

**PENGARUH JUMLAH LUBANG PIPA ISAP *FLUSHING COINDUIT*
SEBAGAI ALAT PENGELONTORAN TERHADAP VOLUME
SEDIMEN DI WADUK
(UJI EKSPERIMENTAL)**

Mifta Ulfa²⁾ dan Neli Mastra.³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Email : Miftaulfa998@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Email : Nelimastra@gmail.com

Abstrak

Kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) menyebabkan erosi lahan terhadap besar yang berdampak terhadap angkutan sedimen di sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah lubang pipa isap flushing conduit terhadap penggelontoran sedimen dan untuk mengetahui pengaruh jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan isap flushing conduit. Karakteristik sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir sedang berdasarkan skala wentworth dari hasil analisa saringan. Dari hasil penelitian menunjukkan jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor untuk 6 lubang pada waktu (t) 3 yaitu $0,0035(m^3)$, pada waktu (t) 6 yaitu $0,0038(m^3)$, pada waktu (t) 9 yaitu $0,0041(m^3)$. dan untuk 10 lubang pada waktu (t) 3 yaitu $0,0042(m^3)$, pada waktu (t) 6 yaitu $0,0046(m^3)$, pada waktu (t) 9 yaitu $0,0054(m^3)$. Dan untuk 14 lubang pada waktu (t) 3 yaitu $0,0064(m^3)$, pada waktu (t) 6 yaitu $0,0065(m^3)$, pada waktu (t) 9 yaitu $0,0067(m^3)$. Kinerja flushing conduit menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lubang pipa isap maka jumlah volume tergelontor (V_g) cenderung meningkat. Hal ini diakibatkan oleh fluktuasi tekanan relatif cukup besar untuk mengusik dan mengisap endapan sedimen kedalam pipa flushing conduit.

kata kunci : Flushing Conduit, Jumlah lubang pipa isap, Waduk.

Abstract

Damage to water sheds (DAS) causes majos land erosion that impacts sediment transport in rivers. This study aims to determine the effect of the number of flushing conduit suction pipe on the sediment displacement and to determine the effect of the number of suction pipa to suction pressure flushing conduit. Sediment characteristic used in this research is medium sand based on wentwotr scale from result of filter analysis. The results showed that the number of suction pipe holes on the volume of gelontor for 6 holes at time (t) 3 is $0,0035(m^3)$, at time (t) 6 that is $0,0038(m^3)$, at time (t) 9 is $0,0041(m^3)$. And for 10 holes at time (t) 3 is $0,0042(m^3)$, at time (t) 6 is $0,0046(m^3)$, at time (t) 9 is $0,0054(m^3)$. And for 14 holes at time (t) 3 is $0,0064(m^3)$, at time (t) 6 is $0,0065(m^3)$, at time (t) 9 is $0,0067(m^3)$. The performance of flushing conduit shows that the more number of suction pipe holes the amount of volume that is flushed (V_g) tends to increase. This is caused by relatively large relative pressure fluctuations to distrurb and sediment sludge into the flushing conduit pipe.

Keywords : Flushing conduit, number of suction pipe, Dam.

PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama (Chay Asdak, 2010). Kerusakan DAS menyebabkan erosi lahan terhadap besar yang berdampak terhadap angkutan sedimen disungai. DAS merupakan area tangkapan air waduk, tingginya erosi akan menyebabkan transportasi sedimen ke waduk cukup tinggi, sehingga terjadi sedimentasi di waduk.

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*) (Suroso dan Wahyu Widiyanto, 2009).

Proses Sedimentasi

Proses sedimentasi dapat terjadi pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sunga, dasar waduk, muara,

dan sebagainya. Berdasarkan proses terjadinya sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

a) Proses Sedimentasi secara Geologis (Normal)

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

b) Proses Sedimentasi Dipercepat

Sedimentasi yang dipercepat merupakan proses terjadinya sedimentasi yang menyimpan dari proses secara geologi 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.

Kapasitas Waduk

Kapasitas waduk saat direncanakan berdasarkan perhitungan volume tampungan air tanpa adanya sedimentasi. Seiring berjalannya waktu pengoperasian waduk, terjadi sedimentasi diareal genangan hingga menyebabkan

berkurangnya kapasitas tampungan waduk itu sendiri.

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.

Distribusi Ukuran Butir Sedimen

Tabel 1. Klasifikasi ukuran butir sedimen menurut skala Wentworth

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

Sumber : Muhammad Arsyad Thaha (2006)

Penggelontoran Sedimen Dengan Metode Flushing

Prinsip dari metode penggelontoran sedimen dengan energi potensia 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*.

Metode *flushing conduit* atau pengurusan melalui pipa dengan memanfaatkan fluktuasi tekanan untuk mengusik endapan sedimen sehingga terfluidasi, dan selanjutnya terhisap ke dalam pipa melalui lubang kecil kemudian terjadi transpor endapan sedimen dalam pipa.

Perbedaan Mekanisme kerja Fluidasi dengan *flushing Conduit*

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.	Membutuhkan tekanan yang besar	Membutuhkan tekanan fluktuatif yang relatif besar.
4.	Membutuhkan debit yang relatif besar	Membutuhkan 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 (2011)

Aliran 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.

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

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

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

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

Aliran Laminer dan Turbulen

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:

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

Dimana:

Re=Bilangan Reynold (tak berdimensi)

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

D= Diameter pipa (ft atau m)

ν = Viskositas kinematik (m²/s)

Kehilangan energi pada aliran laminer ini terutama disebabkan oleh adanya kekentalan fluida dan tidak dipengaruhi oleh bidang batas atau kekentalan dinding. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan *poisouille* sebagai berikut : (Triatmadja R., 2008).

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

Dimana :

f = koefisien gesek Darcy-Weisbach⁽¹⁾

v = kecepatan aliran (m/det)

g = percepatan gravitasi (m²/det)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

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 :
 Semakin besar diameter lubang isap (D_f) potensi masuknya deposit sedimen kedalam pipa lebih besar, Sedimen masuk ke dalam pipa salah satu dipengaruhi oleh adanya fluktuasi tekanan hisap akibat pengejut debit atau variasi tekanan.

Semakin besar sedimen yang masuk kedalam pipa diperlukan tekanan aliran untuk menggelontorkan, Diameter lubang isap (D_f) yang lebih besar akan berpengaruh terhadap pengurangan tekanan akibat kehilangan tinggi tekanan relative tinggi, Kombinasi ukuran D , D_f dan d_b , a harus menjamin daya isap tekanan *flushing conduit* yang lebih baik Rasio diameter lubang isap dan diameter pipa *flushing* (D/D_f) harus dapat menghasilkan kerjasama antar diameter lubang yang efektif dan efisien, Ruang dalam pipa harus selalu bersih dari material seimen dan kotoran, Beberapa kehilangan tinggi tenaga yang terkait dengan bentuk tipe lubang isap harus diperhitungkan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Jenis Penelitian

Jenis penelitan 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 sedemen serta berapa besar

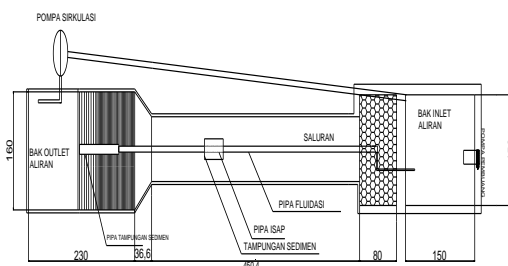
pengaruh penggelontoan terhadap variasi sedimen.

Tahap Penelitian Persiapan

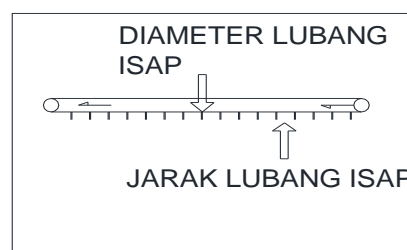
Studi literatur dilakukan untuk mencari sumber data dan informasi yang akan dimuat sebagai referensi teori dalam melakukan penelitian ini (*flushing conduit*).

Perancangan Model

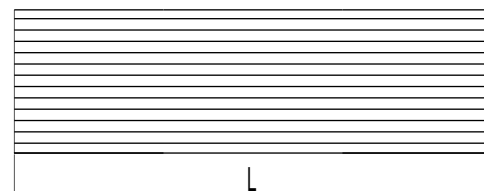
perancangan Model untuk penelitian dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui konsep penelitian (*flushing conduit*) yang lebih jelas agar dalam penerapan dilapangan dapat berjalan sesuai rencana.



Gambar 1. Denah Flushing Conduit



Gambar 2. Model Pipa Hisap



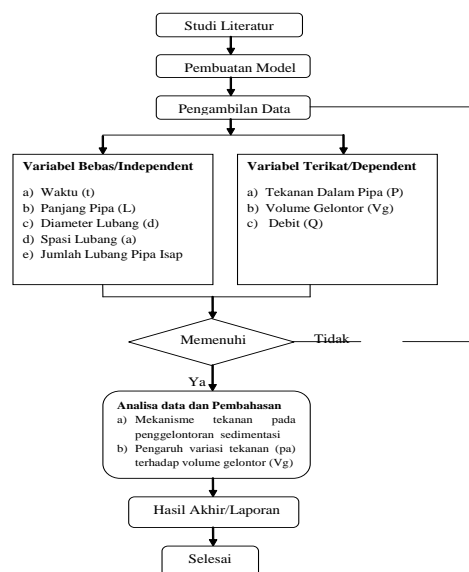
Gambar 3. Model Sedimen Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan percobaan dalam penelitian :

- 1) Membuat model untuk pengujian dilaboratorium serta mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Merangkaikan susunan bahan dan alat yang akan digunakan mulai dari sistem pompa hidrolik, perpipaan, variabel bebas maupun variabel sesuai perancangan model penelitian.
- 3) Melakukan simulasi pengujian model seperti sistem pengaliran air dalam pipa oleh pompa hidrolik dan melakukan pengujian dengan pengaliran sedimen dalam pipa.
- 4) Melakukan percobaan awal dengan menggunakan variabel bebas dan variabel terikat sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditentukan, yaitu pengaruh jumlah lubang pipa isap *flushing conduit* pada penggelontoran sedimen.
- 5) Menjalankan proses air dengan mengalirkan air dan sedimen dalam pipa sesuai debit dan variasi tekanan yang ditentukan.
- 6) Mengamati perilaku sedimen yang mulai terisap masuk kedalam pipa untuk digelontor dengan menggunakan manometer, serta stopwatch sebagai alat pengukur tekanan dan waktu.
- 7) Dari hasil percobaan tersebut, maka data yang perlu dicatat ialah waktu (T),

- variasi tekanan (P), serta volume sedimen yang tergelontor (vg)
- 8) Selanjutnya mengukur berapa besar volume sedimen yang digelontor pada setiap masing-masing variasi tekanan yang diberikan.
- 9) Hasil pengukuran sedimen yang tergelontor menjadi data jumlah sedimen endapan yang tergelontor.
- 10) Prosedur ii dilakukan dengan beberapa kali percobaan pada variasi tekanan terhadap sedimen yang digelontor sehingga dapat menjadi bahan perbandingan.

Flow Chart Penelitian



Gambar 4. Flow Chart Penelitian HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sedimen

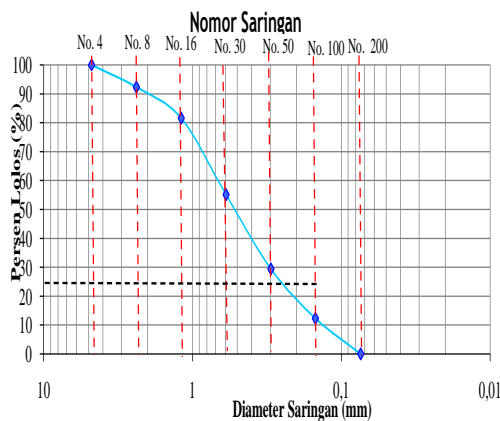
Karakteristik sedimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pasir halus, sesuai dengan hasil

pemeriksaan ukuran butir dengan uji saringan dan gradasi ukuran butir, yang disajikan pada gambar dan tabel berikut.

Tabel 3. Data 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	7.712418	92.287581
16	1.19	164	282	1.843137	81.56862
30	0.595	405	687	44.90196	55.09803
50	0.297	392	1079	70.52287	29.477124
100	0.149	262	1341	87.6475	12.352941
200	0.074	189	1530	100	0
Pan	-		1530	100	0

Sumber: Hasil Analisa Saringan



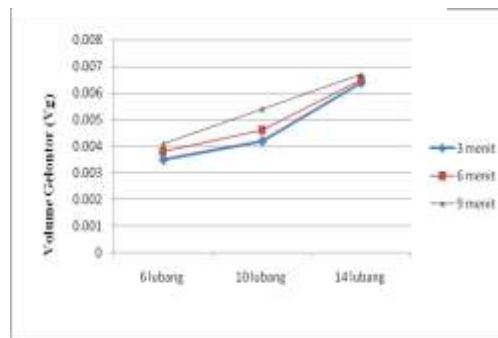
Gambar 5. Gradasi ukuran butiran sedimen (sampel)
Hubungan Antara Jumlah Lubang Pipa Isap Terhadap Volume Gelontor (Vg).

Berdasarkan hasil uraian data-data yang telah diperoleh dari hasil pengujian Flushing Conduit, maka dibuat kajian hubungan antara jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg) pada berbagai nilai (Q) dan ketebalan sedimen (db) pada variasi waktu (T) seperti pada gambar dan tabel berikut:

Tabel 4. Hubungan antara jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg)

No	Jumlah Lubang Pipa Isap	Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor(Vg) (m ³)
1.		3	0.0035
2.	6	6	0.0038
3.		9	0.0041
4.		3	0.0042
5.	10	6	0.0046
6.		9	0.0054
7.		3	0.0064
8.	14	6	0.0065
9.		9	0.0067

Sumber : Hasil Perhitungan

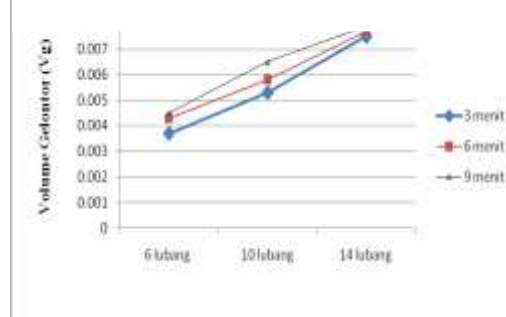


Gambar 6. Grafik hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg) dengan berbagai nilai debit (Q1)

Tabel 5. Hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg)

No	Jumlah Lubang Pipa Isap	Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor(Vg) (m ³)
1.		3	0.0037
2.	6	6	0.0043
3.		9	0.0045
4.		3	0.0053
5.	10	6	0.0058
6.		9	0.0065
7.		3	0.0075
8.	14	6	0.0077
9.		9	0.0079

Sumber : Hasil Perhitungan

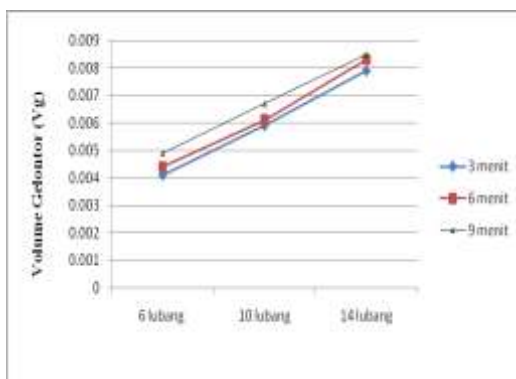


Gambar 7. Grafik hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg) dengan berbagai nilai debit (Q2)

Tabel 6. Hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg)

No	Jumlah Lubang Pipa Isap	Waktu (t) (menit)	Volume Gelontor(Vg) (m ³)
1.	6	3	0.0041
2.		6	0.0044
3.		9	0.0049
4.	10	3	0.0059
5.		6	0.0059
6.		9	0.0067
7.	14	3	0.0079
8.		6	0.0083
9.		9	0.0085

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 8. Grafik hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (Vg) dengan berbagai nilai debit (Q3)

Hubungan Jumlah Lubang Pipa Isap Terhadap Tekanan (P)

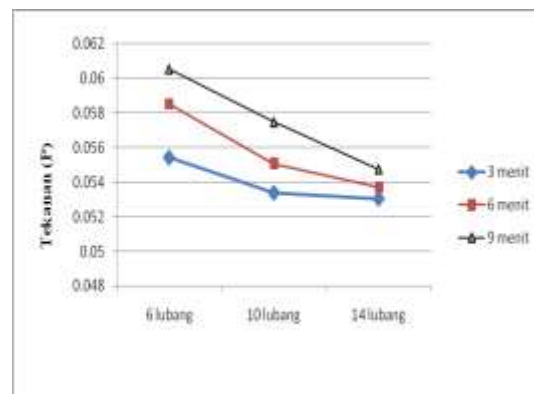
Berdasarkan hasil uraian maka dibuat kajian hubungan pengaruh jumlah lubang pipa isap dengan tekanan pada volume gelontor (Vg) yang menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lubang pipa isap maka volume gelontor (Vg) semakin

besar. Hal ini diperkirakan dipengaruhi oleh tinggi tekanan yang cukup signifikan.

Tabel 7. Hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan (P) untuk Q1.

No	Jumlah Lubang Pipa Isap	Waktu (t) (menit)	Tekanan (P)
1.	6	3	0.05542
2.		6	0.05848
3.		9	0.06052
4.	10	3	0.05338
5.		6	0.05508
6.		9	0.05746
7.	14	3	0.05304
8.		6	0.05372
9.		9	0.05474

Sumber : Hasil Perhitungan

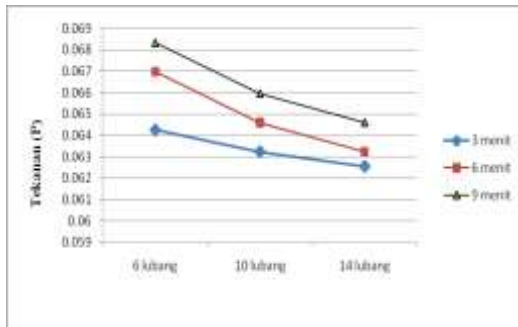


Gambar 9. Grafik hubungan jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan (P) untuk Q1

Tabel 8. Hubungan antarajumlah lubang pipa isap terhadap tekanan(P) untuk Q2

No	Jumlah Lubang Pipa Isap	Waktu (t) (menit)	Tekanan (P)
1.	6	3	0.06426
2.		6	0.06698
3.		9	0.06834
4.	10	3	0.06324
5.		6	0.0646
6.		9	0.06596
7.	14	3	0.06256
8.		6	0.06324
9.		9	0.0646

Sumber : Hasil Perhitungan

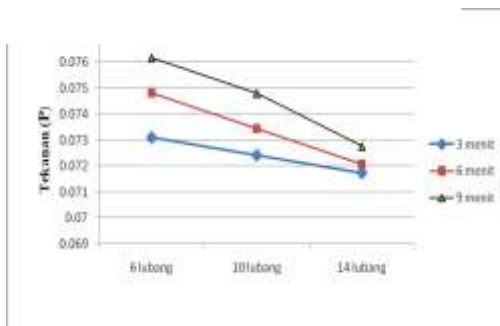


Gambar 10. Grafik hubungan antara jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan (P) untuk Q2

Tabel 9. Hubungan antara jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan(P) untuk Q3

No	Jumlah Lubang Pipa Isap	Waktu (t) (menit)	Tekanan (P)
1.	6	3	0.0731
2.		6	0.0748
3.		9	0.07616
4.	10	3	0.07242
5.		6	0.07344
6.		9	0.0748
7.	14	3	0.07174
8.		6	0.07208
9.		9	0.07276

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 11. Grafik hubungan antara jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan (P) Q3.

PENUTUP

Kesimpulan

- 1) Pengaruh jumlah lubang pipa isap terhadap volume gelontor (V_g) yaitu semakin banyak jumlah lubang pipa isap maka semakin besar volume gelontor

(V_g), Hal ini dipengaruhi oleh tekanan (T) yang relative cukup besar untuk mengusik dan mengisap endapan sedimen kedalam pipa.

- 2) Pengaruh jumlah lubang pipa isap terhadap tekanan yaitu semakin banyak jumlah lubang pipa isap maka semakin kecil tekanan (P), Hal ini disebabkan oleh banyaknya jumlah lubang yang dapat mengurangi tekanan aliran dalam satuan debit tertentu.

Saran

- 1) Penelitian tentang penggelontoran sedimen dengan sistem flushing conduit perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan variasi jumlah lubang untuk membandingkan data yang telah didapatkan sebelumnya.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya pada saat pengambilan data perlu diperhatikan pada lubang pipa isap agar tidak mengalami penyumbatan sehingga memperoleh data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin L, Aisyah. (2012). *Pendugaan Sedimentasi Pada DAS Mamasa di Kabupaten Mamasa Profinsi Sulawesi Barat.*
- Amrullah, Afni Mansyur Nur, dan Nurlia. (2017). *Studi Pengaruh Spasi Lubang Flushing Conduit Terhadap Volume Gelontor Pada Sedimentasi Di Waduk (Uji Eksperimental)*
- Amrullah.(2011). *Studi kinerja flushing conduit sebagai alat penguras*

- endapan sedimen muara dengan eksperimen Laboratorim. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.Makassar.
- Amrullah, Dudung Massora Alfin Eko, dan Syakir Muhammad. (2017). *Studi Pengaruh Debit Penghisapan Flushing Conduit Terhadap Penggelontoran Sedimen Di Waduk (Uji Eksperimental)*.
- Amrullah, Mardiana, dan Wahyuni Sri. (2017). *Studi Pengaruh Diameter Lubang Flushing Conduit Terhadap Penggelontoran Sedimen Di Waduk (Uji Eksperimental)*.
- Amrullah, Nisa Husnun, dan Jaya T Hendra. (2017). *Studi Pengaruh Ketebalan Sedimen pada flushing conduit Terhadap Volume Penggelontoran dengan Material Dasar Pasir Halus diwaduk (uji Eksperimental)*
- Asdak, Chay. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Edisi Revisi kelima*.Yogyakarta: Gadjah mada Press Yogyakarta.
- Darmawan B.D.(2003). *Perbaikan Bentuk Lubang Perforasi Untuk Mencegah Masuknya Sedimen Ke Pipa Fluidasi*. Tugas Akhir Jurusan Sipil UGM. Yogyakarta
- Dahuri, R. dkk.2008. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*.PT.Pradya Paramita:Jakarta.
- Hakim,Siti Riskayanti.(2015).*Studi Laju Sedimentasi Waduk Bili-Bili Pasca Pengembangan Bangunan Penahan Sedimen*.Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- Klaas,D.(2009).*Desain Jaringan Pipa Prinsip Dasar dan Aplikasi*.Bandung: CV.Mandar Maju.
- Krisetyana,Hari.2008.“*Tingkat Efisiensi Penggelontoran Endapan Sedimen di Waduk PLTA PB.Sudirman*”.Jurnal.Program Pascasarjana.Universitas Diponegoro.Semarang.
- Kurniawan,Aldoko Fajar.(2016).*Analisa Sebaran Sedimen dan Efektivitas Tampungan Menggunakan Teknik Interpolasi Ruang (Studi Kasus Penggelontoran Waduk Wlingi dan Waduk Lodoyo)*. Malang : Jurnal Ilmiah Teknik Pengairan Konsentrasi Sistem Informasi Sumber daya Air. Universitas Brawijaya.
- Lubis, Astika Murni. (2016). *Analisis sedimentasi sungai way Besar*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Muchsin. Dan Subygo,Rachmat. (2011). *Kaji Eksperimental Koefisien Kerugian Pada Percabangan Pipa Dengan Sudut 45°,60° dan 90°*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako
- Nayyar, M.L. 2000.*Piping Handbook (Seventh Edition)*. McGraw – New York, United State of America. (File pdf)
- Suroso. Dan Widiyanto, wahyu. (2009). *Model Pengendalian Sedimentasi Waduk Mrica dengan Fluida*. Program Studi Teknik Sipil Unsoed. Purwokerto Indonesia

Thaha, A. (2006). *Sistem Fluiasi untuk Rekayasa Pemeliharaan Alur*. Universitas Gajah maa. Yogyakarta

Triatmojo B, 1993. *Hidraulika II*. Beta Ofset. Yogyakarta

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