

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP
VOLUME PENGELONTORAN PADA SEDIMEN DI WADUK
(UJI EKSPERIMENTAL)**



Oleh:

MUH. ADNAN
105 81 1909 13

MUFLIHIN
105 81 1894 13

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**



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

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Muh. Adnan dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1909 13 dan Muflihah dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1894 13, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22201/091004/2018, 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 26 Mei 2018

Panitia Ujian : Makassar, 14 Ramadhan 1439 H
30 Mei 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

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

b. Sekertaris : Farida Gaffar, ST., MM. : 

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

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

3. Ir. Hamzah AL Imran, ST., MT. : 

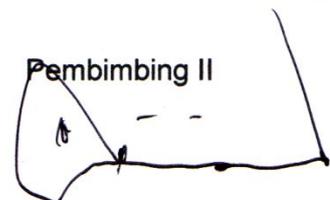
Mengetahui :

Pembimbing I



Prof.Dr.Ir.H. Lawalenna Sammang, MSc., M.Eng.

Pembimbing II



Amrullah Mansida, ST., MT.

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

Website : www.unismuh.ac.id, 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 : **PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN PIPA *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP VOLUME PENGSELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)**

Nama : MUH. ADNAN
MUFLIHIN

Stambuk : 105 81 1909 13
105 81 1894 13

Makassar, 30 Mei 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Sammang, MSc., M. Eng.

Pembimbing II

Amrullah Mansida, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT.

NBM : 975 288

PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN *FLUSHING CONDUIT* TERHADAP VOLUME PENGGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK (UJI EKSPERIMENTAL)

Muh. Adnan¹ dan Muflih²

¹Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Adnan2013@engineer.com

²Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
muflihinsipil@gmail.com

Abstrak

Pengaruh Variasi Kemiringan Pipa *Flushing Conduit* Terhadap Volume Penggelontoran Sedimen Di Waduk dibimbing oleh Lawalenna Sammang dan Amrullah Mansida. Kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai daerah tangkapan air di waduk menyebabkan tingginya erosi lahan sehingga angkutan sedimen meningkat yang berdampak terhadap pengurangan kapasitas waduk, dan berpengaruh pada penyediaan fungsi waduk antara lain kebutuhan air irigasi, PLTA, Kebutuhan air bersih, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggelontoran sedimentasi dengan sistem flushing conduit jika menggunakan pipa dengan kemiringan yang bervariasi. Karakteristik sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir sedang berdasarkan skala wentworth dari hasil analisa saringan. Dari hasil penelitian menunjukkan jumlah sedimen yang tergelontor untuk Q_1 yaitu pada kemiringan pipa (I) 3° jumlah volume gelontor (v_g) $0,0043 \text{ m}^3$, kemiringan pipa (I) 6° jumlah Volume tergelontor (v_g) $0,0048 \text{ m}^3$ dan pada kemiringan pipa (I) 9° jumlah volume gelontor (v_g) yaitu $0,0055 \text{ m}^3$. Kinerja *Flushing Conduit* menunjukkan semakin miring pipa *Flushing Conduit* (I) volume gelontor (v_g) cenderung meningkat akibat bertambahnya kecepatan aliran dalam pipa. 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.

kata kunci : Waduk, Sedimentasi, *Flushing Conduit*.

Abstract

Influence of Variation of Flushing Conduit Flushing Tilt Against Sediment Flow Volume In Reservoir is guided by Lawalenna Sammang and Amrullah Mansida. The main source of watershed damage is part of erosion and sedimentation. Damage to watersheds in watersheds leads to high erosion of land so that sediment transport increases which impacts reduction of reservoir capacity, and influences the provision of reservoir functions such as irrigation water needs, hydropower, clean water needs, etc. . This study aims to determine the effect of sedimentation with a flushing conduit system when using a pipe with varying slope. The sediment characteristic used in this research is the medium sand based on goworth scale from the result of filter analysis. The results showed that the amount of sediment that was flushed for Q_1 was on the slope of the pipe (I) 3° the amount of gelontor volume (vg) $0,0043 \text{ m}^3$, the slope of the pipe (I) 6° the volume amount was flushed (vg) $0,0048 \text{ m}^3$ and on the slope pipe (I) 9° the volume amount of gelontor (vg) is 0.0055 m^3 . Flushing Conduit performance shows that the sloping pipe Flushing Conduit (I) volume of gelontor (vg) tends to increase due to the increase of flow velocity in the pipe. Working mechanism of flushing conduit is divided into three stages, namely to provide pressure so that fluidation occurs, sediment sediment absorption process into the pipe due to fluctuations in flow and pressure, as well as sediment transport in the pipeline.

keywords: DAM, Sedimentation, *Flushing Conduit*.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul : **“Pengaruh Variasi Kemiringan Flushing Conduit Terhadap Volume Penggelontoran Pada Sedimen Di Waduk (Uji Eksperimental)”**.

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

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

1. Bapak **Hamzah Al Imran, ST.,MT.** Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

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

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

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Masalah.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Waduk	7
1. Pengertian Waduk.....	7
2. Kapasitas Waduk	8
B. Pengendapan (Sedimentasi)	9
1. Pengertian Sedimen	9

2. Proses Sedimentasi	10
3. Sifat-sifat Sedimen	11
C. Penggelontoran Sedimen dengan Metode Flushing	15
1. Definisi Flushing	15
2. Perbedaan mekanisme kerja Fluidasi dengan <i>flushing conduit</i>	15
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluhing.....	16
D. Aliran Dalam Saluran Tertutup (PIPA).....	17
1. Definisi aliran dalam saluran Tertutup (PIPA).....	17
2. Mekanisme kerja pengaliran dalam pipa	18
3. Sifat-sifat Aliran dalam Pipa	19
4. Klasifikasi Aliran dalam Pipa.....	20
5. Mengukur kecepatan aliran zat cair.....	20
6. Persamaan hukum Bernoulli tekanan dalam pipa.....	21
7. Aliran laminar dan turbulen.....	21
21	
E. Aliran Sedimen Dalam PIPA (<i>flushing conduit</i>).....	23
1. Masuknya Sedimen ke dalam Pipa.....	23
2. Prinsip Transport Sedimen dalam Pipa	24
F. Kerangka Pikir Penelitian	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Lokasi dan waktu Penelitian	26
B. Jenis Penelitian dan Sumber data.....	26
C. Alat dan Bahan.....	27

D. Variabel yang Diteliti.....	28
E. Rancangan Penelitian.....	29
1. Deskripsi Data Penelitian	29
2. Pengambilan Data.....	29
3. Prosedur penelitian	31
4. Perencanaan dan Pembuatan Model	34
5. Pengambilan data	35
F. Analisa Data.....	36
G. Pelaksanaan Simulasi	37
H. Flow chart penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
A. Klasifikasi Ukuran Butir Material Sedimen	41
B. Pengaruh variasi kemiringan terhadap volume gelontor	43
C. Hubungan Tekanan aliran terhadap Volume Gelontor	46
D. Hubungan Debit aliran terhadap Volume Gelontor	49
E. Hubungan Waktu terhadap Volume Gelontor	53
BAB V PENUTUP.....	57
A. Kesimpulan	57
B. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Berkurangnya Kapasitas Waduk karena Sedimentasi	9
2. Proses Sedimentasi Normal dan Sedimentasi Dipercepat.....	11
3. Ragam Gerakan Sedimen dalam Air	13
4. Hukum Bernoulli pada saluran tertutup	21
5. Aliran laminar, aliran transisi (kritis), dan aliran Turbulen	22
6. Kerangka pikir penelitian	26
7. Rancangan model <i>flushing conduit</i>	32
8. Rancangan model <i>flushing conduit</i> (potongan A-A).....	32
9. Rancangan model <i>flushing conduit</i> (potongan B-B)	33
10. Detail rancangan pipa isap.....	33
11. Flow chart penelitian	40
12. Gradasi ukuran butiran sedimen (sampel)	42
13. Hubungan antara kemiringan pipa <i>flushing</i> terhadap volume gelontor pada $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$	43
14. Hubungan antara kemiringan pipa <i>flushing</i> terhadap volume gelontor pada $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$	44
15. Hubungan antara kemiringan pipa <i>flushing</i> terhadap volume gelontor pada $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$	45
16. Hubungan antara Tekanan Aliran (P) terhadap Volume Gelontor (m^3) untuk $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$	47
17. Hubungan antara Tekanan Aliran (P) terhadap Volume Gelontor (m^3) untuk	

$Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$	48
18. Hubungan antara Tekanan Aliran (P) terhadap Volume Gelontor (m^3) untuk $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$	49
19. Hubungan antara Debit Aliran (Q) terhadap Volume Penggelontoran V_g (m^3) untuk kemiringan 3°	50
20. Hubungan antara Debit Aliran (Q) terhadap Volume Penggelontoran V_g (m^3) untuk kemiringan 6°	51
21. Hubungan antara Debit Aliran (Q) terhadap Volume Penggelontoran V_g (m^3) untuk kemiringan 9°	52
22. Hubungan antara antara waktu (t) (menit) terhadap Volume Penggelontoran V_g (m^3) untuk $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$	53
23. Hubungan antara antara waktu (t) (menit) terhadap Volume Penggelontoran V_g (m^3) untuk $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$	54
24. Hubungan antara antara waktu (t) (menit) terhadap Volume Penggelontoran V_g (m^3) untuk $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$	55
25. Gabungan antara beberapa variabel yang berpengaruh	56

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen Menurut Wentworth.....	14
2. Perbedaan Metode Kerja Fluidasi dengan <i>Flushing Conduit</i>	16
3. Analisa Saringan Butir Pasir Sedimen	41
4. Hubungan antara kemiringan pipa <i>flushing</i> terhadap volume gelontor $Q_1 = 0,003 \text{ m}^3/\text{dtk}$	43
5. Hubungan antara kemiringan pipa <i>flushing</i> terhadap volume gelontor. $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$	44
6. Hubungan antara kemiringan pipa <i>flushing</i> terhadap volume gelontor. $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$	45
7. Hubungan antara tekanan aliran terhadap volume gelontor $V_g (\text{m}^3)$ $Q_1 = 0,003 \text{ m}^3/\text{dtk}$	46
8. Hubungan antara tekanan aliran terhadap volume gelontor $V_g (\text{m}^3)$ $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$	47
9. Hubungan antara tekanan aliran terhadap volume gelontor $V_g (\text{m}^3)$ $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$	48
10. Hubungan antara Debit aliran (Q) terhadap volume gelontor $V_g (\text{m}^3)$ Pada Kemiringan 3°	50
11. Hubungan antara Debit aliran (Q) terhadap volume gelontor $V_g (\text{m}^3)$ Pada kemiringan 6°	51
12. Hubungan antara Debit aliran (Q) terhadap volume gelontor $V_g (\text{m}^3)$ Pada kemiringan 9°	52
13. Hubungan antara antara waktu terhadap volume penggelontoran $V_g (\text{m}^3)$ Pada $Q_1 = 0,003 \text{ m}^3/\text{dtk}$	53
14. Hubungan antara antara waktu terhadap volume penggelontoran $V_g (\text{m}^3)$ Pada $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$	54

15. Hubungan antara waktu terhadap volume penggelontoran V_g (m^3) Pada $Q_3 = 0,0079 m^3/dtk$	55
16. Gabungan antara variabel yang berpengaruh.....	56

DAFTAR NOTASI

Q	: Debit
V	: Kecepatan Aliran
A	: Luas Penampang Aliran
V _g	: Volume Gelontor
D	: Diameter
μ	: Viskositas absolute
ν	: Viskositas Kinematik
Re	: Bilangan Reynold
P _s	: Rapat Massa
Λ	: Faktor Gesekan
F ₁	: Kecepatan Endap
G	: Percepatan Gravitasi
φ	: Kecepatan Endap
S	: Berat Jenis Butir

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ekosistem waduk yang terdiri dari ekosistem akuatik dan ekosistem terestrial daerah tangkapan air waduk, banyak menghadapi berbagai permasalahan lingkungan yang berdampak kepada kelestariannya serta fungsinya sebagai sumber daya hayati dan sumber daya air.

Pada daerah aliran sungai (DAS) dan daerah tangkapan air waduk (DTA) serta sempadan danau, potensi kerusakan yang dapat terjadi pada umumnya adalah kerusakan lingkungan dan erosi lahan yang disebabkan oleh penebangan hutan dan pengolahan lahan yang tidak benar, sehingga menimbulkan erosi, sedimentasi dan menyebabkan pendangkalan serta penyempitan waduk.

Masalah besar di waduk ini pada umumnya ada pada sedimentasi berlebih. Kadang-kadang endapannya tidak sesuai saat perencanaan sehingga akan mempengaruhi usia dari waduk. Biasanya hal tersebut terjadi karena dipengaruhi oleh perubahan pola tata guna lahan. Jadi di *catchment area* atau daerah tangkapan air terjadi perubahan fungsi sehingga akan memicu adanya erosi besar masuk ke sungai dan waduk. Contoh sederhananya, sekitar waduk ada *catchment area* yang mana air itu masuk ke sungai lalu ditampung ke waduk. Dulunya *catchment area* tersebut ditumbuhi pohon lindung lalu berubah menjadi banyak pohon musiman seperti jagung yang memiliki

potensi erosi cukup besar lalu masuk ke sungai dan waduk sehingga menjadi sedimentasi.

Sedimentasi pada umumnya terjadi pada muara sungai-sungai dengan jumlah sedimentasi relatif cukup tinggi pada debit yang berfluktuasi besar jika musim hujan sedangkan pada musim kering menjadi relatif sangat kecil, sehingga kemampuan mengangkut sedimen terutama pada saat debit kecil sangat rendah. Disamping itu juga, sedimentasi dipengaruhi oleh karakteristik pola angkutan sedimen dasar (*bed load*), *laying* (*suspended load*) di sungai dengan hidrodinamika penutupan pantai yang dapat mengakibatkan penutupan dan pemindahan alur oleh lidah pasir (*sand spit*). Pendangkalan ini akan semakin parah bila angkutan sedimen menyusur pantai (*longshore sediment transport*) cukup besar.

Angkutan sedimen sangat berpengaruh terhadap perubahan morfologi sungai, pada prinsipnya pengendalian angkutan sedimen adalah mengusahakan agar sedimen dapat terbawa aliran sampai ketempat tertentu yang tidak merugikan. Pengendalian sedimentasi pada alur sungai dimaksudkan untuk mengusahakan terjadinya pengendapan pada tempat-tempat yang dikehendaki. Usaha yang umum dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut diantaranya dengan menggunakan metode pembangunan jetty, pengerukan (*dredging*), bangunan ambang bawah air (*underwater sill*), bangunan groin dan bangunan pemecah gelombang pada lepas pantai. Namun, metode ini memerlukan biaya yang besar serta pada kondisi tertentu tidaklah menjadi solusi yang tepat terutama terhadap dampak lingkungan dan biaya pembangunannya.

Permasalahan penyempitan, pendangkalan maupun tertutupnya alur akibat sedimentasi menjadi problem tersendiri dihadapi oleh beberapa negara dan berbagai tempat di dunia. Berbagai sumber dan dampak permasalahan tersebut telah terjadi pada beberapa waduk di Indonesia. Kerusakan yang terjadi antara lain adalah pendangkalan dan penyempitan waduk, pencemaran kualitas air waduk, serta perubahan fluktuasi muka air waduk yang disebabkan oleh kerusakan DAS dan DTA.

Waduk Jatiluhur merupakan salah satu waduk penting dan terbesar di Indonesia dengan daerah tangkapan keseluruhan seluas 4.500 km². Waduk ini memperoleh air dari sungai Citarum dan sungai Ciliwung. Volume tampungan waduk sebesar 2,44 milyar m³ dengan luas genangan 8.300 ha. Namun, analisis laju erosi yang dilakukan dengan metoda *universal soil loss equation* (USLE). Laju sedimentasi dianalisis berdasarkan erosi yang terjadi dengan *sedimentation delivery ratio* (SDR). Hasil analisis tersebut menunjukkan laju erosi yang terjadi di Waduk Jatiluhur sebesar 27.032,66 ton/ha/tahun, sehingga sub DAS Waduk Jatiluhur tahun 2013 termasuk dalam kelas V dengan kriteria kondisi “sangat buruk” dan laju sedimentasi sebesar 2.758.922,1 m³/tahun. (Aji, Hafil Gusni Santana) (2014)

Usaha yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan sedimentasi seperti didalam saluran *floodway* adalah dengan melakukan pembilasan atau penggelontoran sedimen secara hidrolis (*hydraulic flushing*). Pembilasan atau penggelontoran sedimen secara hidraulis (*Hydraulic flushing*) adalah cara yang lebih baik untuk mengembalikan kapasitas reservoir bila dibandingkan dengan

cara lain seperti penggalian atau pengerukan secara manual (*Dredging*). Hal tersebut menjadi referensi untuk penelitian pengerukan sedimen dengan konsep *flushing conduit* yang relatif murah dan ramah lingkungan. Adapun judul penelitian ini adalah : **“Pengaruh Variasi Kemiringan Flushing Conduit Terhadap Volume Penggelontoran (Vg) Pada Sedimen Di Waduk (Uji Eksperimental)”**

B. Rumusan Masalah

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

- 1) Bagaimana pengaruh variasi kemiringan *flushing conduit* terhadap volume gelontoran ?
- 2) Bagaimana pengaruh tekanan aliran terhadap volume gelontor ?
- 3) Bagaimana pengaruh waktu terhadap volume penggelontoran?

C. Tujuan Penelitian

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

- 1) Untuk mengetahui pengaruh penggelontoran sedimentasi dengan sistem *flushing conduit* jika menggunakan pipa dengan kemiringan yang bervariasi.
- 2) Untuk mengetahui bagaimana hubungan beda tekanan aliran terhadap volume penggelontoran.

- 3) Untuk mengetahui pengaruh antara waktu terhadap volume penggelontoran yang terjadi.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Sebagai sarana untuk mengembangkan pengetahuan atau wawasan yang diperoleh dibangku perkuliahan dengan penerapan di lapangan.
- 2) Memberikan informasi tentang penggelontoran sedimen dengan sistem *flushing conduit* yang ramah lingkungan.
- 3) Dapat dijadikan sebagai salah satu bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penggelontoran sedimen dengan sistem *flushing conduit*.
- 4) Mendapatkan pemahaman tentang pengaruh kemiringan pipa *flushing conduit*.
- 5) Sebagai bahan rujukan bagi instansi dalam menangani permasalahan sedimentasi di waduk dengan konsep pekerjaan yang ekonomis dan ramah lingkungan.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang ingin di capai maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini di fokuskan kepada sejauh mana pengaruh penggelontoran sedimen dengan sistem *flushing conduit* pada variasi kemiringan pipa.

- 2) Dengan uji model di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- 3) Menggunakan beberapa variasi kemiringan pipa yaitu 3° , 6° , dan 9°

F. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran umum isi penulisan tugas akhir ini yang terdiri dari lima bab, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN : dalam bab ini merupakan pembahasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : dalam bab ini diuraikan secara ringkas mengenai permasalahan yang akan menjadi bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir.

BAB III METODE PENELITIAN : dalam bab ini menguraikan tentang lokasi penelitian, waktu penelitian, metode pelaksanaan penelitian, analisa data, kerangka berfikir, 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 : bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Waduk

1. Pengertian waduk

Waduk menurut pengertian umum adalah tempat pada permukaan tanah yang dimaksudkan untuk menyimpan dan menampung air saat terjadi kelebihan air pada musim hujan, kemudian air yang berlebihan tersebut dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti irigasi, pembangkit tenaga listrik, air bersih dan lain-lain. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung (Bustomi, 2003) dalam (Suroso dan Wahyu Widiyanto, 2009).

Dalam pengelolaan sumber daya air waduk sering dijumpai permasalahan-permasalahan yang menyangkut aspek perencanaan, operasi dan pemeliharaan waduk, sedimentasi adalah permasalahan umum yang menjadi permasalahan utama di waduk-waduk selama ini. Salah satu persoalan utama yang terjadi dalam operasi dan pemeliharaan waduk untuk penyediaan air pada waktu-waktu tertentu. Pada sisi lain permintaan air untuk berbagai kebutuhan cenderung semakin meningkat sebagai akibat peningkatan jumlah penduduk, beragamnya pemanfaatan air, berkembangnya pembangunan, serta kecenderungan menurunnya kualitas air akibat pencemaran oleh berbagai kegiatan (Bustomi, 2003) dalam (Suroso dan Wahyu Widiyanto, 2009).

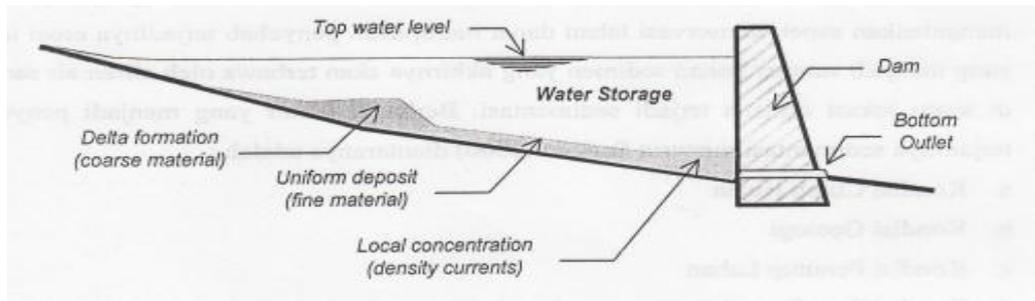
2. Kapasitas Waduk

Lama umur ekonomi sebuah waduk berkisar di antara 50 tahun bagi waduk kecil dengan volume simpan manfaat sekitar 50-100 juta m³, hingga beberapa ratus tahun bagi waduk-waduk yang lebih besar, tergantung dari berbagai faktor yang harus dipertimbangkan sendiri-sendiri pada setiap waduk. Pada akhir umur ekonominya, ditaksir 80% dari kapasitas volume simpan manfaat telah dipenuhi sedimen yang tertangkap di dalam kolam waduk sepanjang waktu itu. Pada saat dan kondisi itu waduk sudah dianggap tidak dapat lagi berfungsi sebagaimana fungsi waduk itu sendiri (Aji, Hafil Gusni Santana, 2014).

Kapasitas waduk saat direncanakan berdasarkan perhitungan volume tampungan air tanpa adanya sedimentasi (Subarkah, 1980). Seiring berjalannya waktu pengoperasian waduk, terjadi sedimentasi di areal genangan hingga menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan waduk itu sendiri.

Menurut Kironoto (2003) bahwa pengendapan di dalam waduk sering terjadi lebih besar daripada yang telah dihitung dan/atau diharapkan pada tahap design. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti :

- a) Ketidaktepatan dalam mengumpulkan dan mengelolah data hidrologi dan erosi dari DAS pada tahap design.
- b) Bertambahnya hasil sedimen kotor karena perubahan tata guna lahan DAS akibat manajemen yang tidak hati-hati dan kurangnya pengetahuan tentang pemeliharaan DAS, atau kerusakan DAS.
- c) Operasi dan pemeliharaan waduk yang tidak benar.



Gambar 1. Kasiro. (1997). *Berkurangnya kapasitas waduk karena sedimentasi* (Mays et al., 1992).

Kapasitas waduk secara umum dibedakan menjadi tiga yaitu :

- a) Kapasitas mati (*dead storage*)
- b) Kapasitas pelayanan (*Active Storage*)
- c) Kapasitas total

Umur pelayanan waduk merupakan fungsi dari volume tampungan aktif (Ilyas et al., 1991). Semakin menyusut volume tampungan aktif menandakan semakin pendek umur pelayanan waduk. Pelayanan volume tampungan aktif lebih banyak disebabkan karena bertambahnya volume sedimen yang masuk kedalam waduk.

B. Pengendapan (Sedimentasi)

1. Pengertian Sedimen

Menurut Langbein Kironoto (1996) bahwa secara geologi sedimen didefinisikan sebagai fragmen-fragmen material yang diendapkan oleh air atau angin. Sedimentasi merupakan kelanjutan dari proses erosi.

Secara umum dikatakan bahwa erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material

tersebut oleh gerakan angin atau air kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat yang lain. Bahaya erosi banyak terjadi di daerah-daerah lahan kering terutama yang memiliki kemiringan lereng sekitar 15% atau lebih rendah (Suripin, 2002).

2. Proses Sedimentasi

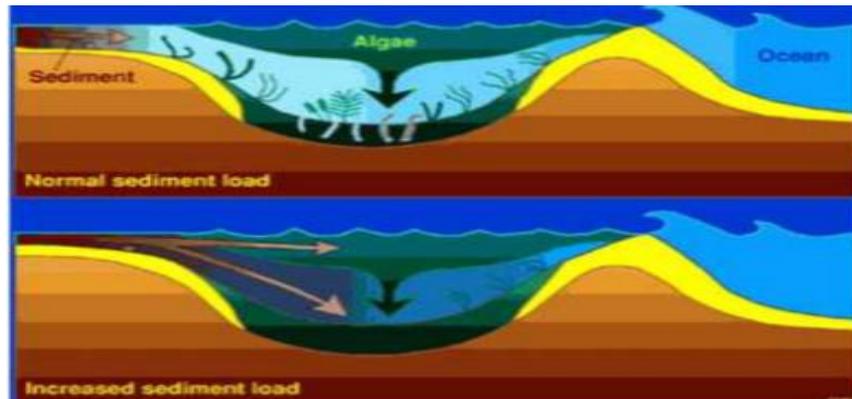
Proses sedimentasi dapat terjadi pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, dasar waduk, muara, dan sebagainya. Menurut Astika Murni Lubis (2016) berdasarkan proses terjadinya sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

a. Proses Sedimentasi secara Geologis (Normal)

Yaitu proses tanah dan sedimentasi yang berjalan secara normal atau berlangsung secara geologi, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkannkan atau dalam keseimbangan alam dari proses *degradasi* dan *agradasi* pada perataan kulit bumi akibat pelapukan.

b. Proses Sedimentasi Dipercepat

Sedimentasi yang dipercepat adalah proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologis dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian tersebut biasanya disebabkan oleh kegiatan manusia dalam mengelolah tanah. Cara mengelolah tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi.



Gambar 2. Proses Sedimentasi Normal dan Sedimentasi dipercepat (sumber : swwt.wsu.edu,2000) dalam Astika Murni Lubis (2016)

Menurut Riskiyanti Hakim (2015) bahwa sedimen biasanya digambarkan sebagai partikel padat yang digerakan oleh fluida sedimen yang terjadi pada sungai dan disebabkan akibat erosi yang terjadi pada lahan-lahan kritis yang terdapat pada tangkapan Daerah Aliran Sungai (DAS). Jika material sedimen yang terbentuk akibat erosi lahan tersebut masuk ke dalam DAS dalam jumlah yang besar, maka akan menyebabkan laju sedimen yang masuk ke dalam DAS menjadi besar, bahkan akan melampaui laju sedimen rencana. Akibat sedimen yang mengendap di dasar akan berpengaruh pada kapasitas tampungan air.

3. Sifat-sifat Sedimen

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai ke laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan didaerah aliran air (Anwas, 1994).

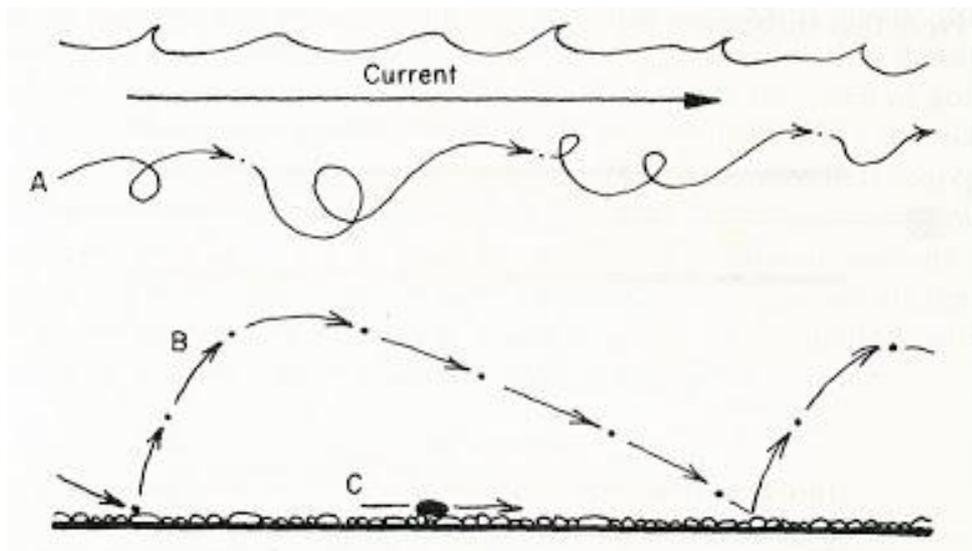
a) Mekanisme Gerakan Sedimen

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

Gerakan butiran tanah atau butiran pasir secara individual akibat tertimpa titik-titik hujan atau terdorong aliran air dalam alur-alur kecil tersebut. Mekanisme pengangkutan butir-butir tanah yang dibawah dalam air yang mengalir dapat digolongkan menjadi beberapa bagian (Mardjikoan, 1987), sebagai berikut:

- 1) *Wash Load Transport* atau angkutan sedimen suci, yaitu bahan *wash load* berasal dari pelapukan lapisan tanah yang menjadi lepas berupa debu-debu halus selama musim kering. Debu halus ini selanjutnya dibawah masuk ke sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama pada musim hujan, sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan yang lain.
- 2) *Suspended Load Transport* atau angkutan sedimen layang, yaitu butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir tanah ini terus menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran.

- 3) *Salation Load Transport* atau angkutan sedimen loncat, yaitu pergerakan butir-butir tanah yang bergerak dalam aliran air antara pergerakan *suspended load* dan *bed load*. Butir-butir tanah bergerak secara terus menerus meloncat-loncat (*skip*) dan melembung (*bounce*) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran.
- 4) *Bed Load Transport* atau angkutan sedimen dasar, yaitu merupakan angkutan butir-butir tanah berupa pasir kasar (*coarse sand*) yang bergerak secara menggelinding (*rolling*), mendorong dan menggeser (*pushing and sliding*) terus menerus pada dasar aliran yang pergerakannya dipengaruhi oleh adanya gaya seret (*drag force*). Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai dengan jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir (Soewarno, 1991) dalam Siti Riskayanti Hakim (2015).



Gambar 3. Transport sedimen dalam aliran air sungai (Asdak, 2007)

b) Distribusi Ukuran Butir

Klasifikasi sedimen dibedakan menjadi lempung (*clay*), lumpur (*Slit*), pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), koral (*pebble*), atau kerakal (*cabbles*), dan batu (*boulders*). Menurut Wentworth dalam Thaha (2007) bahwa klasifikasi berdasar ukuran butir disajikan seperti 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)

C. Penggelontoran Sedimen Dengan Metode Flushing

1. Definisi Flushing

Prinsip dari metode penggelontoran sedimen dengan energi potensial air waduk (*flushing*) adalah mengeluarkan sedimen dengan mengambil manfaat energi hidrolik akibat beda tinggi antara muka air di depan dan belakang bendungan, untuk mensuplai energi pada *sediment flushing system* (Hari Krisetyana, 2008).

Berdasarkan permasalahan metode *fluidasi* dengan menggunakan aliran permukaan, maka di coba dikembangkan metode *flushing conduit* sebagai alternatif solusi dimana dalam metode ini dilakukan dengan tanpa aliran permukaan. Metode *flushing conduit* atau pengurasan melalui pipa dengan memanfaatkan fluktuasi tekanan untuk mengusik endapan sedimen sehingga terfluidasi, dan selanjutnya terhisap ke dalam pipa melalui lubang kecil atau lubang pipa isap kemudian terjadi transpor endapan sedimen dalam pipa atau pengurasan ke tempat yang lebih dalam (Amrullah, 2010).

2. Perbedaan Mekanisme kerja Fluidasi dengan *flushing Conduit*

Metode *flushing conduit* pada pemeliharaan alur adalah pengembangan metode fluidasi (Amrullah, 2010) karenanya terdapat beberapa persamaan maupun perbedaan yang terjadi antara metode *flushing conduit* dan 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 dalam pipa harus lebih besar daripada di luar pipa	Tekanan dalam pipa harus lebih rendah dari pada luar pipa

Sumber : Amrullah (2011)

3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Flushing

Dalam Amrullah (2011) bahwa efektif tidaknya hasil penggelontoran sedimen (*flushing*) dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut

- a) Dimensi dari *Flushing outlet*
- b) Posisi dari *Flushing outlet*
- c) Penampang waduk dan kecuraman dasar waduk
- d) Panjang, pendek, lebar dan tidaknya waduk
- e) Lurus tidaknya waduk kearah *outlet*

- f) Distribusi dan kepadatan sedimen
- g) Ketersediaan air waduk untuk penggelontoran sedimen
- h) Frekuensi penggelontoran sedimen

D. Aliran Dalam Saluran Tertutup (PIPA)

1. Definisi Aliran Dalam dalam Saluran Tertutup (Pipa)

Aliran dalam pipa berfungsi untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain. Pada umumnya fluida yang akan dipindahkan memiliki nilai kekentalan yang berbeda-beda. Nilai kekentalan ini sangat penting untuk diketahui agar dapat menentukan kebutuhan energi yang diperlukan (Liston Sembiring, 2008).

Muchsin dan Subagyo (2011) melakukan penelitian aliran dalam pipa (*internal flow*) dimulai seorang maha guru dari Jerman tahun 1850, Julius Weisbach meneliti pada hulu pipa, yang kemudian dilanjutkan oleh insinyur Perancis, Henry Darcy pada tahun 1857 yang melakukan eksperimen aliran pipa yang dikenal dengan persamaan Darcy-Weisbach. Kemudian Osborne Reynold melakukan eksperimen melalui pipa tahun 1883 yang memperlihatkan pentingnya Reynolds dalam aliran fluida.

Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan saluran tertutup (aliran pada pipa) adalah adanya permukaan yang bebas dan (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa alirannya tidak penuh hingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan

karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (Kadoatie 2002: 215).

Menurut Damawidjaya Bikosono (2006) dalam berbagai industri sebagian besar fluidanya mengalir pada pipa-pipa saluran tertutup (*closed conduit flow*). Masalah utama yang muncul antara lain:

- a) Terjadinya gesekan pada dinding pipa.
- b) Terjadinya turbulensi karena gerakan relatif dalam molekul fluida yang dipengaruhi oleh viskositas fluida itu sendiri dan bentuk pipa.
- c) Terjadinya kapasitas aliran yang semakin kecil pada daerah yang jauh dari sumber karena hambatan gesek pada aliran yang semakin membesar.

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. (Amrullah, 2010)

2. Mekanisme Kerja Pengaliran Dalam Pipa

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

rangkaian-rangkaian dasar secara bergantian sampai semua syarat-syarat aliran dipenuhi.

Syarat-syarat berikut harus dipenuhi dalam jaringan pipa adalah :

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

3. Sifat-sifat Aliran dalam Pipa

Dalam suatu aliran yang melewati sistem atau instalasi pipa akan terjadi suatu hambatan aliran dimana hambatan tersebut disebabkan faktor-faktor bentuk instalasi. Hambatan tersebut dapat menyebabkan turunnya energi dari fluida tersebut yang sering disebut dengan kerugian tinggi tekanan (*head loss*) atau penurunan tekanan (*pressure drop*) yang disebabkan oleh pengaruh gesekan fluida (*friction losses*) (Rega Yuan Pradhana, Edi Widodo, 2017).

4. Klasifikasi Aliran dalam Pipa

Debit adalah suatu bagian penting dalam suatu pengaliran tidak terkecuali pada aliran dalam pipa maupun saluran terbuka. Sehingga untuk

menghitung besar debit dalam suatu pengaliran digunakan persamaan umum sebagai berikut:

$$Q = A.V.....(1)$$

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

- Dimana :
- Q = Debit aliran (m³/dtk)
 - A = Luas penampang aliran (m²)
 - V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/dtk)

5. 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 (Triatmodjo B, 2008).

$$V = \sqrt{2gh}.....(3)$$

$$= \sqrt{2gh \left(\frac{p_s - p}{\gamma} \right)^{1/2}}.....(4)$$

Dimana: p_s = Tekanan stagnasi (kg/cm²)

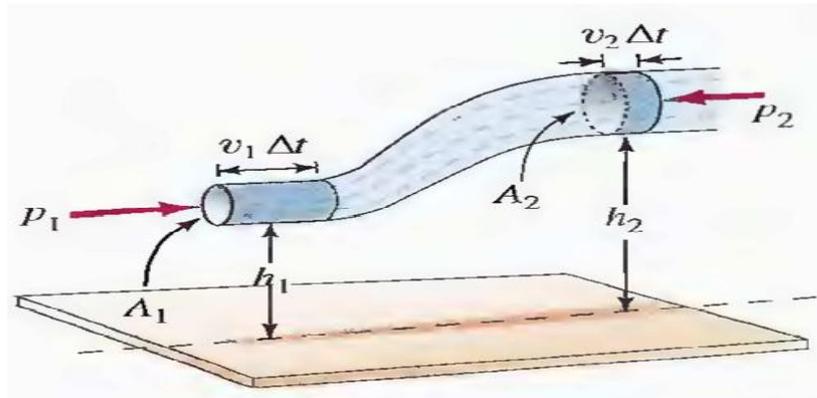
p = Tekanan statis (kg/cm²)

h = Tinggi air pitot (cm)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

6. Persamaan Hukum Bernoulli Tekanan Dalam Pipa

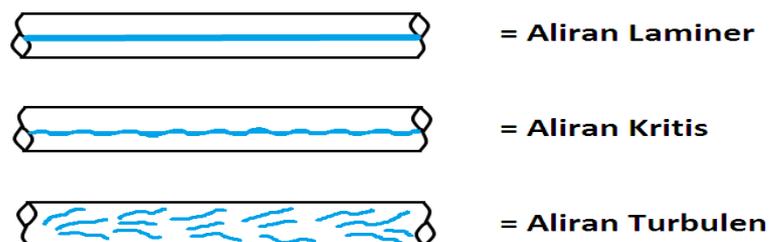
Asas Bernoulli menyatakan bahwa “ Pada pipa yang mendatar (horizontal) , tekanan fluida paling besar adalah pada bagian kelajuan alirnya paling kecil, dan tekanan paling kecil adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling besar. Pernyataan ini dikemukakan pertama kali oleh *Daniel Bernoulli* (1700-1782), sehingga dikenal sebagai asas *Bernoulli*.



Gambar 4. Hukum Bernoulli pada saluran tertutup

7. Aliran Laminer dan Turbulen

Secara garis besar pola aliran dalam pipa terbagi menjadi tiga, yaitu: laminar, turbulen, dan transisi (antara aliran laminar dan turbulen). Pola aliran sangat berpengaruh pada sifat dari aliran (Ridwan, 1999).



Gambar 5. Aliran laminar, aliran transisi (kritis), dan aliran Turbulen

Aliran laminer adalah suatu aliran dimana gaya kekentalan relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya kelembaban, sehingga aliran dikuasai oleh pengaruh kekentalan. Pada aliran laminer, fluida bergerak secara teratur. Profil kecepatan dari aliran laminer tidak terjadi pencampuran antara garis arus yang satu dengan yang lainnya. Pola aliran ini disebut laminer karena terlihat seperti gabungan dari lembaran fluida (*laminer*) yang saling bergeser (Ridwan, 1999).

Aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar (Ridwan, 1999).

Perbedaan antara aliran laminer dan turbulen pertama kali dikalifikasikan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883. Reynolds melakukan percobaan dengan menyuntikkan zat pewarna pada air yang mengalir dalam pipa. Pada laju aliran yang rendah, zat pewarna mengalir secara teratur dan tidak tercampur hingga ke hilir. Pada laju aliran yang lebih tinggi, zat pewarna tercampur pada seluruh bagian dari pipa.

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

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana : Re = Bilangan Reynold (tak berdimensi)

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

D = Diameter pipa (ft atau m)

ν = Viskositas kinematik (m^2/s)

Sifat aliran dalam pipa bergantung pada bilangan Reynolds. Untuk aplikasi pada bilangan teknik, batas atas aliran lamier biasanya diambil pada bilangan Reynolds = 2300. Apabila bilangan Reynolds lebih dari 4000, maka aliran dianggap turbulen. Untuk bilangan Reynolds di antara 2300 dan 4000, aliran tidak dapat diprediksi dan biasanya berubah-ubah sifat antara laminer dan turbulen. Aliran ini biasa disebut aliran transisi.

E. Aliran Sedimen Dalam Pipa (*flushing conduit*)

1. Masuknya Sedimen Ke Dalam Pipa

Dalam Amrullah (2010) penyebab utama masuknya sedimen ke dalam pipa (*flushing conduit*) adalah sebagai berikut :

Sedimen masuk melalui lubang isap, yang disebabkan oleh :

- a) Tipe lubang yang merupakan bukaan langsung pada dinding pipa *flushing conduit* memudahkan sedimen mengalami keruntuhan masuk ke dalam pipa karena adanya berat sendiri dari sedimen tersebut, tekanan hisap dan diameter lubang relatif besar sehingga mampu menghisap sedimen yang ada disekitarnya.
- b) Aliran arus balik masuk ke dalam pipa melalui lubang isap saat tekanan dikejutkan dan terjadi fluktuasi. Proses ini terjadi apabila tekanan di dalam pipa lebih rendah daripada tekanan yang ada di luar pipa.

2. Prinsip Dasar Transpor Sedimen Dalam Pipa

Menurut Mardjikoen (1987) transpor sedimen adalah perpindahan tempat bahan sedimen granuler (non kohesif) oleh air yang sedang mengalir, dan gerak umum sedimen adalah searah aliran air.

Transpor sedimen dalam pipa diperlukan dalam bidang pemindahan endapan lumpur dan pengerukan (*dredging*). Manfaat sistem ini dalam kedua bidang tersebut adalah untuk memindahkan sedimen/endapan pada *minimum head loss* tanpa pengendapan. Aspek penting dari syistem ini adalah bagaimana memprediksi *head loss* dan kecepatan minimum atau kecepatan kritis agar supaya pipa terhindar dari pengendapan (Amrullah, 2010).

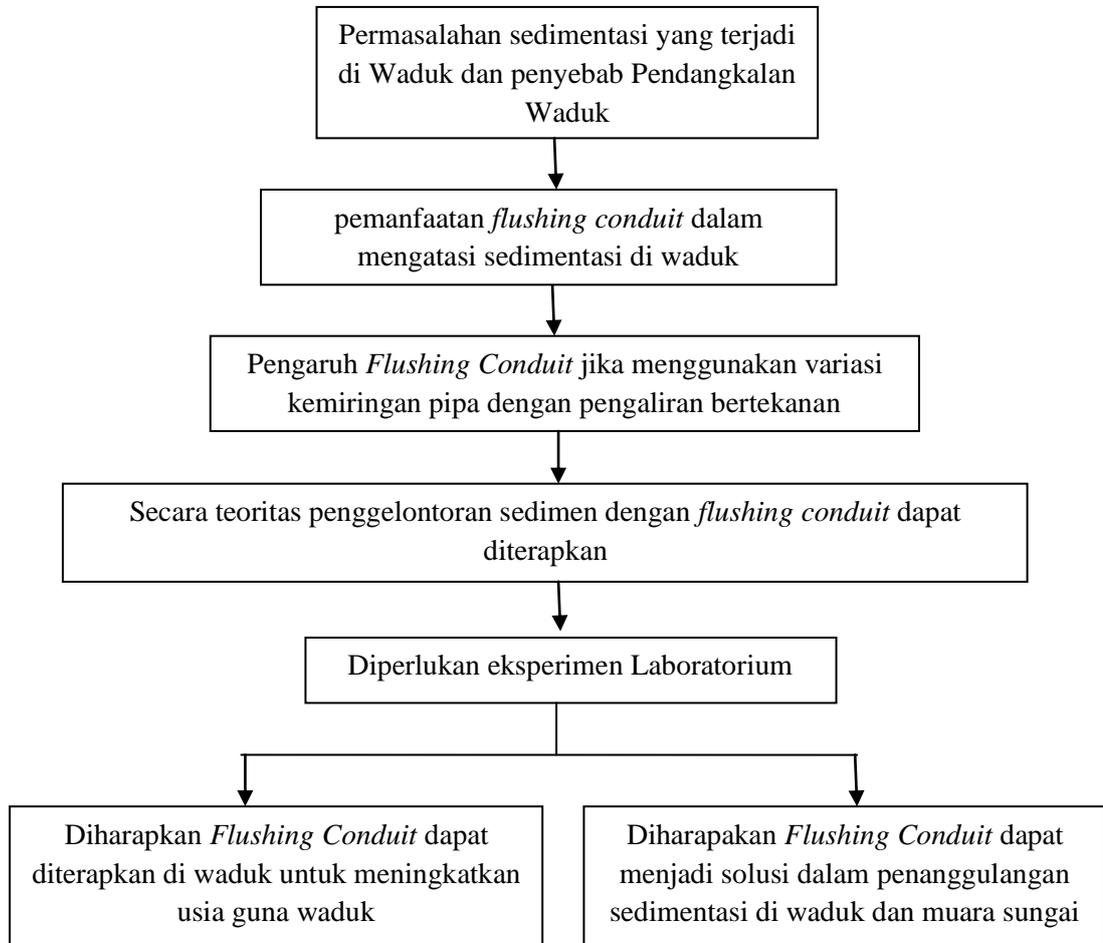
Faktor-faktor yang menentukan transpor sedimen adalah sebagai berikut :

- 1) Sifat-sifat aliran air (*flow characteristics*)
- 2) Sifat-sifat sedimen (*flow charasteristics*)
- 3) Pengaruhnya timbal balik diantara keduanya yaitu sifat aliran air dan sifat sedimen (*interection*)

Dalam desain transpor sedimen dalam Pipa, dua jenis regime aliran yang dihindari yaitu:

- a) *Stationary bed regime* karena ini tidak akan menghasilkan transpor zat padat apapun.
- b) *moving bed regime* sebab jika dibawah kondisi normal, *regime* ini menghasilkan resiko hambatan/penyumbatan pada saluran pipa.

F. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 6. Kerangka pikir penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian penggelontoran sedimen dengan menggunakan konsep *Flushing Conduit* bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada bulan Desember 2017 sampai April 2018.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental, dimana penelitian tersebut dibuat dan dirancang sendiri oleh peneliti dengan berpedoman pada literatur-literatur yang berkaitan dengan *flushing conduit*, serta adanya kontrol dengan tujuan untuk mengetahui sebab akibat dari penggelontoran sedimen serta berapa besar pengaruh penggelontoran terhadap variasi kemiringan.

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 telah dilakukan sebelumnya baik yang telah dilakukan di laboratorium maupun

c) ditempat lain (lapangan) yang berkaitan dengan penelitian tentang penggelontoran sedimen *flushing conduit*.

C. Alat dan Bahan

Secara umum alat dan bahan yang digunakan untuk merangkai dan melengkapi model *flushing conduit* dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1) Alat

- a) Linggis, cangkul dan sekop digunakan dalam proses penggalian tanah model saluran.
- b) Pipa PVC 2 Inch sebagai penghantar sedimen yang diuji
- c) Peralatan pemeriksaan sedimen hasil gelontoran seperti; box penampung sedimen, penggaris.
- d) Peralatan bengkel seperti mesin pemotong, gerinda, hammer.
- e) Pipa Isap
- f) Pompa air 2 berfungsi sebagai pemompa air dari bak penampungan.
- g) Stopwatch untuk menghitung waktu yang digunakan pada pengukuran debit.
- h) Tali dan benang sebagai pemandu dalam pembuatan model.
- i) Manometer untuk mengukur tekanan pada penggelontoran sedimen.
- j) Kertas A4 dan alat tulis untuk mencatat pengambilan data awal pada saat uji model.
- k) Kamera digital berfungsi mengambil dokumentasi penelitian.

- l) Cangkul, linggis, skop untuk pengambilan sedimen yang akan diuji.
 - m) Mistar dan Rol meter untuk mengukur ketinggian sedimen dan panjang pipa yang digunakan dalam penelitian.
 - n) Komputer dan printer digunakan untuk mengolah data serta mencetak hasil dari pengolahan data penelitian.
- 2) Bahan
- a) Pasir sedimen sebagai model percobaan.
 - b) Bak air untuk suplay, bak sirkulasi, dan bak disertai saringan untuk sedimen.
 - c) Air untuk mengamati jenis aliran dalam saluran tertutup (pipa).

D. Variabel yang diteliti

Pada penelitian ini akan menggunakan dua Variabel, yaitu :

- 1) Variabel bebas yaitu variabel penyebab (*Independent Variables*)
 - a) Waktu (t)
 - b) Diameter Lubang (Df)
 - c) Variasi Kemiringan Pipa (I) (°)
 - d) Spasi Lubang (a)
 - e) Tebal Sedimen (Db)
 - f) Panjang Pipa (L)
- 2) Variabel terikat atau Variabel tergantung (*Dependent Variables*)
 - a) Kecepatan Aliran (v)
 - b) Tekanan (P)

c) Volume Gelontor (V_g)

d) Tinggi Pitot (h)

A. Rancangan Penelitian

1. Deskripsi Data Penelitian

Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kemiringan pipa *flushing conduit* terhadap volume gelontor (V_g) dan tekanan penghisapan (P) dengan variasi waktu 3, 6 dan 9 menit.

Adapun hasil penelitian yang diperoleh adalah tekanan penghisapan (P), tinggi air pada pitot (h), kecepatan aliran (V) dan volume gelontor (V_g). Sampel sedimen yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir sungai jeneberang dengan diameter partikel pasir berada diantara (0,25 mm – 0,5 mm) dimana pasir tersebut termasuk pasir sedang berdasarkan klasifikasi ukuran butir sedimen menurut skala Wentworth. (seperti pada table 3 dan gambar 12)

Data data yang diperoleh dari hasil percobaan di laboratoium adalah untuk mengetahui jumlah sedimen yang tergelontor terhadap variasi kemiringan pipa *Flushing Conduit*.

2. Pengambilan data

Hal penting dalam setiap penelitian adalah pengambilan data. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi-informasi atau mencatat

data-data yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti (*flushing conduit*). 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*. Sehingga dapat diketahui keadaan atau kedudukan masalah tersebut secara teoritis.

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 penelitian 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) 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 table yang telah tersusun sedemikian rupa dan dilengkapi dengan beberapa nama dan simbol data-data yang akan di peroleh dari penelitian tersebut. Format penelitian data bertujuan untuk memudahkan dalam mengambil dan mengolah data-data yang di perlukan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

4) Analisis dan Pembahasan :

Setelah pengambilan data sudah dilakukan selanjutnya analisis dan pembahasan data untuk mengolah data menjadi suatu informasi sehingga karakteristik data tersebut bisa dipahami dan bermanfaat yang nantinya bisa dipergunakan dalam mengambil kesimpulan.

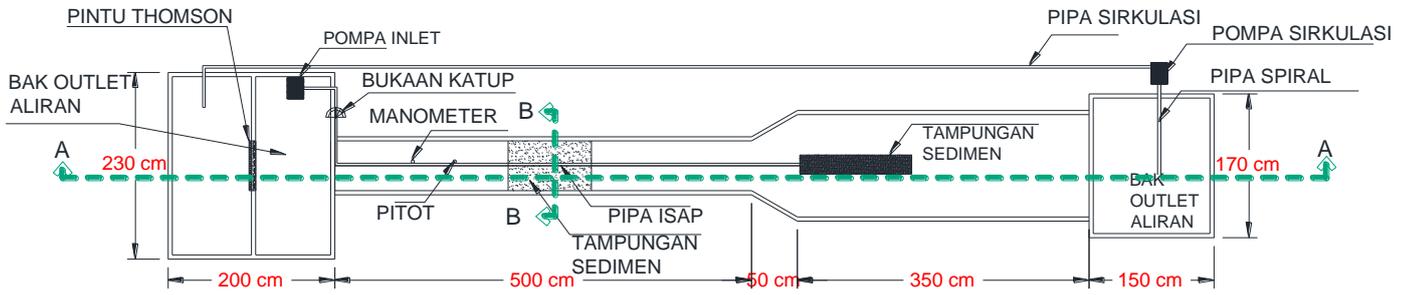
5) Penyusunan Laporan hasil penelitian

Laporan penelitian bertujuan untuk memberitahukan kegiatan penelitian mulai dari proses penelitian sampai hasil akhir. Selain itu tujuan laporan penelitian adalah mengungkapkan sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian baik secara umum maupun secara khusus.

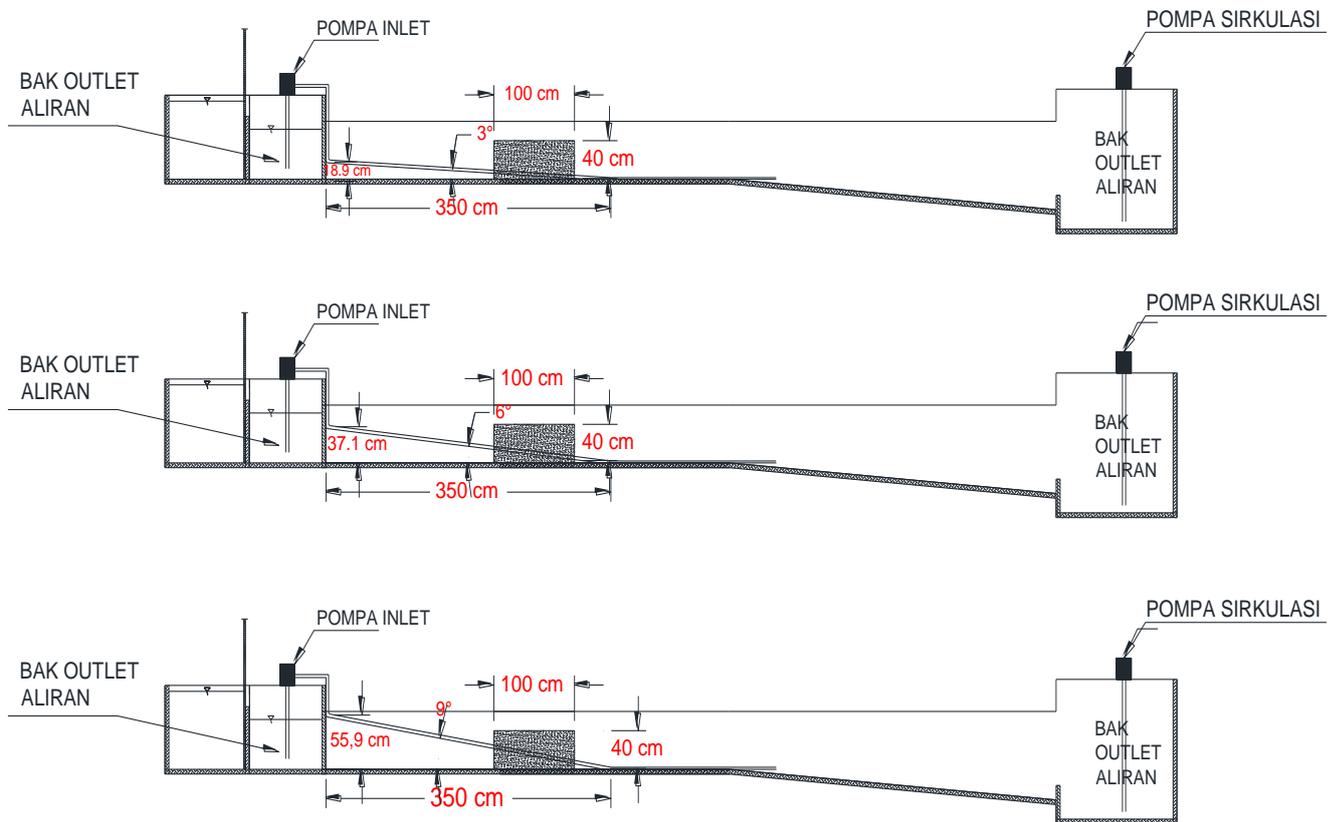
3. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam dalam penelitian ini adalah :

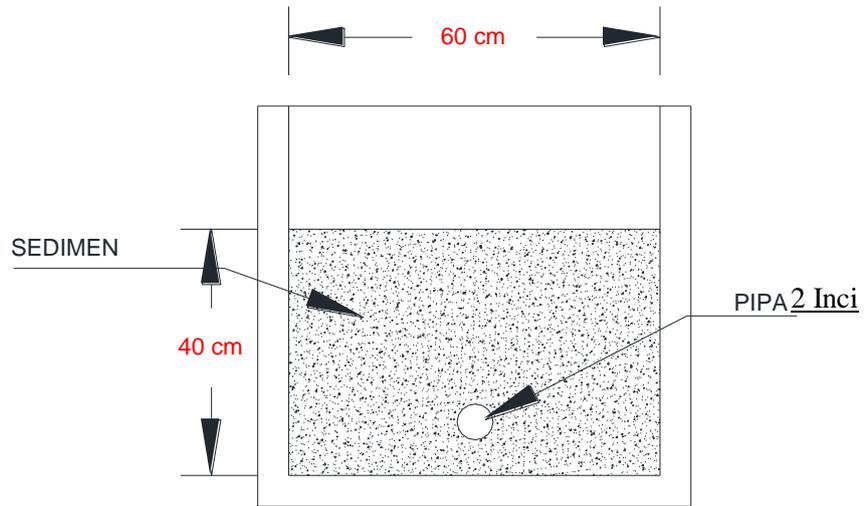
- 1) Persiapan area pembuatan model di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- 2) Persiapan alat dan bahan yang digunakan selama penelitian.
- 3) Perancangan model (denah) untuk penelitian dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui konsep penelitian (*flushing conduit*) yang lebih jelas sehingga dalam pengujiannya dapat dilakukan.



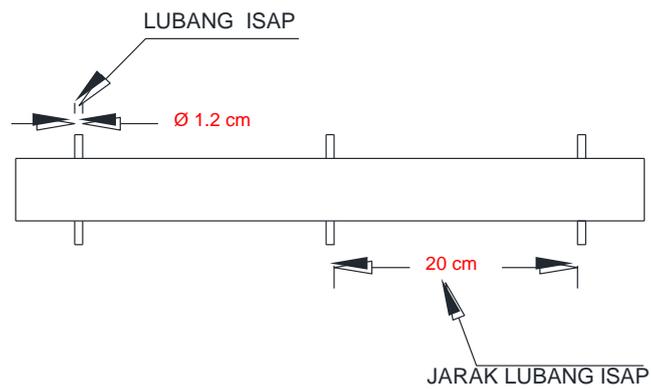
Gambar 7. Rancangan model *flushing conduit*



Gambar 8. Rancangan model *flushing Conduit* (potongan A-A)



Gambar 9. Rancangan model *flushing Conduit* (potongan B-B)



Gambar 10. Rancangan model Pipa Isap

- 4) Alat dan bahan disusun serta dirangkai sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan dalam perancangan model.
- 5) Percobaan awal dilakukan untuk mengetahui kisaran variabel dan kemampuan alat. Selanjutnya dilakukan running atau pengujian sesuai dengan variasi yang direncanakan.
- 6) Menjalankan pompa air dengan mengalirkan air dan sedimen dalam pipa sesuai debit dan ketebalan sedimen yang ditentukan.
- 7) Pengamatan kondisi sedimen dimulai terhisap sedimen dan menjalankan stop watch untuk mencatat waktu dan membaca tekanan yang terjadi.
- 8) Dari hasil percobaan harus dicatat adalah waktu (T), tekanan serta volume sedimen yang tergelontor.
- 9) Setelah variasi dan pembacaan tekanan selesai, selanjutnya mengukur besarnya sedimen yang tergelontor.
- 10) Hasil pengukuran sedimen yang tergelontor menjadi data jumlah sedimen endapan yang tergelontor.
- 11) Prosedur ini dilakukan dengan beberapa kali percobaan dimulai dari kemiringan pipa 3° , 6° , dan 9° untuk dijadikan bahan perbandingan.

4. Perencanaan dan Pembuatan Model

Pembuatan model dilakukan setelah adanya rancangan yang telah dibuat, yang terdiri dari:

- a) Bak penampungan (bagian hulu dan hilir)
- b) Pipa isap

- c) Pompa air 2
- d) Pintu pengatur debit
- e) Ketinggian sedimen
- f) Variasi kemiringan pipa Flushing (3° , 6° , dan 9°)

5. Pengambilan Data

Hal penting dalam penelitian adalah pengambilan data. Pada dasarnya data yang diambil adalah data yang akan digunakan sebagai parameter dalam analisa. Data-data yang telah diukur saat penelitian berjalan, langsung dapat di input pada tabel format pengambilan data.

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*.

- a) Data sebelum perlakuan antara lain : Konfigurasi awal dari penampang pipa mulai dari panjang pipa (L), diameter pipa (Df), spasi lubang (a), tebal sedimen (db) dan kemiringan pipa *flushing* (I).
- b) Data saat perlakuan yang perlu dicatat adalah : Debit air Q (m³/dtk), Kecepatan aliran (m/dtk) diukur dengan menggunakan pitot, Waktu perlakuan (t) (menit) diukur dengan menggunakan stop watch, Tekanan (P) (kg/cm²) yang diukur dengan menggunakan manometer, serta volume gelontor (Vg) (m³) sedimen yang ditampung dalam suatu wadah berukuran 30x30 cm.

F. Analisa 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 kecepatan aliran pada tabung pitot digunakan, yaitu :

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

- 2) Untuk menghitung kecepatan aliran teoritis (V) digunakan persamaan (1), yaitu:

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

- 3) Untuk menghitung tekanan zat cair pada suatu titik dengan kedalaman h. Biasanya untuk mengukur tekanan atmosfer sebagai referensi, sehingga pada persamaan dibawah p_a adalah nol.

$$P = \gamma \cdot h + p_a$$

$$P = \rho \cdot h$$

Kemudian di sederhanakan menjadi (He) padapersamaan (2), yaitu:

$$He = \frac{P}{\gamma}$$

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

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

- 5) Untuk menghitung besar debit (Q) teoritis digunakan persamaan (4), yaitu :

$$Q = A \times V$$

- 6) Untuk menghitung kehilangan tinggi tekanan akibat gesek dalam pipa digunakan persamaan (5), yaitu :

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

- 7) Untuk menghitung kehilangan tinggi tekanan pada lubang isap digunakan persamaan (6), yaitu :

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

- 8) Untuk menghitung kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen digunakan persamaan (7), yaitu :

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

- 9) Untuk menghitung kehilangan tinggi tenaga total digunakan persamaan (8), yaitu :

$$H_t = H_l + H_m + H_{bc}$$

- 10) Untuk menghitung perubahan tinggi tekanan digunakan persamaan (9) :

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

G. Pelaksanaan Simulasi

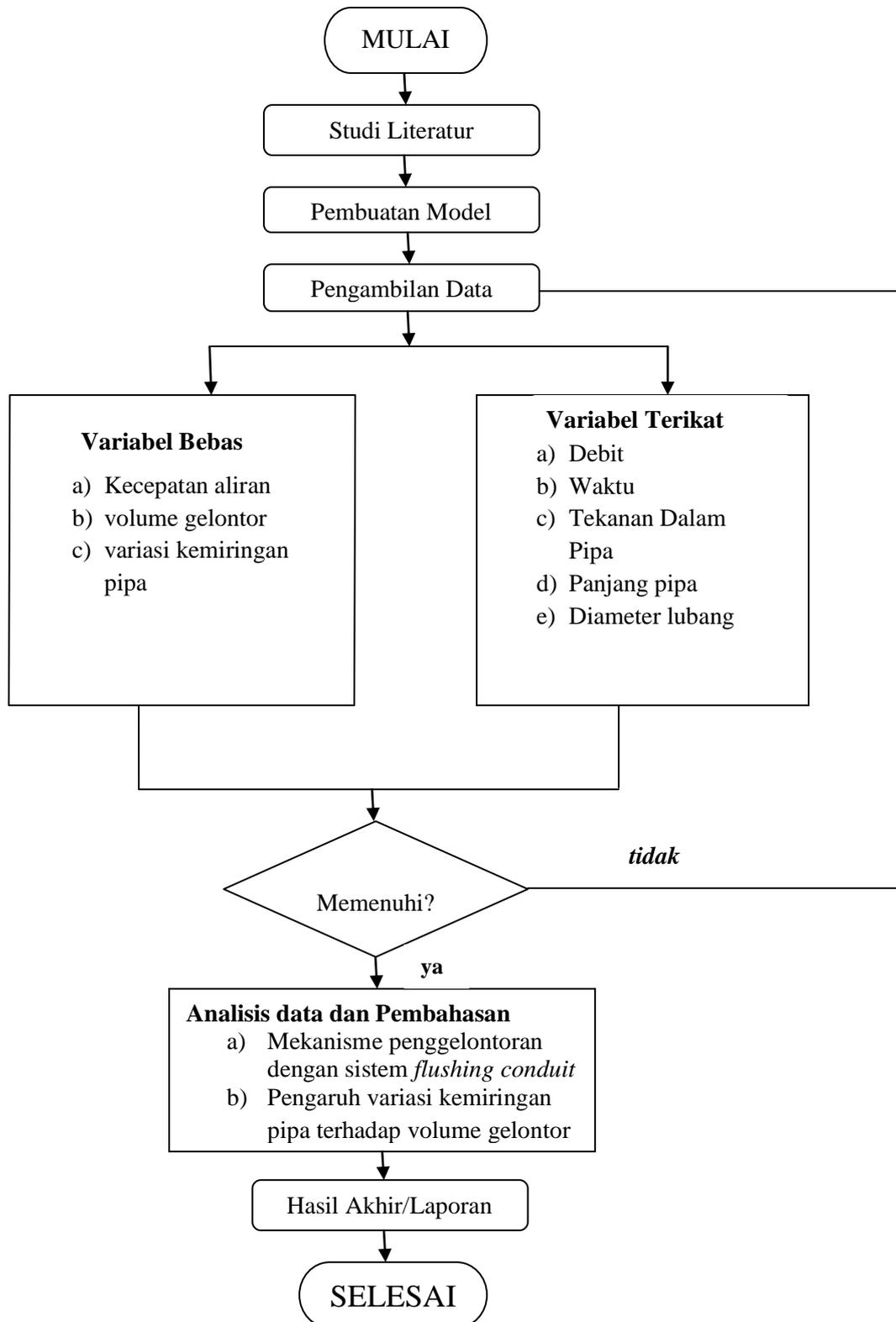
Pelaksanaan pengujian model, langkah-langkah pengujian adalah :

- 1) Disiapkan pipa PVC dengan ukuran 2 inci (4,8cm) flushing sepanjang 50cm. dengan jarak lubang 20 cm dan diameter lubang 12 mm. Pipa PVC 50cm dibuat lubang pipa isap sisi kiri dan kanan arah horizontal.

- 2) Melakukan penyaringan sedimen untuk mendapatkan klasifikasi sedimen yang akan digunakan dalam penelitian sesuai dengan hasil analisa saringan yang telah dilakukan sebelumnya.
- 3) Mengatur kemiringan pipa flushing didalam saluran sesuai dengan derajat yang telah di tentukan.
- 4) Masukkan sedimen ke dalam saluran dan dibuat dengan bentuk segi empat diatas pipa isap yang telah dimiringkan. Dimana tebal sedimen yang digunakan yaitu ($db = 40 \text{ cm}$).
- 5) Bak air untuk suplay diisi sesuai kebutuhan penelitian yang cukup untuk sirkulasi air.
- 6) 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.
- 7) Percobaan dilakukan dengan menggunakan ketebalan sedimen ($db = 40 \text{ cm}$). percobaan dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing debit penghisapan yang telah diatur sesuai sudut bukan gate. untuk mendapatkan debit penghisapan dan tekanan kejut dilakukan dengan cara memutar-menutup gate dengan sudut yang berbeda.
- 8) Pengamatan kondisi sedimen dimulai terhisap sedimen dan menjalankan stopwatch sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dan membaca tekanan pada manometer, tinggi air pada pitot.
- 9) Data hasil percobaan yang harus dicatat adalah tekanan pada manometer, tinggi air pada pitot dan volume sedimen tergelontor.

- 10) Hasil pengukuran sedimen yang tergelontor di ambil dari saringan penadah sedimen dan di masukan pada wadah pengukur dengan volume wadah = 0.027 m^3 . Setelah itu catat hasil pengukuran sedimen yang tergelontor pada wadah pengukuran.
- 11) Tahapan dari point (1) sampai dengan (10) menjadi tahapan simulasi selama dilaksanakannya penelitian. Selanjutnya tahapan ini diulang dengan variasi kemiringan pipa flushing sebanyak 3 kali sehingga data penelitian cukup sejumlah 81 data.

G. Flow chart Penelitian



Gambar 11. Flow chart penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

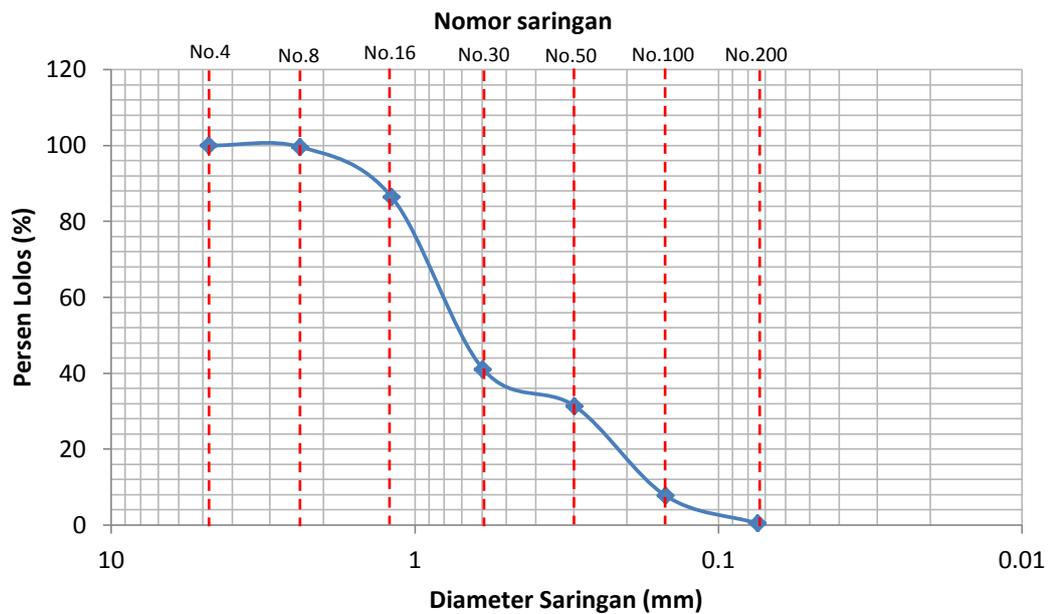
B. Klasifikasi Ukuran Butir Material Sedimen

Klasifikasi material Sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah butiran pasir jeneberang, dengan hasil pemeriksaan ukuran butir dengan uji saringan dan gradasi ukuran butir yang disajikan pada tabel 3 dan gambar 12 berikut:

Tabel : 3. analisa saringan butir pasir sedimen

Saringan (No)	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,76	4	4	0,4	99,6
8	2,38	73	77	7,7	92,3
16	1,19	236	313	31,3	68,7
30	0,595	97	410	41	59
50	0,297	453	863	86,3	13,7
100	0,149	133	996	99,6	0,4
200	0,074	4	1000	100	0
Pan	-	0	1000	100	0

Pada tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan analisa saringan pada sedimen yang digunakan dengan sampel berat kumulatif/total sedimen sebelum di saring adalah 1000 gram. Pada pengujian tersebut di peroleh data hasil uji saringan dari berbagai no saringan yang digunakan, yaitu berat (gram) tertahan yang ada pada setiap no saringan. hasil data yang akan diambil untuk menentukan karakteristik diameter butiran sedimen adalah no saringan yang memiliki berat (gram) tertahan yang besar. Dimana no saringan 30 dan 50 yang menunjukkan berat (gram) tertahan yang lebih besar.



Gambar 12. Gradasi ukuran butiran sedimen (sampel)

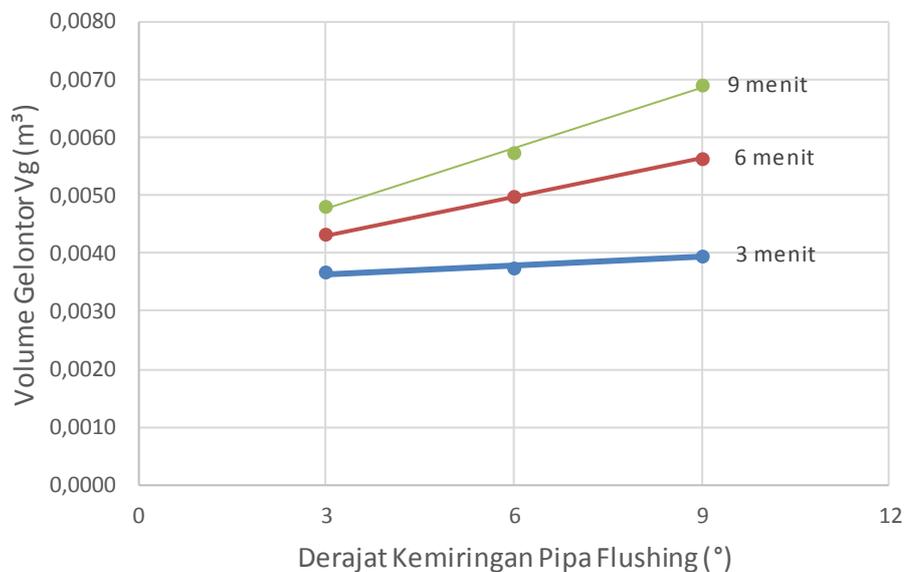
Berdasarkan diameter sedimen yang didapatkan dari hasil analisa saringan, maka sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah termasuk pasir sedang berdasarkan klasifikasi ukuran butir sedimen menurut skala Wentworth. Dimana diameter partikel pasir sedang berada diantara (0,25 mm – 0,5 mm).

C. Pengaruh variasi kemiringan terhadap volume gelontor

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat di simpulkan bahwa Pengaruh kemiringan adalah salah satu faktor yang mempegaruhi jumlah sedimen yang tergelontor dalam proses pengurusan metode *flushing conduit*, Maka dibuat kajian hubungan kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor V_g (m^3) pada nilai spasi lubang (a), diameter lubang (D), bukaan katup yang sama, terlihat pada pada gambar dan tabel berikut:

Tabel : 4 Hubungan antara kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor.
 $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Kemiringan pipa (°)	Waktu (t) (menit)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	3	3	0.0037
2		6	0.0043
3		9	0.0048
4	6	3	0.0038
5		6	0.0050
6		9	0.0057
7	9	3	0.0040
8		6	0.0056
9		9	0.0069

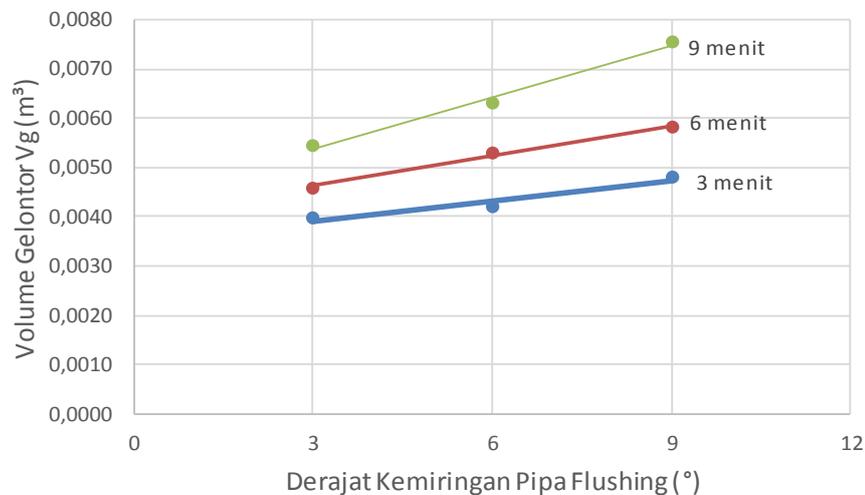


Gambar 13. Hubungan antara kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor (m^3) pada $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 13 menunjukkan bahwa semakin kecil kemiringan pipa *flushing* maka volume gelontor V_g (m^3) juga semakin kecil. Seperti yang terlihat pada kemiringan 3° pada menit ke-3 volume sedimen yang tergelontor adalah 0.0048 m^3 . Hal ini diperkirakan di pengaruhi oleh berubahnya kecepatan aliran sehingga butiran sedimen yang masuk kedalam pipa isap juga berubah sesuai kemiringan.

Tabel : 5 Hubungan antara kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor.
 $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Kemiringan pipa (°)	Waktu (t) (menit)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	3	3	0.0040
2		6	0.0046
3		9	0.0054
4	6	3	0.0041
5		6	0.0053
6		9	0.0061
7	9	3	0.0048
8		6	0.0058
9		9	0.0076

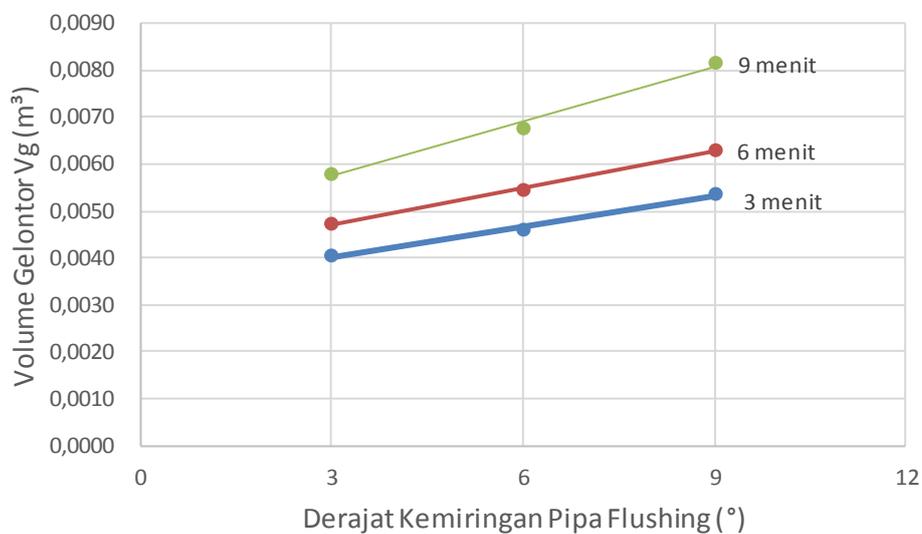


Gambar 14. Hubungan antara kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor (m^3) pada $Q_2=0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 14 menunjukkan bahwa kemiringan pipa *flushing* mempengaruhi jumlah sedimen yang tergelontor V_g (m^3). Seperti pada kemiringan 3° dimana volume penggelontoran V_g (m^3) belum efektif untuk mengusik tebal sedimen dibandingkan dengan kemiringan pipa *flushing* yang lain. kinerja *flushing conduit* pada pada kemiringan 9° relative bagus yang dalam artian menunjukkan volume penggelontoran yg signifikan diwaktu yang sama seperti pada menit ke-9 dimana volume sedimen yang tergelontor adalah 0.0076 m^3 .

Tabel : 6 Hubungan antara kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor.
 $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Kemiringan pipa (°)	Waktu (t) (menit)	Volume gelontor Vg (m ³)
1	3	3	0.0041
2		6	0.0047
3		9	0.0059
4	6	3	0.0046
5		6	0.0055
6		9	0.0067
7	9	3	0.0054
8		6	0.0063
9		9	0.0082



Gambar 15. Hubungan antara kemiringan pipa *flushing* terhadap volume gelontor (m³) pada $Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 15 menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan pipa *flushing conduit*, maka semakin besar volume penggelontoran sedimen Vg (m³) pada nilai debit ($Q_3 = 0,0079 \text{ m}^3/\text{dtk}$). Hal ini dipengaruhi karena bertambahnya kecepatan aliran (V) akibat berubahnya sudut kemiringan pipa *flushing conduit*.

Kenaikan volume sedimen yang tergelontor dipengaruhi oleh besar sudut kemiringan pipa *flushing* yang di gunakan, yaitu 3°, 6°, dan 9°.

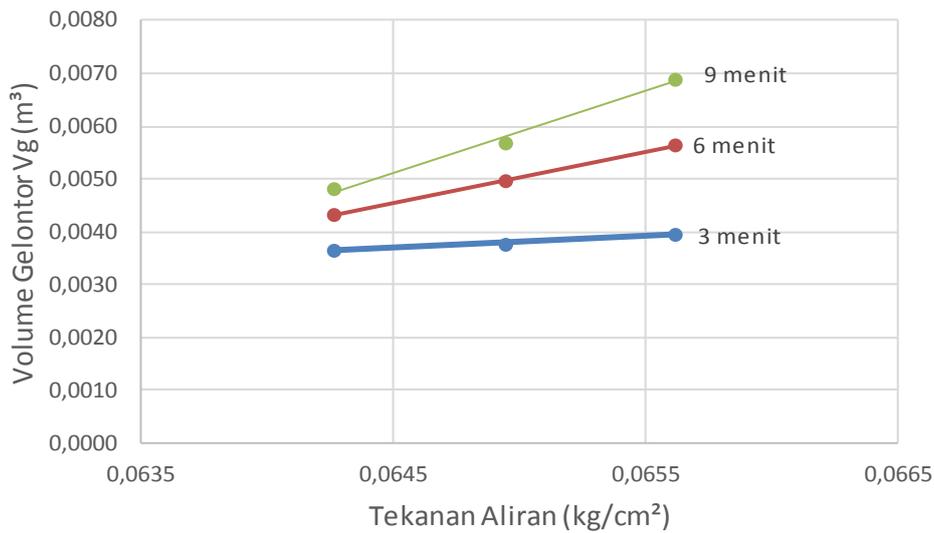
D. Hubungan Tekanan aliran terhadap Volume Gelontor

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa Pengaruh Tekanan aliran (P) adalah salah satu faktor yang mempegaruhi berubahnya Volume Penggelontoran V_g (m^3) yang terjadi di dalam pipa.

Pengaruh hubungan Tekanan aliran (P) dengan Volume Gelontor V_g (m^3) menunjukkan bahwa semakin tinggi Tekanan aliran (P) didalam pipa terlihat volume gelontor V_g (m^3) yang terjadi juga semakin besar. Diperkirakan dipengaruhi oleh bertambahnya tekanan aliran yang cukup signifikan, seperti pada tabel dan gambar berikut.

Tabel : 7. Hubungan antara Tekanan aliran (P) terhadap volume gelontor V_g (m^3).
 $Q_1 = 0,0030 m^3/dtk$

No	Tekanan aliran (P) (kg/cm ²)	Waktu (t) (menit)	Volume Penggelontoran V_g (m^3)
1	0.06426	3	0.0037
2		6	0.0043
3		9	0.0048
4	0.06494	3	0.0038
5		6	0.0050
6		9	0.0057
7	0.06562	3	0.0040
8		6	0.0056
9		9	0.0069

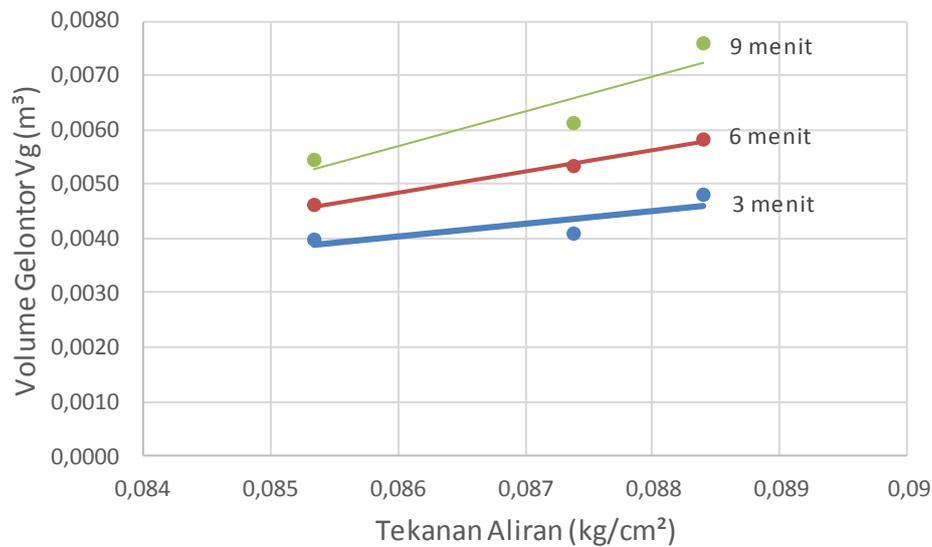


Gambar 16. Hubungan antara Tekanan aliran (P) terhadap Volume Gelontor Vg (m³) untuk Q₁

Gambar 16 menunjukkan bahwa pengaruh hubungan Tekanan aliran (P) terhadap volume penggelontoran Vg (m³). Dimana pengujian tersebut terlihat bahwa data yang diperoleh dengan beberapa nilai Tekanan aliran (P) menghasilkan volume gelontor Vg (m³) yang berbeda-beda seperti pada tekanan 0.06426 kg/cm² terlihat volume sedimen yang tergelontor pada menit ke-3 adalah 0.0037 m³.

Tabel : 8 Hubungan antara Tekanan aliran (P) terhadap volume gelontor Vg (m³).
Q₂ = 0,0051 m³/dtk

No	Tekanan aliran (P) (kg/cm ²)	Waktu (t) (menit)	Volume Penggelontoran Vg (m ³)
1	0.08534	3	0.0040
2		6	0.0046
3		9	0.0054
4	0.08738	3	0.0041
5		6	0.0053
6		9	0.0061
7	0.0884	3	0.0048
8		6	0.0058
9		9	0.0076

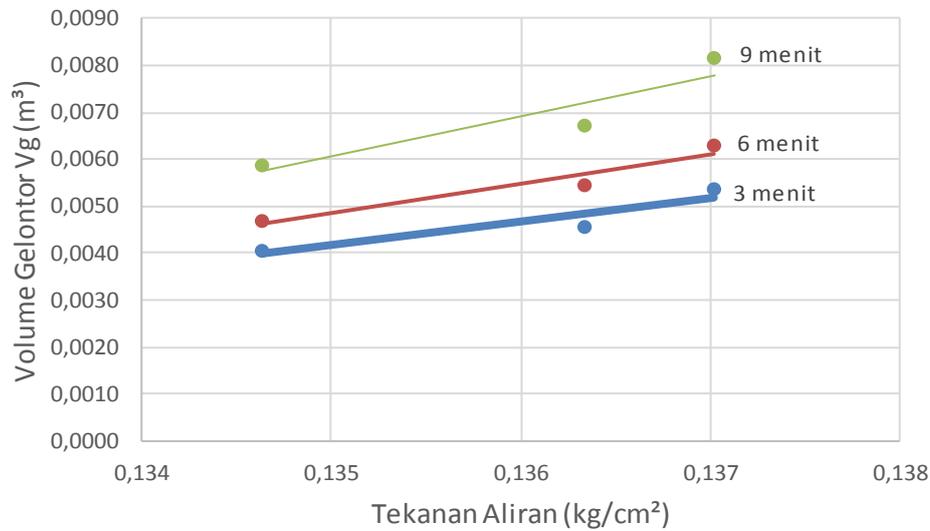


Gambar 17. Hubungan antara Tekanan aliran (P) terhadap volume gelontor Vg (m³). untuk Q₂

Gambar 17 menunjukkan bahwa pengaruh hubungan Tekanan aliran (P) dengan volume gelontor Vg (m³) pada Q₂=0,0051 m³/dtk bahwa semakin besar Tekanan aliran (P) aliran yang terjadi didalam pipa *flushing* maka terlihat volume gelontor Vg (m³) yang terjadi semakin besar juga.

Tabel : 9 Hubungan antara Tekanan aliran (P) terhadap volume gelontor Vg (m³) Q₃ = 0,0079 m³/dtk

No	Tekanan aliran (P) (kg/cm ²)	Waktu (t) (menit)	Volume Penggelontoran Vg (m ³)
1	0.13464	3	0.0041
2		6	0.0047
3		9	0.0059
4	0.13634	3	0.0046
5		6	0.0055
6		9	0.0067
7	0.13702	3	0.0054
8		6	0.0063
9		9	0.0082



Gambar 18. Hubungan antara Tekanan aliran (P) terhadap volume gelontor Vg (m³). untuk Q₃

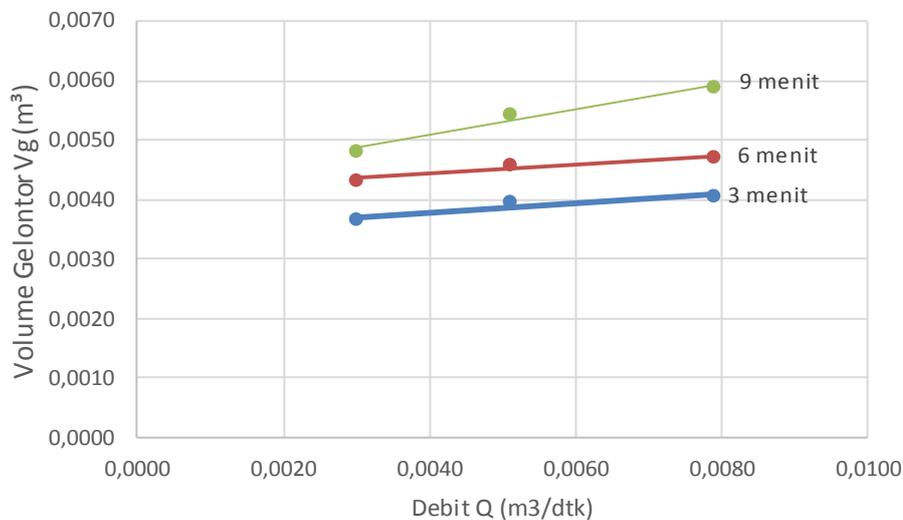
Gambar 18 menunjukkan bahwa semakin besar Tekanan aliran (P) yang terjadi pada pipa, maka semakin besar volume gelontor Vg pada nilai debit (Q₃ = 0.0079 m³) yang terjadi. Hal ini terlihat pada tekanan 0.13702 terjadi peningkatan volume gelontor Vg (m³) pada menit ke-9 yaitu 0.0082 m³ di dalam pipa dari besar tekanan lainnya.

E. Hubungan Antara Debit Aliran terhadap Volume Gelontor

Berdasarkan hasil uraian data-data yang telah di peroleh dari hasil pengujian *flushing conduit*, maka dibuat kajian pengaruh debit aliran (Q) terhadap volume penggelontoran Vg (m³) sedimen pada berbagai nilai debit (Q₁, Q₂, dan Q₃) dengan ketebalan sedimen 40 cm, diameter lubang 12 mm, jarak lubang 20 cm pada variasi waktu (t) (menit) 3, 6 dan 9 menit dapat dilihat gambar 19, 20 dan 21 berikut ini.

Tabel : 10 Hubungan antara Debit aliran (Q) terhadap Volume Gelontor V_g (m^3).
Kemiringan 3°

No	Debit aliran (Q) (m^3/dtk)		Waktu (t) (menit)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	Q1	0.0030	3	0.0037
2			6	0.0043
3			9	0.0048
4	Q2	0.0051	3	0.0040
5			6	0.0046
6			9	0.0054
7	Q3	0.0079	3	0.0041
8			6	0.0047
9			9	0.0059

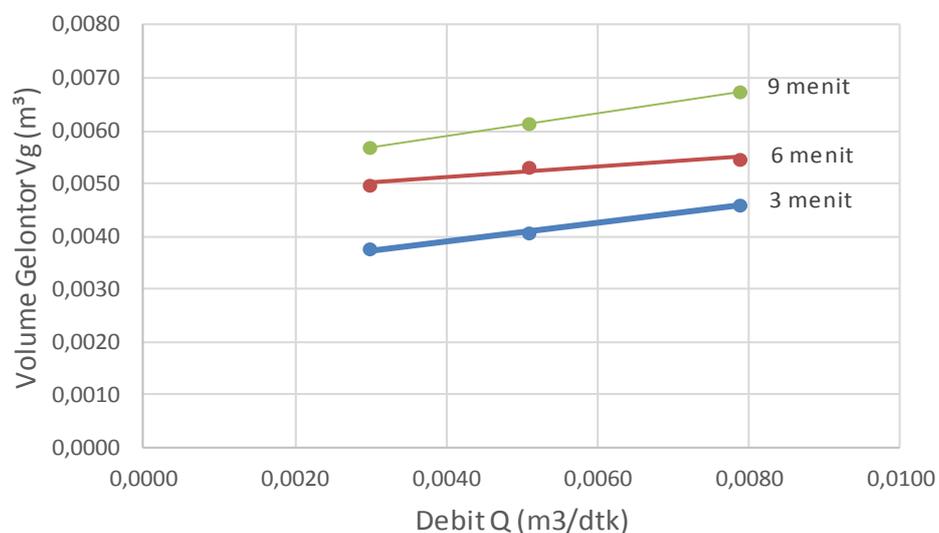


Gambar 19. Hubungan antara Debit aliran (Q) terhadap volume penggelontoran V_g (m^3) untuk kemiringan 3°

Gambar 19 menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran (Q) dalam *flushing conduit*, maka semakin besar volume gelontoran V_g (m^3) sedimen yang terjadi pada nilai debit ($Q_1 = 0.0030 m^3/dtk$). Hal ini dipengaruhi oleh besar tekanan penghisapan (P) dan kecepatan aliran yang terjadi dalam pipa *flushing conduit*. Besar debit aliran (Q) diperoleh dari berapa besar sudut putaran gate valve yang digunakan.

Tabel : 11 Hubungan antara debit aliran (Q) terhadap volume penggelontoran V_g (m^3). Pada kemiringan pipa 6°

No	Debit aliran (Q) (m^3/dtk)		Waktu (t) (menit)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	Q1	0.0030	3	0.0038
2			6	0.0050
3			9	0.0057
4	Q2	0.0051	3	0.0041
5			6	0.0053
6			9	0.0061
7	Q3	0.0079	3	0.0046
8			6	0.0055
9			9	0.0067

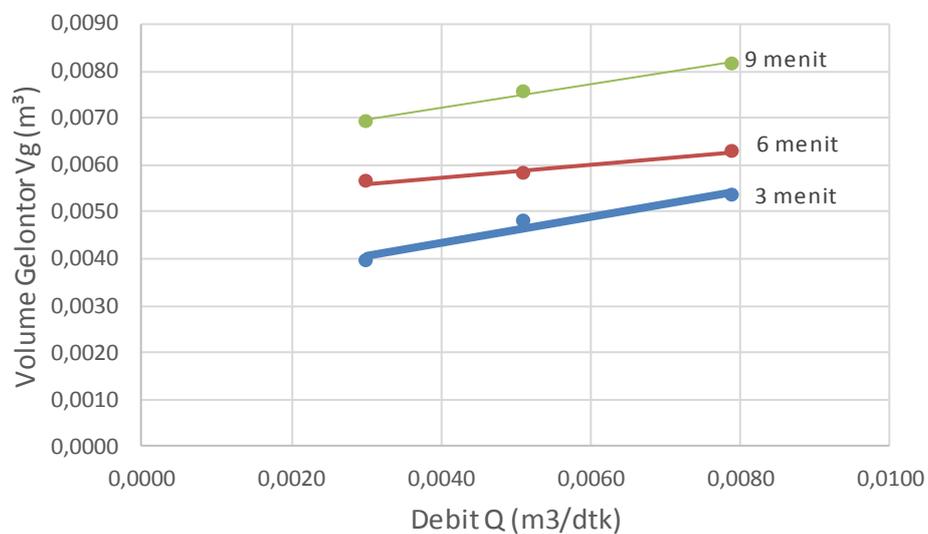


Gambar 20. Hubungan antara debit aliran (Q) terhadap volume penggelontoran V_g (m^3) untuk kemiringan 6°

Gambar 20 menunjukkan bahwa pengaruh hubungan debit aliran (Q) dengan volume penggelontoran V_g (m^3) bahwa semakin besar debit aliran (Q) yang mengalir maka terlihat volume penggelontoran V_g (m^3) semakin besar juga.

Tabel : 12 Hubungan antara debit aliran (Q) terhadap volume penggelontoran V_g (m^3). Pada kemiringan 9°

No	Debit aliran (Q) (m^3/dtk)		Waktu (t) (menit)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	Q1	0.0030	3	0.0040
2			6	0.0056
3			9	0.0069
4	Q2	0.0051	3	0.0048
5			6	0.0058
6			9	0.0076
7	Q3	0.0079	3	0.0054
8			6	0.0063
9			9	0.0082



Gambar 21. Hubungan antara debit terhadap volume penggelontoran V_g (m^3) untuk kemiringan 9°

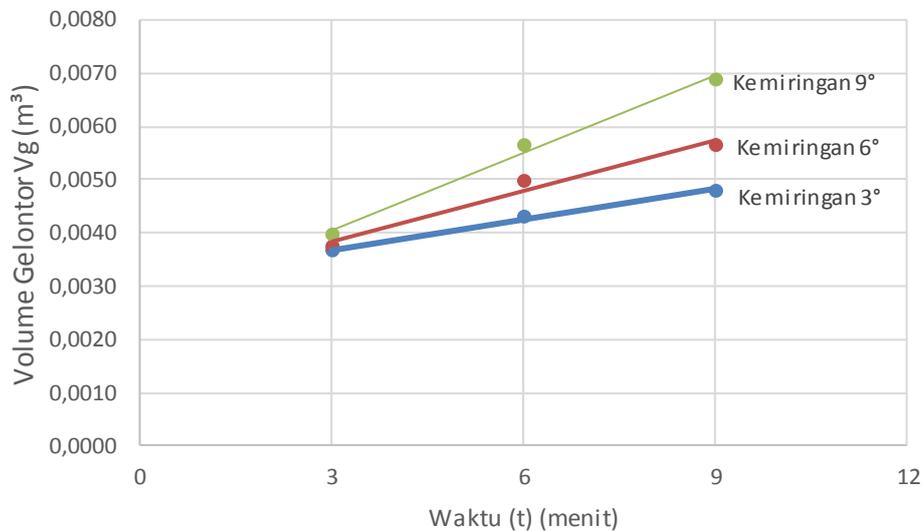
Gambar 21 menunjukkan bahwa debit aliran (Q) yang telah di tentukan sangat mempengaruhi volume penggelontoran V_g (m^3). Hal ini terlihat pada variasi debit Q1, Q2, dan Q3 dimana pada debit Q3 = 0.0079 m^3/dtk terjadi peningkatan volume gelontor V_g (m^3) yang lebih besar dari debit aliran (Q) lainnya.

F. Hubungan Waktu terhadap Volume Gelontor

Pengaruh hubungan waktu (t) (menit) dengan Volume Gelontor V_g (m^3) menunjukkan bahwa semakin lama waktu (t) (menit) yang digunakan dalam proses pengaliran terlihat volume gelontor V_g (m^3) yang terjadi juga semakin besar. seperti pada tabel dan gambar berikut.

Tabel : 13.Hubungan antara waktu (t) (menit) terhadap volume gelontor V_g (m^3).
 $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Waktu (t) (menit)	Kemiringan ($^\circ$)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	3	3	0,0037
2		6	0,0038
3		9	0,0040
4	6	3	0,0043
5		6	0,0050
6		9	0,0056
7	9	3	0,0048
8		6	0,0057
9		9	0,0069



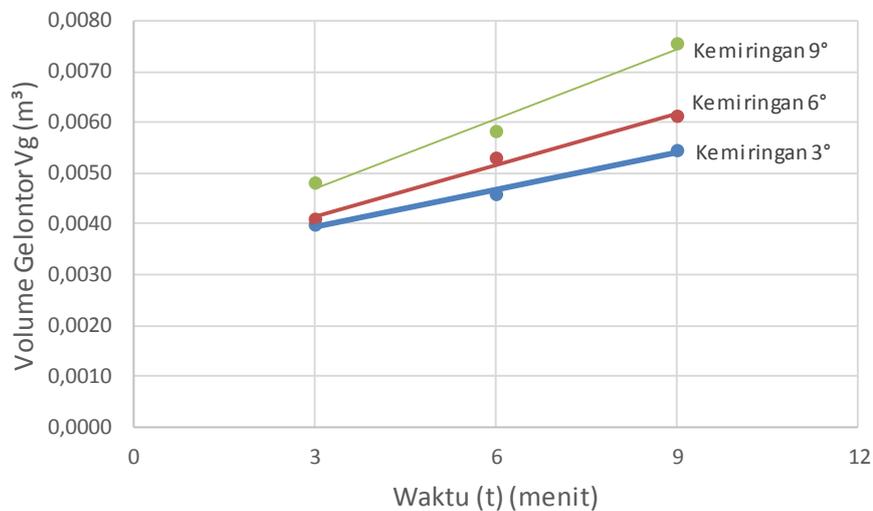
Gambar 22.Hubungan antara waktu (t) (menit) terhadap Volume Gelontor V_g (m^3) untuk $Q_1 = 0,0030 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 22 menunjukkan bahwa pengaruh hubungan waktu (t) (menit) terhadap volume penggelontoran V_g (m^3). Dimana pengujian tersebut terlihat

bahwa data yang diperoleh dengan beberapa variasi waktu (t) (menit) menghasilkan volume gelontor V_g (m^3) yang berbeda-beda.

Tabel : 14 Hubungan antara waktu (t) (menit) terhadap volume gelontor V_g (m^3).
 $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Waktu (t) (menit)	Kemiringan ($^\circ$)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	3	3	0,0040
2		6	0,0041
3		9	0,0048
4	6	3	0,0046
5		6	0,0053
6		9	0,0058
7	9	3	0,0054
8		6	0,0061
9		9	0,0076

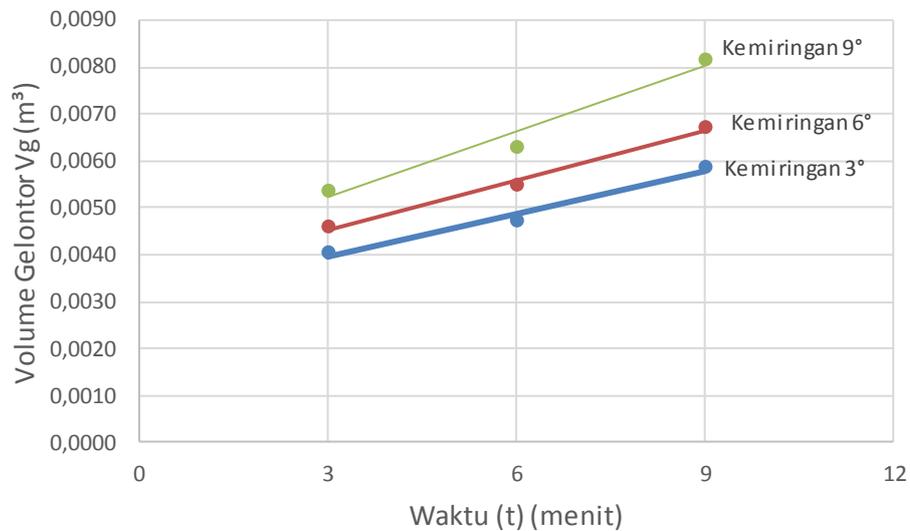


Gambar 23. Hubungan antara waktu (t) (menit) terhadap volume gelontor V_g (m^3). untuk $Q_2 = 0,0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Gambar 23 menunjukkan bahwa pengaruh hubungan waktu (t) (menit) dengan volume gelontor V_g (m^3) bahwa semakin lama waktu (t) (menit) pengaliran yang terjadi didalam pipa *flushing* maka terlihat volume gelontor V_g (m^3) yang terjadi semakin besar juga. Hal ini terlihat pada pada kemiringan 9° pada waktu 9 menit bahwa volume sedimen tergelontor adalah 0.0076 m^3 .

Tabel : 15 Hubungan antara waktu (t) (menit) terhadap volume gelontor V_g (m^3).
 $Q_3 = 0,0079 m^3/dtk$

No	Waktu (t) (menit)	Kemiringan ($^\circ$)	Volume gelontor V_g (m^3)
1	3	3	0,0041
2		6	0,0046
3		9	0,0054
4	6	3	0,0047
5		6	0,0055
6		9	0,0063
7	9	3	0,0059
8		6	0,0067
9		9	0,0082

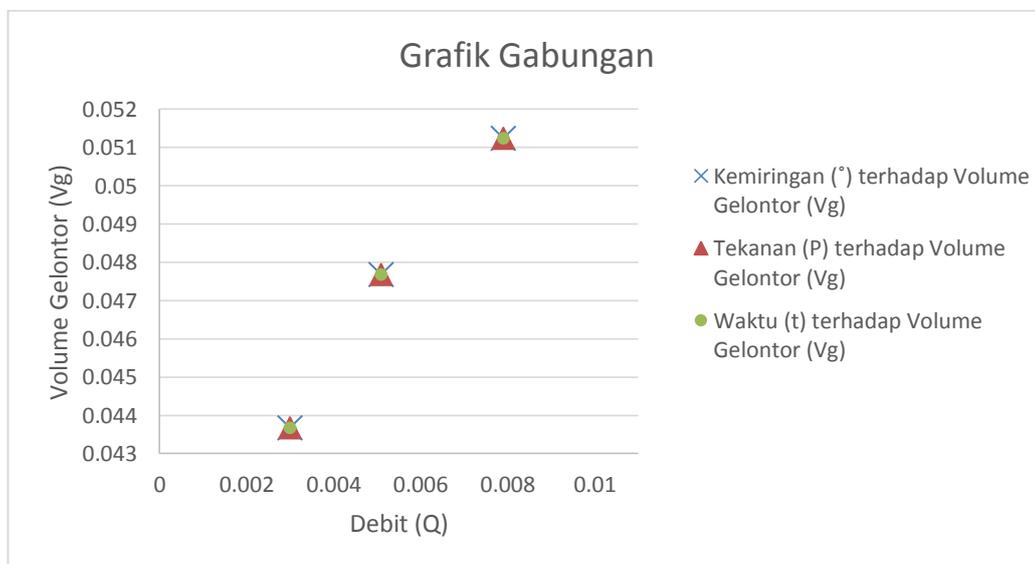


Gambar 24. Hubungan antara waktu (t) (menit) terhadap volume gelontor V_g (m^3). untuk $Q_3 = 0,0079 m^3/dtk$

Gambar 24 menunjukkan bahwa waktu (t) (menit) pengaliran yang terjadi pada pipa sangat mempengaruhi besar volume gelontor V_g (m^3) yang dihasilkan. Hal ini terlihat pada waktu (t) menit ke-9 terjadi peningkatan volume sedimen yang tergelontor V_g (m^3) yaitu 0.0082 m^3 karena lamanya proses pengaliran.

Tabel : 16 Gabungan antara variabel yang berpengaruh

Hubungan		Total Volume Gelontor
Kemiringan (°) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q1	0.0437
Kemiringan (°) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q2	0.0477
Kemiringan (°) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q3	0.0512
Tekanan (P) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q1	0.0437
Tekanan (P) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q2	0.0477
Tekanan (P) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q3	0.0512
Waktu (t) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q1	0.0437
Waktu (t) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q2	0.0477
Waktu (t) terhadap Volume Gelontor (Vg)	Q3	0.0512



Gambar 25. Gabungan antara beberapa variabel yang berpengaruh

Berdasarkan hasil data grafik gabungan antara beberapa variabel yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa Pengaruh Debit (Q) adalah faktor yang mempengaruhi berubahnya Volume Penggelontoran V_g (m^3) pada beberapa variabel hubungan lainnya. Terlihat pada Debit $Q_3 = 0.0079$ m^3/dtk hubungan antara kemiringan pipa *flushing* (I), tekanan (P) dan waktu (t) terhadap volume penggelontoran (Vg) adalah yang tertinggi antara Debit (Q) lainnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Semakin miring Pipa *flushing conduit* maka volume penggelontoran V_g (m³) semakin besar dimana volume penggelontoran tertinggi berada pada kemiringan 9°.
- 2) Semakin Besar tekanan aliran yang terjadi di dalam pipa juga mempengaruhi besarnya volume penggelontoran sedimen (V_g) (m³).
- 3) Lamanya waktu yang digunakan dalam proses penggelontoran juga mempengaruhi besarnya volume sedimen yang tergelontor.

B. Saran

- 1) Penelitian tentang penggelontoran sedimen dengan sistem *flushing conduit* perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan beberapa variasi model lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan akurat.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya sudut kemiringan pipa *flushing conduit* perlu ditambah untuk memperoleh data yang lebih banyak sehingga bisa menjadi perbandingan terhadap penelitian-penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Hafil Gusni Santana (2014). *Evaluasi Laju Sedimentasi pada Waduk Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat*. Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor.
- Alimuddin L,Aisyah. (2012). *Pendugaan Sedimentasi pada DAS Mamasa di Kab. Mamasa Propinsi Sulawesi Selatan*. Fakultas Pertanian Unhas. Makassar
- Amrullah. (2010). *Studi Kinerja Flushing Conduit Sebagai Alat Penguras Endapan Sedimen Muara Dengan Experimen Laboratorium*. Program Pascasarjana Universitas hasanuddin. Makassar
- Amrullah Mansida, 2011. *Studi kinerja Flushing Conduit sebagai penguras sedimen, Uji Eksperimental*
- Asdak, Chay. (2010). *Hidrologi dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai:Edisi Revisi Kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press Yogyakarta
- Bambang Triatmodjo, 1996, *Hidraulika I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Biksono, Damawidjaya. (2006). *Karakteristik Dan Visualisasi Aliran Dua Fasa Pada Pipa Spiral*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Cimahi-Bandung
- Hakim, Fajar Aldoko. (2016). *Analisis Sebaran Sedimentan Efektifitas Tampungan Menggunakan Teknik Interpolasi Ruang (Studi Kasus Penggelontoran Waduk Wlingi Dan Waduk Lodoyo*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang
- Hakim, Siti Riskayanti. (2015). *Studi Laju Sedimentasi Waduk Bili-Bili Pasca Pengembangan Bangunan Penahan Sedimen*. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar
- Ismali, Ahmad Ghufron. (2012). *Analisis Angkutan Sedimen Bengawan Solo Ruas Serenan-Cepu*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Kasiro. (1997). *Berkurangnya kapasitas waduk karena sedimentasi* (Mays et al., 992).
- Krisetyana, Hari. (2008). *Tingkat Efisiensi Penggelontoran Endapan Sedimen Di Waduk PLTA PB. Sudirman*. Program Pasca Sarjana Megister Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang
- Kurnia, Abdullah Arif. 2015. *Pola Perubahan Ketersediaan Air Waduk Menggunakan Citra Landsat*. Malang : IPB

- Lubis, Astika Murni. (2016). *Analisis Sedimentasi Sungai Way Besar*. Fakultas Teknik Universitas Lampung
- Mardjikoen, P., 1987, *Angkutan Sedimen*, PAU-IT UGM, Yogyakarta.
- Muchsin. Dan Subgyo, Rachmat. (2011). *Kaji Eksperimental Koefisien Kerugian Pada Percabangan Pipa Dengan Sudut 45°, 60° dan 90°*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako
- Sinatala, Arsyad. (2010). *Edisi kedua: konservasi tanah dan air*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Sudaryono (2002). *Pengelolaan Daerah aliran sungai (DAS) Terpadu, Konsep pembangunan berkelanjutan*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.3, No. 2, Mei 2002: 153-158
- Suroso. Dan Wahyu Widiyanto. (2009). *Model Pengendalian Sedimentasi Waduk Mrica Dengan Fluidasi*. Program Studi Teknik Sipil Unsoed. Purwokerto Indonesia
- Teguh Marhendi (2013). *Strategi Pengelolaan Sedimenyasi Waduk*. Program Studi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- Thaha, A 2006. *Sistem Fluidasi Untuk Rekayasa Pemeliharaan Alur*. Disertasi. Program Pasca Sarjana-UGM. Yogyakarta.
- Thaha, A Triadmaja R. 2007. *Prospek penerapan fluidasi untuk pemeliharaan muara sungai Di Indonesia*. Jurnal PIT HATHI XXIV. Makassar.
- Thaha, A. (2006). *Sistem Fluidasi Untuk Rekayasa Pemeliharaan Alur*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Triatmada, R., 2009. *Hidrolika Sistem Perpipaan Air Minum*. Beta offset. Yogyakarta.
- Wijaya, Khamid. (2011). *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Gung Hulu Terhadap Debit Sungai Gung Kabupaten Tegal*. Universitas Negeri Semarang.
- Victor L. Streeter, E. Benjamin Wylie. (1985). *Mekanika Fluida*, Jilid 1. Halaman. 413

Lampiran 1. Format pengambilan data yang dibutuhkan pada saat penelitian dengan $Q_1 = 0.0030\text{m}^3/\text{dtk}$.

NO	Debit (Q) m ³ /dt	Waktu (t) (menit)	Kemiringan pipa (°)	Jarak Lubang (a) (cm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa (L) (m)	Sudut Putaran Gate (°)	Volume Gelontor (V _g) (m ³)	Pengukuran Tekanan (kg/cm ²)	Pitot (cm)	Kecepatan Aliran (V) (m/dtk)
								V _g	P	h	V
1	0.0030	3	3°	20	40	0.5	45	0.0037	0.06426	11.0000	1.4681
2											
3											
4			6°					0.0038	0.06494	11.6667	1.5107
5											
6											
7			9°					0.0040	0.06562	12.3333	1.5544
8											
9											
10		6	3°					0.0043	0.06426	11.0000	1.4681
11											
12											
13			6°					0.0050	0.06494	11.6667	1.5107
14											
15											
16			9°					0.0056	0.06562	12.3333	1.5544
17											
18											
19		9	3°					0.0048	0.06426	11.0000	1.4681
20											
21											
22			6°					0.0057	0.06494	11.6667	1.5107
23											
24											
25			9°					0.0069	0.06562	12.3333	1.5544
26											
27											

Sumber data : Hasil penelitian

Lampiran 2. Format pengambilan data yang dibutuhkan pada saat penelitian dengan $Q_2 = 0.0051 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

NO	Debit (Q) m ³ /dt	Waktu (t) (menit)	Kemiringan pipa (°)	Jarak Lubang (a) (cm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa (L) (m)	Sudut Putaran Gate (°)	Volume Gelontor (Vg) (m ³)	Pengukuran Tekanan (kg/cm ²)	Pitot (cm)	Kecepatan Aliran (V) (m/dtk)
								Vg	P	h	V
1	0.0051	3	3°	20	40	0.5	60	0.0040	0.08534	31.6667	2.4921
2											
3											
4			6°					0.0041	0.08738	33.6667	2.5700
5											
6											
7			9°					0.0048	0.08840	34.6667	2.6079
8											
9											
10		6	3°					0.0046	0.08534	31.6667	2.4921
11											
12											
13			6°					0.0053	0.08738	33.6667	2.5700
14											
15											
16			9°					0.0058	0.08840	34.6667	2.6079
17											
18											
19		9	3°					0.0054	0.08534	31.6667	2.4921
20											
21											
22			6°					0.0061	0.08738	33.6667	2.5700
23											
24											
25			9°					0.0076	0.08840	34.6667	2.6079
26											
27											

Sumber data : Hasil penelitian

Lampiran 3. Format pengambilan data yang dibutuhkan pada saat penelitian dengan $Q_3 = 0.0078\text{m}^3/\text{dtk}$.

NO	Debit (Q) m ³ /dt	Waktu (t) (menit)	Kemiringan pipa (°)	Jarak Lubang (a) (cm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa (L) (m)	Sudut Putaran Gate (°)	Volume Gelontor (Vg) (m ³)	Pengukuran Tekanan (kg/cm ²)	Pitot (cm)	Kecepatan Aliran (V) (m/dtk)				
								Vg	P	h	V				
1	0.0079	3	3°	20	40	0.5	90	0.0041	0.13464	80.0000	3.9617				
2															
3															
4			6°												
5															
6															
7			9°												
8															
9															
10		6	3°					20	40	0.5	90	0.0047	0.13464	80.0000	3.9617
11															
12															
13			6°												
14															
15															
16			9°												
17															
18															
19		9	3°					20	40	0.5	90	0.0059	0.13464	80.0000	3.9617
20															
21															
22			6°												
23															
24															
25			9°												
26															
27															

Sumber data : Hasil penelitian

Lampiran 4. Perhitungan analisa data

a) Contoh perhitungan besar debit teoritis

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0.0019625 \times 1.4681 \\ &= 0.0029 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

b) Contoh perhitungan kecepatan aliran teoritis

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0.0029}{0.0019625} \\ &= 1.4681 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

c) Contoh perhitungan bilangan reynold

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times d}{\mu} \\ &= \frac{1.4681 \times 0.048}{0.000000824} \\ &= 85518.464 \end{aligned}$$

d) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tekanan akibat gesek dalam pipa

$$\begin{aligned} HL &= f \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \\ &= 0.013 \frac{0.5}{0.049} \cdot \frac{2.1552}{19.62} \\ &= 0.0149 \text{ m m} \end{aligned}$$

e) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tekanan pada lubang isap

$$Hm = Km \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0.06 \frac{2.1552}{19.62}$$

$$= 0.0066 \text{ m m}$$

f) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tenaga akibat lapisan sedimen

$$H_{bc} = db. (1 - \epsilon) \cdot \frac{P_s - p}{p}$$

$$= 40. (0.73) \cdot \frac{1832}{995.95}$$

$$= 53.7119 \text{ cm}$$

g) Contoh perhitungan kehilangan tinggi tenaga total

$$H_t = H_l + H_m + H_{bc}$$

$$= 0.0149 + 0.0066 + 53.7119$$

$$= 55.8585 \text{ cm}$$

h) Contoh perhitungan tekanan pada suatu titik

$$H_e = \frac{P}{\gamma}$$

$$= \frac{0.06426}{0.000996} = 64.5181 \text{ cm}$$

i) Contoh perhitungan perubahan tinggi tekanan

$$h - h_0 = H_e - H_t$$

$$= 64.5181 - 55.8585$$

$$= 8.6595 \text{ cm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya bisa dilihat pada table lampiran 5

Lampiran 5. Tabel Analisa Data Untuk Q1 = 0.0030 m3/dtk

NO	Debit (Q) m3/dt	Waktu (t) (menit)	Kemiringan pipa (°)	Jarak Lubang (a) (cm)	Tebal Sedimen (db) (cm)	Panjang Pipa (L) (m)	Sudut Putaran Gate (°)	Volume	Pengukuran	Pitot	Kecepatan	(V) Teoritis (m/dtk)	He (cm)	Re	(Q) teoritis (m3/dtk)	HL (m)	Hm (m)	Hbc (cm)	Ht (cm)	h-ho (cm)	
								Gelontor (Vg) (m3)	Tekanan (kg/cm2)	(cm)	Aliran (V) (m/dtk)										Data
				Data	Data	Data	Data	Vg	P	h	V										
1	0.0030	3	3°	20	40	0.5	45	0.0037	0.06426	11.0000	1.4681	1.5111	64.51807229	85518.464	0.0029	0.0149	0.0066	53.7119	55.8585	8.6595	
2			6°					0.0038	0.06494	11.6667	1.5107		65.20080321	88003.482	0.0030	0.0158	0.0070		55.9851	9.2157	
3								9°	0.0040	0.06562	12.3333		1.5544	65.88353414	90547.591	0.0031	0.0167		0.0074	56.1184	9.7651
4									3°	0.0043	0.06426		11.0000	1.4681	64.51807229	85518.464	0.0029		0.0149	0.0066	55.8585
5			6°							0.0050	0.06494		11.6667	1.5107	65.20080321	88003.482	0.0030		0.0158	0.0070	55.9851
6								9°		0.0056	0.06562		12.3333	1.5544	65.88353414	90547.591	0.0031		0.0167	0.0074	56.1184
7									3°	0.0048	0.06426		11.0000	1.4681	64.51807229	85518.464	0.0029		0.0149	0.0066	55.8585
8			6°							0.0057	0.06494		11.6667	1.5107	65.20080321	88003.482	0.0030		0.0158	0.0070	55.9851
9								9°		0.0069	0.06562		12.3333	1.5544	65.88353414	90547.591	0.0031		0.0167	0.0074	56.1184
10		3°																			
11			6°																		
12				9°																	
13		3°																			
14			6°																		
15				9°																	
16		3°																			
17			6°																		
18				9°																	
19		3°																			
20			6°																		
21				9°																	
22		3°																			
23			6°																		
24				9°																	
25		3°																			
26			6°																		
27				9°																	

Lampiran 8. Persiapan Peralatan Simulasi *Flushing Conduit*



Gambar 1. pembuatan model pipa
Flushing Conduit

Gambar 2. Model pipa
Flushing Conduit



Gambar 3. Model Saluran
Flushing Conduit

Lampiran 9. Persiapan Peralatan Simulasi *Flushing Conduit*



Gambar 4. Pengukuran tekanan
Menggunakan manometer

Gambar 5. Model *gate valve*



Gambar 6. Perancangan model
Kemiringan pipa *Flushing Conduit*

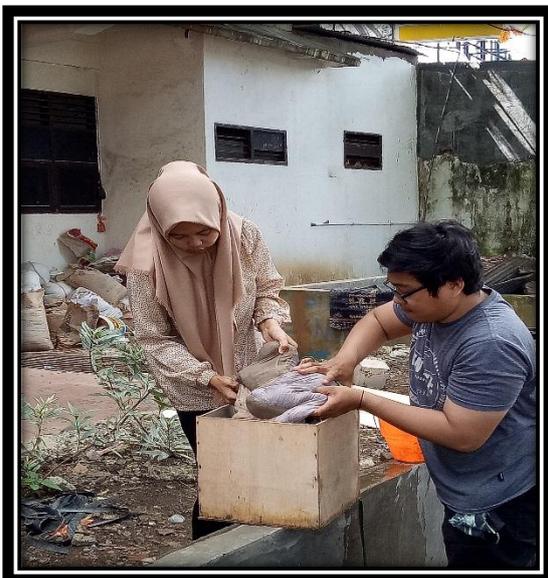


Lampiran 10. Proses Pengambilan data



Gambar 7. Pembacaan tinggi air
Pada pitot

Gambar 8. Bentuk bukaan alur
Hasil hisapan *Flushing Conduit*



Gambar 9. Pemindahan sedimen
Dari saringan kedalam wadah

Lampiran 11. Proses Pengambilan Data



Gambar 10. Pengukuran sedimen
Yang tergolontor



Gambar 11. Sedimen yang
Tergelontor