

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH DIAMETER LUBANG *FLUSHING CONDUIT*
TERHADAP PENGSELONTORAN SEDIMEN DI WADUK
(UJI EKSPERIMENTAL)**



OLEH :

MARDIANA

105 81 1980 13

SRI WAHYUNI

105 81 1996 13

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2017**



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, e-mail : unismuh@gmail.com

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Mardiana dengan Nomor Induk Mahasiswa 10581 1980 13 dan Sri Wahyuni dengan Nomor Induk Mahasiswa 10581 1996 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, S.E., M.M. :

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Fenti Daud S., M.T. :

b. Sekretaris : Farida Gaffar, S.T., M.M. :

3. Anggota

1. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Si. :

2. Ir. Mahmudin, S.T., M.T. :

3. Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. :

Mengetahui :

Pembimbing I

Riswal K., S.T., M.T.

Pembimbing II

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



Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

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, e-mail : 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 DIAMETER LUBANG FLUSHING CONDUIT TERHADAP PENGSELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)**

Nama : MARDIANA
SRI WAHYUNI

Stambuk : 105 81 1980 13
105 81 1996 13

Makassar, 23 Desember 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Riswal. K., ST.,MT

Pembimbing II

Amrullah Mansida, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Muh. Syafaat S. Kuba, ST

NBM : 975 288

STUDI PENGARUH DIAMETER LUBANG *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP PENGGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)

Mardiana¹ dan Sri wahyuni²

¹Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, mardiana251@gmail.com

²Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, Ayuwahyuni783@yahoo.com

Abstrak

Studi Pengaruh diameter lubang flushing conduit terhadap penggelontoran sedimen di waduk dibimbing oleh Riswal K dan Amrullah Mansida. Sumber utama kerusakan daerah aliran sungai (DAS) merupakan bagian dari siklus hidrologi DAS, erosi dan sedimentasi. Daerah Aliran Sungai (DAS) mengalami perubahan tata guna lahan yang menyebabkan tingginya erosi yang berdampak terhadap berkurangnya kapasitas waduk dan berpengaruh pada penyediaan fungsi waduk antara lain kebutuhan air irigasi, PLTA, penyediaan air bersih, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh diameter lubang flushing conduit Terhadap penggelontoran sedimen dan pengaruh diameter lubang terhadap tekanan. Karakteristik sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus berdasarkan skala wentworth dari hasil analisa saringan. Dari hasil penelitian menunjukkan jumlah pengaruh diameter lubang terhadap volume gelontor untuk (D_f) 8 pada waktu (t) 5 volume gelontor (V_g) yaitu 0,0020 (m^3), Pada waktu (t) 10 volume gelontor 0,0032 (m^3), Pada waktu (t) 15 volume gelontor 0,0036 (m^3). Dan untuk (D_f) 10 pada waktu (t) 5 volume gelontor yaitu 0,0025 (m^3), pada waktu (t) 10 volume gelontor 0,0042 (m^3), pada waktu (t) 15 volume gelontor 0,0044 (m^3). Sedangkan untuk (D_f) 12 pada waktu (t) 5 volume gelontor 0,0029 (m^3), pada waktu (t) 10 volume gelontor 0,0048 (m^3), pada waktu (t) 15 volume gelontor 0,0056 (m^3). Kinerja Flushing Conduit menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang (D_f) maka jumlah volume yang tergelontor (V_g) cenderung meningkat. Hal ini diakibatkan oleh kecepatan aliran dan besarnya tekanan yang terjadi dalam pipa flushing conduit.

Kata kunci : Flushing Conduit, Penggelontoran, Diameter lubang.

Abstract

Study The effect of the flushing conduit hole diameter on the flushing of sediments in the reservoir is guided by Riswal K and Amrullah Mansida. The main source of watershed damage is part of the watershed hydrology cycle, erosion and sedimentation. Watersheds have undergone land-use changes that cause high erosion that impacts on the reduction of reservoir capacity and influences on the provision of reservoir functions, among others, the need for irrigation water, hydropower, clean water supply, and others. This study aims to determine the effect of the diameter of flushing conduit hole Against sediment flushing and the influence of hole diameter to pressure. Sediment characteristic used in this research is fine sand based on wentworth scale from result of filter analysis. From the results of the study, the amount of influence of the diameter of the hole on the volume of gelontor for (D_f) 8 at time (t) 5 gelontor volume (V_g) is 0.0020 (m^3). At time (t) 10 volumes of 0.0032 (m^3), At time (t) 15 volumes of gelontor 0.0036 (m^3). And for (D_f) 10 at time (t) 5 volumes of gelontor is 0.0025 (m^3), at (t) 10 volumes of gelontor 0.0042 (m^3), at (t) 15 gross volumes 0.0044 (m^3). While for (df) 12 at time (t) 5 volumes of gelontor 0.0029 (m^3), at (t) 10 gross volumes 0.0048 (m^3), at (t) 15 the gelontor volume 0.0056 (m^3). Flushing Conduit performance shows that the larger the diameter of hole (D_f) then the amount of volume that flushed (V_g) tends to increase. This is due to the flow velocity and the amount of pressure that occurs in the flushing conduit pipe.

keywords: flushing conduit, flushing, hole diameter

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum, Wr. Wb

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, sekalian alam, karena dengan Rahmat dan kehendak-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul “**STUDI PENGARUH DIAMETER LUBANG *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP PENGSELONTORAN SEDIMEN DI WADUK**”.

Dengan rasa syukur kehadiran Allah yang Maha Kuasa, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus – tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu, mendukung dan menyemangati dalam menyelesaikan penelitian ini.

Selanjutnya, perkenankanlah penulis menyampaikan rasa syukur dan terima kasih secara khusus kepada Bapak Riswal K, ST., MT. sebagai pembimbing I dan kepada Bapak, Amrullah mansida, ST., MT. sebagai pembimbing II yang dengan sabar dan penuh perhatian telah memberikan bimbingan dan arahan serta dorongan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Stah, Dosen, Ketua Jurusan Teknik Sipil Pengairan, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar yang

telah membarikan kesempatan, dorongan, bimbingan, dan arahan sehingga penulis bersemangat menyelesaikan penelitian ini hingga selesai.

Tak lupa penulis mengucapkan rasa syukur dan terimah kasih kepada keluarga serta Rekan – rekan Mahasiswa Fakultas Teknik yang telah mendukung dan memberikan semangat hingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini masih banyak kekurangannya walaupun penulis telah berusaha secara maksimum, dengan kerendahan hati penulis menerima saran dan kritik guna perbaikan penelitian ini.

Semoga ujian penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum,Wr.Wb

DAFTAR ISI

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

F. Sistematika Penelitian.....	4
--------------------------------	---

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	6
1. Pengertian Daerah Aliran Sungai	6
2. Pengelolaan DAS dan Penyebabnya.....	7
B. Waduk.....	8
1. Pengertian Waduk.....	8
2. Tampunguan Dalam Waduk	10
3. Usia Guna Waduk.....	11
C. Sedimentasi.....	12
1. Pengertian Sedimentasi.....	12
2. Proses sedimentasi	12
D. Pengertian <i>Flushing Conduit</i>	15
1. Perbedaan Mekanisme kerja Fluidasi dengan <i>Flushing Conduit</i>	16
2. Kinerja bukaan katup pada <i>flushing conduit</i>	16
E. Aliran dalam saluran tertutup	17
1. Karakteristik Aliran Dalam Pipa (<i>Conduit</i>)	17
2. Mengukur kecepatan aliran zat cair	19
3. konsep kriteria diameter	20
4. kehilangan energy mayor dalam pipa (gesek)	25
5. kehilangan tenaga sekunder dalam pipa	27
6. kehilangan tinggi tenaga pada lapisan sedimen	28

F. Persamaan hukum Bernoulli.....	28
-----------------------------------	----

BAB III METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	32
B. Jenis penelitian dan Sumber data.....	32
1. Jenis Penelitian	32
2. Sumber Data	32
C. Alat dan Bahan	33
D. Variable yang Diteliti	34
E. Rancangan Penelitian.....	35
1. Pengambilan Data.....	35
2. Prosedur Penelitian	36
F. Teknik Analisis Data	39
G. Pelaksanaan Simulasi.....	41
H. Flow Chart Penelitian	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	44
B. Analisis Data	45
C. Pembahasan Menganalisis / Membaca Grafik	47
1. Karakteristik Sedimen.....	47
2. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g)....	48

3. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P)	51
4. Pengaruh Debit Teoritis (q) terhadap penggelontoran sedimen (V_g)	55

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	59
B. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Gaya sedimen melayang, melompat, merayap	15
Gambar 2. Pengaliran pada lubang propesional	22
Gambar 3. Skema macam penyebab tersumbatnya lubang.....	24
Gambar 4. Diagram moody	26
Gambar 5. Hukum Bernoulli pada saluran tertutup	29
Gambar 6. Rancangan model <i>flushing conduit</i> (Dene).....	36
Gambar 7. Rancangan model <i>flushing conduit</i> (Potongan memanjang)	37
Gambar 8. Detail pipa isap diameter 8	37
Gambar 9. Detail pipa isap diameter 10	37
Gambar 10. Detail pipa isap diameter 12	37
Gambar 11. Potongan melintang <i>flushing conduit</i>	38
Gambar 12. Detail rancangan tebal lapisan sedimen	38
Gambar 13. Flow chart penelitian	43
Gambar 14. Gradasi ukuran butiran sedimen (sampel).....	48

Gambar 15. Grafik pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) dengan berbagai nilai debit (Q_1).....	49
Gambar 16. Grafik pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) dengan berbagai nilai debit (Q_2).....	50
Gambar 17. Grafik pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) dengan berbagai nilai debit (Q_3).....	51
Gambar 18. Grafik pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P) untuk debit (Q_1).....	52
Gambar 19. Grafik pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P) untuk debit (Q_2).....	53
Gambar 20. Grafik pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P) untuk debit (Q_3).....	54
Gambar 21. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontor (V_g) sedimen pada (Q_1)	55
Gambar 22. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontor (V_g) sedimen pada (Q_2).....	56
Gambar 23. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontor (V_g) sedimen pada (Q_3).....	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 1. klasifikasi Ukuran Butir Sedimen Menurut Wentworth	14
Table 2. Perbedaan Metode Kerja Fluidasi dengan Flushing Conduit.....	16
Table 3. Nilai kekasaran dinding untuk berbagai pipa komersial	26
Tabel 4. Tabel hasil perhitungan analisis saringan	47
Tabel 5. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontot (V_g).....	49
Tabel 6. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontot (V_g).....	50
Tabel 7. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontot (V_g).....	51
Tabel 8. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P)	52
Tabel 9. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P)	53
Tabel 10. Pengaruh diameter lubang (D_f) terhadap tekanan (P)	54
Tabel 11. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontor (V_g) pada Q_1	55
Tabel 12. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontor (V_g) pada Q_2	56
Tabel 13. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontor (V_g) pada Q_3	57

DAFTAR NOTASI

Q	:Debit
Re	:Bilangan Reynold
D_f	:Diameter Lubang
V	:Kecepatan Aliran
V_g	:Volume Gelontor
A	:Luas Penampang Aliran
F_1	:Kecepatan Endap
S	:Berat Jenis Butir
μ	:Viskositas Kinematik
G	:Percepatan Gravitasi
Λ	:Faktor Gesekan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah resapan air yang dapat mengatur sistem tata air. Secara alami kualitas DAS dipengaruhi oleh faktor biofisik pembentuk tanah yang relief, topografi, fisiografi, iklim, tanah, air, dan vegetasi (Tan, 1991). Namun penggunaan lahan yang berkaitan erat dengan aktifitas manusia menyebabkan keseimbangan ekosistem DAS terganggu. Eksploitasi DAS menimbulkan masalah banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau, penurunan debit sungai, erosi dan sedimentasi.

DAS merupakan bagian siklus hidrologi DAS, erosi dan sedimentasi, DAS dapat dianggap sebagai suatu sistem dimana perubahan yang terjadi di suatu bagian akan mempengaruhi bagian lain dalam DAS tersebut. Proses perubahan penggunaan lahan, selain menghasilkan manfaat, juga memberikan resiko terjadinya kerusakan lahan akibat erosi, pencemaran lingkungan, banjir dan lainnya. Erosi akan menyebabkan terjadinya proses pendangkalan waduk, penurunan kapasitas saluran irigasi, dan dapat mengganggu sistem pembangkit tenaga listrik. Erosi dan banjir juga dapat menurunkan kualitas dan kuantitas sumberdaya alam.

Waduk merupakan bangunan penampung air pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), pemanfaatan waduk yang kurang maksimal akibat

sedimentasi/pengendapan yang di sebabkan oleh angkutan sedimen yang masuk kedalam waduk yang berasal dari tanah hasil erosi, baik yang berupa erosi permukaan, erosi parit atau jenis erosi lainnya dari tempat yang lebih tinggi (hulu) dengan proses transport sedimen melalui sungai yang bermuara di waduk.

Sedimentasi atau pengendapan yang terjadi di waduk PLTA Bakaru saat ini sudah sangat memprihatinkan dan berdampak terhadap pengoperasian waduk tersebut tidak optimal lagi. Pada kondisi tertentu, kekeruhan dan kekerasan sedimen yang terbawa bersama aliran air juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen turbin maupun komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air lainnya, dan sudah pasti berdampak pula terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan oleh PLTA Bakaru.

Upaya Penggerukan sedimen di beberapa waduk sudah dilakukan sejak lama namun hasilnya dirasa kurang maksimal. Terbukti dari berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pengurangan kapasitas waduk dari tahun ke tahun. Rencana pengerukan (*dredging*) endapan sedimentasi waduk sangat tidak mungkin. Pengerukan endapan sedimentasi memerlukan biaya yang sangat besar. Bahkan biaya mobilisasi peralatan (*dredging*) lebih mahal dibandingkan biaya operasi pengerukan (*dredging*) (Hartman, 2004).

Usaha yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan sedimentasi didalam saluran adalah Pembilasan atau penggelontoran sedimen secara hidraulis. Pembilasan atau penggelontoran sedimen secara hidraulis (*Hydraulic flushing*) adalah cara yang lebih baik untuk mengembalikan penggalian atau pengerukan secara manual .

Berdasarkan uraian permasalahan diatas maka penelitian mengenai pengaruh diameter lubang pada penggelontoran sedimen sehingga menghasilkan ukuran lubang optimum . Oleh karena itu kami mengambil judul “**STUDI PENGARUH DIAMETER LUBANG *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP PENGGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK ”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka dapat dirumuskan bahwa masalah yang dapat dijadikan dasar dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana pengaruh diameter lubang *flushing conduit* pada penggelontoran sedimen ?
- 2) Bagaimana pengaruh diameter lubang terhadap tekanan?

C. Tujuan penelitian

Dengan mengacu pada masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui pengaruh diameter lubang *flushing conduit* Terhadap penggelontoran sedimen
- 2) Untuk mengetahui pengaruh diameter lubang terhadap tekanan

D. Manfaat Penelitian

Dengan selesainya penelitian ini diharapkan memberi manfaat sebagai berikut:

- 1) Mendapatkan pemahaman tentang pengaruh diameter lubang *flushing conduit*.
- 2) Mendapatkan hasil kajian yang efisiensi penggelontoran sedimen yang lebih optimal.
- 3) Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya pada hal – hal sebagai berikut:

- 1) Pada penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh diameter lubang *flushing conduit*.
- 2) Penelitian ini menggunakan beberapa variasi diameter lubang (8mm,10mm,12mm).
- 3) Penelitian laboratorium fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

F. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan tugasakhir ini terdiri dari lima bab, masing – masing bab dibagi menjadi beberapa sub bab, kemudian diuraikan agar diketahui letak permasalahan yang di bicarakan dengan lebih mudah dan jelas. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, dalam bab ini diuraikan secara umum latar belakang, perumusan masalah, tinjauan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, serta sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, dalam bab ini diuraikan secara ringkas mengenai permasalahan yang akan menjadi bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir pada suatu wilayah tertentu.

BAB III METODE PENELITIAN, dalam bab ini menguraikan tentang lokasi penelitian dan waktu penelitian, serta metode pelaksanaan penelitian, analisa data, dan flow chart penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, dalam bab ini berisi tentang analisa data dan hasil analisisnya, serta pembahasan tentang hasil – hasil penelitian.

BAB V PENUTUP, dalam bab ini menguraikan tentang kesimpulan dan saran yang berhubungan dengan hasil penelitian ini

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Daerah Alliran Sungai (DAS)

1. Pengertian Daerah Aliran Sungai

DAS adalah wilayah daratan yang berfungsi menampung, meresapkan, dan menyimpan air, serta air yang terdapat dipermukaan dialirkan. Menurut Sudjarwadi (1985) yang dinamakan DAS adalah suatu wilayah kesatuan ekosistem yang dibatasi oleh pemisah topografi dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpan penyalur air, sedimen, dan unsur hara dalam sistem sungai dan mengeluarkannya melalui *outlet* tunggal.

Dalam mempelajari ekosistemnya, suatu DAS biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir (Asdak, 2007). Secara biogeofisik, daerah hulu DAS dicirikan oleh hal-hal berikut: merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng besar (lebih dari 15%), bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase dan jenis vegetasi umumnya tegakan hutan. Sementara daerah hilir DAS dicirikan oleh hal-hal berikut: merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian

kecuali daerah estuaria 5 yang didominasi hutan bakau/gambut. Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan tata air terhadap seluruh bagian DAS.

2. Pengelolaan DAS dan Penyebabnya

Pengelolaan DAS merupakan pengelolaan sumber daya alam yang dapat pulih kembali dalam sebuah DAS yang dilakukan terus menerus untuk memelihara keseimbangan untuk pemanfaatannya. Menurut Departemen Kehutanan (2000) bahwa pengelolaan DAS meliputi:

- a) Pengelolaan sumber daya alam yang dapat diperbaharui
- b) Pemenuhan kebutuhan manusia untuk sekarang dan masa datang
- c) Kelestarian dan keserasian ekosistem (lingkungan hidup)
- d) Pengendalian hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan manusia
- e) Penyediaan air, pengendalian erosi, banjir dan sedimentasi

Erosi dan sedimentasi merupakan penyebab-penyebab utama dalam terjadinya penurunan produktivitas tanah-tanah pertanian, dan penurunan kuantitas air. Erosi itu meliputi proses : pelepasan partikel-partikel tanah (*detachment*), penghanyutan partikel-partikel tanah (*transportation*), dan pengendapan partikel-partikel tanah yang telah terhanyutkan (*deposition*) (Foster and Meyer, 1973) dalam Arsyad S.(2010).

Di daerah beriklim tropika basah, aliran merupakan penyebab utama erosi tanah, sedangkan angin tidak mempunyai pengaruh yang berarti. Proses erosi terdiri atas 3 bagian yang berurutan : pengelupasan (*detachment*),

pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak,1995). Proses erosi oleh air merupakan kombinasi dua sub proses yaitu : penghancuran struktur tanah menjadi butir-butir primer oleh energi tumbuk butir-butir hujan yang menimpa tanah dan perendaman oleh air yang tergenang, pemindahan (pengangkutan) butir-butir tanah oleh percikan hujan, dan penghancuran struktur tanah di ikuti pengangkutan butir-butir tanah tersebut oleh air yang mengalir di permukaan tanah.

B. Waduk

1. Pengertian Waduk

Waduk (*reservoir*) merupakan bangunan penampung air pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian, perikanan, *regulator* air (pengendali banjir), tanggul penampungan air limpasan yang dialirkan oleh *outlet* (sungai) ke Waduk itu agar tidak mengalir dan tergenang pada tempat di bawahnya dan dimanfaatkan untuk air minum, serta pariwisata. Ekosistem Waduk tak lepas dari pengaruh kondisi sungai-sungai yang mengalir masuk (*inlet*) dari suatu daerah aliran sungai. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah kesatuan eko-sistem yang dibatasi oleh *igir* pemisah air (*water divide topo-graphy*) yang di dalamnya terdapat sistem sungai pengatus (penampung) air hujan yang masuk ke waduk dan keluar melalui saluran lepas tunggal.

Karakteristik suatu waduk merupakan bagian pokok dari waduk yaitu volume hidup (*live strorage*), volume mati (*dead storage*), tinggi muka air (TMA) maksimum, TMA minimum, tinggi mercu bangunan pelimpah berdasarkan debit

rencana. Dari karakteristik fisik waduk tersebut di dapatkan hubungan antara elevasi dan volume tampungan yang di sebut juga liku kapasitas waduk. Liku kapasitas tampungan waduk merupakan data yang menggambarkan volume tampungan air di dalam waduk pada setiap ketinggian muka air.

Pada hakikatnya fenomena-fenomena alam tempat dimana kita tinggal, secara fisik maupun sosial akan selalu memiliki hubungan kausal dan keterkaitan (Bintarto, 1982:12). Waduk dan Daerah Aliran Sungai merupakan suatu unit kesatuan yang ber-fungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*). Kerusakan ekosistem yang terjadi pada suatu DAS akibat pemanfaatan dan penggunaan lahan seperti lahan pertanian, perladangan, dan per-mukiman oleh masyarakat berpengaruh terhadap keseimbangan alam daerah itu. Kerusakan tersebut mengakibatkan perubahan luasan penggunaan lahan sebagai penyangga air sehingga akan menimbulkan terjadinya erosi dipercepat atau erosi tanah menuju proses kerusakan tanah.

Bencana erosi merupakan peristiwa transportasi atau peng-angkutan tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami ter-utama air. Tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu DAS terkikis dan terangkut kemudian diendapkan ke tempat yang lebih rendah membentuk sedimentasi di Waduk. Sedimentasi mengakibatkan pendangkalan sungai dan waduk yang akhirnya akan menimbulkan banjir dan merusak fungsi Waduk.

Jumlah sedimen (*sediment yield*) hasil dari erosi di waduk akan menghasilkan suatu bentukan (*morfologi*) tubuh tanah yang menciptakan bentuk muka Waduk yang baru. Perubahan morfologi sedimen di Waduk tersebut

mempunyai pengaruh terhadap nilai guna bangunan Waduk. Sedimentasi mengakibatkan pendangkalan yang dapat mengurangi fungsi dari Waduk sehingga tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Selain itu juga dapat mengurangi umur Waduk yang didesain ketika proyek pembangunan waduk direncanakan. Data bahan endapan yang masuk ke Waduk terutama jumlah sedimen yang terangkut oleh transportasi erosi dari Daerah Aliran Sungai ke aliran sungai kemudian masuk ke Waduk, secara umum dapat digunakan untuk mengevaluasi besarnya *sediment yield* dan perkiraan sisa umur waduk.

2. Tampunguan dalam waduk

Bagian-bagian pokok sebagai ciri fisik suatu waduk adalah sebagai berikut :

- a) Tampunguan berguna (*usefull storage*), menurut seyhan (seyhan, 1979:24), adalah volume tampunguan diantara permukaan genangan minimum (*low water level=LWL*) dan permukaan genangan normal (*normal water level=NWL*).
- b) Tampunguan tambahan (*surcharge storage*) adalah volume air di atas genangan normal selama banjir. Untuk beberapa saat debit meluap melalui pelimpah. Kapasitas tambahan ini biasanya tidak terkendali, dengan pengertian adanya hanya pada waktu banjir dan tidak dapat di pertahankan untuk penggunaan selanjutx (Linsey, 1985:65).
- c) Tampunguan mati (*daed storage*) adalah volume air terletak di bawah permukaan genangan minimum, dan air tidak di manfaatkan dalam pengoperasian wadu.
- d) permukaan genangan normal (*normal water level/NWL*), adalah elevasi maksimum yang di capai oleh permukaan air waduk.

e) permukaan genangan minimum (low water level/LWL), adalah elevasi terendah bila tampungan di lepaskan pada kondisi normal, permukaan ini dapat di tentukan oleh elevasi dari bangunan pelepasan yang terendah.

3. Usia guna waduk

Usia guna waduk adalah masa manfaat waduk dalam menjalankan fungsinya, sampai terisi penuh oleh sedimen kapasitas tampungan matinya. Dalam penjelasan ini untuk memprediksikan usia guna waduk berdasarkan dua cara, yaitu:

a) perkiraan usia guna berdasarkan kapasitas tampungan mati (*dead storage*)

Perhitungan ini berdasarkan pada berapa waktu yang di butuhkan oleh sedimen untuk mengisi kapasitas tampungan mati. Dengan diketahui besarnya kapasitas laju sedimen yang mengendap, maka akan diketahui waktu yang dibutuhkan sedimen untuk mengisi pada daerah tampungan mati. Semakin bertambah umur maka semakin berkurang kapasitas tampungan matinya, yang kemudian akan mengganggu pelaksanaan operasional waduk. Sehingga hal ini merupakan acuan untuk memprediksikan kapan kapasitas tampungan mati tersebut akan penuh

b) Perkiraan usia guna berdasarkan besarnya distribusi sedimen yang mengendap di tampungan dengan menggunakan *the emprical area reduction method*.

Metode ini pertama kali diusulkan oleh Lane dan Koesler (1935), yang kemudian di kembangkan oleh Borland Miller (1958, dalam USBR,1973) dan Lara (1965, dalam USBR,1973). Dengan metode ini dapat diprediksi bagaimana sedimen terdistribusi didalam waduk pada masa-masa yang akan datang.

C. Sedimentasi

1. Pengertian Sedimentasi

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

Sifat-sifat sedimen adalah sangat penting di dalam mempelajari proses erosi, transport dan sedimentasi termasuk mekanisme fluidisasi sedimen. Sifat-sifat yang penting tersebut diklasifikasikan ke dalam 2 kelompok yaitu sifat butir sedimen secara individual dan sifat sedimen dalam gabungan. Untuk lebih memahami sifat-sifat sedimen kedua kelompok tersebut, di bawah ini diberikan uraian singkat beberapa sifat yang berkaitan dengan mekanisme fluidisasi.

2. Proses Sedimentasi

Proses sedimentasi yaitu proses terkumpulnya butir-butir tanah. Keadaan ini terjadi karena kecepatan aliran air yang mengangkut bahan sedimen untuk mencapai kecepatan pengendapan. Proses sedimentasi dapat terjadi baik pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, dasar waduk, muara, dan sebagainya.

Sedimentasi pada sungai dan waduk menyebabkan daya tampung sungai dan waduk akan menurun. Khusus untuk waduk dapat berakibat memperpendek umur

waduk. Pada muara sungai, proses pengendapan sedimen dapat membentuk suatu delta. Dengan tersumbatnya muara sungai dengan sedimentasi dapat menghambat kemampuan sungai membuang air banjir ke laut sehingga secara bersama-sama dapat mendatangkan bahaya banjir dan kerusakan-kerusakan lain yang diakibatkan. Dari proses terjadinya erosi tanah dan proses sedimentasi maka proses sedimentasi dapat dibedakan menjadi 2 (dua) bagian :

a) Proses sedimentasi secara geologi.

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

b) Proses Sedimentasi dipercepat.

Proses Sedimentasi dipercepat yaitu proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologi dan berlangsung dalam waktu yang cepat biasanya bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian ini biasanya disebabkan karena kegiatan manusia dalam mengolah tanah. Cara mengolah tanah yang salah dapat mengakibatkan erosi tanah yang sangat tinggi, sehingga sedimentasi juga meningkat.

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

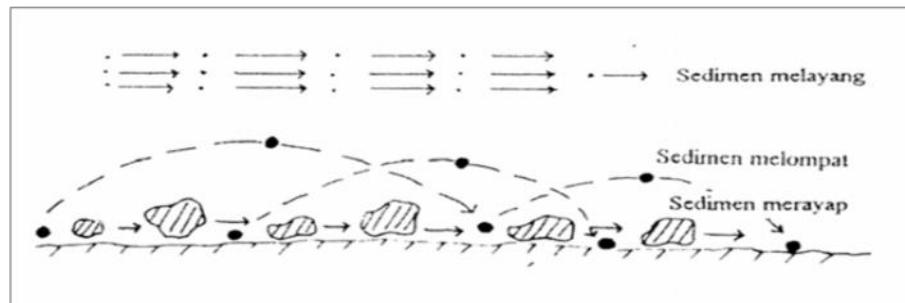
Tabel 1. Klasifikasi ukuran butir sedimen menurut Wentworth

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
	Halus	0,016 – 0,008
	Sangat Halus	0,008 – 0,004
Lempung	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) Fluidisasi untuk Rekayasa Pemeliharaan Alur

Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut (*wash load*). Pasir halus bergerak dengan cara melayang (*suspended load*), sedang partikel yang lebih besar antara lain, pasir kasar cenderung bergerak dengan cara melompat (*saltation load*). Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*) seperti tampak pada gambar 1.

Karena *bed load* senantiasa bergerak, maka permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (agradasi), tetapi kadang-kadang turun (degradasi) dan naik turunnya dasar sungai disebut alterasi dasar sungai (*river bed alteration*).



Gambar 1. Gaya sedimen melayang, melompat, merayap

D. Pengertian *flushing conduit*

Flushing conduit merupakan pengembangan dari metoda 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 flushing menuju ke bagian hilir pipa.

Disamping itu juga mengkaji tentang pengaturan tekanan di hulu (he0), ditengah (he1), dan di hilir pipa (he2) untuk melihat pembentukan alur dari besarnya volume yang tergelontor (V_g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan akibat penggunaan debit aliran yang di coba, waktu penggelontoran, dan tebal sedimen, maka semakin besar volume sedimen yang tergelontor. Namun semakin panjang sedimen yang digelontorkan, maka volume sedimen yang tergelontor menunjukkan kecenderungan menurun. Kinerja penggelontoran ini sangat baik karena tingkat pencapaian volume tergelontor pada penggunaan waktu penggelontoran 60 detik dengan panjang

sedimen 1m, dan tebal sedimen 40cm memperlihatkan pembentukan alur yang sempurna sepanjang sedimen yang digelontorkan.

1. Perbedaan Mekanisme kerja Fluidasi dengan *flushing Conduit*

Metode *flushing conduit* pada pemeliharaan alur adalah pengembangan metode fluidasi dengan dapat dilihat saling keterkaitan diperlihatkan pada tabel 2 perbedaan metode tersebut sebagai berikut:

Tabel 2. Perbedaan metode kerja fluidasi 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 dsalam pipa harus lebih besar daripada di luar pipa	Tekanan dalam pipa harus lebih rendah dari pada luar pipa

Sumber : Amrullah (2010) perbedaan metode kerja fluidasi dengan *flushing conduit*

2. Kinerja Bukaan Katup 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 tinggi tekanan mempengaruhi peningkatan jumlah volume sedimen yang tergelontor sehingga diperlukan pengaturan tekanan dengan cara memanfaatkan kinerja sudut putaran bukaan katup yang bertujuan untuk menstabilkan sistem kerja flushing conduit dalam penggelontoran sedimentasi. Dari hasil sistem kerja flushing conduit, maka akan di dapat hubungan antara bukaan katup (Bk°), tekanan (p) dan volume gelontor (vg) sedimen sehingga memudahkan dalam menentukan besar tekanan . Tekanan yang digunakan dalam sistem kerja *flushing conduit* ialah tekanan hidrostatik pada saluran tertutup (pipa) dan alat yang digunakan untuk mengukur tinggi tekanan dalam saluran tertutup (pipa) ialah Manometer.

E. Aliran dalam saluran tertutup

1. Karakteristik Aliran dalam pipa(conduit)

Aliran fluida di dalam pipa yang terbagi atas dua yaitu aliran laminar dan aliran turbulen (Munson B.R, dkk, 2003). Kedua sifat aliran dapat dibedakan dengan besarnya bilangan *Reynolds* (Re). Bilangan *Reynolds* ini adalah bilangan yang tak berdimensi dan sama dengan hasil kali kecepatan karakteristik dari sistem dibagi dengan kecepatan kinematic dari cairan dan secara matematik dapat ditulis sebagai berikut:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : Re = angka *Reynolds* (tak berdimensi)

D = diameter bagian dalam pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/dt)

μ = kekentalan kinematic dari zat cair (m^2/dt)

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 :

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

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana : Q = Debit aliran (m^3/dtk)

k = Koefisien

h = Tinggi air melewati pintu thomson (cm)

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

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar.

Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen.

a) Aliran Laminar

Aliran laminar adalah partikel air di dinding dianggap berhenti kemudian sebelahnya mendekati ketengah pipa perlu mengeluarkan energy untuk bisa bergeser dan mengalir karena adanya viskositas (Triatmadja R, 2008). Pada aliran laminar partikel air bergerak sejajar mengikuti lapisan tertentu sehingga tidak saling bertabrakan. Pada kecepatan atau lebih tepatnya harga angka *Reynolds* yang

tinggi aliran tidak lagi laminar. Untuk mengukur aliran laminar digunakan bilangan *Reynolds* kurang dari 2000.

Kehilangan energy pada aliran laminar ini terutama disebabkan oleh adanya kekentalan fluida dan tidak dipengaruhi oleh bidang batas atau kekentalan dinding. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan *Poisouille* sebagai berikut:

$$h_L = -f \frac{L.V^2}{D^2.g} \text{ dengan } f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana : f = koefisien gesek darcy – weisbach

V = kecepatan aliran (m/dt)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

G = percepatan gravitasi (m^2/dt)

b) Aliran Turbulen

Aliran turbulen kekasaran dinding dan gesekan dengan pipa lebih besar peranannya dibanding viskositas. Distribusi kecepatan pada penampang pipa tidak lagi mengikuti persamaan parabola. Aliran turbulen mempunyai bilangan *Reynolds* lebih dari 4000. Pada system *flushing conduit* ini tergolong aliran diantara keduanya. Karena menggunakan pipa halus, tetapi di dalam pipa terdapat sedimen pasir akibat pengaruh tekanan isap debit *slurry* sebagai kinerja *flushing conduit* yang akan menimbulkan kekasaran pada dasar pipa.

2. Mengukur Kecepatan aliran zat cair

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)

$$V = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(5)$$

$$= \sqrt{2gh \left(\frac{p_s - p}{\rho} \right)^{1/2}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana: p_s = Tekananstagnasi (kg/cm^2)

p = Tekananstatis (kg/cm^2)

h = Tinggi air pitot (cm)

g = Percepatangravitasi(m/s^2)

3. Konsep Kriteria Diameter

Konsep flushing conduit (pengurusan melalui pipa) adalah suatu system pemeliharaan alur dengan metode flushing yang menerapkan penggelontoran deposit sedimen ke daerah yang lebih dalam atau bagian hilir.

Pipa flushing conduit dilengkapi dengan sederetan lubang kecil atau disebut lubang isap yang berfungsi mengisap deposit sedimen kemudian menggelontorkan ke tempat yang lebih rendah. Parameter flushing adalah diameter pipa flushing (D), diameter (D_f), dan spasi lubang (a). konsep desain diameter dan lubang isap yang tepat untuk mendapatkan menghasilkan kinerja hidraulik yang baik, dan dapat memberikan kerja sama antara lubang.

a) Konsep Kriteria Desain Lubang Isap

Kinerja metode flushing untuk penggelontoran sedimen dipengaruhi salah satu adalah desain diameter lubang isap yang tepat. Sebagai bahan pertimbangan beberapa konsep kriteria sebagai berikut:

- 1) semakin besar diameter lubang isap (D_f) potensi masuknya deposit sedimen kedalam pipa lebih besar.
- 2) Sedimen masuk ke dalam pipa salah satu dipengaruhi oleh adanya fluktuasi tekanan hisap akibat pengejut debit atau variasi tekanan.
- 3) Semakin besar sedimen yang masuk kedalam pipa diperlukan tekanan aliran untuk menggelontorkan.
- 4) Diameter lubang isap (D_f) yang lebih besar akan berpengaruh terhadap pengurangan tekanan akibat kehilangan tinggi tekanan relatif tinggi.
- 5) Kombinasi ukuran D , D_f dan d_b , a harus menjamin daya isap tekanan flushing conduit yang lebih baik.
- 6) Rasio diameter lubang isap dan diameter pipa flushing (D/D_f) harus dapat menghasilkan kerjasama antar diameter lubang yang efektif dan efisien.
- 7) Ruang dalam pipa harus selalu bersih dari material sedimen dan kotoran.
- 8) Beberapa kehilangan tinggi tenaga yang terkait dengan bentuk tipe lubang isap harus diperhitungkan.

b) Masuknya sedimen ke dalam pipa

Penyebab utama masuknya sedimen kedalam pipa flushing conduit adalah sebagai berikut:

Sedimen masuk melalui lubang isap, yang disebabkan oleh::

1. Tipe lubang yang merupakan bukaan langsung pada dinding pipa flushing conduit memudahkan sedimen mengalami keruntuhan masuk kedalam pipa karena berat sendiri, tekanan hisap dan diameter lubang relatif besar.

2. Aliran arus balik masuk kedalam pipa melalui lubang isap saat tekanan dikejutkan dan terjadi fluktuasi tekanan. Proses ini terjadi apabila tekanan di dalam pipa lebih rendah dari pada di luar pipa.

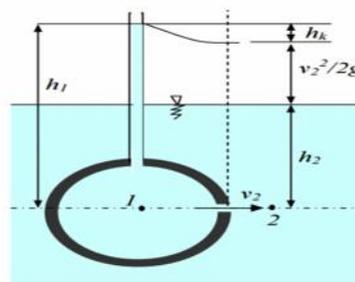
c) Pengaliran Melalui Lubang Perforasi

Teori yang menjelaskan lubang perforasi pada system fluidasi adalah pengaliran melalui lubang kecil terendam. Jika persamaan Bernoulli diaplikasikan pada system yaitu pada titik 1 dan 2 dalam Gambar 2 maka tenaga dan kehilangan energi pada lubang dapat ditentukan seperti diuraikan sebagai berikut :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_k \dots\dots\dots(7)$$

oleh karena $z_1 = z_2$; $P_1/\gamma = h_1$; $P_2/\gamma = h_2$ dan $v_1 = 0$; maka ;

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{v_2^2}{2g} + h_k \dots\dots\dots(8)$$



Gambar 2. pengaliran pada lubang perforasi(Muh. Arsyad Thaha, 2006)

Seperti diketahui, pada pengaliran melalui lubang akan terjadi kehilangan energy sebesar $hk = k.v_2^2/2g$. Dengan mengakomodasi kehilangan ini ke dalam Persamaan 7, v_2 ditulis sebagai kecepatan aliran melalui lubang atau kecepatan jet (v_c), maka selanjutnya persamaan tersebut dapat ditulis menjadi:

$$h = h_1 - h_2 = (1 + k) \frac{v_0^2}{2g} \dots\dots\dots(9)$$

dengan h_1 = tinggi tenaga di di dalam pipa; h_2 = tinggi tenaga di luar pipa; v_0 = kecepatan jet, g = percepatan gravitasi bumi dan k = koefisien kehilangan energy di lubang yang tergantung tipe lubangnya. Pada lubang dengan bukaan langsung pada pipa seperti tipe lubang yang terlihat pada Gambar 3.8 maka nilai $k = (1/C_v^2 - 1)$ dengan C_v = koefisien kecepatan.

Lubang perforasi dengan curat (*nozzle*) seperti diusulkan penulis dalam tugas penelitian pendahuluan (2002) dan telah diteliti oleh Darmawan (2002); Taufik (2003) dan Triyanto (2005) akan menderita kehilangan energi tambahan yaitu kehilangan oleh gesekan curat sebagai pipa kecil. Dengan demikian koefisien k dalam Persamaan (3) bernilai:

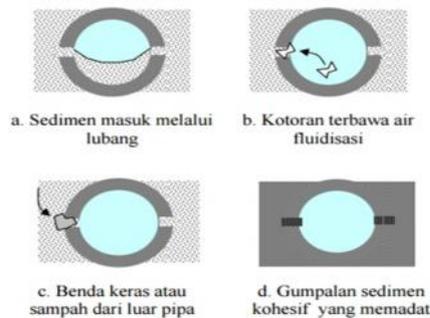
$$k = \left(\frac{L}{C_v^2} - 1 + f \frac{x}{D_f} \right) \dots \dots \dots (10)$$

dengan f = koefisien kekasaran curat lubang; x = panjang curat dan D_f = diameter lubang. Jika lubang dengan curat dilengkapi dengan suatu selaput proteksi untuk mencegah masuknya material sedimen ke dalam pipa maka kehilangan energy akibat selaput tersebut harus ditentukan dan diakomodasi ke dalam Persamaan (3).

d) Gangguan Penyumbatan Pipa dan Lubang Perforasi

Proyek fluidisasi di Anna Maria Florida dan di Oceanside California tidak memberikan informasi yang lebih terinci tentang penyebab dan mekanisme terjadinya penyumbatan pipa dan lubang perforasi. Demikian juga pada penelitian-penelitian terdahulu dimana penyumbatan yang sering terjadi tidak diteliti penyebabnya. Namun dari penjelasan beberapa peneliti diketahui bahwa ada 2 faktor yang diperkirakan menjadi penyebabnya yaitu masuknya pasir kedalam

pipa melalui lubang perforasi dan adanya kotoran kasar yang terbawa oleh air fluidisasi yang menyumbat lubang dari dalam pipa. Penyumbatan pipa terjadi apabila sejumlah sedimen masuk ke dalam pipa dan secara perlahan mengisi dasar pipa dan penumpukan terutama terjadi pada ujung pipa fluidisasi. Penyumbatan lubang perforasi bisa terjadi oleh beberapa kemungkinan di antaranya oleh benda keras berdiameter relatif besar atau sampah plastik yang terjepit oleh dinding lubang.



Gambar 3. skema macam penyebab tersumbatnya lubang (Muh. Arsyad Thaha, 2006)

Masuknya material ke dalam pipa fluidisasi dapat melalui lubang perforasi dan terbawa oleh air dari pompa yang digunakan untuk fluidisasi. Untuk kotoran dengan ukuran relatif kasar dapat diatasi dengan pemasangan saringan dari bahan geotextile pada intake pipa isap. Mekanisme masuknya sedimen ke dalam pipa melalui lubang perforasi dapat di permudah oleh beberapa hal di antaranya:

- 1) tipe lubang yang merupakan bukaan langsung pada dinding pipa fluidisasi memudahkan sedimen mengalami keruntuhan masuk ke dalam pipa karena berat sendiri saat sistem tidak beroperasi, apalagi bila diameter lubang relatif besar;

2) aliran air balik masuk ke dalam pipa melalui lubang perforasi saat sistem tidak beroperasi. Proses ini akan terjadi bila tekanan dalam pipa lebih rendah daripada di luar pipa. Pada daerah yang dipengaruhi pasang surut, kondisi di atas akan mudah terjadi selama air mengalami pasang, dimana kenaikan muka air dalam pipa oleh pengaruh pasang akan lebih lambat dibandingkan dengan kenaikan muka air di luar pipa.

Untuk dapat mencari solusi masalah *clogging* (penyumbatan), mekanisme terjadinya penyumbatan harus dipelajari dan dipahami terlebih dahulu. Perkiraan mekanisme terjadinya penyumbatan lubang bukaan langsung dapat dijelaskan seperti skema ilustrasi Gambar 4.

Dari keempat penyebab penyumbatan yang ada pada Gambar 4, maka penyebab *a* dan *b* yang paling dikhawatirkan oleh Weisman dan Lennon (1994) dan dialami oleh Niam (2002); Musriati dan Anjani (2003) dan Yulius (2003). Penyebab *c* meskipun belum pernah ditemukan terjadi tetapi tetap berpotensi terjadi jika ada aliran balik melalui lubang perforasi masuk ke dalam pipa yang mengisap sampah tersebut. Penyebab *d* terjadi bila pipa fluidisasi lama tidak dioperasikan dan sedimen memiliki sifat kohesif yang tinggi.

4. Kehilangan Energi Mayor Dalam Pipa (gesek)

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 :

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana : h_L = Kehilangan energi karena gesekan (m)

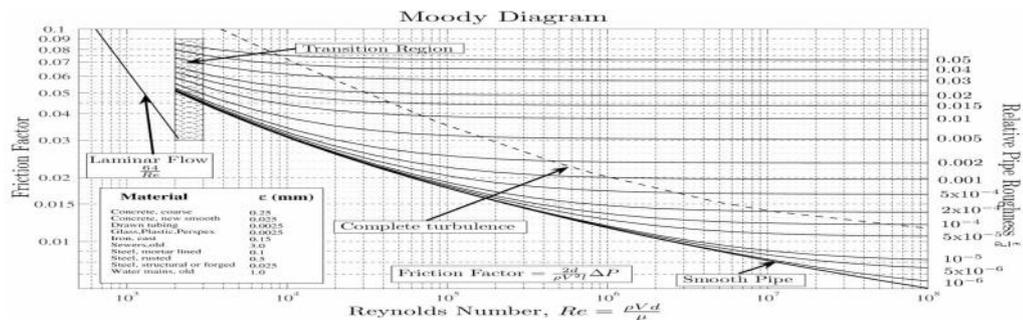
f = Koefisien gesekan Darcy-Weisbach (diperoleh dari grafik moody)

L = Panjang pipa (m)

D =Diamter pipa (cm)

v = Kecepatan aliran (m/dtk)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)



Gambar 4. Diagram Moody

Tabel 3. Nilai Kekasaran dinding untuk berbagai pipa komersial

Pipa Material	Equivalent Roughness, ϵ (ft)	Hazen - Williams Coefficient, C
Brass, copper, aluminium	3.3×10^{-6}	140
PVC, Plastic	5×10^{-6}	150
Cast Iron		
New	8.0×10^{-4}	130
Old	-	100
Galvanized Iron	5.0×10^{-4}	120
Asphalted Iron	4.0×10^{-4}	-
Wrought Iron	1.5×10^{-4}	-
Commercial and Welded Steel	1.5×10^{-4}	120
Riveted Steel	60.0×10^{-4}	110
Concrete	40.0×10^{-4}	130
Wood Stave	20.0×10^{-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 table 3.

5. Kehilangan Tenaga Sekunder dalam Pipa

Selain Kehilangan energy karena gesekan dengan dinding pipa, selama pengalirannya, air kehilangan energy 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 dibanding kandungan kehilangan energy akibat gesekan dengan pipa. Pada kondisilain, saat pipa sangat panjang, kehilangan energi minor atau sekunder mungkin menjadi tidak signifikan terhadap kehilangan energy utama .Kehilangan energi minor dalam bahasa matematika ditulis sebagai ; (klaas D., 2009).

$$h_m = k \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot A^2 \cdot g} \text{ atau } h_m = k_m \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (12)$$

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/dtk²)

6. Kehilangan Tinggi Tenaga pada Lapisan Sedimen

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 disekitar. 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 silinder sehingga d_b dan berdiameter d_c . Kehilangan tinggi tenaga oleh lapisan sedimen selanjutnya dapat ditentukan dengan meninjau keseimbangan gaya vertical antara gaya keatas ($\rho \cdot g \cdot h \cdot A$) dengan berat sedimen dalam air ($d_b(1 - \epsilon)A(\rho_s - \rho)g$). Kebutuhan tinggi tenaga akibat kehilangan tersebut dapat disimpulkan seperti berikut : (Thaha, 2006).

$$h_{bc} = d_b (1 - \epsilon) \frac{\rho_s}{\rho} \dots \dots \dots (13)$$

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

d_b = ketebalan sedimen (cm)

ρ = rapat massa air

ρ_s = rapat massa sedimen

ϵ = porositas sedimen

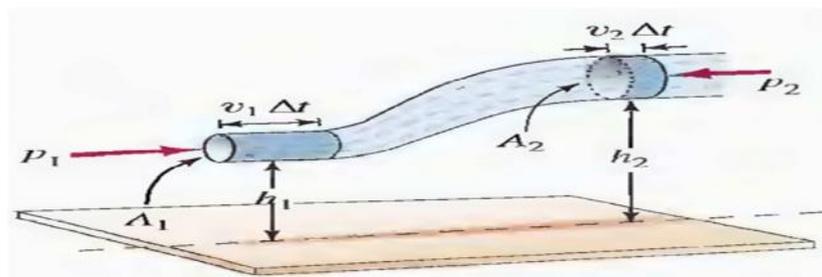
g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

F. Perhitungan tekanan untuk persamaan Hukum Bernoulli

Asas Bernoulli menyatakan bahwa “ Pada pipa yang mendatar (horizontal), tekanan fluida paling besar adalah pada bagian kelajuan alirnya

paling kecil, dan tekanan paling kecil adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling besar. Pernyataan ini dikemukakan pertama kali oleh *Daniel Bernoulli* (1700-1782), sehingga dikenal sebagai *asas Bernoulli*.

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa jumlah tekanan (p), energy kinetic persatuan volume ($1/2\rho v^2$), dan energy potensial per satuan volum (ρgh) memiliki nilai yang sama pada aliran fluida tersebut. Dapat dianalisis dan di amati pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 5. Hukum Bernoulli pada saluran tertutup (sumber : Qisthy.w, 2012)

Konsep dasar ini berlaku pada fluida termampatkan (*compressible flow*) seperti udara atau gas alam, juga pada fluida dengan aliran tak termampatkan (*incompressible flow*) seperti air, macam-macam minyak, campuran lemak dan larutan basa (elmusi). Hukum Bernoulli sebetulnya dapat dikatakan sebagai bentuk khusus dari konsep dalam mekanika fluida secara umum, yang dikenal dalam persamaan Bernoulli. Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida yang tertutup, banyaknya energi suatu fluida di suatu titik sama dengan banyaknya energi di titik lain.

Adapun berkaitan dengan hukum Bernoulli, suatu fluida dikatakan mempunyai peningkatan kecepatan, jika fluida tersebut mengalir dari suatu bagian dengan tekanan tinggi menuju bagian lainnya yang bertekanan rendah.

Sedangkan suatu fluida dikatakan mempunyai penurunan kecepatan, jika fluida tersebut mengalir dari suatu bagian bertekanan rendah, menuju bagian lain bertekanan tinggi

Persamaan Bernoulli adalah sebuah hubungan fundamental di dalam mekanika fluida. Seperti semua persamaan di dalam mekanika fluida, maka persamaan Bernoulli tersebut bukanlah sebuah prinsip yang baru tetapi dapat diturunkan dari hukum-hukum dasar mekanika Newton.

Asumsi persamaan Bernoulli :

- 1) Kecepatan partikel fluida di setiap penampang adalah sama
- 2) Tidak ada gaya-gaya luar yang bekerja pada fluida selain gaya berat
- 3) Tidak terjadi kehilangan energi

Persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 \dots \dots \dots (14)$$

Dimana : P = Tekanan fluida (ρa)

v = Kecepatan aliran fluida(m/s)

P_1 = Tekanan pada ujung 1 (ρa)

P_2 = Tekanan pada ujung 2 (ρa)

v_1 = Kecepatan fluida pada ujung 1(m/s)

v_2 = Kecepatan fluida pada ujung 2(m/s)

h_1 = Tinggi ujung 1 (m)

h_2 = Tinggi ujung 2 (m)

a). Tekanan dinyatakan dalam zat cair

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

$$P = \gamma \cdot h + \rho a \dots \dots \dots (15)$$

$$P = \rho \cdot h \dots \dots \dots (16)$$

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$h = \frac{P}{\gamma} \text{ atau } h = \frac{P}{\rho \cdot g} \dots \dots \dots (17)$$

dimana ; P = Tekanan zat cair (kg/m^2)

h = Tinggi tekanan (m)

γ = Berat jenis air (kg/m^3)

ρ = Rapat massa (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/dt^2)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada bulan Mei 2017 sampai Agustus 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.

2. Sumber Data

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

- a) Data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari hasil 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 dilakukan

ditempat lain yang berkaitan dengan penelitian tentang pengglontoran sedimen *flushing conduit*

C. Alat dan Bahan

Adapun Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

- a) Pitot adalah alat untuk mengukur kecepatan aliran dalam pipa
- b) Manometer adalah alat untuk mengukur tinggi tekanan dalam pipa fluidisasi
- c) Pipa PVC sebagai penghantar sedimen yang diuji
- d) Linggis, cangkul dan sekop digunakan dalam proses penggalian tanah model saluran
- e) Stopwatch untuk mengukur waktu yang digunakan pada pengukuran debit aliran
- f) Flow watch untuk mengukur kecepatan aliran
- g) Pipa isap
- h) Benang dan tali untuk pemandu dalam pembuatan model saluran serta pembagian titik pengamatan
- i) Pompa air 2 berfungsi sebagai pemompa air dari bak penampungan bagian hilir ke bak penampungan bagian hulu
- j) Mistar dan Rol meter untuk mengukur ketinggian sedimen dan panjang pipa yang digunakan dalam penelitian
- k) Peralatan bengkel seperti mesin pemotong, gerinda, hammer

- l) Kertas A4 dan alat tulis untuk mencatat pengambilan data awal pada saat uji model
- m) Kamera digital berfungsi mengambil dokumentasi penelitian

2. Bahan

- a) Bak air untuk suplay, bak sirkulasi, dan bak disertai saringan untuk sedimen
- b) Sedimen yang akan digunakan seperti (pasir sungai) sebagai model percobaan dilapangan
- c) Air yang berfungsi untuk mengamati jenis aliran dalam pipa.

D. Variabel yang diteliti

Pada penelitian ini akan menggunakan dua Variabel, yaitu :

1. Variabel bebas yaitu variabel penyebab (*Independent Variables*)
 - a) Diameter lubang (d)
 - b) Ketebalan sedimen (db)
 - c) Waktu (t)
 - d) Debit (Q)
 - e) Panjang pipa (L)
 - f) Spasi lubang (α)
2. Variabel terikat atau Variabel tergantung (*Dependent Variables*)
 - a) Kecepatan aliran (v)
 - b) Suhu (T)
 - c) Volume gelontor (Vg)

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 (Vg) dapat di catat sesuai waktu (t) yang ditetapkan selama percobaan dilaksanakan.

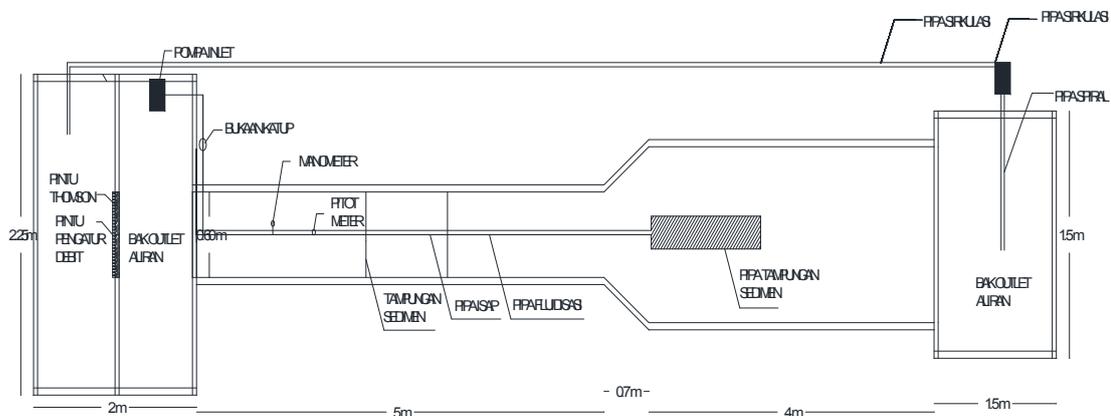
4). Format pengambilan data

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 diperoleh dari penelitian tersebut. Format penelitian data bertujuan untuk memudahkan dalam mengambil dan mengolah data-data yang diperlukan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar. Format pengambilan data untuk penelitian pengaruh debit penghisapan (Q) *flushing conduit* terhadap penggelontoran sedimen dibagi menjadi 3 tabel sesuai dengan perlakuan pada setiap debit air (Q_1, Q_2, Q_3).

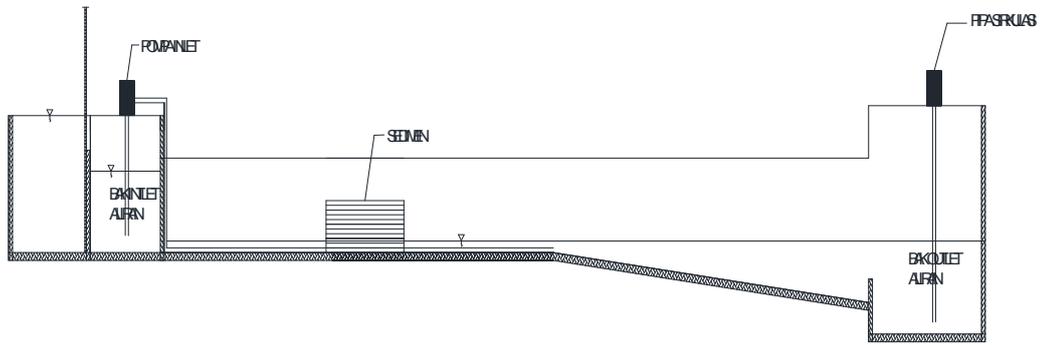
2. Prosedur penelitian

Langkah-langkah dalam melaksanakan percobaan pada penelitian ini adalah :

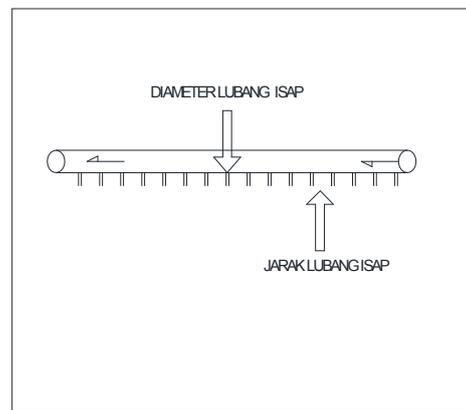
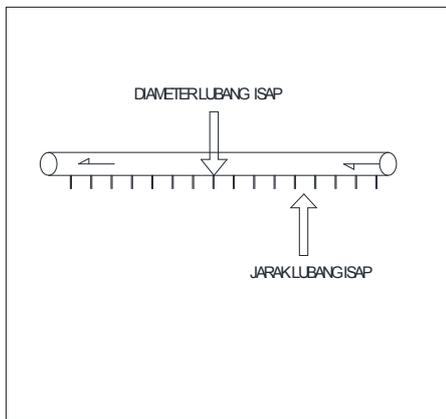
- 1) Perancangan model (denah) untuk penelitian dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui konsep penelitian (*flushing conduit*) yang lebih jelas sehingga dalam pengujiannya dapat dilakukan.



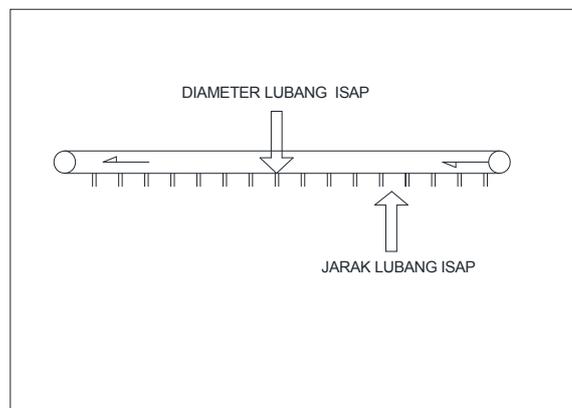
Gambar 6. Rancangan model *flushing conduit* (denah)



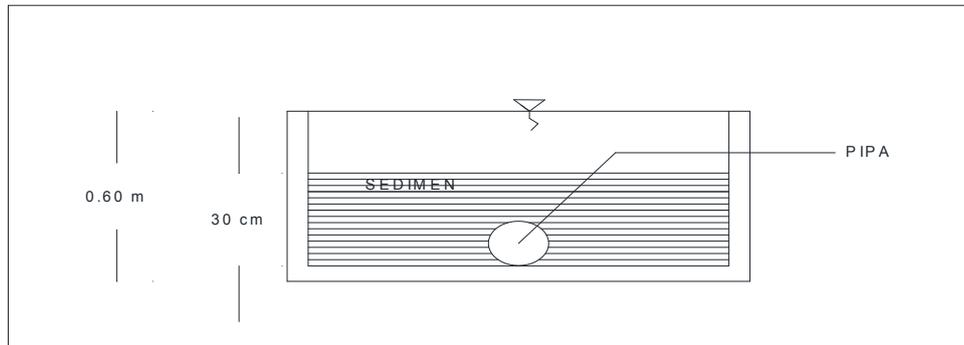
Gambar 7. Potongan memanjang



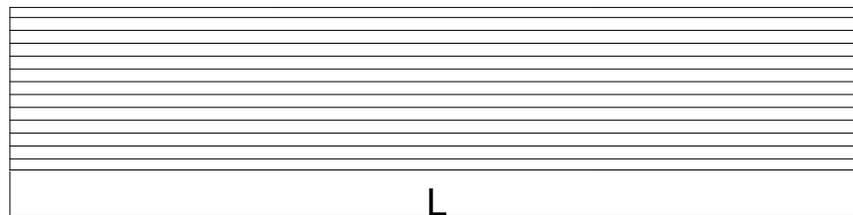
Gambar 8. Detail Pipa Isap Diameter 8 **Gambar 9.** Detail Pipa Isap Diameter 10



Gambar 10. Detail Pipa Isap Diameter 12



Gambar 11. Potongan Melintang *Flushing Conduit*



Gambar 12. Detail Rancangan tebal lapisan sedimen

- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.

- 5) Merangkai alat dan bahan yang sudah tersedia kemudian percobaan siap dilakukan
- 6) Menjalankan pompa untuk melaksanakan running kosong dengan mengalirkan air tanpa pemberian sedimen untuk menentukan debit yang digunakan
- 7) 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.
- 8) 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°). Setelah variasi dan pembacaan tekanan selesai, selanjutnya mengukur banyaknya volume sedimen (V_g) yang tergelontor
- 9) Prosedur ini dilakukan dengan beberapa kali percobaan dengan debit (Q) penghisap yang telah ditentukan.

F. Teknik Analisis data

Dari data laboratorium kemudian diolah sebagai bahan analisa hasil kajian sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang diolah adalah data

yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisa data penelitian, antara lain:

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 mengetahui tipe aliran digunakan persamaan (1), yaitu :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

3. Untuk menghitung besar debit (Q) teoritis digunakan persamaan (2), yaitu:

$$Q = A \times V$$

4. Untuk menghitung kecepatan aliran (V) digunakan persamaan (3), yaitu:

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

5. Untuk menghitung kecepatan aliran pada tabung pitot digunakan persamaan (5), yaitu :

$$V = \sqrt{2gh}$$

6. Untuk menghitung Kehilangan energi akibat gesekan dalam pipa digunakan persamaan (11), yaitu :

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

7. Untuk menghitung kehilangan tinggi tekanan pada lubang isap digunakan persamaan (12), yaitu :

$$h_{rr} = k_{rr} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

8. Untuk menghitung kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen digunakan persamaan (13), yaitu :

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

9. Untuk menghitung tekanan dalam zat cair digunakan persamaan (17), yaitu :

$$h_e = \frac{P}{\rho g}$$

10. Untuk menghitung perubahan tinggi tekanan digunakan persamaan :

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

11. Untuk menghitung radius pada diameter lubang

$$r = \frac{1}{2} \times d$$

G. Pelaksanaan Simulasi

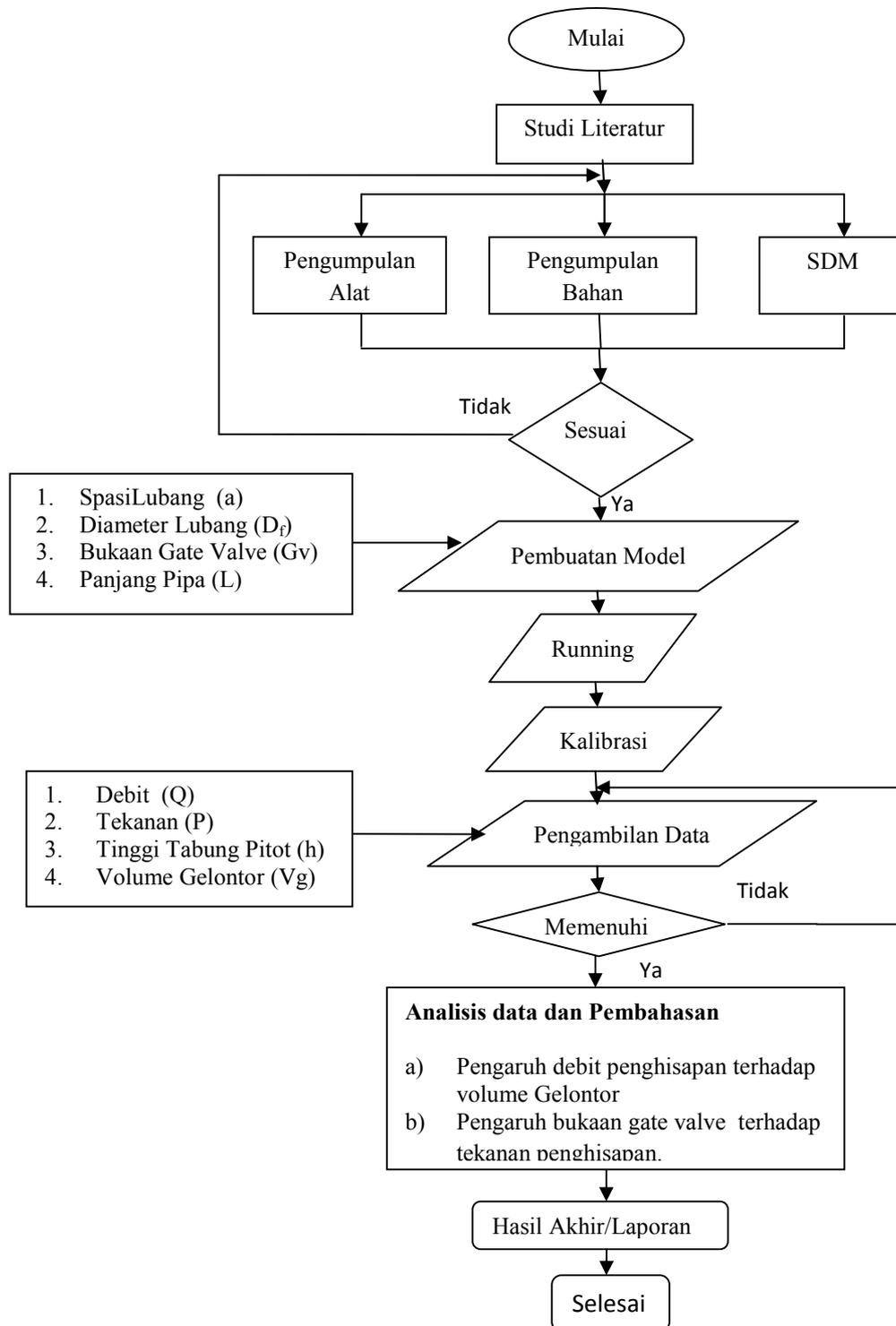
Pelaksanaan pengujian model, langkah-langkah pengujian adalah :

- 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 ($d_b = 30 \text{ cm}$)
- 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 ($d_b = 30 \text{ cm}$). 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 cm³. 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



Gambar 13. Flow chart penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Pada bagian ini disajikan Uraian hasil penelitian dan kinerja diameter lubang *flushing conduit* . Adapun sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir sungai. Deskripsi data dari hasil penelitian ini adalah mengetahui pengaruh diameter lubang *flushing conduit* dengan variasi waktu 5, 10 dan 15 dalam penggelontoran sedimen.

Adapun hasil penelitian yang ingin diperoleh adalah mengetahui volume gelontor, kecepatan aliran dan tekanan. Sebelum pengambilan data menggunakan sedimen pasir, langkah pertama yang dilakukan untuk pengambilan data adalah running awal untuk menentukan debit rencana. Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran secara umum mengenai hubungan antara variasi diameter lubang terhadap volume gelontor, kecepatan aliran dan tekanan.

Evaluasi hasil uji laboratorium yang dilakukan, untuk mengetahui jumlah sedimen yang tergelontor terhadap variasi diameter lubang (8mm, 10mm,12mm), tujuan dilakukan running awal (running pendahuluan) adalah untuk mendapatkan data yang ideal dengan maksud agar data yang diperoleh nantinya bisa semaksimal mungkin. Selanjutnya data debit running awal yang diperoleh akan

digunakan pada penelitian pengaruh diameter lubang pada *Flushing Conduit* terhadap volume gelontor.

B. Analisis Data

a) Analisis Data

1) Contoh perhitungan besar debit teoritis

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0.0019625 \times 1.5963 \\ &= 0.0031 \text{ m}^3 / \text{dtk} \end{aligned}$$

2) Contoh perhitungan kecepatan aliran teoritis

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0.0031}{0.0019625} \\ &= 1.5287 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

3) Contoh perhitungan bilangan reynold

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times d}{\mu} \\ &= \frac{1.5963 \times 0.05}{0.000010824} \\ &= 96861.094 \end{aligned}$$

4) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tekanan akibat gesek dalam pipa

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

$$= 0.013 \frac{1}{0.05} \cdot \frac{2.548081}{19.62}$$

$$= 0.0338 \text{ m}$$

5) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tekanan pada lubang isap

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

$$= 0.32 x \frac{2.548081}{19.62}$$

$$= 0.0416 \text{ m}$$

6) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen

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

$$= 30 x (0.73) x \frac{1332}{995.95}$$

$$= 40.284 \text{ cm}$$

7) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tenaga total

$$H_t = H_l + H_r + H_b$$

$$= 3.38 + 4.16 + 40.28395$$

$$= 47.8165 \text{ cm}$$

8) Contoh perhitungan perubahan tinggi tekanan

$$h - h_0 = H_e - H_t$$

$$= 51.20432 - 47.8165$$

$$= 3.3883 \text{ cm}$$

C. Pembahasan Menganalisis/Membaca Grafik

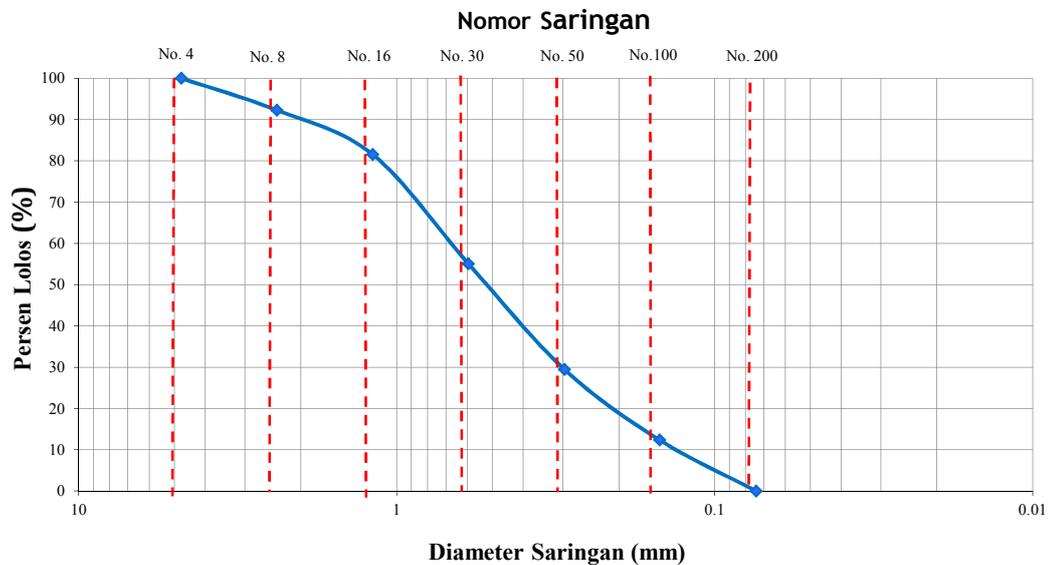
1. Karakteristik Sedimen

Karakteristik material sedimen digunakan dalam penelitian ini adalah butiran pasir seragam dengan hasil pemeriksaan ukuran butir dengan uji saringan dan gradasi ukuran butiran yang disajikan pada tabel dan gambar 7 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 14. Gradasi ukuran butiran sedimen (sampel)

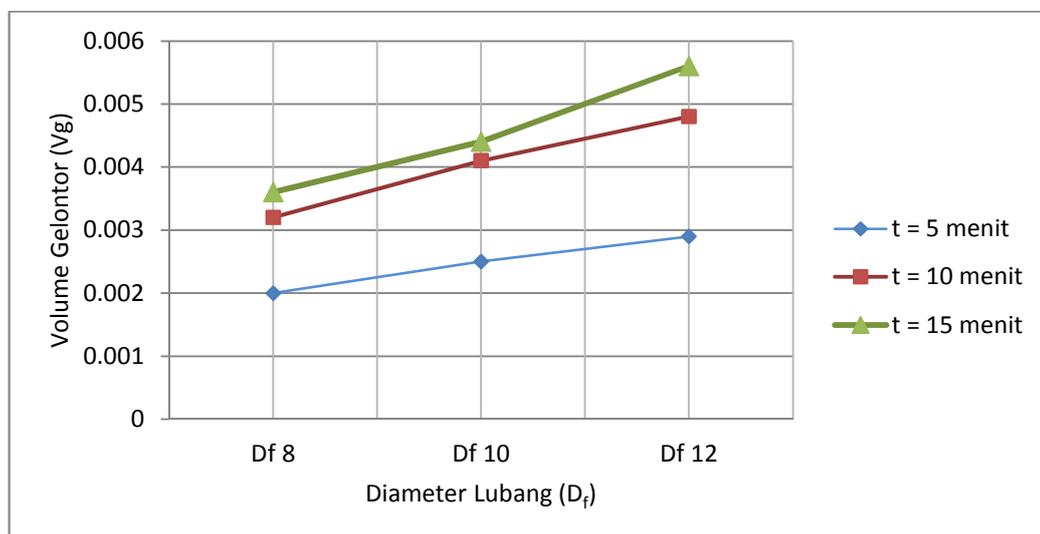
Pada gambar 14 di atas diperoleh gradasi ukuran butiran sedimen yang telah disaring pada berbagai no saringan. Pada no saringan 100 menunjukkan persen tertahan lebih besar dari yang lain, yaitu 87,647% sedangkan persen lolosnya 12,353% dengan diameter butiran sedimen 0,149 mm. Sehingga dapat disimpulkan 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. Pengaruh Diameter Lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g)

Berdasarkan hasil uraian data – data yang telah di peroleh dari hasil pengujian *flushing conduit* , maka dibuat kajian hubungan antara diameter lubang isap (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) pada berbagai nilai debit (Q) dan ketebalan sedimen (db) pada variasi waktu (T) seperti pada gambar 9 sampai 11 dibawah ini.

Tabel 5. Pengaruh Diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g).

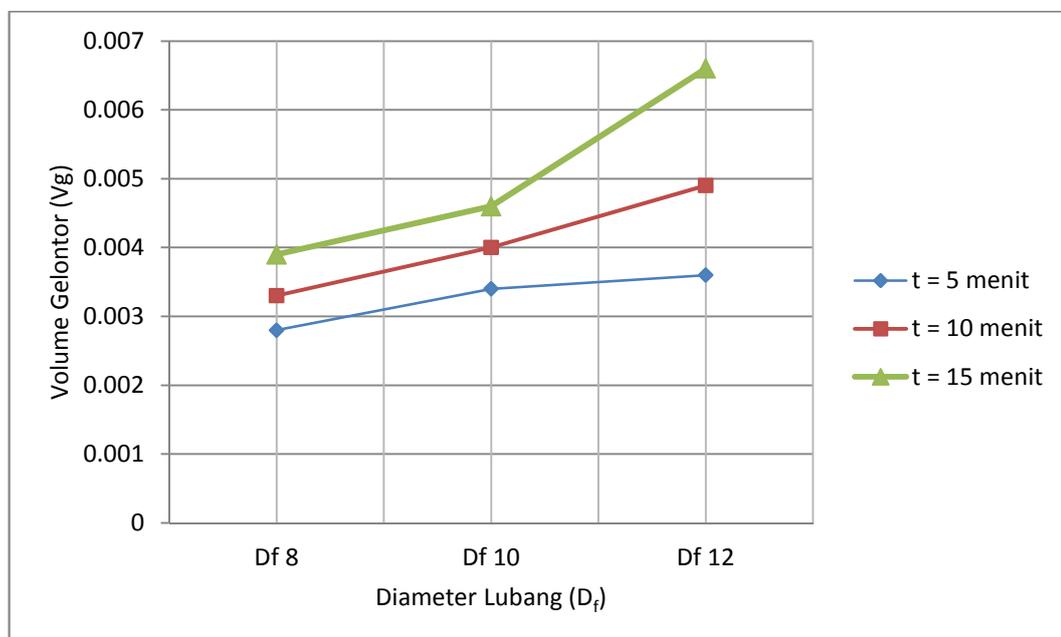
No.	Diameter Lubang (D_f)		Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor (V_g) (m^3)
1	D_f	8	5	0,0020
2			10	0,0032
3			15	0,0036
4	D_f	10	5	0,0025
5			10	0,0041
6			15	0,0044
7	D_f	12	5	0,0029
8			10	0,0048
9			15	0,0056

**Gambar 15.** Grafik pengaruh Diameter Lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) dengan berbagai nilai debit (Q_1)

Gambar 15 menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang isap (D_f) maka volume penggelontoran (V_g) semakin besar. Hal ini diperkirakan, dipengaruhi oleh fluktuasi tekanan relatif cukup besar untuk dapat mengusik dan mengisap endapan sedimen ke dalam pipa, mekanisme kerja flushing conduit pada diameter lubang (D_f) = 8mm, 10mm, 12mm relative bagus dan menunjukkan volume yang tergelontor cenderung meningkat.

Tabel 6. Pengaruh Diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g)

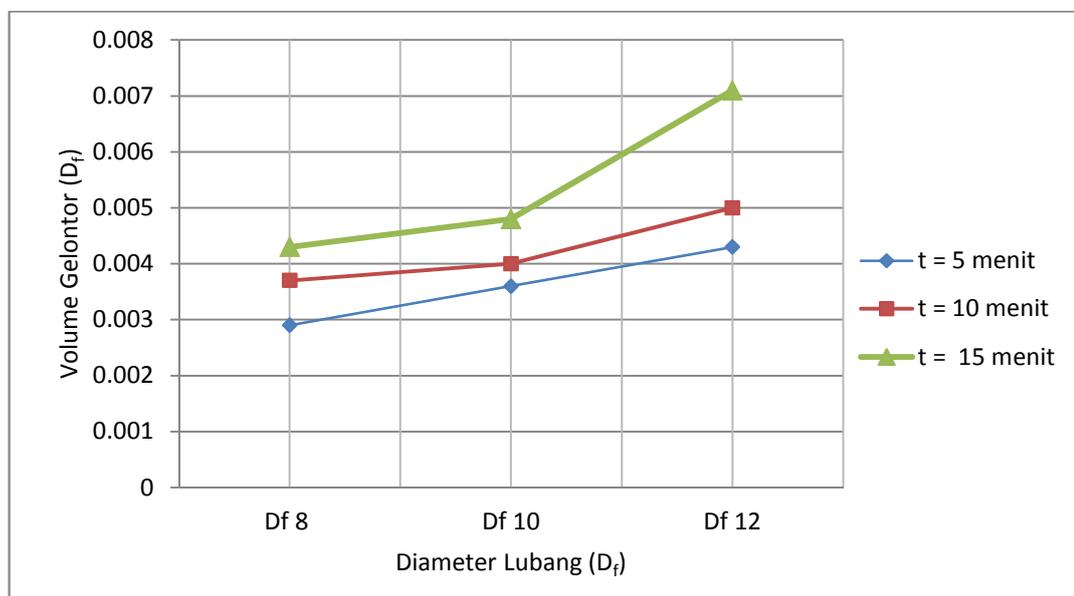
No.	Diameter Lubang (D_f)		Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor (V_g) (m^3)
1	D_f	8	5	0,0028
2			10	0,0033
3			15	0,0039
4	D_f	10	5	0,0034
5			10	0,0040
6			15	0,0046
7	D_f	12	5	0,0036
8			10	0,0049
9			15	0,0066

**Gambar 16.** Grafik Pengaruh Diameter Lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) dengan berbagai nilai debit (Q_2)

Gambar 16 menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang isap (D_f) maka volume penggelontoran (V_g) semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh besar diameter lubang dan kecepatan aliran yang terjadi dalam pipa *flushing conduit*, terlihat pada volume penggelontoran (V_g) semakin besar/cenderung meningkat.

Tabel 7. Pengaruh Diameter lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g)

No.	Diameter Lubang (D_f)		Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor (V_g) (m^3)
1	D_f	8	5	0,0029
2			10	0,0037
3			15	0,0043
4	D_f	10	5	0,0036
5			10	0,0040
6			15	0,0048
7	D_f	12	5	0,0043
8			10	0,0050
9			15	0,0071

**Gambar 17.** Grafik pengaruh Diameter Lubang (D_f) terhadap volume gelontor (V_g) dengan berbagai nilai debit (Q_3)

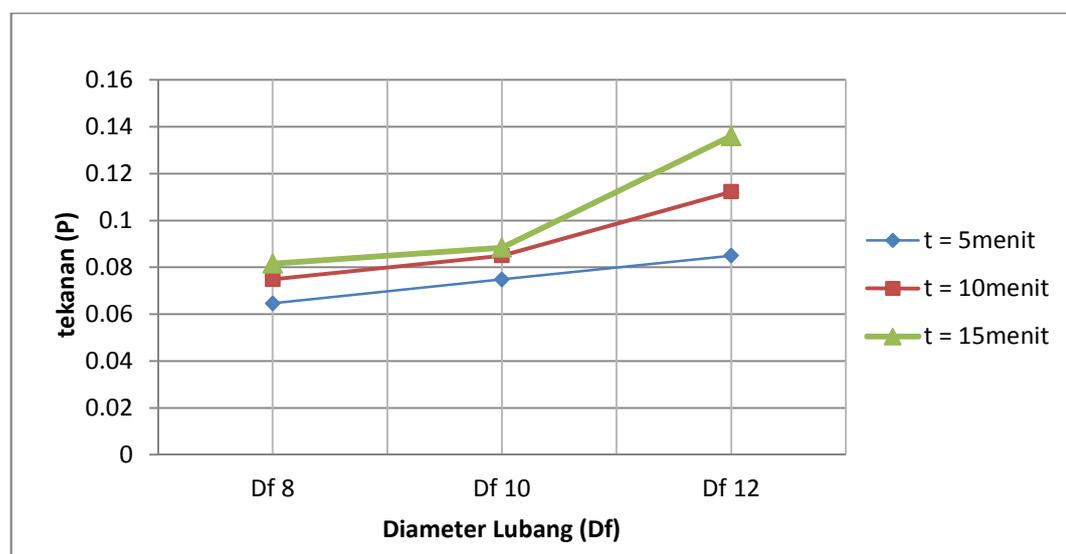
Gambar 17 menunjukkan diameter lubang isap (D_f) dapat mempengaruhi jumlah sedimen yang tergelontor (V_g) yang cukup signifikan. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan semakin besar diameter lubang maka volume tergelontor semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh besar tekanan penghisapan (P) dan kecepatan aliran (V) yang terjadi dalam pipa *flushing*.

3. Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P)

Berdasarkan hasil uraian maka dibuat kajian hubungan pengaruh diameter lubang isap (D_f) dengan tekanan (P) pada volume gelontor (V_g) yang menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang isap (D_f) maka volume gelontor semakin besar. Hal ini diperkirakan dipengaruhi oleh tinggi tekanan yang cukup signifikan, seperti pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 8. Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P)

No.	Diameter Lubang (D_f)		Waktu (t) (menit)	Tekanan (P) (kg/cm^2)
1	D_f	8	5	0,0646
2			10	0.0748
3			15	0.0816
4	D_f	10	5	0.0748
5			10	0.085
6			15	0.0884
7	D_f	12	5	0.085
8			10	0.1122
9			15	0.136



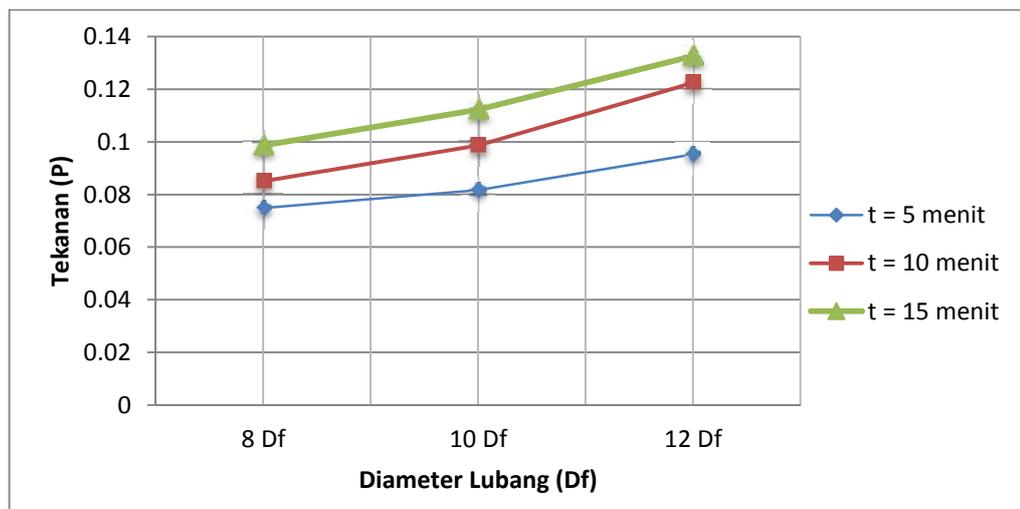
Gambar 18. Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P) untuk debit (Q_1)

Gambar 18 menunjukkan bahwa diameter lubang isap (D_f) dapat mempengaruhi tekanan (P) yang terjadi pada penggelontoran sedimen. Dimana

pada percobaan yang dilakukan volume gelontor naik drastic pada diameter lubang 8,10,12 mm. Hal ini diperkirakan dipengaruhi oleh tinggi tekanan (P) yang cukup signifikan.

Tabel 9. Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P).

No.	Diameter Lubang (D_f)		Waktu (t) (menit)	Tekanan (P) (kg/cm^2)
1	D_f	8	5	0,0748
2			10	0.085
3			15	0.0986
4	D_f	10	5	0.0816
5			10	0.0986
6			15	0.1122
7	D_f	12	5	0.0952
8			10	0.1224
9			15	0.1326

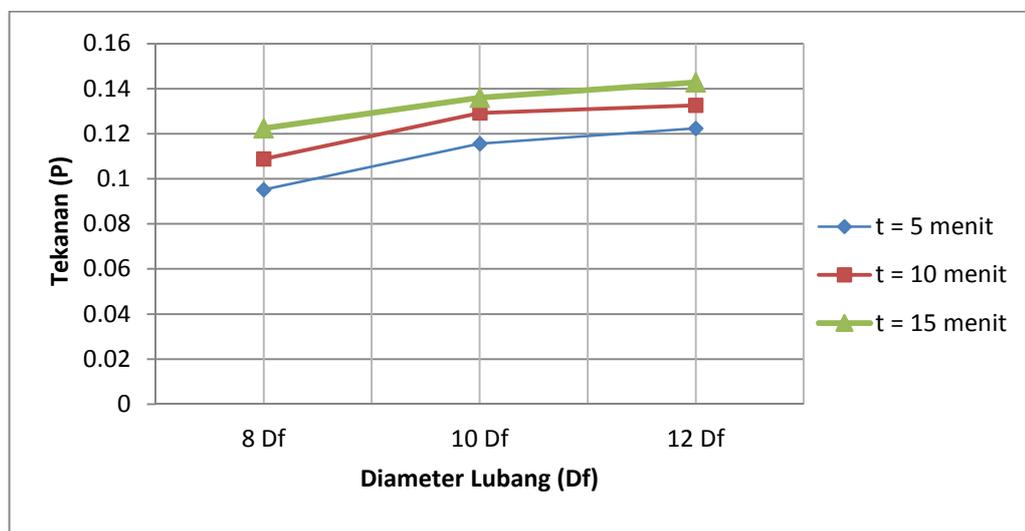


Gambar 19. Grafik Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P) untuk debit (Q_2)

Gambar 19. Menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang (D_f) maka semakin besar tekanan (P) yang terjadi dalam pipa *flushing*. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan besar tekanan yang terjadi pada waktu yang lama dengan diameter lubang yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu dapat mempengaruhi kestabilan tekanan yang ada dalam pipa *flushing*.

Tabel 10. Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P).

No.	Diameter Lubang (D_f)		Waktu (t) (menit)	Tekanan (P) (kg/cm^2)
1	D_f	8	5	0.0952
2			10	0.1088
3			15	0.1224
4	D_f	10	5	0.1156
5			10	0.1292
6			15	0.136
7	D_f	12	5	0.1224
8			10	0.1326
9			15	0.1428

**Gambar 20.** Grafik Pengaruh Diameter Lubang (D_f) Terhadap Tekanan (P) untuk debit (Q_3)

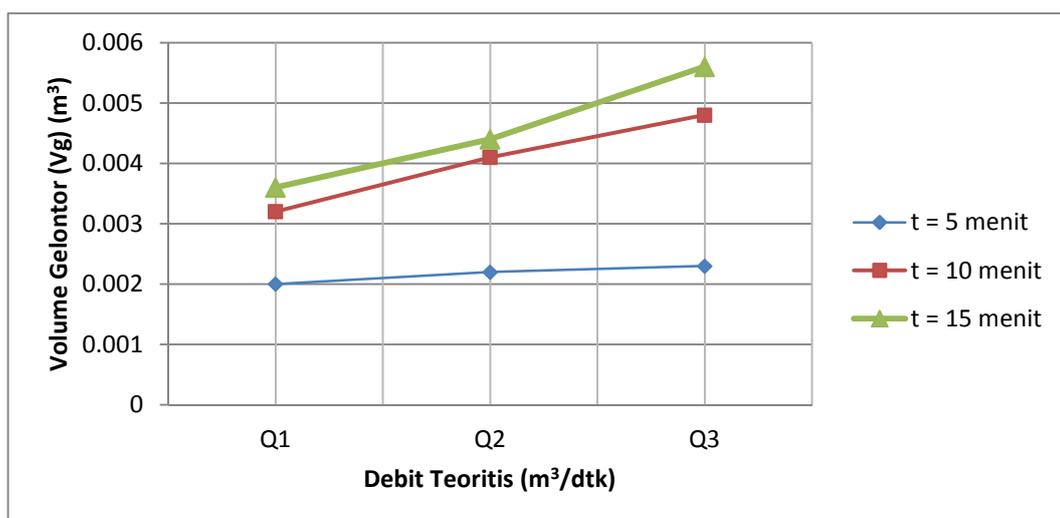
Dari gambar 18,19,dan 20 diatas menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang (D_f) yang mempengaruhi jumlah sedimen yang tergelontor dimana pada gambar diatas menyajikan bahwa tekanan yang terjadi naik signifikan dari Q_1 sampai Q_3 dengan parameter – parameter yang sama. Dimana pada percobaan yang dilakukan volume gelontor naik drastis pada diameter lubang 8mm sampai diameter lubang 12mm, hal ini diperkirakan dipengaruhi oleh tinggi tekanan yang cukup signifikan.

4. Pengaruh Debit Teoritis (q) Terhadap Penggelontoran Sedimen (Vg)

Berdasarkan hasil uraian data-data yang telah di peroleh dari hasil pengujian *flushing conduit*, maka dibuat kajian pangaruh debit teoritis (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)= 8 mm, 10 mm, 12mm , jarak lubang (a) = 6 cm pada variasi waktu (t) masing-masing 5, 10 dan 15 menit dapat dilihat pada gambar 14, 15 dan 16 berikut ini.

Tabel 11. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontoran (Vg) pada $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No.	Debit Teoritis (Q) (m^3/dtk)		Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor (Vg) (m^3)
1	Q_1	0,0033	5	0,0020
2			10	0,0032
3			15	0,0036
4	Q_2	0,0038	5	0,0022
5			10	0,0041
6			15	0,0044
7	Q_3	0,0045	5	0,0023
8			10	0,0048
9			15	0,0056

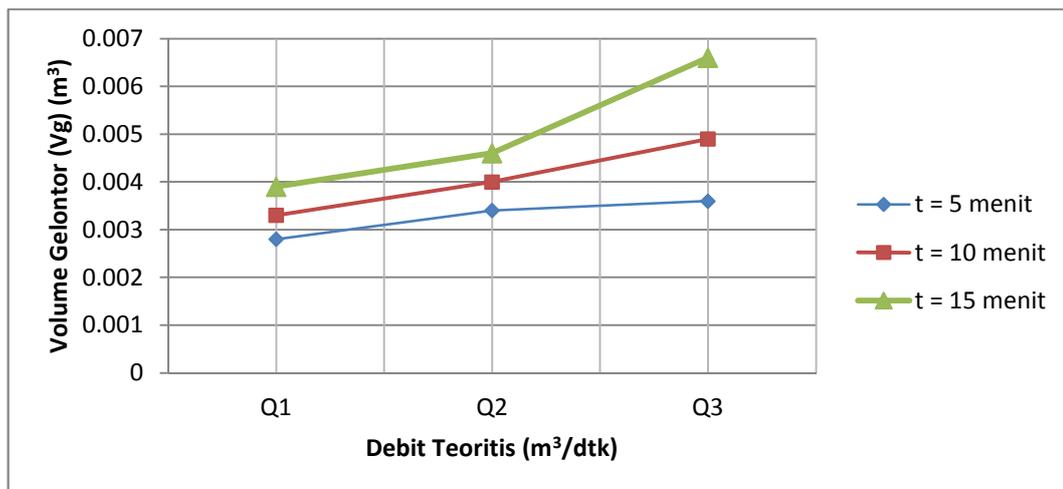


Gambar 21. Pengaruh debit teoritis(q) terhadap volume gelontoran (Vg) sedimen pada Q_1

Gambar 21 menunjukkan bahwa semakin besar debit teoritis (q) dalam pipa *flushing*, 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 pipa *flushing*. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan perbandingan waktu terhadap besar volume gelontoran (V_g) dengan debit teoritis (q) yang sama. Dimana semakin lama waktu penggelontoran, maka semakin besar volume gelontoran yang diperoleh.

Tabel 12. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontoran (V_g) sedimen pada $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No.	Debit Teoritis (Q) (m^3/dtk)		Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor (V_g) (m^3)
1	Q_1	0,0036	5	0,0028
2			10	0,0033
3			15	0,0039
4	Q_2	0,0049	5	0,0034
5			10	0,0040
6			15	0,0046
7	Q_3	0,0052	5	0,0036
8			10	0,0049
9			15	0,0066

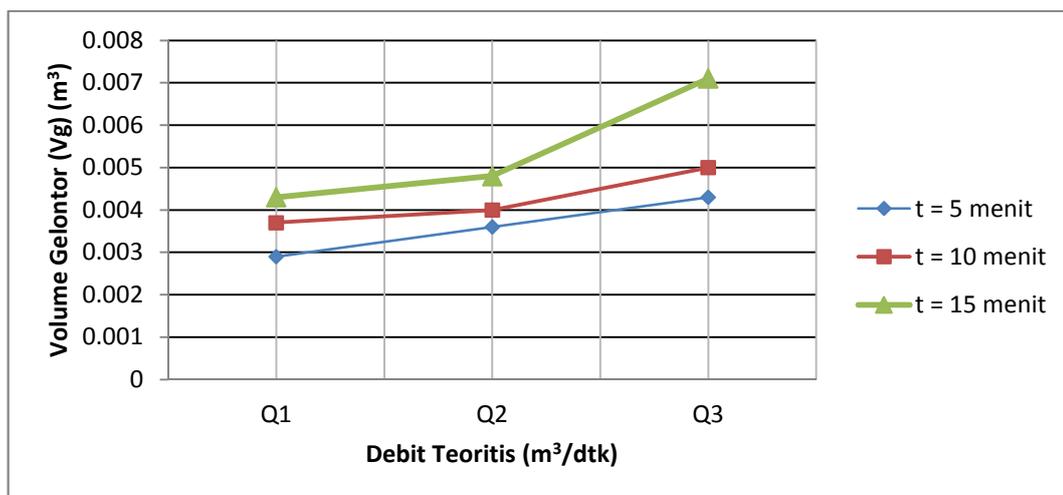


Gambar 22. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontoran (V_g) pada Q_2

Gambar 22 menunjukkan bahwa semakin besar debit teoritis (q) dalam pipa *flushing*, 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 pipa *flushing*. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan perbandingan waktu terhadap besar volume gelontoran (V_g) dengan debit teoritis (q) yang sama. Dimana semakin lama waktu penggelontoran, maka semakin besar volume gelontoran yang diperoleh.

Tabel 13. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontoran (V_g) sedimen pada $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No.	Debit Teoritis (Q) (m^3/dtk)		Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor (V_g) (m^3)
1	Q ₁	0,0042	5	0,0029
2			10	0,0037
3			15	0,0043
4	Q ₂	0,0049	5	0,0036
5			10	0,0040
6			15	0,0048
7	Q ₃	0,0056	5	0,0043
8			10	0,0050
9			15	0,0071



Gambar 23. Pengaruh debit teoritis (q) terhadap volume gelontoran (V_g) pada Q₃

Gambar 23 menunjukkan bahwa semakin besar debit teoritis(q) dalam pipa *flushing*, maka semakin besar volume gelontoran (V_g) sedimen yang terjadi pada nilai debit ($Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dk}$). Hal ini dipengaruhi oleh besar tekanan dan kecepatan aliran yang terjadi dalam pipa *flushing*. . Besar debit penghisapan (q) diperoleh dari berapa besar sudut bukaan gate valve yang digunakan, yaitu (8 mm), (10 mm), (12 mm). Pada gambar tersebut juga memperlihatkan perbandingan waktu terhadap besar volume golontor (V_g) dengan debit teoritis (q) yang sama. Dimana semakin lama waktu penggelontoran ,maka semakin besar volume gelontor yang diperoleh.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

- 1) Jumlah volume gelontor dipengaruhi oleh diameter lubang, dimana diameter lubang (D_f) 8mm jumlah volume gelontor (V_g) ($0,0029 \text{ m}^3$), sedangkan pada diameter lubang (D_f) 10mm jumlah volume gelontor (V_g) ($0,0037 \text{ m}^3$), dan pada diameter lubang (D_f) 12mm jumlah volume gelontor (V_g) ($0,0043 \text{ m}^3$).
- 2) Mekanisme kerja *flushing conduit* terbagi atas tiga tahapan yaitu memberikan tekanan sehingga terjadi fluidasi, proses penghisapan endapan sedimen masuk kedalam pipa akibat fluktuasi debit dan tekanan, serta transportasi sedimen dalam pipa dengan pengaliran debit secukupnya.

B. Saran

- 1) Penelitian tentang penggelontoran sedimen dengan system *flushing conduit* perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan variasi diameter lubang untuk membandingkan data yang telah didapatkan sebelumnya.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya diameter lubang (D_f) perlu ditambah yang lebih besar untuk memperoleh data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak & Chay, (2002), *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Amrullah (2010). *Studi Kinerja Flushing Conduit Sebagai Alat Penguras Endapan Sedimen Muara Dengan Experimen Laboratorium*. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar
- Andi Bustan Didi (2014). *Kajian Sistem Pengaturan Tekanan Dalam Pipa Pada Metode Flushing Conduit Untuk Pemeliharaan Alur*. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar
- Chien, N., Wan, Z. 1999. *Mechanics of Sediment Transport*. American Society of Civil Engineer, USA.
- Darmawan B.D. (2003). *Perbaikan Bentuk Lubang Perforasi Untuk Mencegah Masuknya Sedimen Ke Pipa Fluidisasi*. Tugas Akhir Jurusan Sipil UGM. Yogyakarta
- Muhammad Arsyad Thaha (2006). *System Fluidisasi Untuk Rekayasa Pemeliharaan Alur*. Program pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Muhammad Nursa'ban (2010). *Evaluasi Sediment Yield Didaerah Aliran Sungai Cisanggarung Bagian Hulu Dalam Memperkirakan Umur Waduk Darma*. Universitas Negeri Yogyakarta
- Munson, B.R, dkk, 2003. *Mekanika Fluida*. Edisi Keempat. Jilid II. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Masriati, N. 2009. *Flushing Pipa Fluidisasi*. Thesis. Program Pascasarjana UGM – Yogyakarta.
- Nayyar, M.L. 2000. *Piping Handbook (Seventh Edition)*. McGraw – New York, United State of America. (File pdf).
- Sardi, Bambang Agus Kironoto, Rachmad Jayadi (2008). *Kajian Penanganan Sedimentasi Dengan Waduk Penampung Sedimen Pada Bendungan Serbaguna Wonogiri*. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta
- Ram S. Gupta. *Hydrology and Hidraulic Systems*. Prentice Hall. London. 1989. Chapter 11,hal.550
- Tryanto J, (2005). *Kajian Model Lubang Perforasi Untuk Meminimalisasi Penyumbatan Pipa Fluidisasi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Tan, K. H. 1991. *Dasar – Dasr Kimia Tanah. Terjemahan Goenadi, D.H.* Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Yulius, N (2003). *Metode Fluidisasi Untuk Mengatasi Masalah Pendangkalan Di Muara Sungai dan Alur Pelayaran (Studi kasus: Pengaruh Diameter, jarak dan Lubang Fluidisasi)*, Thesis Magister Teknik Sipil UGM. Yogyakarta

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

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

No	Bukaan Katup	Bukaan Pintu	Tinggi Air		Tinggi Pitot		Tekanan		Koefisien		Debit		Q1	Q2	Q3
			h	Rata-rata	h	Rata-rata	p	p Rata-rata	K	Rata-rata	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 7

Luas Pemampang Pipa	A	=	0.0019625 m ²	Rapat massa (P)	=	995.95	kg/m ³	=	0.000996 kg/cm ³
Panjang Pipa	L	=	1 m	Viskositas Kinematik	μ	=	0.000000824 m ² /dkk		
Diameter Pipa	D	=	0.05 m		k/D	=	0.0001		
Koefisien Kontraksi Lubang	K	=	Km 28 Bg 0.28		f	=	0.013		
					L/D	=	20		

NO	Debit (Q) m ³ /dt	Waktu (t) (menit)	Diameter Lubang (D0) (mm)	Jarak Lubang (a) (cm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa (L) (m)	Sudut Putaran Gate (°)	Volume	Pengukuran	Pitot	Kecapaian	(V) Teoritis (m/dkk)	He	Re	(Q) teoritis (m ³ /dkk)	HL (m)	Hm (m)	Hbe (cm)	Ht (cm)	h-bo (cm)																				
								Gelontor (Vg) (m ³)	Tekanan (kg/cm ²)	(h) (cm)	(V) (m/dkk)																													
1	0.0079	5	8	6	30	1	60	0.0029	0.0952	23.3333	2.1389	4.0255	95.582329	129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	40.2839	52.8754	42.7069																				
2			0.0037					0.1088	32.3333	2.5178	109.23695										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	51.5053														
3			0.0043					0.1224	41.3333	2.8441	122.89157										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	60.3446														
4			0.0036					0.1156	23.3333	2.1389	116.06426										129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	52.8754	63.1889														
5			0.0040					0.1292	32.3333	2.5178	129.71888										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	71.9873														
6			0.0048					0.136	41.3333	2.8441	136.54618										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	73.9992														
7			0.0043					0.1224	23.3333	2.1389	122.89157										129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	52.8754	70.0162														
8			0.0050					0.1326	32.3333	2.5178	133.13253										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	75.4009														
9			0.0071					0.1428	41.3333	2.8441	143.37349										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	80.8265														
10		10	8	6	30	1	60	0.0036	0.1156	23.3333	2.1389	4.0255	116.06426	129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	40.2839	52.8754	63.1889																				
11			0.0040					0.1292	32.3333	2.5178	129.71888										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	71.9873														
12			0.0048					0.136	41.3333	2.8441	136.54618										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	73.9992														
13			0.0043					0.1224	23.3333	2.1389	122.89157										129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	52.8754	70.0162														
14			0.0050					0.1326	32.3333	2.5178	133.13253										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	75.4009														
15			0.0071					0.1428	41.3333	2.8441	143.37349										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	80.8265														
16			15					8	6	30	1										60	0.0043	0.1224	23.3333	2.1389	4.0255	122.89157	129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	40.2839	52.8754	70.0162						
17								0.0050														0.1326	32.3333	2.5178	133.13253										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	75.4009
18								0.0071														0.1428	41.3333	2.8441	143.37349										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	80.8265
19		0.0036		0.1156	23.3333	2.1389	116.06426	129787.621				0.0042	0.0606	0.0653	52.8754	63.1889																								
20		0.0040		0.1292	32.3333	2.5178	129.71888	152779.126				0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	71.9873																								
21		0.0048		0.136	41.3333	2.8441	136.54618	172578.883				0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	73.9992																								
22		0.0043		0.1224	23.3333	2.1389	122.89157	129787.621				0.0042	0.0606	0.0653	52.8754	70.0162																								
23		0.0050		0.1326	32.3333	2.5178	133.13253	152779.126				0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	75.4009																								
24		0.0071		0.1428	41.3333	2.8441	143.37349	172578.883				0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	80.8265																								
25		12	8	6	30	1	60	0.0036	0.1156	23.3333	2.1389	4.0255	116.06426	129787.621	0.0042	0.0606	0.0653	40.2839	52.8754	63.1889																				
26			0.0040					0.1292	32.3333	2.5178	129.71888										152779.126	0.0049	0.0840	0.0905	57.7316	71.9873														
27			0.0048					0.136	41.3333	2.8441	136.54618										172578.883	0.0056	0.1072	0.1154	62.5470	73.9992														

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

