaan (8), sehingga menjadi persamaan sebagai berikut :

$$H_t = \left[ \left( f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \right) + \left( k_{rr} \cdot \frac{v^2}{2g} \right) + d_b (1 - \varepsilon) \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right] \dots \dots \dots (9)$$

Tekanan zat cair pada suatu titik dengan kedalaman h. Biasanya untuk mengukur tekanan digunakan tekanan atmosfer sebagai referensi, sehingga pada persamaan di bawah  $\rho a$  adalah nol.

$$P = \gamma \cdot h + \rho a$$

$$P = \rho \cdot h \dots \dots \dots (10)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$h_e = \frac{p}{\gamma} \quad \text{atau} \quad h_e = \frac{P}{\rho \cdot g} \dots \dots \dots (11)$$

dimana ; P = Tekanan zat cair (kg/m<sup>2</sup>)

h = Tinggi tekanan (m)

$\gamma$  = Berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho$  = Rapat massa ( $\text{kg}/\text{m}^3$  )

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

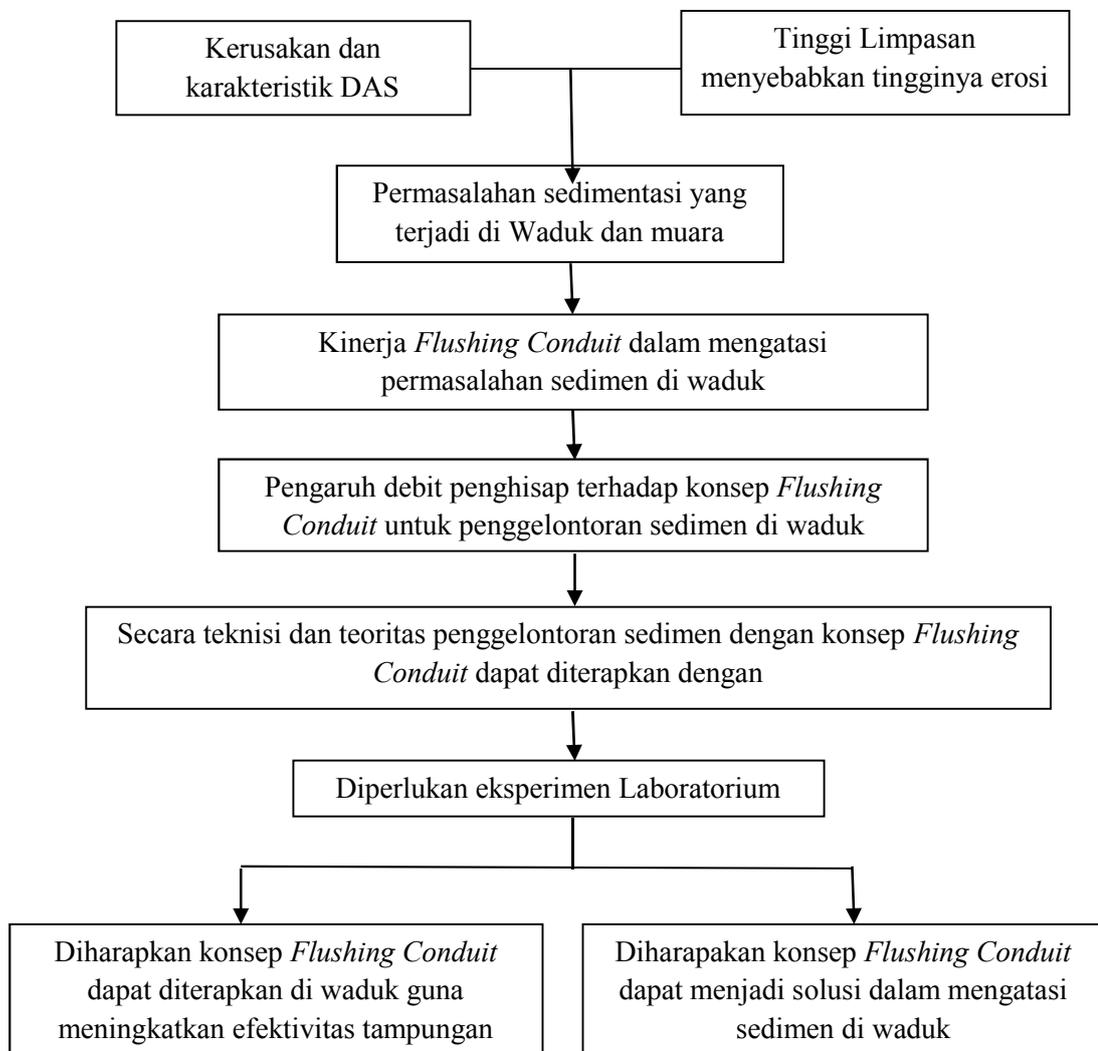
### 3. Pengaliran dalam Pipa

Menurut Streeter V.; dkk. (1988) Pipa-pipa yang saling berhubungan yang menjadi laluan aliran ke suatu lubang keluar tertentu yang dapat datang dari beberapa rangkaian disebut jaringan pipa, dalam banyak hal analog dengan aliran yang melalui listrik. Umumnya masalah jaringan pipa adalah rumit dan memerlukan penyelesaian coba-coba dengan menyeimbangkan rangkaian-rangkaian dasar secara bergantian sampai semua syarat-syarat aliran dipenuhi.

Syarat-syarat berikut harus dipenuhi dalam jaringan pipa adalah :

- a) Jumlah aljabar penurunan tekanan seputar tiap rangkaian harus sama dengan nol.
- b) Aliran ke tiap titik hubung harus sama dengan aliran yang meninggalkan titik-hubung tersebut.
- c) Persamaan Darcy-Weisbach, atau rumus gesekan eksponensial yang setara, harus dipenuhi untuk tiap pipa ; yakni hubungan yang sesuai antara kerugian tinggi-tekan dan debit harus dipenuhi untuk tiap pipa.

### E. Kerangka Pikir Penelitian



**Gambar 7.** Kerangka pikir penelitian

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **A. Lokasi Dan Waktu Penelitian**

Lokasi penelitian penggelontoran sedimen dengan menggunakan konsep *Flushing Conduit* bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada bulan Mei 2017 sampai Oktober 2017.

##### **B. Jenis Penelitian dan Sumber Data**

###### 1) Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol dengan tujuan untuk mengetahui hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan. Jenis penelitian ini pun menggunakan beberapa variabel bebas maupun terikat.

###### 2) Sumber Data

Pada penelitian ini akan menggunakan 2 (dua) sumber data antara lain sebagai berikut:

- a) Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.

- b) Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah dilakukan di laboratorium maupun di lakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian tentang *Flushing Conduit* pada penggelontoran sedimen.

### C. Alat dan Bahan

Secara umum alat dan bahan yang digunakan dalam menunjang penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Alat
  - a) Linggis, cangkul dan sekop digunakan dalam proses penggalian tanah model saluran.
  - b) Stopwatch untuk mengukur waktu yang digunakan pada penggelontoran sedimen.
  - c) Mistar dan Rol meter untuk mengukur ketinggian sedimen dan panjang pipa
  - d) Benang dan tali untuk pemandu dalam pembuatan saluran terbuka.
  - e) Manometer untuk mengukur tekanan pada penggelontoran sedimen.
  - f) Pompa air 2'' berfungsi sebagai memompa air dari bak penampungan bagian hilir (outlet) ke bak penampungan bagian hulu (inlet) dan sebaliknya
  - g) Pipa PVC 2'' berfungsi sebagai penghantar air dari pompa air ke bak penampungan inlet serta untuk menghantar sedimen yang di gelontor.
  - h) Pipa isap dengan panjang pipa (L) = 1m , Diameter (Df) = 10 mm.

- i) Kertas A4 dan alat tulis untuk mencatat pengambilan data awal pada saat uji model.
- j) Kamera digital berfungsi untuk mengambil dokumentasi penelitian.
- k) Komputer dan printer digunakan untuk mengolah data serta mencetak hasil dari pengolahan data penelitian.

## 2. Bahan

- a) Bak air untuk suplay, bak sirkulasi, dan bak disertai saringan untuk sedimen.
- b) Pasir sebagai sedimen yang akan digunakan.
- c) Air untuk mengamati jenis aliran pada saluran tertutup (pipa).

## D. Variabel yang diteliti

Pada penelitian ini akan menggunakan dua Variabel, yaitu :

- 1) Variabel bebas yaitu variabel penyebab (*Independent Variables*)
  - a) Waktu (t)
  - b) Diameter Lubang ( Df )
  - c) Bukaannya Gate Valve (Gv)
  - d) Spasi Lubang (a)
  - e) Tebal Sedimen (Db)
  - f) Panjang Pipa (L)
- 2) Variabel terikat atau Variabel tergantung (*Dependent Variables*)
  - a) Kecepatan aliran (v)
  - b) Suhu (T)

- c) Tekanan (P)
- d) Volume Gelontor (Vg)
- e) Tinggi Pitot ( h )

## **E. Rancangan Penelitian**

### **1. Pengambilan Data**

Hal penting dalam setiap penelitian adalah pengambilan data. Pada dasarnya data yang diambil adalah data yang akan digunakan sebagai parameter dalam analisa. Pencatatan data dilakukan pada setiap kondisi, yaitu data kondisi awal sebelum perlakuan penggelontoran sedimen dengan konsep *flushing conduit* dan data setelah dilakukan perlakuan penggelontoran sedimen dengan konsep *flushing conduit*.

- 1) Data sebelum perlakuan antara lain : Konfigurasi awal dari penampang pipa mulai dari panjang pipa (L), diameter pipa (Df), spasi lubang (a) dan tebal sedimen (db).
- 2) Data saat perlakuan yang perlu dicatat adalah :
  - a) Debit air Q ( $m^3/dtk$ )
  - b) Debit Penghisapan (q) ( $m^3/dtk$ )
  - c) Kecepatan aliran (V) (m/dtk) diukur dengan menggunakan pitot
  - d) Waktu perlakuan (t) (menit) diukur dengan menggunakan stop watch
  - e) Tekanan (P) ( $kg/cm^2$ ) diukur dengan menggunakan manometer.
  - f) Volume gelontor (Vg) ( $m^3$ ) sedimen.

3) Data setelah perlakuan :

Adalah perubahan yang terjadi setelah dilaksanakan perlakuan dengan terlebih dahulu menggosongkan saluran pipa percobaan dari air dan sedimen sehingga data volume gelontor ( $V_g$ ) dapat di catat sesuai waktu ( $t$ ) yang di tetapkan selama percobaan dilaksanakan .

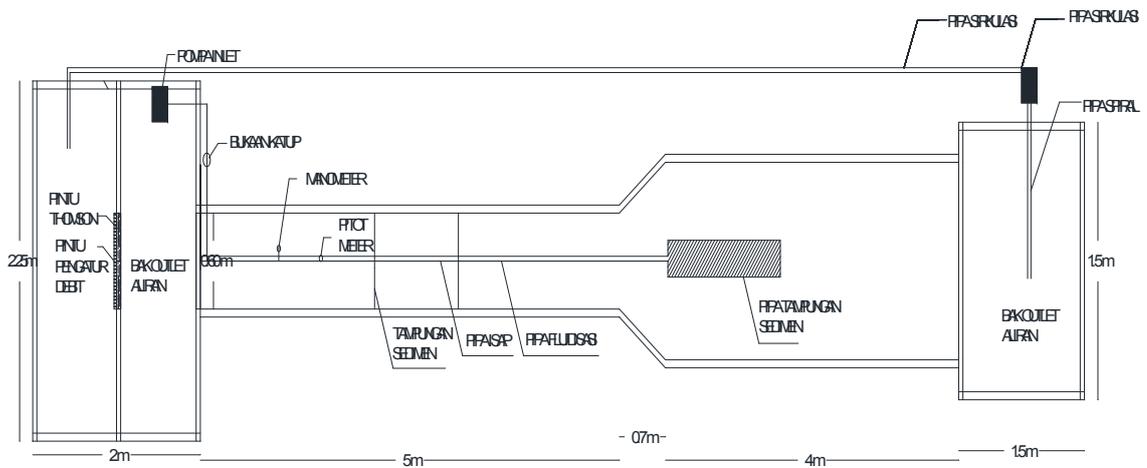
4) Format pengambilan data :

Adalah struktur data-data yang diperlukan untuk diolah menjadi kesimpulan hasil dari penelitian sesuai dengan tujuan penelitian tersebut. Format pengambilan data berbentuk tabel yang telah tersusun sedemikian rupa dan dilengkapi dengan beberapa nama dan simbol data-data yang akan di peroleh dari penelitian tersebut. Format penelitian data bertujuan untuk memudahkan dalam mengambil dan mengolah data-data yang di perlukan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar. Format pengambilan data untuk penelitian pengaruh debit penghisaaan ( $Q$ ) *Flushing Conduit* terhadap penggelontoran sedimen dibagi menjadi 3 tabel sesuai dengan perlakuan pada setiap debit air ( $Q_1, Q_2, Q_3$ )

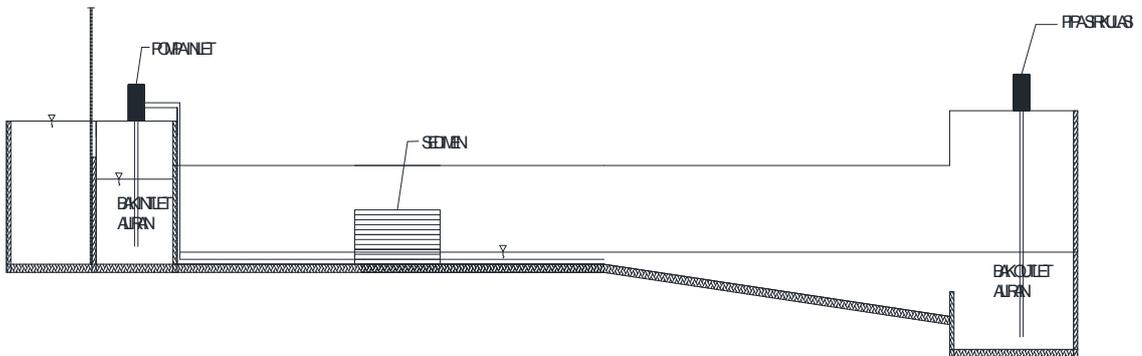
## 2. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan percobaan pada penelitian ini adalah :

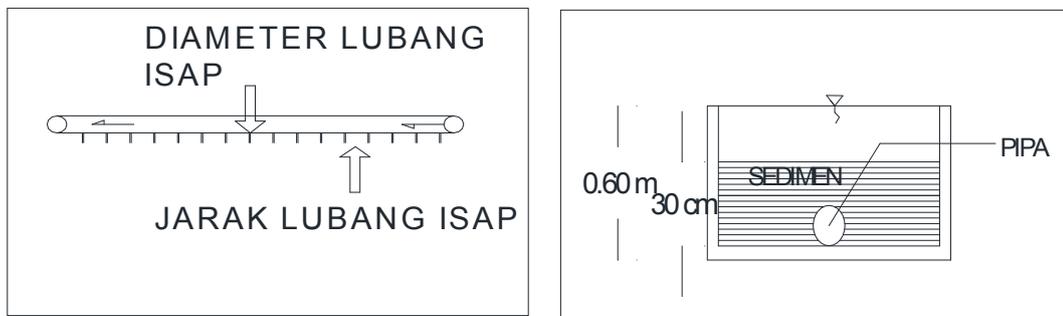
- A) Perancangan model (denah) untuk penelitian dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui konsep penelitian (*Flushing Conduit*) yang lebih jelas sehingga dalam pengujiannya dapat dilakukan.



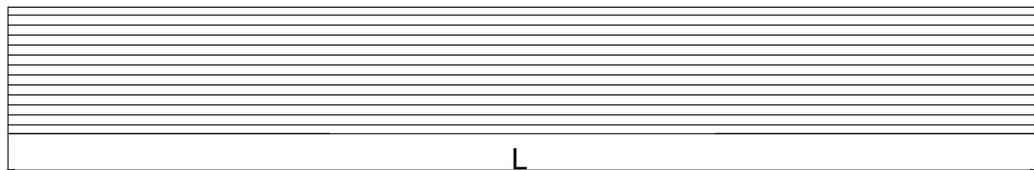
**Gambar 8.** Rancangan model flushing conduit (denah)



**Gambar 9.** Rancangan model *flushing Conduit* (tampak samping)



**Gambar 10.** Rancangan model Pipa Hisap & Potongan Melintang



**Gambar 11.** Detail rancangan tebal lapisan sedimen

B) Menyiapkan model saluran terbuka dari pasangan batu dengan dimensi panjang saluran 9 m, lebar saluran 1 m, tinggi saluran 50 cm. beserta

perlengkapannya seperti pompa sirkulasi, pompa suplay, bak inlet (uk. 2.25m x 2.25m x 2m) sebagai suplay, bak outlet (uk. 1.5m x 1.5m x 1m), dan saringan sebagai penampung sedimen yang tergelontor

- C) Pipa Flushing PVC diameter (2.0 inci), dibuat lubang isap pada sisi kiri dan kanan sepanjang 1 m dengan arah horizontal dengan diameter 10 mm dan jarak (spasi) lubang 6 cm
- D) Pada Bak penyuplay air di pasang pintu ukur Thomson untuk mengukur debit aliran permukaan, dan pipa (suplay) dipasang alat ukur kecepatan air dan alat ukur tekanan air (Manometer). Selain itu dipasang pula stop kran sebelum air melewati pitot dan alat ukur tekanan air (Manometer). Pada pipa inlet juga dipasang sambungan dengan pompa untuk flushing conduit kemudian dipasang stop kran dan juga pipa pembuang di pasang sambungan dengan pompa untuk sirkulasi.
- E) Merangkai alat dan bahan yang sudah tersedia kemudian percobaan siap dilakukan
- F) Menjalankan pompa untuk melaksanakan running kosong dengan mengalirkan air tanpa pemberian sedimen untuk menentukan debit yang digunakan
- G) Selanjutnya menjalankan pompa dengan mengalirkan air sesuai dengan debit penghisapan yang divariasikan dengan cara membuka sudut bukaan gate valve yang telah ditentukan dan pemberian sedimen yang ditentukan.
- H) mengamati kondisi sedimen yang terhisap dan alat pengukur tekanan selama waktu yang telah ditentukan. Dalam hal ini waktu (t) dan debit penghisap

yang divariasikan dengan cara membuka gate valve dengan sudut yang telah ditentukan, yaitu sudut ( $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $90^\circ$ ). Setelah variasi dan pembacaan tekanan selesai, selanjutnya mengukur banyaknya volume sedimen ( $V_g$ ) yang tergelontor

- I) Prosedur ini dilakukan dengan beberapa kali percobaan dengan debit ( $Q$ ) penghisap yang telah ditentukan.

#### F. Teknik Analisis Data

Data dari laboratorium diolah sebagai bahan analisis terhadap hasil studi. Sesuai dengan tujuan dan dasar penelitian. Analisa data yang menyangkut hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

- 1) Untuk menghitung debit ( $Q$ ) pada pintu Thomson digunakan persamaan :

$$Q = K \cdot h^{5/2}$$

$$K = 1,3533 + (0,004/h) + 0,167 (8,4 + 12/VD) \times (h/B - 0,09)^2$$

- 2) Untuk menghitung kecepatan aliran pada tabung pitot digunakan persamaan (4), yaitu :

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

- 3) Untuk menghitung besar debit ( $Q$ ) teoritis digunakan persamaan (1), yaitu :

$$Q = A \times V$$

- 4) Untuk menghitung kecepatan aliran ( $V$ ) digunakan persamaan (2), yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

- 5) Untuk menghitung tipe aliran digunakan persamaan (3), yaitu :

$$Re = \frac{V \times d}{\mu}$$

- 6) Untuk menghitung kehilangan tinggi tekanan akibat gesek dalam pipa digunakan persamaan (6), yaitu :

$$H_L = f \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

- 7) Untuk menghitung kehilangan tinggi tekanan pada lubang isap digunakan persamaan (7), yaitu :

$$H_m = Km \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

- 8) Untuk menghitung kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen digunakan persamaan (8), yaitu :

$$H_{bc} = db \cdot (1 - \epsilon) \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$$

- 9) Untuk menghitung kehilangan tinggi tenaga total digunakan persamaan (9), yaitu :

$$H_t = H_L + H_m + H_b$$

- 10) Untuk menghitung perubahan tinggi tekanan digunakan persamaan :

$$(h - h_0) = H_e - H_t$$

## G. Pelaksanaan Simulasi

Pelaksanaan pengujian model, langkah-langkah pengujian adalah :

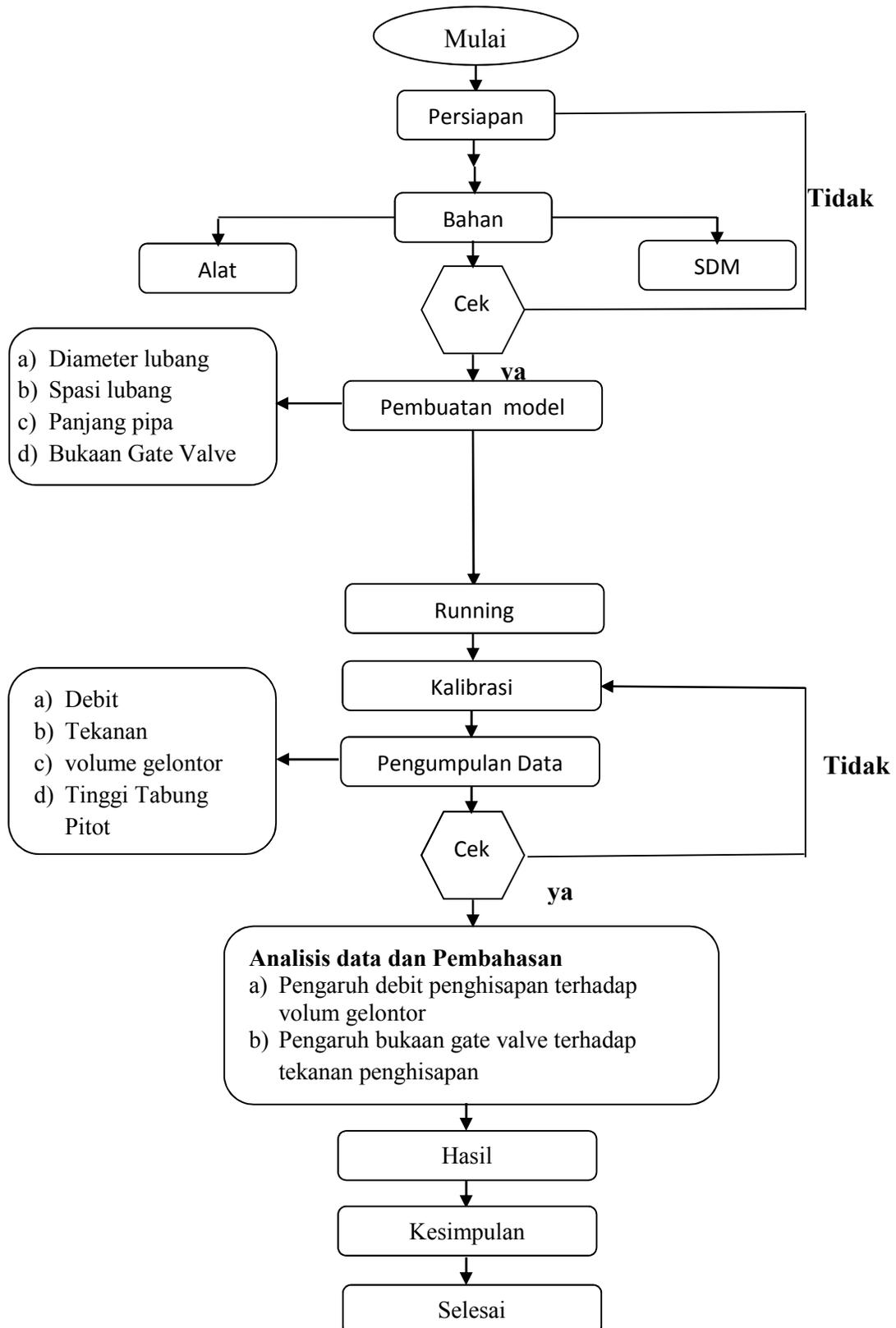
- a) Disiapkan pipa PVC dengan ukuran 2 inci (5cm) flushing sepanjang 1 meter.

dengan jarak lubang 6cm dan diameter lubang 10 mm. Pipa PVC 1 meter dibuat lubang pipa isap sisi kiri dan kanan arah horizontal.

- b) Sedimen dibuat dengan bentuk segi empat dalam saluran. Dimana tebal sedimen yaitu ( $db = 30 \text{ cm}$ )
- c) Bak air untuk suplay diisi sesuai kebutuhan penelitian yang cukup untuk sirkulasi air
- d) Kemudian pintu air di cek (dibuka) sesuai dengan kebutuhan debit pada pintu penguras. Setelah itu dilakukan pengaturan sudut putaran gate untuk mengatur debit penghisapan yang masuk dalam pipa isap.
- e) Percobaan dilakukan dengan menggunakan ketebalan sedimen ( $db = 30 \text{ cm}$ ). percobaan dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing debit penghisapan yang telah diatur sesuai sudut bukaan gate. untuk mendapatkan debit penghisapan dan tekanan kejut dilakukan dengan cara membuka-menutup gate
- f) Pengamatan kondisi sedimen dimulai terhisap sedimen dan menjalankan stopwatch sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dan membaca tekanan pada manometer, tinggi air pada pitot.
- g) Data hasil percobaan yang harus dicatat adalah tekanan pada manometer, tinggi air pada pitot dan volume sedimen tergelontor.
- h) Hasil pengukuran sedimen yang tergelontor di ambil dari saringan penadah sedimen dan di masukan pada wadah pengukur dengan volume wadah =  $30 \text{ cm}^3$ . Setelah itu catat hasil pengukuran sedimen yang tergelontor pada wadah pengukuran.

- i) Tahapan dari point (a) sampai dengan (i) menjadi tahapan simulasi penelitian. Selanjutnya tahapan ini diulang dengan variasi debit penghisap sebanyak 3 kali sehingga data penelitian cukup sejumlah 81 data.

## H. Flow Chart Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Deskripsi Data

Pada bagian ini disajikan hasil penelitian perbandingan data dari hasil pengujian pada debit penghisapan ( $q$ ) terhadap volume gelontor ( $V_g$ ) dan bukaan gate valve ( $G_v$ ) terhadap tekanan penghisapan ( $P$ ). Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh debit penghisapan dan bukaan gate valve ( $G_v$ ) *flushing conduit* terhadap volume gelontor ( $V_g$ ) dan tekanan penghisapan ( $P$ ) dengan variasi waktu 5, 10, dan 15 menit.

Adapun hasil penelitian yang diperoleh adalah tekanan penghisapan ( $P$ ), tinggi air pada pitot ( $h$ ), kecepatan aliran ( $V$ ) dan volume gelontor ( $vg$ ). Sampel sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir sungai Jeneberang.

Evaluasi hasil uji laboratorium yang dilakukan, diperoleh data awal atau running awal sebelum menggunakan sedimen pasir sungai Jeneberang. Data running tersebut digunakan untuk menentukan debit rencana yang akan digunakan pada penggelontoran sedimen dengan konsep *flushing conduit*. Untuk langkah selanjutnya data debit running awal yang diperoleh akan digunakan pada penelitian pengaruh debit penghisapan ( $q$ ) pada *Flushing Conduit* terhadap volume gelontor ( $vg$ ) dan pengaruh gate valve ( $G_v$ ) terhadap tekanan penghisapan ( $P$ ).

## B. Analisis Data

### a) Analisis Data

#### 1) Contoh perhitungan besar debit teoritis

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0.0019625 \times 1.55517 \\ &= 0.0030 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

#### 2) Contoh perhitungan kecepatan aliran teoritis

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0.0030}{0.0019625} \\ &= 1.5287 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

#### 3) Contoh perhitungan bilangan reynold

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times d}{\mu} \\ &= \frac{1.5517 \times 0.05}{0.000010824} \\ &= 94156,553 \end{aligned}$$

#### 4) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tekanan akibat gesek dalam pipa

$$\begin{aligned} H_L &= f \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \\ &= 0.013 \frac{1}{0.05} \cdot \frac{2.407772}{19.62} \\ &= 0.0319 \text{ m} \end{aligned}$$

5) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tekanan pada lubang isap

$$\begin{aligned}
 H_m &= Km \frac{v^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0.32 \times \frac{2.407772}{19.62} \\
 &= 0.0344 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen

$$\begin{aligned}
 H_{bc} &= db \cdot (1 - \epsilon) \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \\
 &= 30 \times (0.73) \times \frac{1832}{995.95} \\
 &= 40.2837 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

7) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tenaga total

$$\begin{aligned}
 H_t &= H_l + H_r + H_b \\
 &= 3.19 + 344 + 40.2837 \\
 &= 46.9106 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

8) Contoh perhitungan perubahan tinggi tekanan

$$\begin{aligned}
 h - h_0 &= H_e - H_t \\
 &= 58.0321 - 46.9106 \\
 &= 11.1215 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## C. Pembahasan

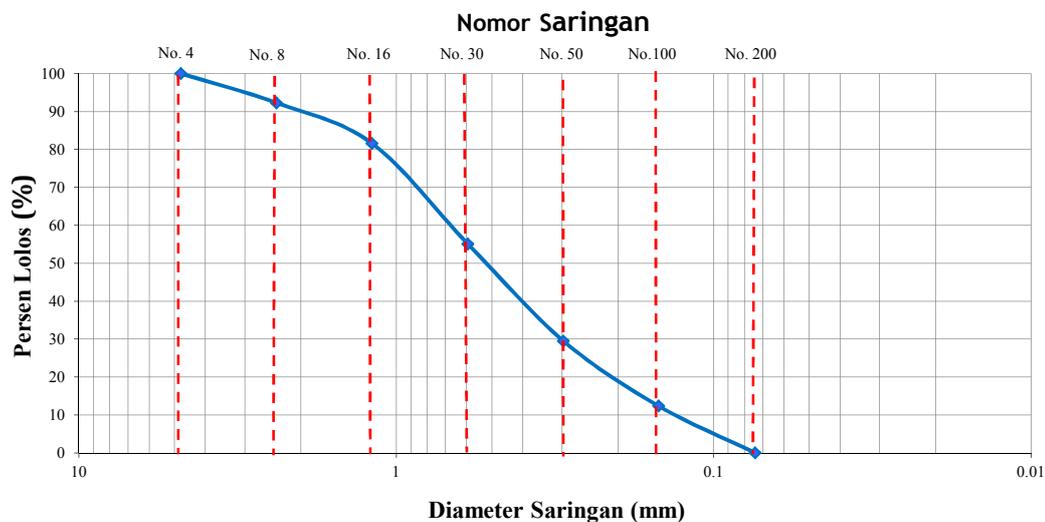
### 1. Klasifikasi Ukuran Butir Material Sedimen

Klasifikasi material sedimen digunakan dalam penelitian ini adalah butiran pasir seragam sesuai dengan hasil pemeriksaan ukuran butir dengan uji saringan dan gradasi ukuran butiran yang disajikan pada tabel 4 dan gambar 13 dibawah ini.

**Tabel 4.** Tabel hasil perhitungan analisa saringan

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.76	0	0	0	100
8	2.38	118	118	7.712	92.288
16	1.19	164	282	18.431	81.569
30	0.595	405	687	44.902	55.098
50	0.297	392	1079	70.523	29.477
100	0.149	262	1341	87.647	12.353
200	0.074	189	1530	100	0
Pan	-		1530	100	0

Pada tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan analisa saringan pada sedimen yang digunakan dengan sampel berat kumulatif/total sedimen sebelum di saring adalah 1530 gram. Pada pengujian tersebut di peroleh data hasil uji saringan dari berbagai no saringan yang digunakan, yaitu berat tertahan, persen (%) tertahan dan persen (%) lolos yang ada pada setiap no saringan. hasil data yang akan diambil untuk menentukan karakteristik diameter butiran sedimen adalah no saringan yang memiliki persen (%) tertahan yang besar sedangkan persen (%) lolos yang kecil. Dimana no saringan 100 yang menunjukkan persen % tertahan yang lebih besar dan persen lolos % yang terkecil.



**Gambar 13.** Gradasi ukuran butiran sedimen (sampel)

Pada gambar 13 di atas diperoleh gradasi ukuran butiran sedimen yang telah disaring pada berbagai no saringan. Pada no saringan 100 menunjukkan persen tertahan lebih besar dari yang lain, yaitu 87,647% sedangkan persen lolosnya 12,353% dengan diameter butiran sedimen 0,149 mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus berdasarkan klasifikasi ukuran butir sedimen menurut Wentworth. Dimana diameter partikel pasir halus adalah (0,25 – 0,125).

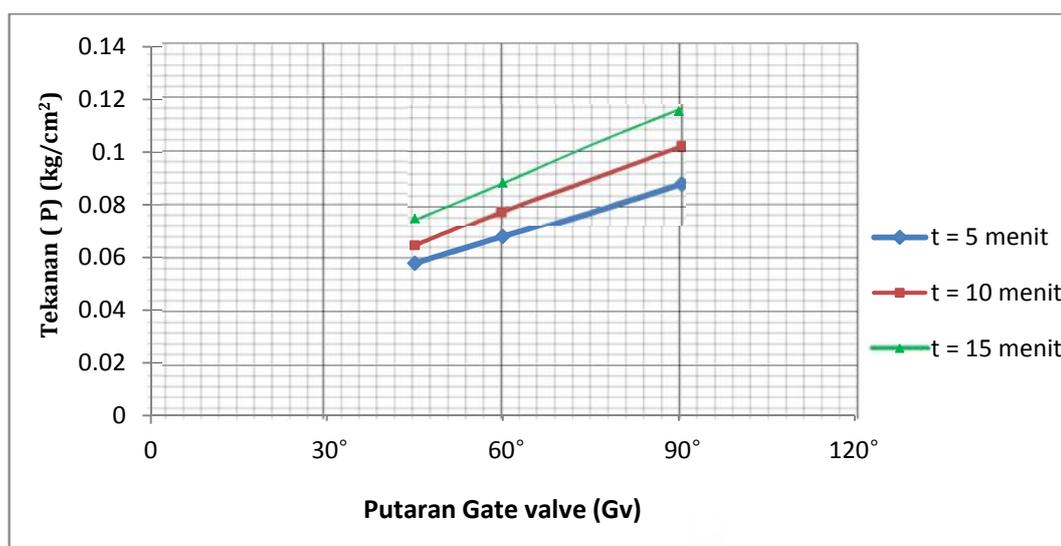
## 2. Hubungan Putaran Gate Valve (Gv) dengan Tekanan Penghisapan (P)

Berdasarkan uraian data-data tekanan penghisapan yang disajikan dari hasil pengujian dapat dilihat bagaimana hubungan putaran gate valve (Gv) dengan tekanan penghisapan (P) ( $\text{kg/cm}^2$ ) pada ketebalan sedimen ( $db$ ) = 30 cm, diameter lubang ( $Df$ ) = 10 mm, spasi lubang ( $a$ ) = 6 cm dengan variasi waktu (T) masing-masing 5, 10 dan 15 menit dapat dilihat pada gambar 14, 15 dan 16 berikut ini.

**Tabel 5.** Hubungan putaran gate valve (Gv) dengan tekanan penghisapan (P) pada  $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dik}$

No	Putaran Gate Valve (Gv)	Waktu (t) (menit)	Tekanan Penghisapan (P) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	45°	5	0,0578
2		10	0,0680
3		15	0,0748
4	60°	5	0,0884
5		10	0,0646
6		15	0,1020
7	90°	5	0,0748
8		10	0,0884
9		15	0,1156

Pada tabel 5 diperoleh data hasil pengujian hubungan gate valve (Gv) dengan tekanan penghisapan (P). Dimana pengujian tersebut terlihat bahwa data yang diperoleh menggunakan beberapa variasi putaran gate valve (Gv) yang dilakukan dengan waktu sebagai lama pengujian untuk mendapatkan berapa besar tekanan penghisapan (P) yang diperoleh pada nilai debit  $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dik}$ . Data tersebut akan di hubungkan di dalam grafik.



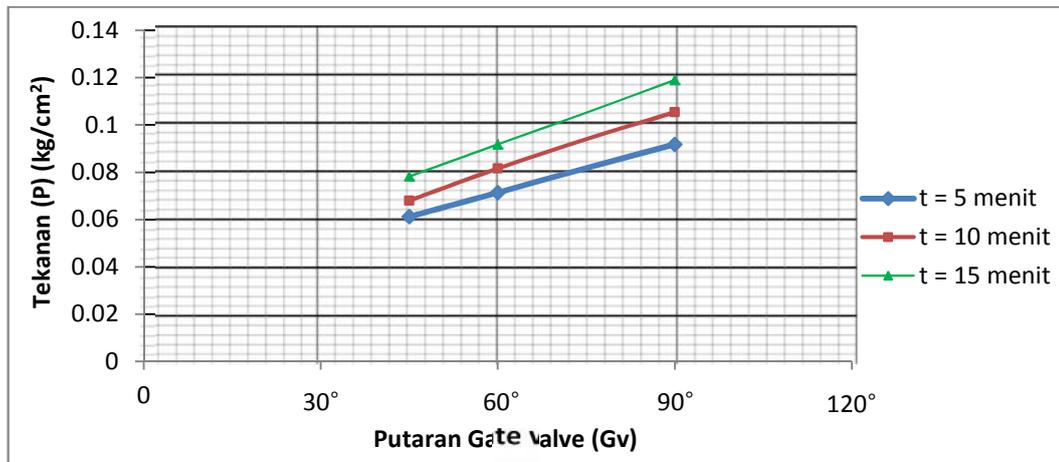
**Gambar 14.** Hubungan putaran gate valve (Gv) dengan Tekanan penghisapan (P) pada  $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dik}$

Gambar 14 menunjukkan bahwa semakin besar sudut putaran gate valve, maka semakin besar tekanan penghisapan (P) pada nilai debit ( $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ). Hal ini dipengaruhi oleh besar debit penghisapan (q) dan kecepatan aliran (V) yang masuk dalam *flushing conduit*. Kenaikan debit penghisapan dan kecepatan aliran dalam pipa dipengaruhi oleh besar putaran gate valve yang digunakan, yaitu  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$ . Lamanya waktu dapat mempengaruhi kestabilan tinggi tekanan penghisapan dalam pipa.

**Tabel 6.** Hubungan putaran gate valve (Gv) terhadap Tekanan penghisapan (P) pada  $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Putaran Gate Valve (Gv)	Waktu (t) (menit)	Tekanan Penghisapan (P) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	$45^\circ$	5	0,0612
2		10	0,0714
3		15	0,0918
4	$60^\circ$	5	0,0680
5		10	0,0816
6		15	0,1054
7	$90^\circ$	5	0,0782
8		10	0,0918
9		15	0,1190

Pada tabel 6 menunjukkan data hubungan gate valve (Gv) dengan tekanan penghisapan (P) pada nilai  $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Data tersebut menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dimana pada setiap putaran gate valve memiliki tekanan yang berbeda. Dari putaran  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$  terlihat tekanan penghisapan (P) yang diperoleh semakin besar dengan semakin banyaknya waktu pengujian. sehingga hubungan gate valve (Gv) dengan tekanan penghisapan (P) dapat disajikan dalam bentuk grafik.



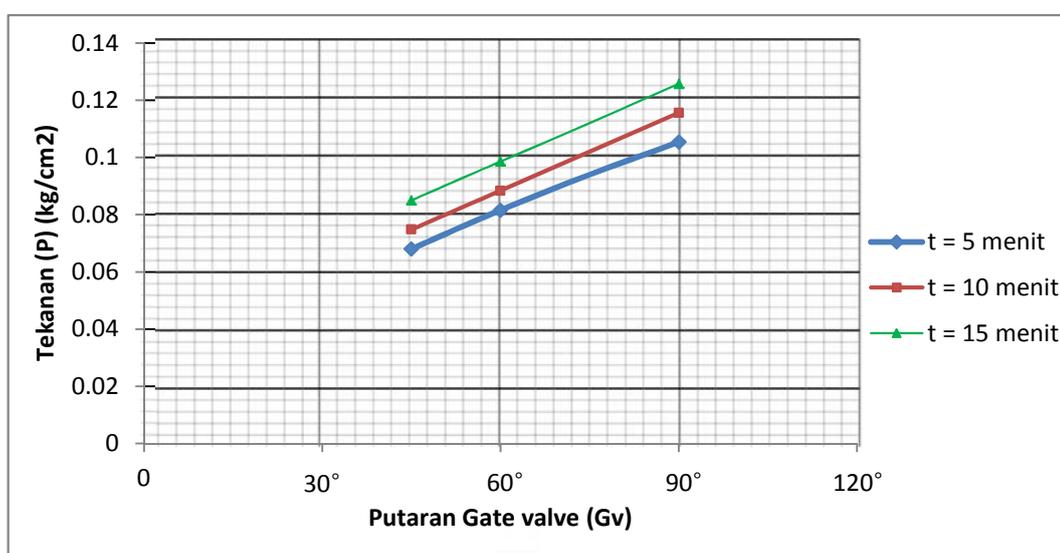
**Gambar 15.** Hubungan putaran gate valve (Gv) terhadap tekanan penghisapan (P) pada  $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dik}$

Gambar 15 menunjukkan bahwa semakin besar sudut putaran gate valve, maka semakin besar tekanan penghisapan (P) pada nilai debit ( $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dik}$ ). Hal ini dipengaruhi oleh besar debit penghisapan (q) dan kecepatan aliran (V) yang masuk dalam flushing conduit. Kenaikan debit penghisapan dan kecepatan aliran dalam pipa dipengaruhi oleh besar putaran gate valve yang di gunakan, yaitu  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$ . Lamanya waktu dapat mempengaruhi kestabilan tinggi tekanan penghisapan dalam pipa.

**Tabel 7.** Hubungan putaran gate valve (Gv) terhadap tekanan penghisapan (P) pada  $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dik}$

No	Putaran Gate Valve (Gv)	Waktu (t) (menit)	Tekanan Penghisapan (P) (kg/cm <sup>2</sup> )
1	45°	5	0,0680
2		10	0,0816
3		15	0,1054
4	60°	5	0,0748
5		10	0,0884
6		15	0,1156
7	90°	5	0,0850
8		10	0,0986
9		15	0,1258

Pada tabel 7 menunjukkan perbedaan data yang diperoleh dari pengujian hubungan gate valve (Gv) dengan tekanan penghisapan (P) pada  $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Data yang diperoleh menunjukkan semakin besar putaran gate valve (Gv), maka semakin besar tekanan penghisapan (P) yang terjadi . Sehingga data tersebut dapat di sajikan dalam bentuk grafik.



**Gambar 16.** Hubungan putaran gate valve (Gv) terhadap tekanan hidrostatis (P) pada  $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 16 menunjukkan bahwa semakin besar sudut putaran gate valve, maka semakin besar tekanan penghisapan (P) pada nilai debit ( $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ). Hal ini dipengaruhi oleh besar debit penghisapan (q) dan kecepatan aliran (V) yang masuk dalam *flushing conduit*. Kenaikan debit penghisapan dan kecepatan aliran dalam pipa dipengaruhi oleh besar putaran gate valve yang di gunakan, yaitu  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$ . Lamanya waktu dapat mempengaruhi kestabilan tinggi tekanan peghisapan dalam pipa.

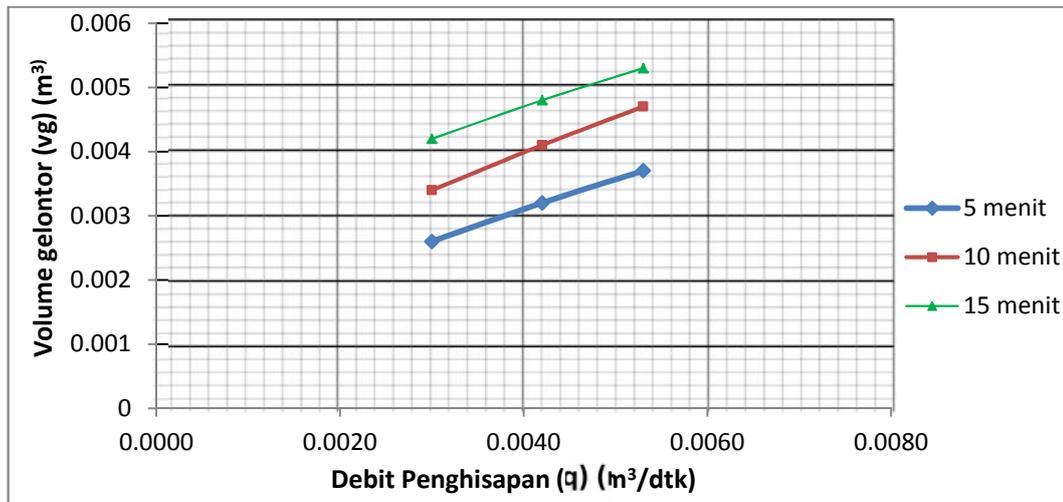
### 3. Pengaruh Debit Penghisap (q) Terhadap Penggelontoran Sedimen (Vg)

Berdasarkan hasil uraian data-data yang telah di peroleh dari hasil pengujian *flushing conduit*, maka dibuat kajian pangaruh debit penghisap (q) terhadap volume gelontoran (Vg) sedimen pada berbagai nilai debit ( $Q_1, Q_2$  dan  $Q_3$ ) dengan ketebalan sedimen (db) = 30 cm , diameter lubang (Df)= 10 mm , jarak lubang (a) = 6 cm pada variasi waktu (t) masing-masing 5, 10 dan 15 menit dapat dilihat pada gambar 17, 18 dan 19 berikut ini.

**Tabel 8.** Pengaruh debit penghisap (q) terhadap volume gelontoran (Vg) pada  $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dk}$

No	Debit Penghisapan (q) ( $\text{m}^3/\text{dk}$ )		Waktu (t) (menit)	Volume gelontor (Vg) ( $\text{m}^3$ )
1	q <sub>1</sub>	0,0030	5	0,0026
2			10	0,0032
3			15	0,0037
4	q <sub>2</sub>	0,0042	5	0,0034
5			10	0,0041
6			15	0,0047
7	q <sub>3</sub>	0,0053	5	0,0042
8			10	0,0048
9			15	0,0053

Pada tabel 8 menunjukkan data yang diperoleh dari pengujian pengaruh debit penghisapan (q) terhadap volume gelontor (Vg) pada nilai  $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dk}$ . Dimana data tersebut memperlihatkan besar volume gelontor (Vg) yang diperoleh terjadi pada debit penghisapan yang tinggi dengan lamanya waktu yang di gunakan. Sehingga data tersebut dapat disajikan dalam bentuk grafik.



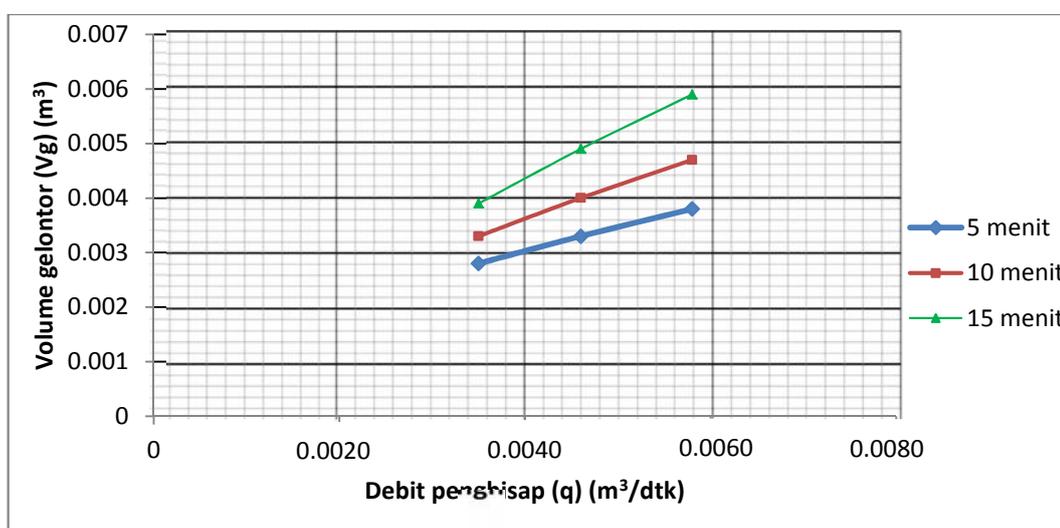
**Gambar 17.** Pengaruh debit penghisapan ( $q$ ) terhadap volume gelontoran ( $V_g$ ) sedimen pada  $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 17 menunjukkan bahwa semakin besar debit penghisapan ( $q$ ) dalam *flushing conduit*, maka semakin besar volume gelontoran ( $V_g$ ) sedimen yang terjadi pada nilai debit ( $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ). Hal ini dipengaruhi oleh besar tekanan penghisapan ( $P$ ) dan kecepatan aliran ( $V$ ) yang terjadi dalam *flushing conduit*. Besar debit penghisapan ( $q$ ) diperoleh dari berapa besar sudut putaran gate valve yang digunakan, yaitu bukaan ( $45^\circ$ ), ( $60^\circ$ ) dan ( $90^\circ$ ).

**Tabel 9.** Pengaruh debit penghisapan ( $q$ ) terhadap volume gelontoran ( $V_g$ ) sedimen pada  $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Debit Penghisapan ( $q$ ) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )		Waktu ( $t$ ) (menit)	Volume gelontor ( $V_g$ ) ( $\text{m}^3$ )
1	q <sub>1</sub>	0,0036	5	0,0028
2			10	0,0033
3			15	0,0038
4	q <sub>2</sub>	0,0046	5	0,0033
5			10	0,0040
6			15	0,0047
7	q <sub>3</sub>	0,0056	5	0,0039
8			10	0,0049
9			15	0,0059

Pada tabel 9 diperoleh data debit penghisapan ( $q$ ) dan volume gelontor ( $V_g$ ) pada  $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Dimana besar volume gelontor ( $V_g$ ) dipengaruhi oleh besar debit penghisapan ( $q$ ) yang terjadi. Hal ini menunjukkan perbandingan yang cukup signifikan antara nilai debit penghisapan dengan volume gelontor ( $V_g$ ) yang diperoleh. Sehingga untuk penjelasannya dapat dilihat pada grafik pengaruh debit ( $q$ ) terhadap volume gelontor ( $V_g$ ) di bawah ini.



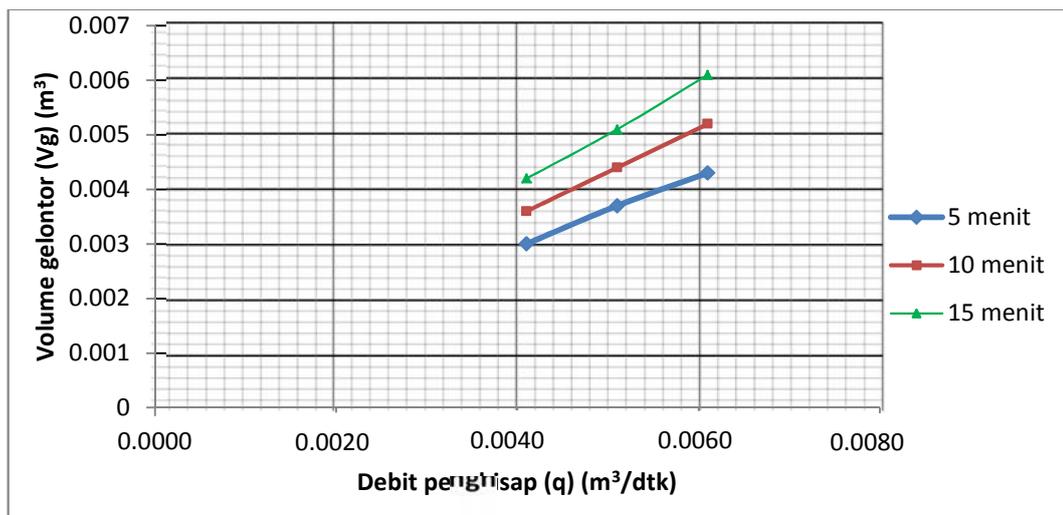
**Gambar 18.** Pengaruh debit penghisap ( $q$ ) terhadap volume gelontoran ( $V_g$ ) pada  $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 18 menunjukkan bahwa semakin besar debit penghisap ( $q$ ) dalam *flushing conduit*, maka semakin besar volume gelontoran ( $V_g$ ) sedimen yang terjadi pada nilai debit ( $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$ ). Hal ini dipengaruhi oleh besar tekanan penghisapan ( $P$ ) dan kecepatan aliran ( $V$ ) yang terjadi dalam *flushing conduit*. Besar debit penghisapan ( $q$ ) diperoleh dari berapa besar sudut putaran gate valve yang digunakan, yaitu bukaan ( $45^\circ$ ), ( $60^\circ$ ) dan ( $90^\circ$ ). Pada gambar tersebut juga memperlihatkan perbandingan waktu terhadap besar volume gelontor ( $V_g$ ) dengan debit penghisapan ( $q$ ) yang sama. Dimana semakin lama waktu penggelontoran, maka semakin besar volume gelontor ( $v_g$ ) yang diperoleh.

**Tabel 10.** Pengaruh debit penghisapan ( $q$ ) terhadap volume gelontoran ( $V_g$ ) sedimen pada  $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Debit Penghisapan ( $q$ ) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )		Waktu ( $t$ ) (menit)	Volume gelontor ( $V_g$ ) ( $\text{m}^3$ )
1	q <sub>1</sub>	0,0041	5	0,0030
2			10	0,0037
3			15	0,0043
4	q <sub>2</sub>	0,0051	5	0,0036
5			10	0,0044
6			15	0,0052
7	q <sub>3</sub>	0,0061	5	0,0042
8			10	0,0051
9			15	0,0061

Pada tabel 9 diperoleh data debit penghisapan ( $q$ ) dan volume gelontor ( $V_g$ ) pada  $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Dimana terlihat semakin besar debit penghisapan ( $q$ ), maka semakin besar volume gelontor ( $V_g$ ) yang diperoleh. Hal ini dapat dijelaskan melalui grafik pengaruh debit penghisapan ( $q$ ) terhadap volume gelontor ( $V_g$ ).



**Gambar 19.** Pengaruh debit penghisapan ( $q$ ) terhadap volume gelontoran ( $V_g$ ) pada  $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 19 menunjukkan bahwa semakin besar debit penghisapan ( $q$ ) dalam *flushing conduit*, maka semakin besar volume gelontoran ( $V_g$ ) sedimen yang terjadi pada nilai debit ( $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dik}$ ). Hal ini dipengaruhi oleh besar tekanan dan kecepatan aliran yang terjadi dalam *flushing conduit*. . Besar debit penghisapan ( $q$ ) diperoleh dari berapa besar sudut putaran gate valve yang digunakan, yaitu bukaan ( $45^\circ$ ), ( $60^\circ$ ) dan ( $90^\circ$ ). Pada gambar tersebut juga memperlihatkan perbandingan waktu terhadap besar volume golontor ( $V_g$ ) dengan debit penghisapan ( $q$ ) yang sama. Dimana semakin lama waktu penggelontoran ,maka semakin besar volume gelontor ( $V_g$ ) yang diperoleh.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan uraian hasil analisis penelitian tersebut di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya :

- 1) Klasifikasi ukuran butir pada material sedimen yang digunakan adalah pasir halus dengan diameter butir 0,149 mm dari hasil analisa saringan.
- 2) Hubungan bukaan gate valve pada sudut bukaan ( $90^\circ$ ) dengan tekanan penghisapan (P) pada nilai debit ( $Q_3$ ) menunjukkan kinerja terbaik dengan tinggi tekanan terbesar adalah 0.1258 ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- 3) Pengaruh debit penghisapan ( $q_3$ ) terhadap volume gelontor (vg) sedimen pada nilai debit ( $Q_3$ ) menunjukkan kinerja terbaik dengan volume terbesar adalah 0.0061 ( $\text{m}^3$ ).

#### **B. Saran**

- 1) Penelitian tentang pengaruh debit penghisapan (q) terhadap penggelontoran sedimen di waduk perlu dikembangkan lagi dengan menambahkan variasi tebal sedimen (db)
- 2) Untuk penelitian selanjutnya debit penghisapan (P) perlu ditambahkan untuk memperoleh data yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah. (2010). *Studi Kinerja Flushing Conduit Sebagai Alat Penguras Endapan Sedimen Muara Dengan Experimen Laboratorium*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar
- Arsyad, Sinatala. (2010). *Edisi Kedua: Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Asdak, Chay. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Asdak, Chay. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Asdak, Chay. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press Yogyakarta
- Fajar, Mochamad. (2015). *Kesiapan Masyarakat dalam Menghadapi Rencana Pembangunan Waduk Kuningan*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Kartasapoetra, G; Sutedjo dkk. (1987). *Edisi Kedua Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kartasapoetra, G. (1991). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: PT. Melton Putra
- Klaas, D. (2009). *Desain Jaringan Pipa- Prinsip Dasar dan Aplikasi*. Bandung: CV.Mandar Maju
- Krisetyana, Hari (2008). *Tingkat Efisiensi Peggelontoran Endapan Sedimen Di Waduk Plta Pb. Sudirman*. Semarang : Jurnal Tesis Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil. Universitas Diponegoro.
- Kurniawan, Aldoko Fajar. (2016). *Analisa Sebaran Sedimen Dan Efektivitas Tampungan Menggunakan Teknik Interpolasi Ruang (Studi Kasus Peggelontoran Waduk Wlingi Dan Waduk Lodoyo)*. Malang : Jurnal Ilmiah Teknik Pengairan Konsentrasi Sistem Informasi Sumber Daya Air. Universitas Brawijaya.
- Linsley RayK., Joseph B. Franzini. (1985). *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: PT Erlangga
- Nasiah. (2000). *Evaluasi Kemampuan Lahan dan Tingkat Bahaya Erosi Untuk Priotitas Konservasi Lahan di Daerah Aliran Sungai Takapala Kabupaten*

*Dati II Gowa Provinsi Sulawesi Selatan*. Tesis. Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Notohadiprawiro, T., S. Sukadarmodjo, M. Dradjd. (2006). *Beberapa Fakta dan Angka Tentang Lingkungan fisik Waduk Wonogiri dan Kepentingannya Sebagai Dasar Pengelolaan*. Reprint : Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada

Primadhani, M Rizal. (2011). *Simulasi Aliran Fluida Pada Pipa Bergelombang Dengan Metode Computational Fluid Dynamics*. Diponegoro: Universitas Diponegoro

Seyhan, E. (1979). *Principles of Reservoir Engineering*. Netherland: Institute of Earth Science

Streeter, V.L., Wylie E.B., Priyono, A. (1988). *Mekanika Fluida. Edisi Kedelapan jilid 1 dan jilid 2*. Jakarta: Erlangga

Suroso dan Widiyanto, Wahyu. (2009). *Model Pengendalian Sedimentasi Waduk Mrica Dengan Fluidasi*. Program Studi Teknik Sipil Unsoed. Purwokerto Indonesia.

Teguh, Marhendi. (2013). *Strategi Pengelolaan Sedimentasi Di Waduk*. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Thaha, Arsyad Muhammad. (2006). *Sistem Fluidasi Untuk Rekayasa Pemeliharaan Alur*. Disertasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Tipler, Paul A. (2001). *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2 (terjemahan Dr. Bambang Soegijono)*. Jakarta: Erlangga

Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika I*. Beta Offset. Yogyakarta

Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta

Wulandari, E. (1991). *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Laju Sedimentasi Waduk Wonorejo*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Pasca Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang

**Lampiran 1. Tabel Format Pengambilan Data Running Awal Pada Saat Penelitian**

No	Bukaan Katup (Bk)	Bukaan pintu Thomson	Tinggi Air		Tinggi Pitot		Tekanan (P) (kg/cm <sub>2</sub> )		Koefisien		Debit (Q) m <sup>3</sup> /dk		Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
			h	h Rata-Rata	h	h Rata-rata	P	P Rata-Rata	K	K Rata-Rata	Q	Q Rata-rata			
1	45°	9	0.085	0.0853	34	36	11	10.3333	1.4086	1.4084	0.0030	0.0030	0.0030	0.0051	0.0079
2			0.086		39		10		1.4079		0.0031				
3			0.085		35		10		1.4086		0.0030				
4		11	0.106	0.1057	34	32	12	11.6667	1.3966	1.3968	0.0051	0.0051			
5			0.107		32		12		1.3961		0.0052				
6			0.104		30		11		1.3975		0.0049				
7		13	0.125	0.1263	34	31.6667	13	13.6667	1.3889	1.3884	0.0077	0.0079			
8			0.127		29		13		1.3882		0.0080				
9			0.127		32		15		1.3882		0.0080				
10	60°	9	0.085	0.0853	29	31	11	11.3333	1.4086	1.4084	0.0030	0.0030			
11			0.086		31		12		1.4079		0.0031				
12			0.085		33		11		1.4086		0.0030				
13		11	0.106	0.1057	20	20.3333	10	10.3333	1.3966	1.3968	0.0051	0.0051			
14			0.107		18		10		1.3961		0.0052				
15			0.104		23		11		1.3975		0.0049				
16		13	0.125	0.1263	24	25.6667	12	12	1.3889	1.3884	0.0077	0.0079			
17			0.127		26		12		1.3882		0.0080				
18			0.127		27		12		1.3882		0.0080				
19	90°	9	0.085	0.0853	18	18.6667	9	9	1.4086	1.4084	0.0030	0.0030			
20			0.086		18		9		1.4079		0.0031				
21			0.085		20		9		1.4086		0.0030				
22		11	0.106	0.1057	15	16.3333	8	8.3333	1.3966	1.3968	0.0051	0.0051			
23			0.107		15		8		1.3961		0.0052				
24			0.104		19		9		1.3975		0.0049				
25		13	0.125	0.1263	25	25	9	8.6667	1.3889	1.3884	0.0077	0.0079			
26			0.127		23		9		1.3882		0.0080				
27			0.127		27		8		1.3882		0.0080				



**Lampiran 2. Tabel Format Pengambilan Data yang Dibutuhkan Pada Saat Penelitian dengan  $Q_1 = 0.0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$**

No	Debit (Q) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )	Waktu (t) (menit)	Debit Penghisapan (q) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )	Diameter Lubang (Df) (mm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa Hisap (L) (m)	Spasi Lubang (a) (cm)	Volume Gelontor (Vg)/( $\text{m}^3$ )		Tekanan Penghisapan (?) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )		Tinggi Air Pitot (cm)		Kecepatan Aliran (V) ( $\text{m}/\text{dtk}$ )				
								Vg	Vg Rata-Rata	P	P Rata-rata	h	h Rata-Rata	V	V Rata-Rata			
1	0.0030	5	0.0030	10	30	1	6	0.0023	0.0023	0.0612	0.0578	10	12.3333	1.4007	1.5517			
2								0.0023		0.0612		13		1.5971				
3								0.0023		0.0510		14		1.6573				
4			0.0040					0.0032	0.0612	0.0680	20	21.6667	1.9809	2.0602				
5															0.0030	0.0714	21	2.0298
6															0.0036	0.0714	24	2.1700
7			0.0050					0.0041	0.0816	0.0884	31	32.6667	2.4662	2.5308				
8															0.0040	0.0918	32	2.5057
9															0.0041	0.0918	35	2.6205
10		10	0.0030	0.0612	0.0646	10	12.3333	1.4007	1.5517									
11										0.0031	0.0612	13	1.5971					
12										0.0032	0.0714	14	1.6573					
13			0.0040	0.0039	0.0714	0.0782	20	21.6667	1.9809	2.0602								
14											0.0041	0.0816	21	2.0298				
15											0.0042	0.0816	24	2.1700				
16			0.0050	0.0050	0.1020	0.1020	31	32.6667	2.4662	2.5308								
17											0.0050	0.1020	32	2.5057				
18											0.0050	0.1020	35	2.6205				
19		15	0.0030	0.0714	0.0748	10	12.3333	1.4007	1.5517									
20										0.0039	0.0714	13	1.5971					
21										0.0039	0.0816	14	1.6573					
22			0.0040	0.0046	0.0816	0.0884	20	21.6667	1.9809	2.0602								
23											0.0048	0.0918	21	2.0298				
24											0.0050	0.0918	24	2.1700				
25			0.0050	0.0057	0.1122	0.1156	31	32.6667	2.4662	2.5308								
26											0.0057	0.1122	32	2.5057				
27											0.0059	0.1224	35	2.6205				



**Lampiran 3. Tabel Format Pengambilan Data yang Dibutuhkan Pada Saat Penelitian dengan  $Q_2 = 0.0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$**

No	Debit (Q) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )	Waktu (t) (menit)	Debit Penghisapan (q) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )	Diameter Lubang (Df) (mm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa Hisap (L) (m)	Spasi Lubang (a) (cm)	Volume Gelontor (Vg)/( $\text{m}^3$ )		Tekanan Penghisapan (P) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )		Tinggi Air Pitot (cm)		Kecepatan Aliran (V) ( $\text{m}/\text{dtk}$ )				
								Vg	Vg Rata-Rata	P	P Rata-rata	h	h Rata-Rata	V	V Rata-Rata			
1	0.0051	5	0.0036	10	30	1	6	0.0028	0.0028	0.0612	0.0612	16	17.3333	1.7718	1.8429			
2								0.0028		0.0612		17		1.8263				
3								0.0028		0.0612		19		1.9308				
4			0.0046					0.0033	0.0714	0.0714	28	28.3333	2.3438	2.3577				
5															0.0033	0.0714	28	2.3438
6															0.0032	0.0714	29	2.3853
7			0.0056					0.0038	0.0918	0.0918	40	41.0000	2.8014	2.8361				
8															0.0038	0.0918	41	2.8362
9															0.0038	0.0918	42	2.8706
10		10	0.0036					0.0612	0.0680	16	17.3333	1.7718	1.8429					
11														0.0034	0.0714	17	1.8263	
12														0.0033	0.0714	19	1.9308	
13			0.0046					0.0040	0.0816	0.0816	28	28.3333	2.3438	2.3577				
14															0.0038	0.0816	28	2.3438
15															0.0043	0.0816	29	2.3853
16			0.0056					0.0047	0.1020	0.1054	40	41.0000	2.8014	2.8361				
17															0.0048	0.1020	41	2.8362
18															0.0048	0.1122	42	2.8706
19		15	0.0036					0.0714	0.0782	16	17.3333	1.7718	1.8429					
20														0.0040	0.0816	17	1.8263	
21														0.0039	0.0816	19	1.9308	
22			0.0046					0.0049	0.0918	0.0918	28	28.3333	2.3438	2.3577				
23															0.0049	0.0918	28	2.3438
24															0.0052	0.0918	29	2.3853
25			0.0056					0.0058	0.1224	0.1190	40	41.0000	2.8014	2.8361				
26															0.0059	0.1224	41	2.8362
27															0.0059	0.1122	42	2.8706



**Lampiran 4. Tabel Format Pengambilan Data yang Dibutuhkan Pada Saat Penelitian dengan  $Q_3 = 0.0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$**

No	Debit (Q) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )	Waktu (t) (menit)	Debit Penghisapan (q) ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )	Diameter Lubang (Df) (mm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa Hisap (L) (m)	Spasi Lubang (a) (cm)	Volume Gelontor (Vg)/( $\text{m}^3$ )		Tekanan Penghisapan (P) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )		Tinggi Air Pitot (cm)		Kecepatan Aliran (V) ( $\text{m}/\text{dtk}$ )	
								Vg	Vg Rata-Rata	P	P Rata-rata	h	h Rata-Rata	V	V Rata-Rata
1	0.0079	5	0.0041	10	30	1	6	0.0030	0.0030	0.0612	0.0680	22	22.3333	2.0776	2.0932
2								0.0031		0.0714		22		2.0776	
3								0.0031		0.0714		23		2.1243	
4			0.0051					0.0035	0.0037	0.0816	0.0816	32	34.3333	2.5057	2.5943
5								0.0039		0.0816		34		2.5828	
6								0.0038		0.0816		37		2.6943	
7			0.0061					0.0042	0.0043	0.1020	0.1054	50	48.6667	3.1321	3.0899
8								0.0042		0.1020		48		3.0688	
9								0.0043		0.1122		48		3.0688	
10		10	0.0041					0.0035	0.0036	0.0714	0.0748	20	21.6667	1.9809	2.0609
11								0.0035		0.0714		22		2.0776	
12								0.0038		0.0816		23		2.1243	
13			0.0051					0.0043	0.0044	0.0816	0.0884	32	34.3333	2.5057	2.5943
14								0.0043		0.0918		34		2.5828	
15								0.0045		0.0918		37		2.6943	
16			0.0061					0.0050	0.0052	0.1122	0.1156	50	48.6667	3.1321	3.0899
17								0.0052		0.1122		48		3.0688	
18								0.0054		0.1224		48		3.0688	
19		15	0.0041					0.0041	0.0042	0.0816	0.0850	20	21.6667	1.9809	2.0609
20								0.0041		0.0816		22		2.0776	
21								0.0043		0.0918		23		2.1243	
22			0.0051					0.0050	0.0051	0.0918	0.0986	32	34.3333	2.5057	2.5943
23								0.0050		0.1020		34		2.5828	
24								0.0052		0.1020		37		2.6943	
25			0.0061					0.0060	0.0061	0.1224	0.1258	50	48.6667	3.1321	3.0899
26								0.0061		0.1224		48		3.0688	
27								0.0062		0.1326		48		3.0688	



**Lampiran 6. Tabel Analisa Data Untuk Q2 = 0.0051 m3/dtk**

Luas Penampang Pipa A	=	0.001963 m <sup>2</sup>	Rapat massa P	=	995.95 kgf/m <sup>3</sup>	=	0.000996 kgf/cm <sup>3</sup>
Panjang Pipa L	=	1 m	Viskositas Kinematik $\mu$	=	0.000000824 m <sup>2</sup> /dtk		
Diameter Pipa D	=	0.05 m	k/D	=	0.0001		
efisien Kontraksi LubaK	=	Km 28 lbg 0.28	f	=	0.013		
Suhu air T	=	29	L/D	=	20		

NO	Debit (Q) m <sup>3</sup> /dt	Waktu (t) (menit)	Debit Penghisapan (q) (m <sup>3</sup> /dtk)	Diamter Lubang (Df)	Tebal Sedimen (db)	Panjang Pipa (L) (m)	Jarak Lubang (a) (cm)	Volume Gelontor	Pengukuran Tekanan (P)	Pitot (h) (m)	Kecepatan Aliran (V) (m/dtk)	(V) Teoritis (m/dtk)	He (cm)	Re	(Q) teoritis (m <sup>3</sup> /dtk)	HL (m)	Hm (m)	Hbc (cm)	Ht (cm)	h-ho (cm)																																		
	Kalibrasi			Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Pers. (2)	Pers. (11)	Pers. (5)	Pers. (1)	Pers. (6)	Pers. (7)	Pers. (8)	Pers. (9)																																			
1	0.0051	5	0.0036	10	30	1	6	0.0028	0.0612	0.1733	1.8429	2.5987	61.4458	111826.456	0.0036	0.0450	0.0485	40.2839	49.6315	11.8143																																		
2																																																						
3																																																						
4			0.0046																																																			
5																																																						
6																																																						
7			0.0056																																																			
8																																																						
9																																																						
10		10	0.0036																		10	30	1	6	0.0033	0.0680	0.1733	1.8429	2.5987	68.2731	111826.456	0.0036	0.0450	0.0485	40.2839	49.6315	18.6416																	
11																																																						
12																																																						
13			0.0046																																																			
14																																																						
15																																																						
16			0.0056																																																			
17																																																						
18																																																						
19		15	0.0036																																			10	30	1	6	0.0039	0.0782	0.1733	1.8429	2.5987	78.5141	111826.456	0.0036	0.0450	0.0485	40.2839	49.6315	28.8825
20																																																						
21																																																						
22			0.0046																																																			
23																																																						
24																																																						
25			0.0056																																																			
26																																																						
27																																																						

**Lampiran 8. Persiapan Peralatan Simulasi *Flushing Conduit***



Gambar 1. Pembuatan model pipa *Flushing Conduit*

Gambar 2. Pengukuran spasi lubang *flushing conduit*



Gambar 3. model pipa *Flushing Conduit*

**Lampiran 9. Persiapan Peralatan Simulasi *Flushing Conduit***



Gambar 4. Model Saluran *flushing conduit*

Gambar 5. Pengukuran tekanan menggunakan manometer



Gambar 6. Proses *running* awal atau pengambilan data kalibrasi

**Lampiran 10. Proses Pengambilan Data**



Gambar 7. Pembacaan Tinggi air pada pitot

Gambar 8. Bentuk bukaan alur hasil hisapan *flushing conduit*



Gambar 9. Pemindahan sedimen dari saringan ke dalam wadah.



**Lampiran 11. Proses Pengambilan Data**



Gambar 10. Pengukuran sedimen yang tergolontor

Gambar 11. Sedimen yang tergelontor

