

## Analisis Efektivitas dan Waktu Pengurasan Kantong Lumpur Saluran Primer Daerah Irigasi Glapan Timur

Alviola Parentika Pramsetya<sup>1</sup>, Ahmad Hakim Bintang Kuncoro<sup>1,\*</sup>, Abbas Abdurrahman<sup>1</sup>, Diah Setyati Budiningrum<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Semarang<sup>1</sup>,  
Koresponden\*, Email: [ahmad@usm.ac.id](mailto:ahmad@usm.ac.id)

### Info Artikel

Diajukan : 18 Agustus 2023  
Diperbaiki : 22 September 2023  
Disetujui : 10 Oktober 2023

Keywords: *draining, effectiveness, irrigation area, mud bag, sedimentation*

### Abstract

*Irrigation is an effort to drain water from the source to agricultural land to meet the water needs of the land. Irrigated Area (I.A.) East Glapan needs help in the form of channels that carry too much mud or sediment material, thus hindering water distribution to the farthest lands. The lack of optimal mud bag building in the primary channel causes this. Based on these problems, it is necessary to check the effectiveness of the East Glapan I.A. mud bag. The analysis stage involves sediment sample tests and sediment transport calculations using the Shield, Einstein, and Mayer-Patter & Muller (MPM) methods, checking the deposition effectiveness and calculating the draining time. Based on the results of sediment transportation calculations, the highest value of 37.15 tons/day was obtained based on the MPM method. A settling efficiency value of 86.10% was obtained for the effectiveness of sludge bags. Then to optimize the performance of the mud bag, according to the calculation results, it is necessary to drain the mud bag of I.A. East Glapan every four months.*

### Abstrak

Irigasi merupakan usaha mengalirkan air dari sumbernya menuju suatu lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan air lahan tersebut. Daerah Irigasi (D.I.) Glapan Timur memiliki masalah berupa saluran yang terlalu banyak membawa material lumpur atau sedimen, sehingga menghambat distribusi air ke lahan terjauh. Hal tersebut diakibatkan oleh kurang maksimalnya bangunan kantong lumpur yang berada di saluran primer. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan pengukuran efektivitas kantong lumpur D.I. Glapan Timur. Tahapan analisa berupa uji sampel sedimen, perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode *Shield, Einstein, dan Meyer-Peter & Muller (MPM)*. Kemudian dilakukan pengukuran efektivitas pengendapan dan perhitungan waktu pengurasan. Berdasarkan hasil perhitungan angkutan sedimen, maka didapatkan nilai tertinggi sebesar 37,15 ton/hari berdasarkan metode MPM. Untuk tingkat efektivitas pada kantong lumpur, didapatkan nilai efisiensi pengendapan sebesar 86,10 %. Kemudian untuk mengoptimalkan kinerja kantong lumpur, maka sesuai hasil perhitungan menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengurasan kantong lumpur D.I. Glapan Timur setiap 4 bulan sekali.

Kata kunci: daerah irigasi, efektivitas, kantong lumpur, pengurasan, sedimentasi

### 1. Pendahuluan

Air adalah elemen yang sangat mendasar dan signifikan bagi kehidupan makhluk hidup, baik hewan, tumbuhan, maupun manusia. Air dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup sehari-hari dan untuk kebutuhan irigasi. Irigasi merupakan usaha untuk memperoleh air dengan bangunan atau saluran buatan yang kemudian dialirkan ke sektor pertanian guna menunjang produksi pertanian. Usaha tersebut yaitu pemeliharaan sarana untuk mengambil dan mengontrol air tersebut secara teratur agar dapat terdistribusi dengan baik. Salah satu bangunan pengontrol air irigasi terhadap sedimen adalah kantong lumpur. Bangunan kantong lumpur merupakan pembesaran potongan melintang saluran sampai jarak tertentu untuk mengurangi kecepatan aliran dan memberi kesempatan kepada sedimen untuk mengendap [1]. Sedimen tersebut akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya lambat atau berhenti, proses inilah yang dinamakan sedimentasi [2]. Dampak dari sedimentasi pada tampungan seperti embung mengakibatkan kapasitas tampungnya berkurang, serta *intake* saluran irigasi dapat terhambat akibat endapan sedimen tersebut [3]. Kinerja bangunan kantong lumpur dipengaruhi oleh karakter ukuran sedimen yang masuk, debit, dan dimensi bangunan kantong lumpur itu sendiri. Berdasarkan letaknya, D.I. Glapan berada di Desa Glapan, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan. Daerah Irigasi Glapan sendiri memiliki luas 18.740 ha [4]. Bendung Glapan ini

memiliki dua pintu pengambilan, daerah irigasi terbagi menjadi dua yaitu D.I. Glapan Timur dan D.I. Glapan Barat. Jaringan irigasi merupakan kesatuan antara saluran dan bangunan yang diperlukan guna pengaturan air irigasi, mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan penggunaannya [5]. Walaupun sudah ada usaha untuk mencegah masuknya sedimen ke dalam jaringan irigasi dengan merencanakan penguras utama di depan pintu pengambilan utama, namun masih ada partikel-partikel sedimen layang atau *suspended load* yang akan masuk ke dalam jaringan irigasi tersebut [6]. Gagalnya saluran dalam mengalirkan air bisa disebabkan karena terlalu banyaknya sedimen yang mengendap pada saluran primer tersebut. Untuk itu diperlukan suatu bangunan untuk mengendapkan sedimen-sedimen tersebut supaya tidak ikut masuk ke dalam saluran primer [6]. Bangunan kantong lumpur perlu diperhatikan karena jika bangunan tersebut tidak mampu mengendapkan sedimen dengan baik, akan menjadi kendala bagi jaringan irigasi berikutnya. Sampel sedimen diambil dari 3 titik Kantong Lumpur, dan selanjutnya akan diuji di laboratorium sehingga data dapat digunakan dalam perhitungan. Ada 3 metode perhitungan yaitu Metode *Shield*, Metode *Einstein*, dan Metode *Meyer-Peter & Muller*. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan angkutan sedimen, efektivitas kantong lumpur, serta waktu pengurasan yang sesuai dengan kondisi D.I. Glapan Timur.

## 2. Metode

Lokasi penelitian terletak di Desa Glapan, Kecamatan Gubug Kabupaten Grobogan Jawa Tengah. Posisi geografis berkisar 7°15'42.00" LS, 110°27'8.48" BT dengan aliran sungai Tuntang yang memiliki luas areal sebesar 18.740 Ha. Dalam penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder sebagai *input* untuk melakukan analisis. Berikut ini uraian data primer dan sekunder yang digunakan dalam penelitian ini:

### a. Data Primer

1. Sampel sedimen atau lumpur di 3 lokasi yang berbeda di sepanjang aliran Kantong Lumpur D.I. Glapan Timur.
2. Uji berat jenis dan gradasi di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Semarang.

### b. Data Sekunder

1. Data gambar penampang melintang serta memanjang dari Kantong Lumpur D.I. Glapan Timur [4]
2. Data debit air [7]
3. Sejarah Bendung [8]

Dalam penelitian ini memperhitungkan angkutan sedimen yang masuk di kantong lumpur menggunakan beberapa metode empiris. Hasil dengan nilai tertinggi akan digunakan sebagai masukan dalam perhitungan waktu pengurasan. Persamaan angkutan sedimen yang pertama yaitu menggunakan Metode *Shield* dengan rumus sebagai berikut [9]:

$$\frac{qb \cdot \Delta}{Q \cdot I} = 10 \frac{\tau_p - \tau_c}{(\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot d_{50}} \quad (1)$$

$$R_e = \frac{U_* \cdot d_{50}}{v} \quad (2)$$

$$U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I} \quad (3)$$

$$V = v_1 + \frac{(T - T_1)}{(T_2 - T_1)} \times (v_2 - v_1) \quad (4)$$

$$Q_b = W \cdot q_b \quad (5)$$

$$\Delta = \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} \quad (6)$$

$$\tau_p = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I \quad (7)$$

Dimana:

$qb$  = debit (*Bed load*) (kg/det/m)

$d_{50}$  = diameter butiran (m)

$\rho_w$  = rapat massa (*Specific Gravity*) air

$\rho_s$  = rapat massa sedimen

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

$h$  = tinggi muka air (m)

- I = kemiringan  
 v = viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/det)  
 U<sub>\*</sub> = kecepatan geser (m/det)  
 T = suhu (°C)  
 W = lebar saluran (m)  
 Q<sub>b</sub> = muatan sedimen dasar (kg/s)

Metode selanjutnya perhitungn perkiraan angkutan sedimen menggunakan Metode *Einstein* [10]:

$$\Phi = \frac{qb}{Y_s} \left( \frac{r}{rs-r} \frac{1}{gD^3} \right)^{1/2} \quad (8)$$

$$f(\Psi) = f(\Psi) = \frac{r}{rs-r} \frac{D}{S \cdot R} \quad (9)$$

$$R' = R \left( \frac{n'}{n} \right)^{2/3} \quad (10)$$

$$\Psi = \frac{rs-r}{r} \frac{D35}{S \left( \frac{n'}{n} \right)^{5/2R}} \quad (11)$$

$$Q_b = B \cdot q_b \quad (12)$$

Dimana:

- rs-r = kerapatan (*density*) cairan dan partikel (kg/ m<sup>3</sup>)  
 D<sub>50</sub> = ukuran median diameter butir (m)  
 Y = berat jenis (*specific gravity*) dari air (ton/ m<sup>3</sup>)  
 g = percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)  
 n' = Koefisien kekarasan untuk dasar rata  
 n = Koefisien kekarasan *actual*

Persamaan yang terakhir dalam perhitungan angkutan sedimen pada penelitian ini adalah Metode MPM dapat dilihat sebagai berikut [11]:

$$\frac{Y_w.Rh.(k.k)^{3/2}S}{d(Y_s-y_w)} - 0,467 = 0,25\sqrt{\rho} \left( \frac{q_s^{3/2}}{d \cdot (Y_s-Y_w)} \right) \quad (13)$$

Dimana:

- q<sub>s</sub> = debit muatan sedimen dasar (kg/det/m)  
 Rh = radius hidrolik (m)  
 d = diameter butir (dm) 90% lolos percobaan saringan  
 Y<sub>s</sub> = berat jenis muatan *Bed load*  
 Y<sub>w</sub> = berat jenis (*Specific Grafity*) air  
 g = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)  
 Q<sub>s</sub> = muatan sedimen dasar (kg/s)  
 W = lebar saluran

Untuk mengetahui berfungsinya kantong lumpur dilakukan pengecekan terhadap kecepatan endap, efisiensi pengendapan dan pembilasan. Untuk menentukan efisiensi pengendapan beserta kecepatan endap dapat menggunakan grafik pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Pengecekan efisiensi perlu dilakukan dengan 2 keadaan yaitu pada keadaan penuh dan keadaan kosong, seperti pada Persamaan 16 hingga Persamaan 18, serta untuk perhitungan kecepatan endap dapat digunakan Persamaan 19[12].

$$V_{penuh} = \frac{v'}{w} > \frac{5}{3} \quad (16)$$

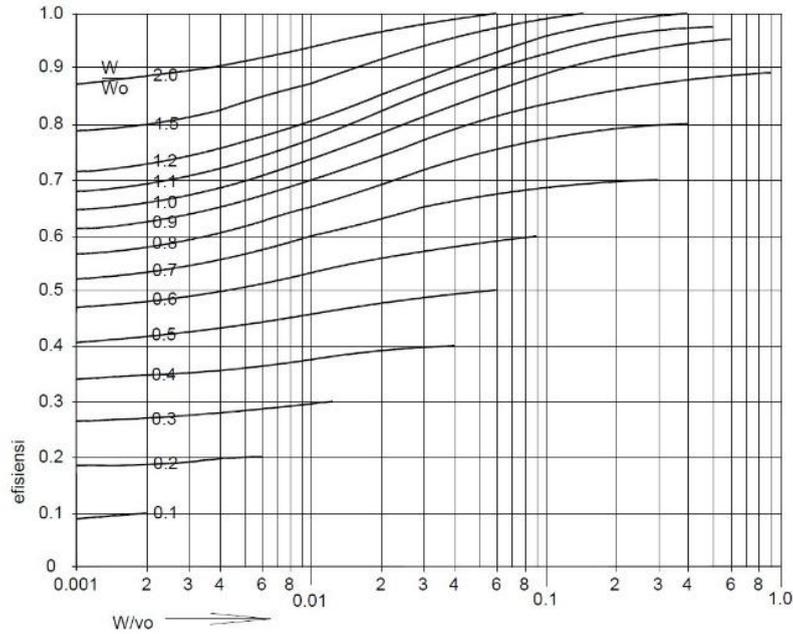
$$v' = \sqrt{ghl} \quad (17)$$

$$V_{kosong} > \frac{w}{1,6l} \quad (18)$$

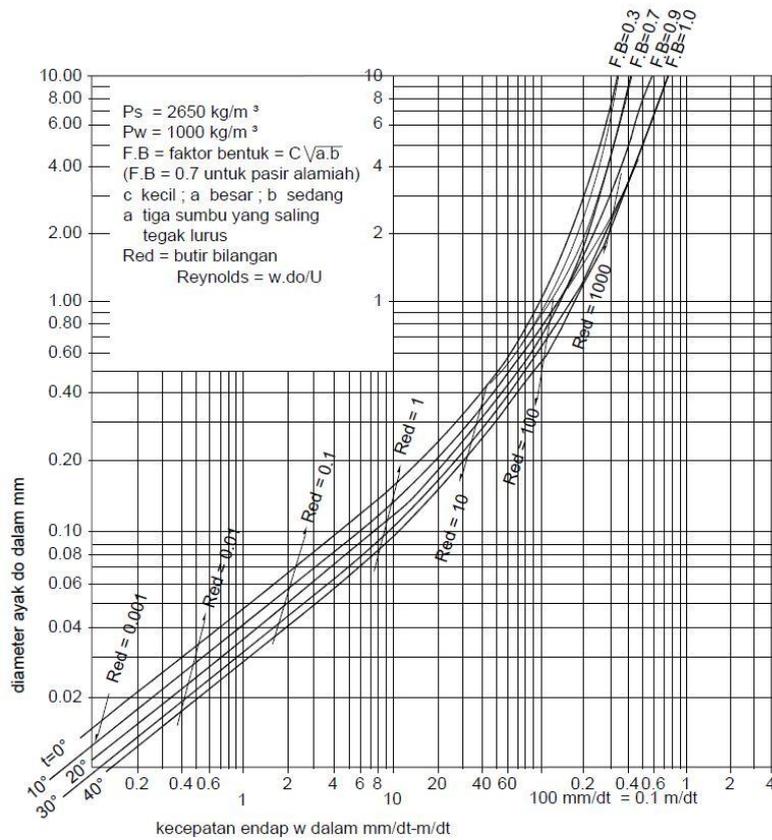
$$w = \left[ \frac{g \cdot D^2}{18V} \right] \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) \quad (19)$$

Dimana:

- V' = Kecepatan geser (m/s)
- V = Kecepatan aliran (m/s)
- w = Kecepatan endap (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- h = Kedalaman air (m)
- l = kemiringan saluran atau sungai



**Gambar 1.** Grafik pembuangan sedimen *camp* untuk aliran turbulensi



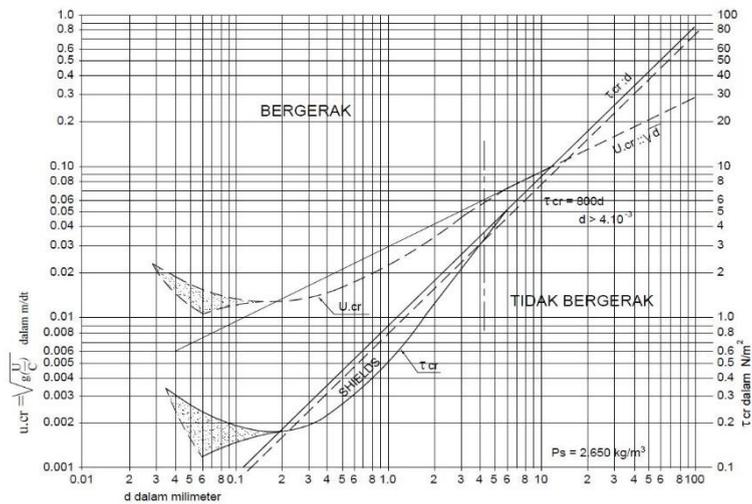
**Gambar 2.** Hubungan Antara Diameter Saringan dan Kecepatan Endap Untuk Air Tenang

Untuk pengecekan pembilasan tergantung gaya geser yang dapat cek menggunakan grafik pada **Gambar 3.** dan Persamaan 20.

$$\tau_0 = \rho_w \cdot g \cdot D \cdot S \tag{20}$$

Dimana:

- $\tau_0$  = Tegangan Geser (N/m<sup>2</sup>)
- $g$  = Percepatan Gravitasi Bumi (m/s<sup>2</sup>)
- $\rho_w$  = Berat Jenis Air (kg/m<sup>3</sup>)
- $D$  = Kedalaman air (m)
- $S$  = Kemiringan Saluran



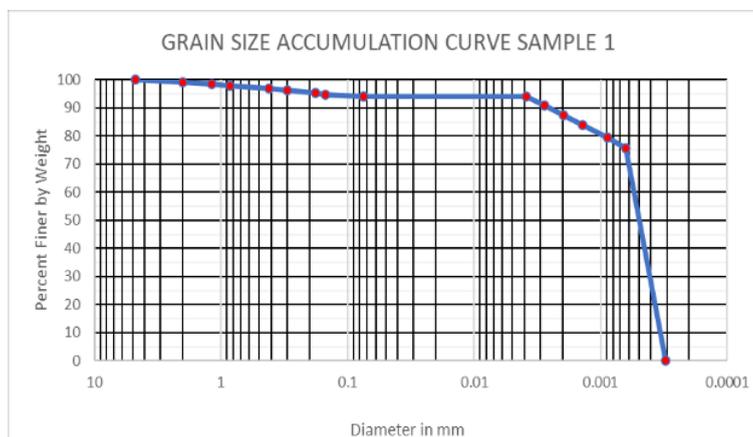
Gambar 3. Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis.

### 3. Hasil dan Pembahasan

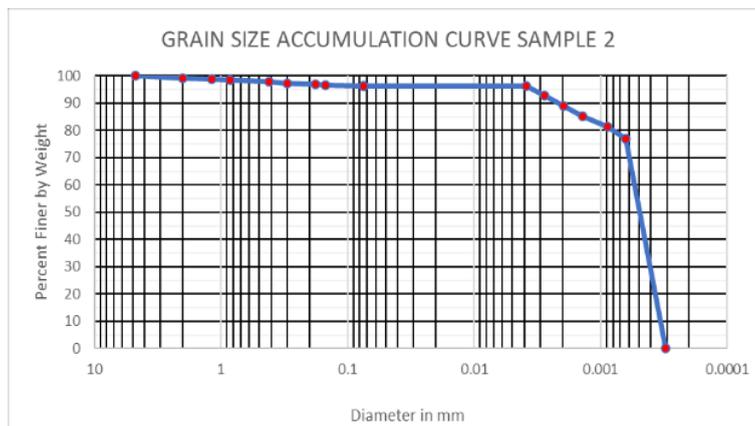
Tahapan awal penelitian adalah dengan menguji sampel sedimen untuk mengetahui beberapa indikator seperti berat jenis (Gs) dan distribusi butiran. Hasil uji laboratorium pada 3 sampel lumpur yang diambil dari lokasi kantong lumpur saluran primer D.I. Glapan Timur berupa berat jenis dapat dilihat pada **Tabel 1**. Pengujian gradasi butiran dengan hasil berupa grafik yang berisi persentase jumlah sedimen berdasarkan ukuran butiran dapat dilihat pada **Gambar 4** hingga **Gambar 6**.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Data Sedimen

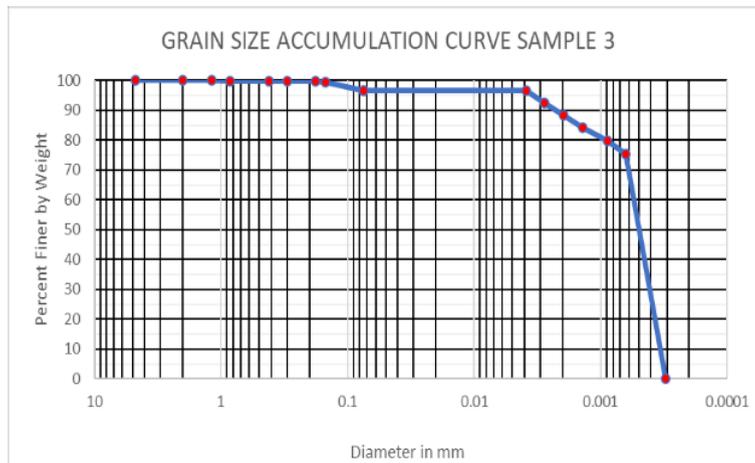
Sampe	W'	Gs	Vs	Yb	Yk	N	E
1	(gram)		(cm <sup>3</sup> )	(gram/cm <sup>3</sup> )	(gram/cm <sup>3</sup> )	(%)	
1	49,88	2,0 9	15,646	0,827	0,593	28,37	0,40 3
2	50,30	1,9 3	22,047	1,075	0,833	43,16	0,76 0
3	31,26	2,0 6	18,340	0,905	0,644	31,26	0,45 5



Gambar 4. Grafik Grain Size Sampel 1

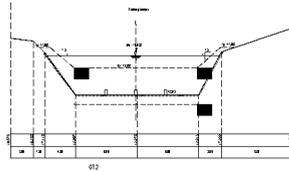


**Gambar 5.** Grafik *Grain Size* Sampel 2



**Gambar 6.** Grafik *Grain Size* Sampel 3

Pengamatan gradasi pada sampel 1 yang ditunjukkan **Gambar 4** terlihat bahwa ukuran butiran pada persentase lolo 35% atau  $D_{35}$  didapat hasil 0,0043, pada  $D_{50}$  didapat hasil 0,0005 untuk  $D_{90}$  didapat hasil 0,003. **Gambar 5** merupakan *grain size* sampel 2 didapat hasil pada  $D_{35}$  didapat hasil 0,00044, pada  $D_{50}$  didapat hasil 0,0005 untuk  $D_{90}$  didapat hasil 0,002. **Gambar 6** menunjukkan *grain size* sampel 3 didapat hasil pada  $D_{35}$  didapat hasil 0,0043, pada  $D_{50}$  didapat hasil 0,0005 untuk  $D_{90}$  didapat hasil 0,00235. Untuk menghitung sedimen transport dan volume tampungan, maka dibutuhkan data dimensi kantong lumpur seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Penampang Kantong Lumpur

Selanjutnya merupakan perhitungan perkiraan angkutan sedimen yang lewat pada kantong lumpur. perhitungan akan didasarkan pada beberapa indikator sesuai dengan ketentuan masing-masing persamaan yang digunakan. Perkiraan angkutan sedimen dihitung berdasarkan karakteristik hidrologi dan hidrolika yang terjadi pada kantong lumpur Glapan Timur, serta berdasarkan indikator yang dihasilkan oleh hasil pengujian pada 3 sampel sedimen. Dari hasil perhitungan sampel 1, 2 dan 3 menggunakan 3 metode, maka didapat rekapitulasi seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Angkutan Sedimen

Sedimen Dasar (Qb)	Berdasarkan Pendekatan			Satuan
	Shield	M-P-M	Einstein	
Sampel 1	396,374	37150,0466	0,2867	kg/hari
	0,1897	17,7751	0,0001	m <sup>3</sup> /hari
Sampel 2	396,374	14747,495	0,362	kg/hari
	0,2054	7,0562	0,0002	m <sup>3</sup> /hari
Sampel 3	396,374	21760,814	0,551	kg/hari
	0,1924	10,4119	0,0003	m <sup>3</sup> /hari

Perkiraan angkutan sedimen berdasarkan metode Shield pada sampel 1 hingga 3 menghasilkan nilai secara berurutan sebesar 0,1897 m<sup>3</sup>/s, 0,2054 m<sup>3</sup>/s, 0,1924 m<sup>3</sup>/s. Jika berdasarkan metode MPM menghasilkan nilai secara berurutan sebesar 17,7751 m<sup>3</sup>/s, 7,0562 m<sup>3</sup>/s, 10,4119 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan berdasarkan metode Einstein menghasilkan nilai secara berurutan sebesar 0,0001 m<sup>3</sup>/s, 0,0002 m<sup>3</sup>/s, 0,0003 m<sup>3</sup>/s. Hasil perhitungan angkutan sedimen menunjukkan nilai tertinggi yaitu pada sampel 1 dengan Metode M-P-M sebesar 37.150,0466 kg/hari atau sebesar 17,7751 m<sup>3</sup>/hari, sehingga untuk perhitungan selanjutnya digunakan hasil perhitungan tersebut.

Pengujian efisiensi pengendapan bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja dari kantong lumpur yang sudah ada. Jika efisiensinya telah mencapai 60-70 % maka dapat dikatakan bahwa kantong lumpur tersebut sudah dalam kondisi memenuhi syarat. Hasil perhitungan efisiensi pengendapan pada kantong lumpur menunjukkan nilai rata-rata efisiensi sebesar 86,10 %. Melihat angka efisiensi pengendapan pada kantong lumpur D.I. Glapan Timur lebih besar dari 60%, maka sudah memenuhi syarat.

Efisiensi pengendapan membutuhkan kontrol terkait adanya kondisi aliran turbulen yang mengakibatkan gerusan ketika kantong lumpur dengan kondisi air penuh atau pun kosong. Aliran tersebut diharapkan tidak menggerus sedimen yang telah diendapkan. Selain itu juga perlu perhitungan efisiensi pengurusan berdasarkan tegangan geser. Perhitungan kontrol efisiensi pengendapan dan pengurusan diuraikan sebagai berikut.

Persyaratan kondisi penuh

$$V_{penuh} = \frac{v'}{w} > \frac{5}{3}$$

$$\frac{v'}{w_{10}} > \frac{5}{3} = \frac{0,205}{3,550 \times 10^{-7}} > \frac{5}{3}$$

$$= 577264,8274 > 1,67 \text{ (memenuhi)}$$

Persyaratan kondisi kosong

$$V_{\text{kosong}} = v > \frac{w}{1,6 \cdot I}$$

$$v > \frac{w_{10}}{1,6 \cdot I} = 8,095882 > \frac{3,550 \times 10^{-7}}{1,6 \cdot I}$$

$$= 8,095882 > 5,2378 \times 10^{-5} \text{ (memenuhi)}$$

Tegangan geser

$$\tau_0 = \rho_w \cdot g \cdot D \cdot S$$

$$\tau_0 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot 0,00206$$

$$= 50,52 \text{ N/m}^2$$

Hasil tegangan geser dapat diploting pada grafik **Gambar 3** untuk mendapatkan besaran butiran terbawa saat pengurasan. Pada penelitian ini didapatkan butiran terbesar yang dapat terkuran berukuran sebesar 62 mm. Berdasarkan hasil uji gradasi sample 1, diameter butiran terbesar berukuran 4,8 mm. Melihat ukuran butiran terbesar lebih kecil dari ukuran yang dapat dibilas (62 mm > 4,8 mm), maka dapat dikatakan efisiensi pembilasan memenuhi persyaratan.

Karena kondisi dimensi kantong lumpur telah memenuhi persyaratan, maka tidak perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi kantong lumpur. Untuk mengoptimalkan fungsi kantong lumpur, maka perlu adanya perawatan terutama untuk menjaga agar tampungan endapan kantong lumpur tidak penuh. Perawatan yang dapat dilakukan adalah pengurasan kantong lumpur secara rutin. Perhitungan waktu pengurasan kantong lumpur D.I Glapan Timur dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\text{Volume Pengurasan} = \frac{\text{Volume Tampungan}}{Q_s}$$

$$= \frac{2242,5}{17,78}$$

$$= 126 \text{ Hari} = 4 \text{ bulan}$$

Pengurasan kantong lumpur D.I. Glapan Timur idealnya dilakukan selama 126 hari sekali. Untuk mempermudah jadwal pengurasan, maka ditetapkan waktu selama 4 bulan sekali agar kantong lumpur tidak penuh. Jadwal pengurasan dapat dilakukan di akhir masa tanam ketika lahan tidak membutuhkan terlalu banyak air, dan diharapkan di awal masa tanam selanjutnya air sudah siap untuk digunakan kembali.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat dijelaskan beberapa kesimpulan seperti pada uraian berikut ini:

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan 3 pendekatan empiris yang terdapat pada tabel 4.15, 4.16, 4.17 menunjukkan bahwa sampel 1 memiliki hasil perhitungan sedimen dasar (Qs) Shield sebesar 396,374 kg/hari, MPM sebesar 37150,0466 kg/hari, dan Einstein sebesar 0,2867 kg/hari. Untuk sampel 2 memiliki hasil perhitungan sedimen dasar (Qs) Shield sebesar 396,374 kg/hari, MPM sebesar 14747,4945 kg/hari, dan Einstein sebesar 0,3622 kg/hari. Yang terakhir pada sampel 3 memiliki hasil perhitungan sedimen dasar (Qs) Shield sebesar 396,374 kg/hari, MPM sebesar 21760,8144 kg/hari, dan Einstein sebesar 0,5505 kg/hari. Dari 3 persamaan didapat hasil perhitungan yang paling besar yaitu pada sampel 1 dengan menggunakan pendekatan empiris Mayer -Petter -Muller dengan hasil 37150,0466 kg/hari atau 17,7751 m<sup>3</sup>/ hari.
2. Untuk tingkat efektivitas pada kantong lumpur saluran primer daerah irigasi glapan timur memiliki rata-rata efisien sebesar 86,1%.
3. Waktu pengurasan berdasarkan perhitungan idealnya dilakukan selama 126 hari sekali atau untuk mempermudah penjadwalan maka dapat dilakukan pengurasan selama 4 bulan sekali.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. Supriadi, "Perencanaan Kantong Lumpur Jaringan Irigasi Bendung Kottok Kabupaten Jember," 2021, Accessed: Oct. 10, 2022. [Online]. Available: <http://repository.unmuhjember.ac.id/9389/10/j. ARTIKEL.pdf>.
- [2] K. D. Harmayani, G. M. Konsukartha, and I. B. D. Permana, "Analisis Tingkat Erosi dan Sedimentasi di Danau Buyan," in *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9)*, Oct. 2015, pp. 259–266, Accessed: Oct. 10, 2022. [Online]. Available: <https://repository.unud.ac.id/protected/storage/upload/repositori/44c4a5fe2b9906c4f9cf8d4cf59bcd8a.pdf>.
- [3] A. H. B. Kuncoro, D. S. Budiningrum, and Istianah, "Analisis Sedimentasi di Tampungan Embung Daerah Irigasi Jurug Lendah Kulon Progo," *Fondasi J. Tek. Sipil Univ. Sultan Ageng Tirtayasa*, vol. 11, no. 1, pp. 88–97, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/fondasi.v0i0.14402>.
- [4] Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, "Laporan Akhir Pekerjaan Review Dasain D.I. Glapan Timur," PAV) Semarang, Semarang, Apr. 2016.
- [5] Artia, "Analisis Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Walanae Kabupaten Wajo," Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, 2018.
- [6] A. Sofian and I. R. Harahap, "Perencanaan Kantong Lumpur dan Saluran Pembilas D.I. Bajayu Kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara," Politeknik Negeri Medan, Medan, 2015.
- [7] Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, "Laporan Hidrologi Pekerjaan Review Desain D.I. Glapan Timur," Semarang, Apr. 2016.
- [8] Balai Besar Wlayah Sungai Pemali Juana, "Laporan System Palnning Pekerjaan Review Desain D.I. Glapan Timur," PAV) Semarang, Semarang, Aug. 2016.
- [9] N. Basri and A. Purwanto, "Studi Laju Sedimentasi Bagian Hilir Sungai Saddang," Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, 2018.
- [10] Y. Ayas P., "Analisis Angkutan Sedimen dengan Metode MPM dan Metode Einstein pada Saluran Primer Bendung Mencongah," Universitas Mataram, Mataram, 2017.
- [11] I. F. G. Putra, "Evaluasi Kinerja Kantong Lumpur Bendung Karangtalun," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2019.
- [12] Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (Head Work) KP-02*. Jakarta, 2013.