

Analisis Pengendapan Jumlah Volume Sedimen di dalam Saluran Primer D.I Cipicung Kecamatan Cipunagara Kabupaten Subang

Deny Ernawan

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Subang
Jl. Arief Rahman Hakim No. 8, Kelurahan Dangdeur, Kecamatan
Subang, Kabupaten Subang, Jawa Barat-Indonesia
Email: denyernawan@unsub.ac.id

Abstract

This study aims to determine the amount of deposition due to the volume of sediment mixed with solid household waste in the canal which is high enough to become shallow, resulting in a change in the geometric cross-section of the canal in the primary canal and damage to the irrigation network of D.I. Cipicung. The method used in this research activity uses a mathematical analysis technique from Chow and Grag theory in the form of sediment depth and geometric changes in the channel cross section. The results show that the volume of sediment deposited in the primary canal is $V_q \text{ primary} = 16.24 \text{ m}^3$ (section length of 50.5 meters from a channel length of 300 meters) and the geometric change in the cross section of the primary channel is $A = 1.24 \text{ m}^2$. The amount of sediment volume that affects the geometric changes in the cross-section of the primary channel that needs to be repaired is that the canal linings are still alluvial with construction linings, removal of sediment that has been mixed with solid waste, and periodic maintenance.

Keywords: Precipitation; Sediment Volume; Primary Channel

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran pengendapan akibat jumlah volume sedimen yang tercampur sampah padat rumah tangga di dalam saluran cukup tinggi menjadi dangkal, sehingga mengakibatkan terjadi perubahan geometris penampang saluran di saluran primer dan kerusakan jaringan irigasi D.I. Cipicung. Metode yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini menggunakan analisa teknik matematis dari teori Chow dan Grag berupa kedalaman sedimen dan perubahan geometris penampang saluran. Hasil menunjukkan jumlah volume sedimen yang mengendap di dalam saluran primer sebesar $V_q \text{ primer} = 16,24 \text{ m}^3$ (panjang section 50,5 meter dari panjang saluran 300 meter) dan perubahan geometris penampang saluran primer sebesar $A = 1,24 \text{ m}^2$. Besaran jumlah volume sedimen yang mempengaruhi perubahan geometris penampang saluran primer yang perlu diperbaiki pada lining saluran yang masih *alluvial* dengan lining konstruksi, pengangkatan sedimen yang sudah tercampur sampah padat, hingga pemeliharaan secara berkala.

Kata kunci: Pengendapan; Volume Sedimen; Saluran Primer..

PENDAHULUAN

Material lepas yang mudah terfragmentasi oleh air terbentuk karena adanya proses penguraian terhadap fisik dan kimiawi dari batuan kerak bumi disebut sedimentasi (Mulyaningsih, 2018). Sedimen sedimen sendiri terbagi dua yaitu 1) sedimen kohesif yang merupakan lumpur halus dan mudah larut dengan air yang dinamakan dengan *suspended load* atau melayang; dan 2) sedimen non-kohesif merupakan kerikil dan pasir yang dinamakan dengan *bed load* atau beban dasar (Sumardi *et al.*, 2018). Kedua dari jenis sedimen tersebut dapat menimbulkan dampak serius yang berakibat pada pendangkalan dan penyempitan di dalam saluran hingga dapat mengurangi kelancaran aliran air ke daerah yang dituju (Mohamed, 2018).

Endapan dengan jumlah volume sedimen cukup tinggi dapat menyebabkan pendangkalan yang disebabkan oleh sedimen di dalam saluran primer yang berakibat pada rusaknya jaringan irigasi di saluran primer (Noerhayati & Warsito, 2020). Dampak tersebut akan dapat memunculkan tanaman liar

Received Februari 28, 2022; Revised Maret 14, 2023; Accepted April 29, 2023

* Deny Ernawan, denyernawan@unsub.ac.id

(*vegetasi*), mempengaruhi kualitas air, kehilangan air, perubahan penampang saluran, kurang optimumnya kinerja saluran, menaikkan permukaan air hingga *overflow*, dan sebagainya (Nwaneri et al., 2018). Selain itu juga pendangkalan akan sangat berpengaruh terhadap pentingnya kelestarian sumberdaya air dan kerusakan pada konstruksi bangunan sipil (Fatma et al., 2022).

Jumlah volume sedimen yang cukup tinggi hingga pendangkalan dan penyempitan di saluran menjadi sebuah permasalahan yang dapat mengurangi kapasitas air > 40% dari debit air yang tersedia hingga masalah kecukupan dan ketersediaan air pada daerah irigasi sebagai pemenuhan kebutuhan salah satunya untuk lahan pertanian yaitu persawahan (Asawa, 2005). Selain itu, pendangkalan sedimen berdampak pada kerusakan jaringan irigasi hingga biaya operasional yang tinggi untuk perbaikan (Mindiastiwi et al., 2023). Menurut Garg (2005) dan Mangambit (2018) mengatakan bahwa pengangkatan sedimen yang secara terus menerus akan berdampak kerusakan saluran irigasi yang harus ditangani secepatnya karena akan berdampak pada kegagalan hasil produksi pertanian.

Jaringan Irigasi D.I Cipicung keberadaan untuk kebutuhan airnya dimanfaatkan untuk mengaliri lahan sawah. Secara visual saluran irigasi pada D.I. Cipicung mengalami rusak di saluran primer dikarenakan aliran air yang membawa sedimen dari sungai Cipicung langsung masuk ke saluran tanpa adanya pintu bangunan dan lining atau dinding saluran sebagian alluvial dan sebagaian lining konstruksi. Dari kondisi eksisting saluran tersebut berdampak cukup tingginya endapan sedimen hingga terjadi kerusakan jaringan irigasi akibat *scouring* (gesekan). Deposisi sedimen dan sampah padat dapat mengganggu kinerja saluran, mengurangi distribusi air, hingga timbulnya *scouring* (gerusan) yang dapat menyebabkan perubahan pola aliran air di saluran hingga berakibat gerusan lokal pada saluran.

Identifikasi Masalah

Penelitian ini dimulai dengan mengenali permasalahan terlebih dahulu dengan mengidentifikasi masalah terhadap objek yang diteliti. Identifikasi masalah tersebut diantaranya:

1. Pendangkalan yang disebabkan pengendapan volume sedimen cukup tinggi di dalam saluran primer D.I. Cipicung Kabupaten Subang.
2. Perubahan geometris penampang saluran hingga prediksi pengaruhnya terhadap kerusakan jaringan irigasi D.I. Cipicung Kabupaten Subang.

Rumusan Masalah

Perumusan pada penelitian ini dimaksud untuk menentukan penyelesaian masalah terhadap objek yang diteliti. Adapun permasalahan dapat dirumuskan, sebagai berikut:

1. Berapa besar volume sedimen terhadap pendangkalan di dalam saluran primer D.I. Cipicung ?
2. Berapa besar perubahan geometri penampang saluran primer D.I. Cipicung ?

Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari kegiatan penelitian ini tiada lain adalah untuk mengetahui permasalahan di saluran eksisting dengan melakukan beberapa perhitungan agar dapat mengetahui besaran dari volume pengendapan sedimen di dalam saluran primer dan perubahan geometris penampang saluran primer di D.I Cipicung.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan matematis. Secara umum bahwa penggunaan analisis teknik matematis diperoleh dari data primer atau data hasil lapangan langsung ke lokasi objek yang diteliti melalui serangkaian beberapa perhitungan dengan bentuk persamaan dan rumusan berupa kecepatan rata-rata aliran air, debit aliran air, bilangan Reynold (Re) dan bilangan Freud (Fe), volume sedimen, dan geometri penampang saluran.

Alat diperlukan dan digunakan dalam kegiatan penelitian ke lapangan pada lokasi D.I. Cipicung yaitu: pita ukur dengan panjang 150 meter, botol plastik ukuran 250 ml (terisi air setengahnya) sebagai pelampung untuk mengukur kecepatan aliran air, mistar ukur berupa pipa plastik ukuran panjang 150 cm untuk mengukur kedalaman saluran, stop watch, dan kamera digital.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan matematis. Secara umum bahwa penggunaan analisis teknik matematis diperoleh dari data primer atau data hasil lapangan langsung ke lokasi objek yang diteliti melalui serangkaian beberapa perhitungan dengan bentuk persamaan dan rumusan berupa kecepatan rata-rata aliran air, debit aliran air, bilangan Reynold (Re) dan bilangan Freud (Fe), volume sedimen, dan geometri penampang saluran.



Gambar 1. Pengukuran (a) Kecepatan Rata-rata dan Debit Air, (b) Luas Penampang Saluran, dan (c) Kedalaman Saluran di Lokasi Saluran Primer Pada Jaringan Irigasi D.I Cipicung
(Sumber: Hasil Survey Lapangan)

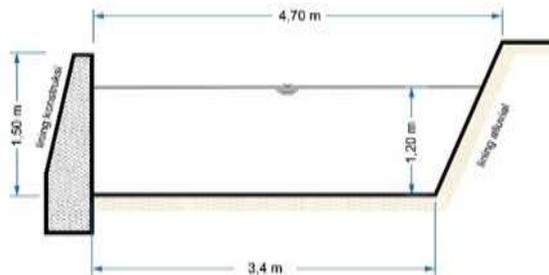
Tabel 1. Pengumpulan Data Primer Hasil Pengukuran Eksisting Kedalaman dan Kecepatan Rata-rata Di Saluran Primer (P=300 m) D.I Cipicung

Jenis Saluran	Bangunan Cipicung	Panjang (m)	Kedalaman Pada Titik	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Waktu Kecepatan Pelampung (dtk)	Panjang Lintasan Pelampung (m)	Lebar Saluran Atas (m)
Saluran Primer	I	300	Awal	68	75	35	0	0	4,70
			Akhir	74	80	39	42,808	50,50	4,70

Sumber: Hasil Survey Lapangan dan Analisis (2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan kegiatan survey lapangan ke saluran irigasi D.I. Cipicung untuk memperoleh data primer berupa data kuantitatif selain melalui data sekunder. Kegiatan tersebut dengan cara melakukan pengukuran luas penampang saluran eksisting, mengukur kecepatan rata-rata aliran air dengan cara 5 kali pengulangan, mengukur rata-rata kedalaman saluran melalui 3 titik, dan melalui pengamatan objek yang diteliti. Selain dilakukan pengukuran dan observasi pengamatan langsung ke saluran primer D.I Cipicung yang mengalami kerusakan saluran dan memperoleh data kuantitatif berupa besaran saluran dan sedimen.



Gambar 2. Rencana Awal Penampang Saluran Primer Pada Jaringan D.I Cipicung
Sumber: Dinas PUPR Bidang SDA Kabupaten Subang

Berdasarkan data yang diperoleh dari data primer hasil observasi lapangan, maka analisis secara analisis matematis mencari besaran debit air, kecepatan aliran air pada saluran primer, rezim aliran berupa *reynold* (R_e) dan *freud* (F_r) pada saluran primer, sebagai berikut:

a. Kecepatan aliran air

Aliran air pada saluran terbuka membawa partikel padat seperti sedimen, bila kecepatan rendah akan terjadi proses endapan sedimen semakin tinggi di sepanjang saluran (Suleman, 2015). Maka bentuk rumus persamaan untuk kecepatan terhadap aliran air di saluran terbuka yang disarankan menggunakan alat pelampung jika alat ukur arus tidak dapat dilaksanakan (SNI 8066, 2015). Adapun bentuk rumus persamaan kecepatan aliran air di saluran primer, sebagai berikut:

$$V = \frac{1,49}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_0^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Penyelesaiannya:

Lebar dasar (b) = 3,4 m

Lebar puncak (T_1) = 4,7 m

Lebar permukaan air (T_2) = 4,28 m

Kedalaman aliran (y) = 1,2 m

Kemiringan sisi lining (z) = 1,08

Slope (i) = 0,0003

n_1 = 0,016 (lining kiri berupa pasangan batu basah)

n_2 = 0,023 (lining kanan berupa pasangan batu basah)

Maka:

$$A = \frac{(b+zy)}{2} \cdot y$$

$$= \frac{(4,28 + 3,4)}{2} \times 1,2$$

$$\begin{aligned} &= 4,61 \text{ m}^2 \\ c &= \frac{n_1 + n_2}{2} \\ &= \frac{0,016 + 0,023}{2} \\ &= 0,019 \\ R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{4,61}{5,99} \\ &= 0,77 \text{ m} \\ V &= \frac{1,49}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_0^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1,49}{0,019} \times 0,77^{\frac{2}{3}} \times 0,0003^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,14 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

b. Debit aliran air

Debit air untuk penampang saluran terbuka dinyatakan dengan bentuk rumus persamaan (Chow, 1989), sebagai berikut:

$$Q = A \times V \quad \text{(Persamaan 2)}$$

Penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 4,61 \times 1,14 \\ &= 5,26 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

c. Rezim aliran Reynold (Re) dan Froude (Fe)

Aliran seragam memiliki regime aliran yaitu turbulen (Bakhtiar, 2018). Aliran turbulen memiliki pergerakan tidak stabil dan saling interaksi (Hanmaiahgari et al., 2017; Bakhtiar, 2018). Sedangkan *laminer* gerakannya tidak berpotongan dan mengalami pencampuran partikel yang bersifat non *kohesif* diakhiri pengendapan di titik-titik tertentu di saluran disebut sediment (Bakhtiar, 2018). Tipe ragam aliran pada saluran terbuka umumnya aliran tunak dengan tipe aliran seragam tunak dipengaruhi gravitasi dan kekentalan dengan kelembaban dinyatakan rumus persamaan bilangan *Reynold* (Chow, 1989), sebagai berikut:

Bilangan Reynold (Re), yaitu:

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

Penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} Re &= \frac{VL}{\nu} \\ &= \frac{V \times R}{1,08 \times 10^{-5}} \\ &= \frac{1,14 \times 0,77}{1,08 \times 10^{-5}} \\ &= 81,292 \end{aligned}$$

Maka diperoleh bahwa bilangan Reynold (Re) adalah > 6.000 , turbulen

Pergerakan aliran dipengaruhi oleh gravitasi akibat ukuran benda berbeda (Chow, 1989), bentuk rumus persamaan bilangan *Froude*, sebagai berikut:

Bilangan Froud (*Fe*), yaitu:

$$Fe = \frac{v}{\sqrt{(g \times L)}} \quad \text{(Persamaan 4)}$$

Penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} Fe &= \frac{v}{\sqrt{(g \times L)}} \\ &= \frac{v}{\sqrt{9,81 \times 10^{-5}}} \\ &= \frac{1,14}{\sqrt{9,81 \times 10^{-5}}} \\ &= 0,40 \end{aligned}$$

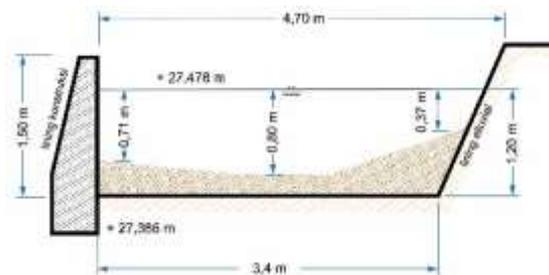
Maka diperoleh bahwa bilangan Froude (*Fe*) adalah $0,40 < 1$, sub kritis

Tabel 2. Hasil Analisis Kecepatan Aliran Air dan Debit Aliran Air di Saluran Primer (P=300 m) Pada Jaringan Irigasi D.I Cipicung

Jenis Saluran	Bentuk Saluran	Luas Penampang Saluran (A), (m)	Keliling Basah (P), (m)	Jari-jari Hidrolis (R), (m)	Lebar Atas (T), (m)	Kedalaman Hidrolis (D), (m)	Slop (So)	Kecepatan (V), (m/dtk)	Debit (Q), (m ³ /dtk)	Rezim Aliran	
										Re	Fe
Saluran Primer	Setengah Trapesium	4,61	5,99	0,77	4,70	0,98	0,0003	1,14	5,26	81,292	0,40

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Sedangkan untuk mengetahui besaran dari jumlah volume sedimen yang mengendap di dalam saluran primer dan perubahan geometris penampang saluran primer yang tergambar dibawah ini, sebagai berikut:



Gambar 3. Saluran eksisting Penampang Saluran Primer Pada Jaringan D.I Cipicung
Sumber: Dinas PUPR Bidang SDA Kabupaten Subang

a. Volume sedimen mengendap di dalam saluran primer

Sedimentasi di sungai maupun irigasi akibat erosi lepasnya partikel dari permukaan tanah terbawa air dan angin hingga mengendap di tempat tertentu (Osuagwu et al., 2014). Pengendapan sedimen di dalam saluran irigasi dengan perbandingan hasil ukuran lapangan dengan rencana awal dengan bentuk rumus persamaan, sebagai berikut:

Section 1

Ketinggian titik h1 = 0,68 m

Ketinggian titik h2 = 0,75 m

Ketinggian titik h3 = 0,35 m

Section 2

Ketinggian titik h1 = 0,74 m

Ketinggian titik h2 = 0,80 m

Ketinggian titik h3 = 0,39 m

- Rata-rata kedalaman saluran:

$$h_{\text{rata-rata}} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \quad (\text{Persamaan 5})$$

Penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} h_{\text{rata-rata 1}} &= \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \\ &= \frac{0,68 + 0,75 + 0,35}{3} = 0,59 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{rata-rata 1}} &= \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \\ &= \frac{0,74 + 0,80 + 0,39}{3} = 0,64 \text{ m} \end{aligned}$$

- Selisih kedalaman saluran:

$$d_s = h_r - h_{\text{rata-rata}} \quad (\text{Persamaan 6})$$

Penyelesaiannya:

$$d_{s1} = 0,95 - 0,59 = 0,35 \text{ m}$$

$$d_{s2} = 0,95 - 0,64 = 0,30 \text{ m}$$

Maka rata-rata kedalaman sedimen, yaitu:

$$d_{\text{rata-rata}} = \frac{0,35 + 0,30}{2} = 0,32 \text{ m}$$

- Volume deposisi sedimen:

$$V_q = d_s \times L_s \quad (\text{Persamaan 7})$$

Penyelesaiannya:

$$V_q = d_s \times L_s$$

$$V_{q1} = 0,35 \times 50,5 = 17,51 \text{ m}^3$$

$$V_{q2} = 0,30 \times 50,5 = 14,98 \text{ m}^3.$$

Maka diperoleh rata-rata volume sedimen pada saluran primer, yaitu:

$$\begin{aligned} V_{q \text{ rata-rata}} &= \frac{17,51 + 14,98}{2} \\ &= 16,24 \text{ m}^3 (0,16\%) \end{aligned}$$

Tabel 3. Hasil Analisis Besaran Volume Sedimen Di Dalam Saluran Primer Dengan Panjang

Section 50,5 m (P=300 m) Pada Jaringan Irigasi D.I Cipicung

No.	Nama Ruas Saluran	h Rencana (m)	Rata-rata Kedalaman Survey, h (m)	Selisih Kedalaman (m)	Deposisi Sedimen (m ³)	Deposisi Sedimen Rata-rata (m ³)
1	Ruas Saluran Primer, Panjang Section 50,5 m (panjang keseluruhan saluran primer 300 meter)	0,94	0,32	0,35	17,51	16,24
				0,30	14,98	

Sumber: Hasil Analisis (2022)

b Perubahan geometris saluran

Perubahan geometris penampang saluran primer yang berisi endapan sedimen sebesar 16,24 m³

dengan ketinggian atau rata-rata dari kedalaman sebesar $= \frac{16,89}{50,5} = 0,32$ m

Jika diperoleh data lapangan saluran eksisting, sebagai berikut:

- Lebar dasar (b) = 3,52 m
- Lebar puncak (T1) = 4,7 m
- Lebar permukaan air (T2) = 4,15 m
- Kedalaman aliran (y) = 0,87 m
- Kemiringan sisi lining (z) = 1,08
- Elevasi dasar saluran titik 1 = 27,443 mdpl
- Elevasi dasar saluran titik 2 = 27,429 mdpl

Penampang saluran primer eksisting, yaitu:

$$A = \frac{(b+zy)}{2} \cdot y \tag{Persamaan 8}$$

Penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} A &= \frac{(b+zy)}{2} \cdot y \\ &= \frac{(4,15 + 3,52)}{2} \times 0,87 \\ &= 3,36 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jika penampang saluran diperoleh dari data sekunder yaitu 4,61, maka perubahan penampang saluran primer eksisting yaitu:

$$\begin{aligned} &= 4,61 - 3,36 \\ &= 1,25 \text{ (27,11\%)} \end{aligned}$$

Tinggi kemiringan saluran primer eksisting, yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta H &= 27,443 - 27,429 \\ &= 0,014 \text{ (panjang section 50,5 m)} \end{aligned}$$

Diperoleh kemiringan dasar saluran primer eksisting, yaitu:

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{0,014}{50,5} \\ &= 0,00027. \end{aligned}$$

Maka hasil perubahan geometris penampang saluran primer eksisting D.I Cipicung dapat dilihat pada tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perkiraan Perubahan Geometris Penampang Saluran Primer Akibat Pengendapan Sedimen Pada Jaringan Irigasi D.I Cipicung

No.	Penampang Saluran	Luas Penampang (A), m ²	Keliling Basah (P)	Jari-jari Hidrolis (R)	Lebar Atas (T), (m)	Kedalaman Hidrolis (D)	Slope (S _o)	Kecepatan (V), (m/dtk)	Debit (Q), (m ³ /dtk)
Saluran Primer									
1	Awal	4,61	5,99	0,77	4,70	0,98	0,0003	1,14	5,26
2	Eksisting	3,36	5,40	0,62	4,70	0,80	0,00027	0,75	2,52
Perubahan		1,25	0,59	0,15	Tetap	0,18	0,00003	0,39	2,74
Persentase (%)		27,11	9,85	19,48	Tetap	18,37	10,00	34,03	52,09

Sumber: Hasil Analisis Tahun 2022

KESIMPULAN

Hasil perhitungan yang disimpulkan bahwa jumlah besaran volume sedimen yang mengendap di dalam saluran primer sebesar V_q primer = 16,24 m³ (0,16%) dari panjang section 50,5 meter atau panjang keseluruhan saluran primer 300 meter. Besaran volume sedimen yang mengendap di saluran primer akan menimbulkan penyempitan pada saluran, scouring (gesekan) menyebabkan kavitasi, muncul tumbuhan liar (vegetasi), retak-retak, bocor, meningkatkan overflow dan overtopping hingga banjir. Sedangkan besaran perubahan penampang saluran di saluran primer sebesar $A = 1,25$ m³ (27,11%). Perubahan penampang saluran secara visual tumbuh tanaman liar (vegetasi), scouring (gesekan) hingga menimbulkan kavitasi dan retak-retak terhadap lining atau dinding saluran konstruksi, kurangnya pendistribusian air yang diakibatkan oleh kurang optimalnya kinerja saluran.

Kegiatan penelitian ini terkait pendangkalan sedimen dan perubahan geometris penampang saluran primer D.I Cipicung harus dioptimalkan. Adapun penanganan yaitu 1). perlu tindak lanjut dengan perbaikan lining saluran *alluvial* dengan lining saluran konstruksi pada saluran primer atau ditanami rumput jenis *vetiver* (akar wangi) pada lining *alluvial* untuk memperkecil resiko erosi tanah yang disebabkan sedimen berlebihan; dan 2). perlu dilakukan segera mungkin pengerukan oleh mesin beko untuk mengangkat pengendapan sedimen di dalam saluran akan memperkecil resiko tumbuhnya tanaman liar, debit air stabil, mengurangi *scouring* (gesekan) yang menyebabkan kavitasi dan retak-retak terhadap lining yang terkonstruksi, hingga berkerjanya kinerja saluran dengan optimal; dan 3) Perlu dilakukan perbaikan dan pemeliharaan atau perawatan disepanjang saluran irigasi dengan melakukan prioritas utama seberapa besarnya kerusakan saluran akibat pendangkalan yang disebabkan oleh pengendapan sedimen di dalam saluran primer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada LPPM Universitas Subang yang telah memberikan kontribusi yang besar dan motivasi dalam penelitian ini, serta Dinas PUPR bidang SDA Kabupaten Subang yang memberikan kemudahan ijin berupa data sekunder dan memberikan ijin ke lokasi yang diteliti hingga kegiatan penelitian ini terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asawa, G. (2005). Irrigation and Water Resources Engineering. In *New Age International Publishers, New Delhi* (pp. 16–623).
- Bakhtiar, A. (2018). Catatan Kuliah Analisa Hidrologi dan Hidrolika. In *Magister Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung* (pp. 1–20).
- Chow, V. T. (1989). Open Channel Hydraulics. In *McGraw - Hill Engineering, Newyork* (pp. 1–350).
- Fatma, F., Asmorowati, E. tri, Mamade, M., Suhartawan, B., Chaerul, M., Corsita, L., Herliana, E., Daud, A., Indriyati, C., Intifada, W. S., Hutaruk, D. S., & Cahyanurani, A. B. (2022). Pengelolaan Sumber Daya Air. In *Penerbit: PT. Global Eksekutif Teknologi* (pp. 1–115).
- Garg, S. K. (2005). Irrigation Engineering and Hydraulic Structures. In *Romes Chander Khanna for Khanna Publishers, New Delhi* (pp. 31–1726).
- Hanmaiahgari, P. R., Roussinova, V., & Balachandar, R. (2017). Turbulence Characteristics of Flow in an Open Channel With Temporally Varying Mobile Bedforms. *Journal Hydrol Hydromech*, 65(1), 35–48.
- Mangambit, J. (2018). Pengaruh Sedimen Transport Terhadap Kinerja Penampang Saluran Irigasi. *Jurnal Isu Teknologi STT Mandala*, 13(1), 61–71.
- Mindiastiwi, T., Skriptianata, P., & Pranida, P. (2023). Analisis Modernisasi Irigasi di Daerah Irigasi Padurekso Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Waktu*, 21(01), 35–42.
- Mohamed, M. M. A. (2018). Effect of Sediment Deposition Upstream of the New Ibrahimia Head Regulator on its Flow Characteristics. *Journal Water Science*, 32(2), 241–258.
- Mulyaningsih, S. (2018). Pengantar Geologi Lingkungan. In *Akprind Press: Vol. Edisi 3* (pp. 1–269).
- Noerhayati, E., & Warsito, W. (2020). Studi Perencanaan Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Pitab Kabupaten Balangan Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(6), 427–436.
- Nwaneri, O. L., Nwachukwu, M. I., Ihua, N., & Nwankwo, C. E. I. (2018). The Effect of Solid Waste Disposal on Nworie River. *Journal of Environment and Biotechnology Research*, 7(2), 23–29.
- Osuagwu, J. C., Nwachukwu, A. N., Nwoke, H. U., & Agbo, K. C. (2014). Effects of Soil Erosion and Sediment Deposition on Surface Water Quality: A Case Study of Otamiri River. *Journal of Engineering and Technology*, 2(5), 438–442.
- SNI 8066. (2015). Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung. In *Badan Standar Nasional*.
- Suleman, A. R. (2015). Analisis Laju Sedimen pada Saluran Irigasi D.I Sanrego Kecamatan Kahu Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Wahana Teknik Sipil*, 20(2), 76–86.
- Sumardi, M. A., Hendratta, L. A., & Halim, F. (2018). Analisis Angkutan Sedimen Di Sungai Air Kolongan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(12), 1043–1054.