

KAJIAN ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (BED LOAD) PADA SALURAN IIRIGASI SEKUNDER KECAMATAN GONDANGLEGI DEGAN SOFTWARE HEC-RAS

Mar'atus Sholihah Rahmadhani¹, Eko Noerhayati² dan Azizah Rokhmawati³

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: 22001051060@unisma.ac.id

² Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

The secondary irrigation channel in Gondanglegi has experienced silting, which hampers the flow of irrigation water to agricultural lands. The continuous accumulation of sediments can change the dimensions of the channel. This research aims to determine the characteristics of the sediments through sieve analysis, sediment concentration measurements, and the specific gravity of the sediments. Additionally, it seeks to estimate the annual volume of bed load sediment that enters the irrigation channel. The HEC-RAS software is used to model sedimentation through quasi-unsteady flow analysis, incorporating the results from the sieve analysis tests. Sediment samples were collected from STA1 to STA8, and the sediment transport volume was calculated using the Laursen-Copeland empirical equation. The average volume of sediment in the irrigation channel, which extends 797.23 meters, is 7,118 m³, with an average sediment thickness of 14,599 cm. The average sediment volume is 1,318 m³, with an average thickness of 2,693 cm. To better illustrate the sedimentation occurring in the channel, HEC-RAS was utilized for modeling.

Kata Kunci: DI Kedungkandang, HEC-RAS, Irrigation Channel, Sedimentation.

1. LATAR BELAKANG

1.1 Latar belakang

Irigasi bagi pertanian berperan untuk memastikan ketersediaan air yang cukup, mengurangi resiko kekeringan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Air irigasi yang mencapai lahan pertanian haruslah terbebas dari lumpur atau sedimen yang terlalu banyak. Semakin besar debit aliran, semakin banyak pula angkutan sedimen (*bed load*) yang terbawa [2]. Sedimen dapat terbawa ke daerah irigasi dikarenakan beberapa faktor seperti perubahan tata guna lahan, deforestasi pertanian dan terjadinya proses abrasi pada hulu sungai. Sedimen pada saluran irigasi

sekunder Gondanglegi berasal dari saluran primer Kedung Kandang. Sedimen ini memengaruhi kondisi angkutan sedimen di saluran irigasi, yang pada akhirnya menyebabkan perubahan dimensi saluran dari ukuran aslinya dan secara tidak langsung mengurangi kinerja saluran irigasi. Program Hydraulic Engineering Center – River Analysis sistem (HEC–RAS) dapat digunakan untuk memodelkan proses sedimentasi dengan memasukkan data gradasi sedimen sebagai input. program HEC-RAS digunakan untuk memprediksi besar angkutan sedimen pada saluran irigasi sekunder Gondanglegi dengan metode empiris dan uji laboratorium.

1.2 Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, identifikasi yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Terjadinya pendangkalan pada saluran irigasi sekunder gondanglegi (saluran B.GL 6)
2. Beberapa titik pada saluran irigasi (B.GL 1- B.GL 2, B.GL 5) menjadi tempat pembuangan sampah, limbah ternak, dan limbah rumah tangga.
3. Sedimen yang berlebih dapat menghambat air irigasi untuk mengalir ke lahan pertanian.
4. Penumpukan sedimen yang terjadi secara terus-menerus dapat mengubah dimensi saluran dari ukuran aslinya, sehingga mengurangi kinerja optimal saluran irigasi.

1.3 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa jenis sedimen dasar (*bed load*) yang ada di saluran irigasi sekunder gondanglegi (saluran B.GL6)?
2. Berapa konsentrasi dan berat jenis sedimen dasar (*bed load*) pada saluran irigasi sekunder gondanglegi (saluran B.GL6)?
3. Berapa volume angkutan sedimen dasar (*bed load*) setiap tahunnya pada saluran irigasi sekunder gondanglegi (saluran B.GL6) dan berapa tahun skala pengerukan yang dapat dilakukan?

1.4 Batasan masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Pengamatan hanya dilakukan pada saluran B.GL 6 dengan total panjang 797,23 m.
2. Pelaksanaan normalisasi pada saluran irigasi sekunder gondanglegi sebelumnya diasumsikan menggunakan standart nasional (SNI).
3. Dalam penelitian ini tidak merencanakan atau mendesain kolam pengendalian sedimentasi.
4. Dalam penelitian ini tidak memprediksi dampak lingkungan dan kualitas air.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Saluran irigasi

Saluran irigasi adalah jalur air yang membawa aliran dari bangunan penangkap air di sungai menuju petak-petak sawah melalui serangkaian saluran yang ukurannya semakin mengecil. Saluran pertama yang mengalirkan air dari bendung disebut saluran primer dan berfungsi melayani wilayah irigasi dari petak petak sekunder. Saluran sekunder, yang ukurannya lebih kecil dari saluran primer, bertugas menyalurkan air ke petak-petak tersier. Selanjutnya, saluran tersier yang berukuran lebih kecil melayani petak-petak tersier, sedangkan saluran yang melayani petak kuarter disebut saluran kuarter. [5].

2.2. Kecepatan aliran

Perhitungan nilai kecepatan aliran air dihitung dengan menggunakan rumus Manning. Berikut rumus untuk mencari kecepatan aliran air (V):

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- V = kecepatan aliran air (m/s)
n = nilai koefisien *manning*
R = jari-jari hidrolis (m)
S = kemiringan dasar saluran (m)

2.3. Sedimentasi

Sedimentasi merujuk pada proses pengendapan berbagai material yang terbawa oleh arus sungai, yang berpotensi membentuk delta sungai. Sementara itu, sedimen merupakan jenis batuan yang dihasilkan melalui rangkaian proses degradasi, abrasi, pengangkutan, dan pengendapan (kompaksi) yang terjadi di area aliran sungai. [3].

2.4. Konsentrasi sedimen

Untuk mencari nilai konsentrasi sedimen dilakukan uji di laboratorium melalui beberapa tahap, termasuk pengambilan sampel, pengeringan sedimen, dan penghitungan berat sebelum dan sesudah pengujian, sesuai dengan prosedur standar (AASHTO T-265-79) (ASTM D-2216-71). Untuk menghasilkan konsentrasi sedimen yaitu menggunakan persamaan:

$$W = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- W = Konsentrasi Sedimen

- w_1 = berat cawan
 w_2 = berat cawan + berat tanah basah
 w_3 = berat cawan + berat tanah kering

2.5. Analisa saringan butir sedimen

Uji analisis saringan dilakukan dengan memilih tingkat gradasi sedimen berdasarkan ukuran butirannya. Pengujian ini menggunakan metode sieve analysis (analisis saringan), di mana sampel sedimen disaring melalui serangkaian saringan dengan ukuran 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 80, 100, dan 200 mesh. Setiap saringan berfungsi memisahkan partikel sedimen sesuai dengan ukurannya, sehingga dapat diperoleh distribusi ukuran butir yang lebih rinci. Analisa sedimen gradasi atau analisa ukuran butir adalah distribusi dari ukuran agregat [4]. Berikut rumus untuk mencari analisa saringan (ASHTO-27-74)(ASTM C-136-46)

Presentase tanah tertahan:

Presentase berat tertahan pada saringan =

$$\frac{w_i}{w} \times 100 \% \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Presentase tanah lolos (\% lolos)} = 100\% - \% \text{ tertahan} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

W_i = Berat tertahan (gr)

W = Berat total tertahan (gr)

2.6. Berat jenis sedimen

Berat jenis adalah rasio antara massa tanah kering dan massa air dengan volume yang setara pada suhu tertentu. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kepadatan relatif dari sampel tanah, yang berfungsi penting dalam studi dan analisis sedimen. Setiap sampel diuji menggunakan 3 piknometer untuk memastikan hasil yang akurat dan konsisten.

Untuk menghasilkan berat jenis sedimen yaitu menggunakan persamaan berikut (AASHTO-100-74)(ASTM D-583-58):

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

G_s = berat jenis butiran sampel

w_1 = berat picnometer kosong (Gr)

w_2 = berat picnometer + sampel sedimen kering (Gr)

w_3 = berat picnometer + sampel sedimen kering + air (Gr)

w_4 = berat picnometer + air (Gr)

2.7. Angkutan sedimen

Menurut Priyantoro (1987), sedimen yang terbawa oleh aliran dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Muatan cuci (*Wash Load*): butiran yang sangat halus dan bergerak melayang di bagian atas aliran tanpa mengendap di dasar sungai.
2. Muatan layang (*Suspenden Load*): Partikel partikel yang bergerak di dalam pusaran aliran dan cenderung terus menerus melayang mengikuti aliran.
3. Muatan dasar (*Bed Load*) Partikel partikel yang bergerak pada dasar sungai melalui mekanisme berguling, meluncur, atau meloncat.

2.8. Software HEC-RAS

HEC-RAS merupakan aplikasi yang digunakan untuk memodelkan aliran di sungai atau dikenal sebagai *River Analysis System* (RAS). Program ini dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC), sebuah divisi dari *Institute for Water Resources* (IWR) di bawah naungan *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS merupakan model aliran satu dimensi yang mencakup aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). Program ini memiliki empat komponen model utama:

1. Perhitungan profil muka air pada aliran permanen.
2. Simulasi aliran tak permanen.
3. perhitungan transportasi sedimen.
4. Perhitungan kualitas air.

3. METODOLOGI PENELITIAN

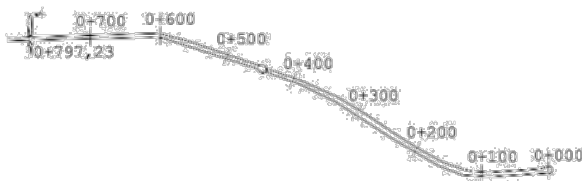
3.1 lokasi penelitian

Lokasi penelitian ini berada di saluran irigasi sekunder Gondanglegi yang berada di wilayah D.I Kedungkandang, saluran primer BIK.18 dengan saluran sekunder pada titik B.GL.1 sampai B.GL.8 dengan panjang total saluran 5371,71m dan mengairi petak sawah seluas 85,42 Ha dan terbagi 4 saluran tersier. Titik ruas B.GL.6 dengan panjang 797,23m yang diambil sebagai tempat penelitian karena terdapat angkutan sedimen berlebih.



Gambar 1. Skema Saluran Irigasi Sekunder Gondanglegi

Sumber: Dinas UPT PUSDA Gondanglegi



Gambar 2. Pembagian STA pada Saluran irigasi Sekunder B.GL 6

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.2 Pengumpulan data

1. Data Sedimen

Pengambilan sedimen dalam penelitian ini menggunakan metode Equal Width Increment (EWI). EWI membagi lebar penampang pada saluran menjadi jumlah bagian yang sama, sesuai dengan total sampel yang akan diambil. Dalam penelitian ini, penampang saluran dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sisi kanan, sisi tengah, dan sisi kiri saluran. Proses pengambilan sampel dilakukan di delapan titik yang telah ditentukan sepanjang saluran, dengan jarak antar titik pengambilan sebesar 100 meter. Setiap titik diberi nomor, di mana titik 1 diasumsikan sebagai hulu, sedangkan titik 8 sebagai hilir, mengikuti arah aliran air dari hulu ke hilir.

2. Data Geometry

Data ini meliputi data penampang melintang dan data penampang memanjang saluran irigasi sekunder Gondanglegi. Data ini didapat dari Dinas UPT PUSDA Gondanglegi.

3. Data Debit

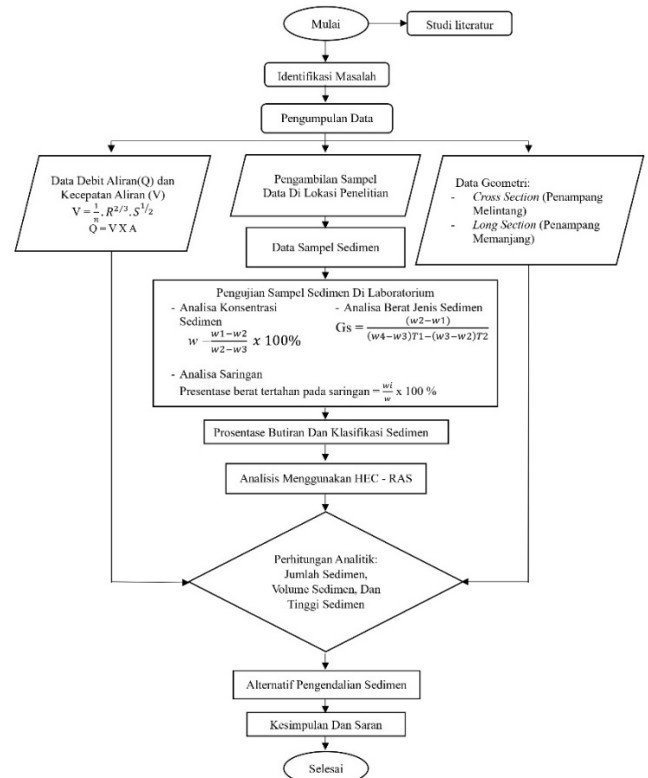
Data ini meliputi data debit aliran selama 3 tahun dimulai dari tahun 2021 sampai 2024. Data ini didapat dari Dinas UPT PUSDA

Gondanglegi

4. Data Irigasi

Data ini meliputi data skema jaringan saluran irigasi sekunder Gondanglegi. Data ini didapat dari Dinas UPT PUSDA Gondanglegi.

3.3 Bagan alir penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Dari Penelitian

Sumber: Dokumen Milik Pribadi, 2024

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Saluran Irigasi Sekunder Gondanglegi

Berdasarkan hasil pengamatan serta data dari UPT Sumber Daya Air Gondanglegi, saluran irigasi sekunder Gondanglegi memiliki peran penting dalam mengairi lahan persawahan seluas 85,42 hektar. Saluran ini dirancang dengan tampang melintang berbentuk trapesium yang memiliki luas seragam di sepanjang alirannya, dan membentang sepanjang 5,37171 km, mulai dari saluran irigasi sekunder Gondanglegi (B.GL 1) hingga (B.GL 8), melintasi wilayah pengairan yang cukup luas. Dalam penelitian tugas akhir ini, fokus kajian hanya dilakukan pada titik (B.GL 6) dengan panjang saluran 797,23 meter. Titik (B.GL 6)

dipilih karena di sepanjang saluran tersebut ditemukan pengendapan sedimen, serta terdapat tikungan yang memengaruhi aliran air di saluran.

4.2 Kecepatan aliran

Untuk mencari nilai kecepatan aliran dapat dihitung menggunakan rumus *Manning*. Berikut contoh perhitungan kecepatan aliran pada STA 1:

1. Mencari Luas Penampang Basah

$$A = (b+m \cdot h)h$$
$$= (3+1,11 \cdot 0,640)0,640 = 2,375 \text{ m}^2$$

2. Mencari Keliling Basah

$$P = b+2h \sqrt{(1+m^2)}$$
$$= 3+2(0,640) \sqrt{(1+1,11^2)} = 4,912 \text{ m}$$

3. Mencari Jari-Jari Hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2,375}{4,912} = 0,483 \text{ m}$$

4. Mencari Kemiringan Dasar Saluran

$$S = \frac{\text{Elevasi titik awal} - \text{Elevasi titik akhir}}{\text{panjang saluran}}$$
$$= \frac{374,73-374,5}{100} = 0,003 \text{ m}$$

5. Mencari kecepatan aliran air

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$
$$= \frac{1}{0,33} \cdot 0,483^{2/3} \cdot 0,003^{1/2} = 1,022 \text{ (m/s)}$$

Tabel 1. Data Saluran Irigasi Sekunder Gondanglegi (B.GL 6)

No	STA	Tinggi Saluran (m)	Lebar Saluran Bawah (m)	Kemiringan Atas (m)	Kemiringan Tebing	A	P	R	S	Kecepatan (m/s)	Debit (m ³ /s)
						m	m	m	m		
1.	0+100	0,72	3	4,3	0,010,1	2,375	4,912	0,483	0,003	1,022	2,134
2.	0+200	0,72	3	4,3	0,010,1	2,33	4,882	0,477	0,002	1,013	2,134
3.	0+300	0,72	3	4,3	0,010,1	2,286	4,852	0,471	0,003	1,005	2,134
4.	0+400	0,72	3	4,3	0,010,1	2,243	4,822	0,465	0,005	0,996	2,134
5.	0+500	0,72	3	4,3	0,010,1	2,200	4,792	0,459	0,01	0,988	2,134
6.	0+600	0,72	3	4,3	0,010,1	2,156	4,762	0,452	0,01	0,977	2,134
7.	0+700	0,72	3	4,3	0,010,1	2,156	4,762	0,452	0,02	0,977	2,134
8.	0+797	0,72	3	4,3	0,010,1	2,113	4,744	0,445	0,01	0,967	2,134

(Sumber : Hasil Perhitungan,2024)

4.3 Uji konsentrasi sedimen

Pengujian konsentrasi sedimen dilakukan pada delapan titik pengambilan sampel yang tersebar di sepanjang saluran, dengan total 24 sampel yang dikumpulkan. Setiap titik pengambilan sampel dipilih 3 sisi pengambilan untuk mewakili variasi kondisi aliran dan sedimen di saluran tersebut. Berikut contoh perhitungan konsentrasi sedimen pada STA 1 sample 1-A (cawan 1):

$$w = \frac{13,200-45,900}{45,900-34,600} \times 100\% = 52,800 \%$$

Perhitungan konsentrasi sedimen pada STA 1

(sampel 1-A) disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Data Pengujian Konsentrasi Sedimen Sampel 1-A

Nomor Cawan			No.4	No.8	No.12	No.16	No.30	No.50	No.80	No.100	No.200	Pan
			-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
Berat Cawan	W1	gr	13,2	9,8	10,3	10,4	10,1	10,2	10,2	9,7	14,1	10,1
Berat Cawan + Tanah Basah	W2	gr	45,9	41,5	42,1	44,2	43,6	44,8	43,6	45,1	47,4	45,8
Berat Cawan + Tanah Kering	W3	gr	34,6	30,8	31,1	32,1	33,7	32,9	31,8	34,5	35,6	33,8
Berat Air	W2-W3	gr	11,3	10,7	11	12,1	9,9	11,9	11,8	10,6	11,8	12
Berat Tanah Kering	W3-W1	gr	21,4	21	20,8	21,7	23,6	22,7	21,6	24,8	21,5	23,7
Kadar Air	W	%	52,8	51	52,88	55,76	41,94	52,42	54,62	42,74	54,88	50,6
Kadar Air Rata-Rata			50,96									

(Sumber : Hasil Perhitungan,2024)

4.4 Uji analisa saringan sedimen

Untuk contoh perhitungan analisa saringan sampel STA 1 pada saringan no.4 dengan diameter butiran 4,75mm:

Presentase berat tertahan pada saringan = 14,000/1000 x 100 % = 1,400 %

Presentase tanah lolos (% lolos) = 100% - 1,400% = 98,600%

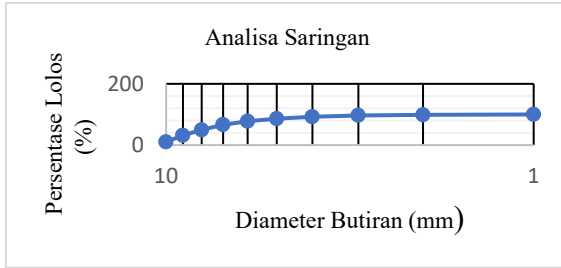
Perhitungan analisa saringan pada STA 1 disajikan pada tabel dibawah:

Tabel 3. Data Pengujian Analisa Saringan Sedimen (*bed load*) Pada STA 1.

N0. saringan	Diameter Butiran (mm)	Berat tertahan (gr)	Jumlah berat tertahan (gr)	Persen kumulatif	
				Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8"	9.500				100
4	4,75	14	14	1,4	98,6
8	2,36	18,2	32,2	1,82	96,78
10	2	44,6	76,8	4,46	92,32
16	1,18	62,6	139,4	6,26	86,06
30	0,6	84,8	224,2	8,48	77,58
50	0,3	110,6	334,8	11,06	66,52
80	0,18	170,6	505,4	17,06	49,46
100	0,15	176,6	682	17,66	31,8
200	0,075	216,4	898,4	21,64	10,16
Pan		101,6	1000	10,16	0
jumlah		1000			

(Sumber : Uji Laboratorium,2024)

Persentase hasil analisis saringan dapat dilihat lebih jelas pada grafik berikut:



Gambar 4. Grafik Analisa Saringan Sedimen Dasar (Bed Load) Pada STA 1.

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

4.5 Uji berat jenis sedimen

Berikut adalah contoh perhitungan berat jenis untuk STA 1 Sampel 1-A, Piknometer 1:

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{(66,700 - 49,700)}{(143,200 - 49,700) - (156,400 - 66,700)} \\
 &= \frac{17,000}{93,500 - 89,700} \\
 &= 4,474
 \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian berat jenis STA 1 (sampel 1-A, 1-B, dan 1-C) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Pengujian Berat Jenis Pada Sampel 1-A

No.	Uraian	Satuan	1	2	3
1.	Berat Kosong (W1)	Gr	49,7	44,8	45
2.	Berat Kosong + Tanah (W2)	Gr	66,7	60,3	68
3.	Berat Kosong + Tanah + Air (W3)	Gr	156,4	150,8	156
4.	Berat Kosong + Air (W4)	Gr	143,2	143,7	147
5.	Temperatur (T1)	°C	28	28	28
6.	W2-W1	Gr	17	15,5	23
7.	W4-W1	Gr	93,5	98,9	102
8.	W3-W2	Gr	89,7	90,5	89
9.	Berat Jenis (Gs)	Gr/Cm ³	4,474	1,845	1,7
10.	Rata-Rata Berat Jenis	Gr/Cm ³	2,669		

(Sumber : Uji Laboratorium, 2024)

Berikut dokumentasi pada saat pelaksanaan uji konsentrasi sedimen, analisa saringan sedimen, dan berat jenis sedimen:



Gambar 5. Uji Konsentrasi

Sumber: Dokumentasi Milik Pribadi



Gambar 6. Uji Analisa Saringan

Sumber: Dokumentasi Milik Pribadi



Gambar 7. Uji Berat Jenis

Sumber: Dokumentasi Milik Pribadi

4.6 Angkutan sedimen

dilakukan menggunakan persamaan Laursen-Copeland karena variabel-variabel yang diperlukan tersedia, dan ukuran diameter sedimen memenuhi kriteria yang telah ditetapkan oleh persamaan tersebut. Hal ini memungkinkan estimasi angkutan sedimen yang akurat sesuai dengan kondisi aliran dan karakteristik sedimen yang diamati dengan kisaran yang diterapkan adalah 0,011 sampai 29 mm, terutama untuk jenis sedimen berukuran pasir hingga lanau [1]:

$$C_t = 0,01\gamma \left(\frac{d_{50}}{D} \right)^{\frac{7}{6}} \left(\frac{\tau'}{\tau_{ci}} \right) f \left(\frac{U_*}{\omega_i} \right) \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

C_t = konsentrasi aliran sedimen (kg/ m²)

γ = berat jenis air (kg/ m²)
 d_{50} = nilai tengah diameter partikel (m)
 D = kedalaman rata-rata (m)
 τ' = tegangan geser dasar (N/m²)
 $f\left(\frac{U_*}{\omega_i}\right)$ = fungsi rasio kecepatan dan kecepatan jatuh
 U_* = kecepatan geser (m/dt)
 ω_i = kecepatan jatuh partikel sedimen ukuran I (m/dt)

Tabel 5. Data Saluran Irigasi Sekunder Gondanglegi (B.GL 6) Di Setiap STA

STA	γ (kg/m ²)	γ_s (gr)	d_{50} (m)	D (m)	K N/m ²	m (m)	S (m)	b (m)	H (m)	g (m/s ²)	v (m/s)
STA1	1000	2,47	0,184	0,608	0,035	0,903	0,003	3	0,72	9,81	0,93
STA2	1000	2,48	0,194	0,608	0,035	0,903	0,002	3	0,72	9,81	0,851
STA3	1000	2,38	0,227	0,608	0,035	0,903	0,003	3	0,72	9,81	0,911
STA4	1000	2,42	0,202	0,608	0,035	0,903	0,005	3	0,72	9,81	1,291
STA5	1000	2,36	0,224	0,608	0,035	0,903	0,01	3	0,72	9,81	1,807
STA6	1000	2,42	0,22	0,608	0,035	0,903	0,01	3	0,72	9,81	1,838
STA7	1000	2,38	0,286	0,608	0,035	0,903	0,02	3	0,72	9,81	2,622
STA8	1000	2,38	0,196	0,608	0,035	0,903	0,01	3	0,72	9,81	1,896

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

langkah-langkah untuk menghitung pada STA 1 adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan Geser

$$U_* = \sqrt{g \cdot D \cdot S}$$

$$= \sqrt{9,81 \cdot 0,608 \cdot 0,003} = 0,134$$

2. Tegangan Geser Dasar

$$\tau' = \left(\frac{pv^2}{58}\right) \left(\frac{d_{50}}{D}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left(\frac{1000 \times 1,022^2}{58}\right) \left(\frac{0,184}{0,608}\right)^{\frac{1}{3}} = 12,090$$

3. Tegangan Geser Dasar Kritis

$$\tau_{ci} = K \cdot (\gamma_{air} - \gamma_s) \cdot d_{50}$$

$$= 0,035 \cdot (1000 - 2,47) \cdot 0,184 = 6,178$$

4. Jumlah Angkutan Sedimen

$$C_t = 0,01\gamma \left(\frac{d_{50}}{D}\right)^{\frac{7}{6}} \left(\frac{\tau'}{\tau_{ci}}\right) f\left(\frac{U_*}{\omega_i}\right)$$

$$= 0,01(1000) \left(\frac{0,184}{0,608}\right)^{\frac{7}{6}} \left(\frac{12,090}{6,178}\right) \times 16,500$$

$$= 80,068$$

Tabel 6. Perhitungan Analitik Angkutan Sedimen.

STA	τ' (kg/m ²)	τ_{ci} (kg/m ²)	U_* (m/s)	ω_i (m/s)	$\left(\frac{U_*}{\omega_i}\right)$	$f\left(\frac{U_*}{\omega_i}\right)$ (m/dt)	C_t (kg/m ²)
STA1	12,09	6,178	0,134	4,892	0,027	16,5	80,068
STA2	12,089	6,402	0,117	7,71	0,015	15,7	78,197
STA3	12,539	7,58	0,122	6,464	0,019	13	68,131
STA4	11,846	6,728	0,176	6,18	0,028	14,8,00	72,05
STA5	12,065	7,46	0,244	6,182	0,039	13,2	66,593
STA6	11,727	7,252	0,244	8,664	0,028	13,5	66,68
STA7	12,799	5,389	0,345	8,432	0,041	11,3	111,331
STA8	11,054	6,456	0,248	8,895	0,028	15,5	75,617

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

4.7 Perhitungan ketebalan sedimen

Dari perhitungan tabel analitik angkutan sedimen, berat sedimen, volume sedimen, dan ketebalan sedimen di setiap stasiun saluran irigasi sekunder Gondanglegi dapat dihitung dan disajikan dalam tabel 7, volume sedimen bervariasi pada setiap stasiun (STA), dan tinggi dan ketebalan pada sedimen juga bervariasi. Untuk menghitung ketebalan pada sedimen STA 1, berikut langkah-langkahnya:

1. Berat sedimen

$$B = \Sigma \text{rata-rata} \cdot \text{Lrata-rata} \cdot P$$

$$= 79,132 \cdot 2,352 \cdot 100$$

$$= 18611,846 \text{ kg}$$

$$= 18,611 \text{ ton}$$

2. Volume sedimen

$$V = \frac{\text{berat sedimen}}{\text{berat jenis}}$$

$$= \frac{18,611}{2,47} = 7,534$$

3. tinggi atau ketebalan sedimen

$$h = \sqrt{\left(\frac{V}{p \cdot b \cdot m}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{7,534}{100 \cdot 3 \cdot 1,11}\right)} = 0,150$$

Untuk hasil perhitungan pada STA 1- STA 8 akan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 7. Perhitungan Ketebalan Sedimen

STA	Berat sedimen		Volume sedimen	Tinggi sedimen	
	kg	ton	(m ³)	m	cm
1	18611,85	18,611	7,534	0,15	15,041
2	16886,25	16,886	6,808	0,142	14,298
3	15868,38	15,868	6,667	0,141	14,149
4	15396,19	15,396	6,361	0,138	13,821
5	14513,32	14,513	6,149	0,135	13,588
6	19189,48	19,189	7,929	0,154	15,430
7	19946,92	19,946	8,380	0,158	15,863

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Dari perhitungan diatas maka diketahui jumlah volume sedimen = 4,873 m3 pada saluran irigasi sekunder gondanglegi sepanjang 797,23 m. dengan ketebalan rata-rata 14,599 cm dengan ketebalan terbesar 15,863 cm pada STA 7-STA 8. Selanjutnya melakukan perhitungan estimasi volume dan berat sedimen yang terakumulasi setiap tahun selama lebih dari lima tahun setelah normalisasi yang dilakukan pada bulan April tahun 2019

dengan diasumsikan pelaksanaan normalisasi mengacu pada ketentuan standart nasional (SNI).

Tabel 8. Perhitungan Ketebalan Sedimen Per Tahun

STA	Berat Sedimen		Volume Sedimen	Tinggi Sedimen	
	kg	Ton	m ³	m	cm
1	3446,638	3,447	1,395	0,028	2,778
2	3127,084	3,127	1,261	0,026	2,63
3	2938,588	2,939	1,235	0,026	2,611
4	2851,147	2,851	1,178	0,026	2,556
5	2687,652	2,688	1,139	0,025	2,500
6	3553,607	3,554	1,468	0,029	2,852
7	3693,875	3,694	1,552	0,029	2,926
Rerata	3185,513	3,186	1,318	0,027	2,693

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

Dari tabel 8. Dapat disimpulkan bahwa dalam 1 tahun diketahui rerata volume sedimen = 1,318 m³, dengan ketebalan rata-rata sedimen = 2,693 cm. Dengan skala pengerukan yang dapat dilakukan sekitar 4 tahun sekali dengan asumsi jika sedimentasi tahunan tetap stabil.

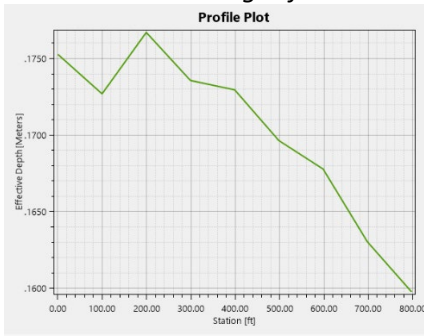
4.8 Software HEC-RAS

Berikut grafik dari hasil *running* HEC-RAS.



Gambar 8. Grafik Sedimen yang Masuk STA1-STA8.

Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



Gambar 9. Grafik Perubahan Kedalaman Efektif

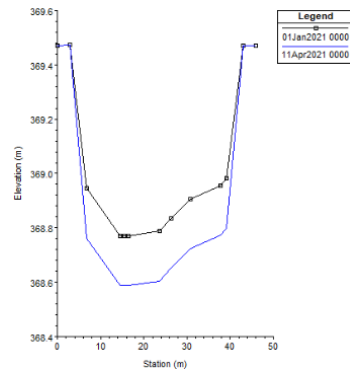
STA1-STA8.

Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS

Keterangan:

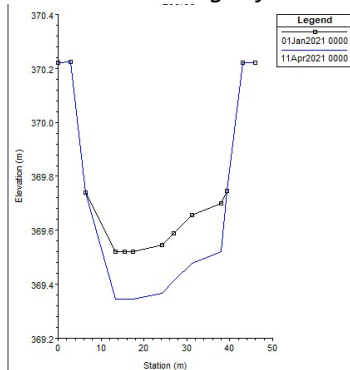
Gambar 8: Beberapa garis mempresentasikan masa kumulatif dari berbagai jenis sedimen. Garis hijau merupakan massa kumulatif terbesar (*very fine sand*).

Gambar 9: Terjadi penurunan pada titik sta 4-8 mengindikasikan adanya pengaruh sedimentasi atau penurunan dasar saluran di area tersebut.



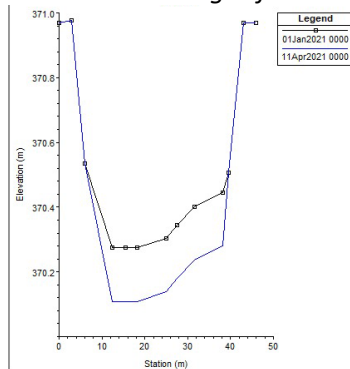
Gambar 10. Grafik Perubahan Elevasi STA 1.

Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



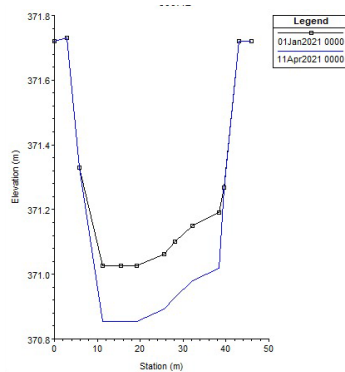
Gambar 11. Grafik Perubahan Elevasi STA 2.

Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS

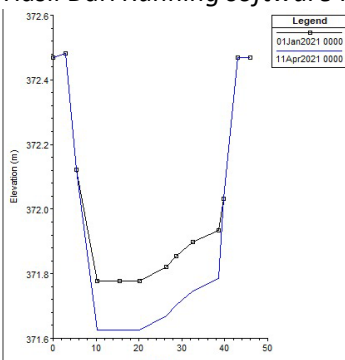


Gambar 12. Grafik Perubahan Elevasi STA 3.

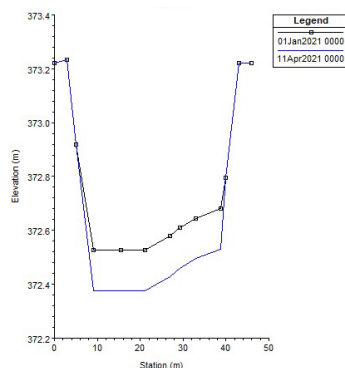
Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



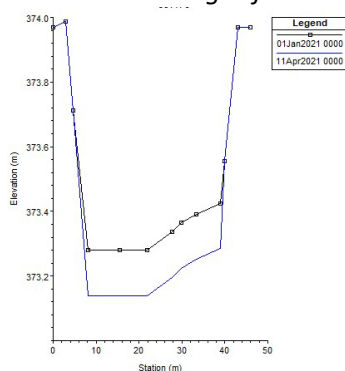
Gambar 13. Grafik Perubahan Elevasi STA 4.
Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



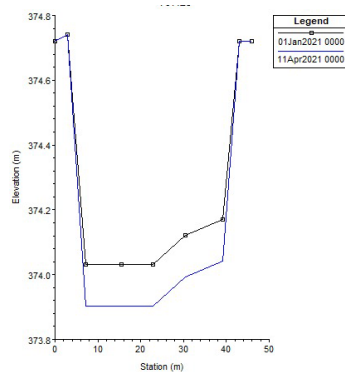
Gambar 14. Grafik Perubahan Elevasi STA 5.
Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



Gambar 15. Grafik Perubahan Elevasi STA 6.
Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



Gambar 16. Grafik Perubahan Elevasi STA 7.
Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS



Gambar 17. Grafik Perubahan Elevasi STA 8.
Sumber: Hasil Dari *Running software* HEC-RAS

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, hasil perhitungan dengan data yang ada, serta pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian Analisa saringan sedimen, menurut klasifikasi ukuran butiran menurut *ameerican geophysical union*, masuk kedalam kategori *very fine sand*.
2. Hasil rata-rata dari pengujian konsentrasi sedimen memiliki total = 54,00(mg/l). Dan Hasil rata-rata pengujian berat jenis sedimen memiliki total = 2,41(gr/cm³).
3. Hasil perhitungan jumlah angkutan sedimen dengan menggunakan metode Laursen Copeland didapat rerata volume sedimen = 7,118 dengan rata-rata ketebalan 14,599 cm. Dalam 1 tahun diketahui jumlah volume sedimen = 1.318 m³, ketebalan rata-rata sedimen = 2,693 cm. dengan skala pengerukan yang dapat dilakukan sekitar 4 tahun sekali dengan asumsi jika sedimentasi tahunan tetap stabil.

4. Saran

Berdasarkan hasil dari tugas akhir ini, dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Pengendalian sedimen dapat dilakukan dengan melakukan pembersihan secara berkala dengan prioritas pengerukan di STA 7 – STA 8 yang memiliki ketebalan terbesar pada saluran sekunder gondanglegi.
2. Setelah penelitian ini dilakukan, untuk selanjutnya diharapkan dapat menganalisis pada saluran irigasi sekunder

gondanglegi menggunakan rumus empiris lainnya.

3. Untuk penelitian selanjutnya dapat menganalisa sedimentasi sepanjang saluran irigasi sekunder gondanglegi.
4. Selain dilakukan analisis sedimentasi diharapkan dapat menganalisis kualitas air yang ada pada saluran irigasi sekunder gondanglegi
5. Diperlukannya pada (BIK4-BIK5) ditambah lining (pasangan batu kali) pada sisi saluran sebelah kiri, kanan, dan dasar saluran. Dengan demikian dapat meningkatkan kecepatan aliran, secara otomatis mengurangi sedimentasi di area saluran tersebut.

Metro Kota Malang Dengan Metode HEC-RAS. Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal), 12(1), Article 1.

- [3] Tantowi, D. A. (2018). *Kajian Sedimentasi di Saluran Irigasi Sekunder Menggunakan Program HEC-RAS Versi 4.1 (Studi Kasus Saluran Irigasi Sekunder Desa Pontang Kecamatan Ambulu.*
- [4] Toyyibah, T., Noehayati, E., & Rachmawati, A. (2020). *Prediksi Laju Sedimentasi Sungai Keser pada Bendungan Tugu Trenggalek dengan Metode HEC-RAS. Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal), 8(5), Article 5.*
- [5] Wirosodarmo, R. (2019). *Teknik Irigasi Permukaan. Universitas Brawijaya Press.*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad, N. (2011). *Persamaan Angkutan Sedimen.* Yogyakarta, Universitas Janabarda.
- [2] Ibadi, F. I., Noerhayati, E., & Rokhmawati, A. (2022). *Analisa Prediksi Sedimentasi Pada DAS*