

# PENGARUH AKUMULASI SEDIMEN PADA SALURAN IRIGASI TERHADAP PRIORITAS REHABILITASI KONSTRUKSI (STUDI KASUS D.I. LEUWI KUYA KAB. BANDUNG & KAB. BANDUNG BARAT)

Adhitya Dwipayana R., ST.<sup>1</sup>, Dr. Ir. H. Bakhtiar. AB, MT.<sup>2</sup>, Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT.<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Sangga Buana Bandung

<sup>1</sup>Korespondensi : dwipa2adhitya@gmail.com

## ABSTRAK

Akumulasi sedimen salah satu penyebab permasalahan kerusakan saluran irigasi, diperlukan penelitian untuk mengetahui besarnya pengaruh akumulasi sedimen terhadap prioritas rehabilitasi konstruksi jaringan irigasi yang bertujuan untuk mengembalikan pasokan air irigasi ke kondisi optimal. Metoda yang digunakan analisa deskriptif kualitatif dengan observasi langsung, kuesioner kepada petani, para pakar praktisi irigasi dan instansi pengelola, serta analisa regresi berganda dan dilakukan analisa matematis hidrolika saluran pembawa untuk memverifikasi hasil analisa deskriptif kualitatif. Hasil penelitian berupa indikator sedimentasi  $c = 0,00854 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $qb = 1,29 \text{ m}^3/\text{dt}$  per lebar saluran, potensi scouring  $\tau_0 > \tau_c = 3,546 > 0,02107$ ,  $qs = 2,2 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{dt}$  per lebar saluran,  $X = 1,22 \times 10^{-7} \text{ mg}/\text{m}^3$ ,  $Qs = 6,4 \times 10^{-7} \text{ Kg}/\text{dt} = 0,055 \text{ Kg}/\text{hari}$ . Hasil statistik regresi berganda, pengaruh  $X_1, X_2, X_3$  terhadap  $Y$ , yaitu 45,1%,  $F$  hit.  $6,031 > F$  tab. 3,05 dan sig.  $0,004 < 0,05$ . Prioritas rehabilitasi konstruksi dimulai dari bagian hulu (perbaikan konstruksi saluran primer, pemeliharaan berkala bendung, pemeliharaan rutin bangunan pelengkap) dilanjutkan ke bagian hilir (perbaikan berat konstruksi bangunan pelengkap sekunder dan saluran sekunder). Item pekerjaan prioritas adalah normalisasi saluran, penggunaan konstruksi pada saluran pembawa dan konservasi lereng bukit sekitar saluran pembawa.

Kata Kunci : Sedimen Irigasi, Prioritas Rehabilitasi Konstruksi irigasi

## ABSTRACT

Sediment accumulation is one of the causes of irrigation canal damage problems, research is needed to find out the magnitude of the effect of sediment accumulation on the rehabilitation priorities of irrigation network construction aimed at returning irrigation water supply to optimal conditions. The method used is a qualitative descriptive analysis with direct observation, questionnaires to farmers, experts of irrigation practitioners and management agencies, as well as multiple regression analysis and a mathematical analysis of carrier channel hydraulics to verify the results of qualitative descriptive analysis. The results of the study are sedimentation indicators  $c = 0,00854 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $qb = 1,29 \text{ m}^3/\text{sec}$  per channel width, scouring potential  $\tau_0 > \tau_c = 3.546 > 0.02107$ ,  $qs = 2,2 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$  per channel width,  $X = 1,22 \times 10^{-7} \text{ mg}/\text{m}^3$ ,  $Qs = 6,4 \times 10^{-7} \text{ kg}/\text{sec} = 0.055 \text{ kg}/\text{day}$ . The results of multiple regression statistics, the effect of  $X_1, X_2, X_3$  on  $Y$ , which is 45,1%,  $F$  count.  $6,031 > F$  tab. 3,05 and sig.  $0,004 < 0,05$ . Construction rehabilitation priority starts from the upstream part (repair of primary channel construction, periodic maintenance of weirs, routine maintenance of complementary buildings) continued to the downstream (heavy repairs of secondary auxiliary building construction and secondary canals). Priority work items are channel normalization, use of construction in carrier channels and hillside conservation around carrier channels

Keywords: Irrigation Sediment, Irrigation Construction Rehabilitation Priority

## PENDAHULUAN

Laju sedimen di saluran irigasi sangat mempengaruhi keberlanjutan sistem irigasi [1]. Erosi dan sedimentasi dapat mengurangi kapasitas saluran air. Erosi tanah berpengaruh pada lahan dimana terjadi erosi, tetapi juga di daerah hilirnya dimana material sedimen

diendapkan. Banyak bangunan sipil di daerah hilir akan terganggu seperti saluran-saluran, jalur navigasi air dll [2]. Pengangkutan sedimen, menimbulkan banyak masalah dan merupakan subjek yang sangat penting, dan memiliki potensi yang cukup untuk penelitian dan pengembangan [3]. Erosi tanah dapat

menghasilkan muatan sedimen di saluran irigasi, material sedimen dalam pasokan air irigasi dapat menjadi masalah, sedimen dapat menyumbat struktur kontrol air pada sistem pengaliran terbuka dan tertutup [4]. Akibat karakteristik sedimen, aliran atau fluida berubah dalam saluran maka terjadi perubahan permukaan air dan sifat permukaan lapisan, rezim aliran akan sangat mempengaruhi distribusi kecepatan, hubungan resistansi, dan pengangkutan sedimen [5].

Laju sedimentasi pada saluran irigasi mempengaruhi dimensi saluran dan menyebabkan perubahan kinerja saluran [6]. Integrasi pengetahuan petani dengan pengetahuan para ahli irigasi dapat menghasilkan cara yang lebih efektif untuk masalah sedimentasi [7]. Permasalahan pada DAS dapat dirumuskan diantaranya berapa besar erosi dan sedimen di bendung serta pengaruh terhadap ketersediaan air ke daerah irigasi [8]. Analisis sedimentasi membantu mengidentifikasi kendala dalam kinerja hidrolis dan operasional yang akan menginformasikan dalam menemukan alternatif untuk perbaikan [9]. Kerusakan-kerusakan yang terdapat di D.I. antara lain pendangkalan saluran irigasi yang diakibatkan sedimentasi, dalam penentuan urutan prioritas rehabilitasi bangunan irigasi berpatokan pada analisa kondisi fisik jaringan [10].

Pada Daerah Irigasi (D.I.) Leuwi Kuya dengan luas 2.357 ha di Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bandung Barat, dalam saluran pembawanya memiliki tingkat sedimentasi yang cukup tinggi, secara visual lantai muka

Bendungnya sudah penuh dengan sedimen, kualitas air secara fisik dalam kantong lumpur dan saluran primer berwarna cokelat, diperlukan analisa pengaruh akumulasi sedimen pada konstruksi jaringan irigasi terhadap tingkat kerusakan konstruksinya.

Analisa pengaruh akumulasi sedimen bertujuan untuk menentukan prioritas rehabilitasi jaringan irigasi agar kegiatan rehab konstruksi dimasa yang akan datang dapat dilakukan secara parsial dan efisien.

## KAJIAN PUSTAKA

### Kajian Pustaka

Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian. Daerah irigasi adalah kesatuan lahan yang mendapat air dari satu jaringan irigasi. Rehabilitasi jaringan irigasi adalah kegiatan perbaikan jaringan guna mengembalikan fungsi irigasi seperti semula [11]. Rehabilitasi jaringan irigasi dapat dilakukan jika kondisi baik suatu jaringan < 60% atau tingkat kerusakan > 40% [12].

Erosi dan Sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terdapat di tempat lain [2]. Prosedur yang digunakan dalam mengukur kecepatan aliran air berdasarkan SNI 8066:2015 [13].

Perhitungan *suspended load* dalam saluran, menggunakan persamaan Rouse, [3], yaitu :

$$\frac{c}{c_a} = \left[ \frac{a(D-y)}{y(D-a)} \right]^{\frac{w_0}{KV}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : D = Kedalaman saluran (m). S = Slope lantai saluran. Y = Jarak dari dasar saluran ke tengah kedalaman air (m).  $c_a$  = Konsentrasi sedimen dalam aliran air (mg/l). a = Jarak ke tempat konsentrasi sedimen (m).  $w_o$  = Kecepatan jatuh butiran sedimen dalam air yang diam (m/s). K = Konstanta Von-Karman (0,4). V = Kecepatan gesekan geser. Perhitungan *bed load* digunakan persamaan Einstein [3], yaitu :

$$\frac{q_b}{w_o \cdot d} = 40 \left[ \frac{\gamma_w R'S}{\gamma_w d (S_s - 1)} \right]^3 = 40 \left[ \frac{R'S}{d (S_s - 1)} \right]^3 \dots (2)$$

Dimana :  $q_b$  = Volume transportasi beban dasar ( $m^3/dt$ ) per m lebar saluran.  $w_o$  = Kecepatan jatuh (m/dt). d = Diameter butir (m).  $\gamma_w$  = Satuan berat air =  $9,81 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^3$ . R' = Kedalaman rata-rata hidrolis = D untuk saluran lebar (m). S = Slope lantai saluran.  $S_s$  = Berat jenis *bed load* (2,65).

Tipe aliran saluran terbuka yaitu Aliran tetap dan Aliran tidak tetap [14]. Debit (Q) pada suatu penampang saluran [14], dinyatakan dengan :

$$Q = V \times A \dots (3)$$

Dimana : Q = Debit ( $m^3/dt$ ). V = Kecepatan (m/dt). A = Luas penampang saluran ( $m^2$ ).

Pengaruh kekentalan terhadap kelembaman dinyatakan dengan bilangan Reynold [14], didefinisikan sebagai :

$$R = \frac{VL}{\nu} \dots (4)$$

Dimana : R = Bilangan Reynold. V = Kecepatan aliran (m/dt). L = Panjang karakteristik (m).  $\nu$  = Kekentalan kinematik.

Akibat gaya tarik bumi terhadap keadaan aliran dinyatakan dengan bilangan Freud [14], didefinisikan sebagai :

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}} \dots (5)$$

Dimana : F = Bilangan Freud. V = Kecepatan rata-rata aliran (m/dt). g = Percepatan gravitasi ( $m/dt^2$ ). L = P. karakteristik, (m).

Geometri saluran adalah bentuk dimensi saluran. Perhitungan unsur geometri saluran diuraikan pada **Tabel 1** [14]. Kecepatan aliran air dalam saluran terbuka digunakan persamaan Manning [14], yaitu :

$$V = \frac{1,49}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0,5} \dots (6)$$

Dimana : n = Faktor Koefisien Kekasaran Manning. R = Jari-jari hidrolis (m). S = Sloop.

**Tabel 1: Unsur Geometris Penampang Saluran Bentuk Travesium & Persegi Panjang**

Penampang	Luas, A ( $m^2$ )	Keliling Basah, P (m)	Jari-Jari Hidrolis, R (m)	Lebar Puncak, T (m)	Kedalaman Hidrolis, D (m)	Faktor Penampang, Z
Persegi Panjang	by	b + 2y	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y	$by^{1,5}$
Travesium	(b + zy)y	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	b + 2zy	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\frac{[(b + zy)y]^{1,5}}{\sqrt{b + 2zy}}$

Sumber : [14]

Pengangkutan sedimen menggunakan metode Ackers and White, [1], yaitu :

$$q_s = G_{gr} \nu d_{35} \left( \frac{V}{U_*} \right)^n \dots (7)$$

Dimana :  $d_{35}$  = Ø partikel representatif (m).  $\nu$  = Kekentalan kinematis ( $m^2/dt$ ).  $G_{gr}$  =

Parameter transport. n = Eksponen dalam parameter mobilitas  $F_{gr}$ .  $u_*$  = Kecepatan geser (m/dt). V = Kecepatan rata-rata (m/dt).  $q_s$  = Total pengangkutan sedimen/lebar ( $m^2/dt$ ). Persamaan Ackers and White untuk konsentrasi angkutan sedimen [15], yaitu :

$$X = \frac{G_{gr} \times \frac{\gamma_s}{\gamma} \times d_{50}}{H \times \left(\frac{U_*}{V}\right)^n} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana : X = Konsentrasi angkutan sedimen (mg/l).  $\gamma_s$  = Berat jenis sedimen (Kg/m<sup>3</sup>).  $\gamma$  = Berat jenis air (Kg/m<sup>3</sup>).  $d_{50}$  = Ø butiran (m). H = Kedalaman air (m).

Prediksi laju pengendapan (Qs), [16], yaitu :  
Qs = Cs x Q ..... (9)

Dimana : X = Cs = Konsentrasi angkutan sedimen (mg/l). Qs = Debit sedimen total (Kg/dt). Q = Debit air (m<sup>3</sup>/dt).

Analisis *scouring*, yaitu tegangan kritis ( $\tau_c$ ) sebagai tegangan geser rata-rata ( $\tau_o$ ) yang bekerja di dasar saluran. Jika  $\tau_o > \tau_c$  butiran tanah bergerak [3], dengan persamaan :

$$\tau_c \left(\frac{N}{m^2}\right) = 0,155 + \frac{0,409 \times d^2mm}{\sqrt{1+0,177 \times d^2mm}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\tau_o = \gamma_w \times R \times S \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :  $\tau_c$  = Tegangan geser kritis (N/m<sup>2</sup>).  $\tau_o$  = Tegangan geser rata-rata (N/m<sup>2</sup>).  $\gamma_w$  = Satuan

berat air (kN/m<sup>3</sup>). R = Kedalaman air (m). S = Slope.

Penilaian kondisi jaringan irigasi keseluruhan dilakukan dengan menghitung seluruh kondisi bangunan, dengan metode perhitungan [10], sebagai berikut :

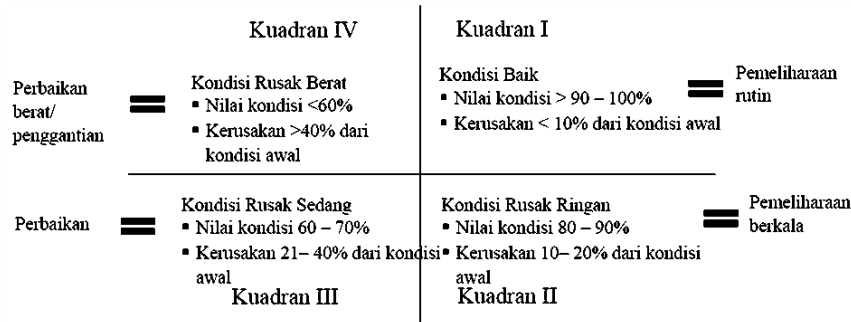
$$K = \frac{Kms+Kto+Kcc+Kdc+Ksd}{\Sigma \text{Kondisi}} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

K = Kondisi jaringan rata-rata (%). Kms = Kondisi bangunan utama (%). Kto = Kondisi bangunan pelengkap (%). Kcc = Kondisi saluran pembawa (%). Kdc = Kondisi saluran pembuang (%). Ksd = Kondisi bangunan sepanjang saluran pembuang (%).

Penilaian kondisi fisik jaringan irigasi (%) ditetapkan dalam 4 klasifikasi [10]

**Gambar 1.**



**Gambar 1: Penilaian Kondisi Fisik Jaringan Irigasi [10].**

Statistik deskriptif yaitu statistik untuk memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel atau populasi apa adanya. Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik populasi. *Proportionate stratified random sampling* digunakan jika populasi mempunyai unsur yang tidak homogen dan berstrata secara proporsional. Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau

nilai dari objek yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari. Penggunaan statistik parametris bekerja dengan asumsi bahwa data setiap variabel penelitian berdistribusi normal [17]. Analisa statistik menggunakan *software Statistical Product and Service Solution* (SPSS), SPSS adalah program aplikasi yang memiliki analisis data statistik. [18].

### Kajian Empiris

Kajian empiris yaitu hasil dari suatu penelitian terdahulu berbentuk jurnal terkait sedimentasi dalam jaringan irigasi, diantaranya :

1. Perilaku sedimentasi dan pengaruhnya terhadap kinerja saluran pada jaringan irigasi, hasilnya pengaruh sedimen terhadap berkurangnya dimensi saluran dan berkurangnya efektivitas kinerja saluran [6].
2. Penilaian aliran air dan proses sedimentasi dalam skema irigasi untuk alat pendukung keputusan, hasilnya penentuan pengaruh parameter transportasi sedimen, pengendapan fisik, penyebaran sedimen, sebagai alat pendukung keputusan [9].
3. Peran pemangku kepentingan dan perspektif manajemen sedimentasi dalam skema irigasi, hasilnya sedimentasi berlebihan karena teknologi rendah. Integrasi pengetahuan petani dan ahli menghasilkan cara efektif untuk masalah sedimentasi [7].
4. Analisis laju sedimentasi terhadap ketersediaan air irigasi dan arahan konservasi, hasilnya kuantitas erosi, jumlah rata-rata sedimen *inflow* dan usulan konservasi [8].
5. Evaluasi & penentuan prioritas rehabilitasi jaringan irigasi, hasilnya penilaian kondisi bangunan dan urutan prioritas D.I. yang akan direhab [10].

### Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah suatu diagram/uraian yang menjelaskan secara garis

besar alur logika penelitian [19], kerangka pemikiran terdiri dari : 1. Tahap Awal, a. Studi literatur. 2. Tahap Pengumpulan Data, a. Data primer dari kuesioner dan observasi lapangan. b. Data sekunder dari instansi. 3. Tahap Pengolahan Data, a. Menentukan variabel, pengujian validitas & reliabilitas. b. Statistik deskriptif, penyajian data. 4. Tahap Pembahasan, a. Analisa teknik matematis. b. Analisa deskriptif. c. Analisa statistik regresi berganda. Persamaan regresi ganda untuk n prediktor [17],  $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$  ..... (47), a = Harga Y ketika harga X = 0 (harga konstan). b = koefisien regresi. 5. Tahap Akhir, Analisa verifikatif untuk klarifikasi pengaruh akumulasi sedimen terhadap prioritas rehabilitasi konstruksi.

### Paradigma Penelitian

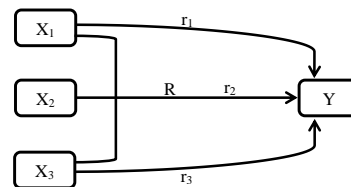
Paradigma penelitian adalah pola pikir yang menunjukkan hubungan antara variabel yang akan diteliti dengan jenis dan jumlah rumusan masalah yang perlu dijawab, Paradigma ganda dengan tiga variabel independen pada **Gambar 2** yaitu tiga variabel independen (X1, X2, X3) dan satu variabel dependen (Y) [17].

### Hipotesis

- H<sub>0</sub>: Ada pengaruh & hubungan antara akumulasi sedimen primer, akumulasi sedimen sekunder, akumulasi sedimen tersier & di bangunan pelengkap terhadap prioritas rehabilitasi konstruksi.
- H<sub>a</sub>: Tidak ada pengaruh & hubungan antara akumulasi sedimen primer,

akumulasi sedimen sekunder,  
akumulasi sedimen tersier & di

bangunan pelengkapya terhadap  
prioritas rehabilitasi konstruksi.



Gambar 2: Paradigma Ganda Dengan Tiga Variabel Independen [17]

## OBJEK DAN METODA PENELITIAN

### Objek Penelitian

D.I. Leuwi Kuya seluas 2.357 ha, di Kab. Bandung & Kab. Bandung Barat, dibangun tahun 1918, pernah direhab tahun 2013. Sumber air dari Sungai Ciwidey, lokasi Kec. Kutawarigin 9 desa, Kec. Cihampelas 10 desa, Kec. Cililin 1 desa. Luas petak tersier, yaitu SI. Leuwi Kuya = 905,5 Ha, SS. Situwangi = 522,5 Ha, SS. G. Dukuh = 929 Ha. Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) terdiri dari 2 GP3A, dan 14 P3A dan dikelola oleh UPTD PSDA WS Citarum [20].

### Metodologi Penelitian

#### Metodologi yang Digunakan

Analisa teknik matematis, yaitu untuk menghitung kecepatan aliran air, *suspended load*, *bed load*, *scouring*, transportasi sedimen, debit aliran air, bilangan Re, bilangan Fr, unsur geometris, akumulasi sedimen dengan membandingkan antara kedalaman eksisting dengan kedalaman rencana dan kondisi jaringan. Analisa deskriptif kualitatif berupa penyajian data hasil analisa matematis, hasil kuesioner dan hasil observasi lapangan. Statistik Regresi Berganda untuk menentukan persentase pengaruh dan korelasi, variabel

independen, akumulasi sedimen primer (X1), akumulasi sedimen sekunder (X2), akumulasi sedimen tersier (X3) terhadap variabel dependen (Y) prioritas rehabilitasi konstruksi. Analisa verifikatif, yaitu komparasi dari analisa matematis, observasi lapangan, kuesioner, analisis deskriptif dan statistik regresi berganda untuk membuktikan hubungan seluruh hasil analisa.

### Jenis dan Sumber Data

Data Primer dari hasil observasi lapangan berupa sampel air bersedimen (uji laboratorium), geometri saluran eksisting, karakteristik hidrolis saluran dan akumulasi sedimen eksisting. Kuesioner kepada P3A/PPA Pakar praktisi irigasi, Instansi pengelola. Data Sekunder dari UPTD PSDA WS Citarum, berupa profil D.I. Leuwi Kuya, data geometris dan karakteristik hidrolis saluran rencana, peta topografi, skema jaringan irigasi, data kondisi jaringan irigasi, gambar konstruksi rencana dan data P3A.

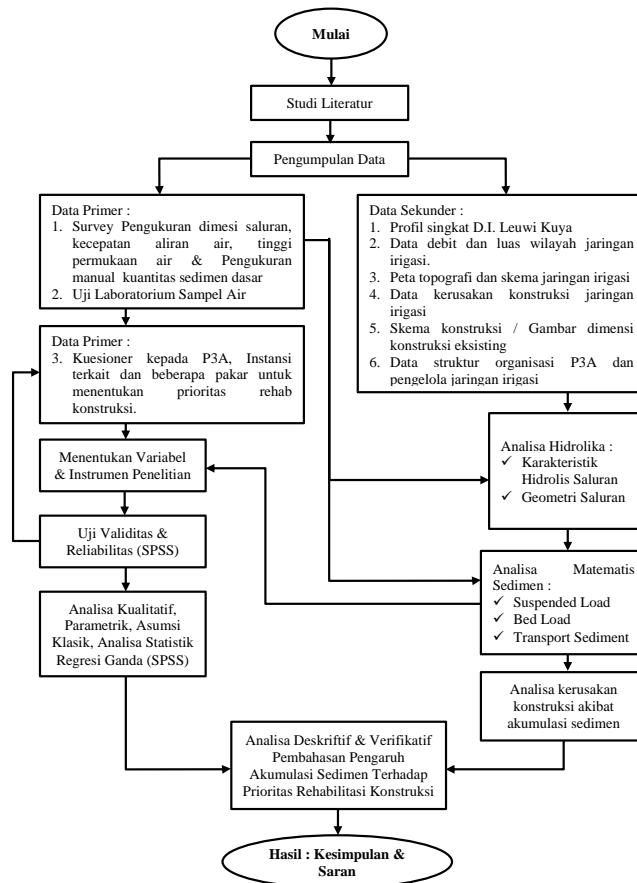
### Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data menggunakan metoda *Proportionate stratified random sampling* [17]. Kuesioner dan observasi lapangan,

sampel air yang diambil dari 1 titik inlate irigasi sebagai data primer. Data sekunder sebagai penunjang untuk pengolahan data dalam analisa teknik matematis, analisa statistik deskriptif, regresi berganda beserta uji asumsi klasik dan analisa verifikatif.

### Rancangan Analisis dan Uji Hipotesis

Rancangan analisis berupa bagan alir penelitian, ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Bagan Alir Penelitian

Uji t satu sisi :

- Jika  $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak,
- Jika  $t_{hitung} \leq -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > +t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak &  $H_a$  diterima [21].

Uji F :

- $H_0$  diterima,  $H_a$  ditolak jika  $-F_{tabel} < F_{hitung} < +F_{tabel}$ .
- $H_0$  ditolak,  $H_a$  diterima jika  $F_{hitung} < -F_{tabel}$  atau  $F_{hitung} > +F_{tabel}$  [22].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Hasil uji laboratorium terhadap 5 parameter untuk kebutuhan perhitungan teknis *suspended load*, *bed load* dan *transport sedimen*, hasil pengujian laboratorium adalah : A. Sedimen *suspended load* 1400 mg/L, B.  $\emptyset$  *bed load*, ( $d_{50}$ ) 0,000585 m. C. Berat jenis *bed load* 2,65. D. Satuan berat sedimen ( $\gamma_s$ ) 3239,004 Kg/m<sup>3</sup>. E. Satuan berat air ( $\gamma_w$ ) 996,29 Kg/m<sup>3</sup>.

Dilakukan kuesioner kepada petani terhadap 14 responden dan dilakukan observasi langsung akumulasi sedimen di 3 titik saluran primer dan sekunder yang mengalami pendangkalan parah dengan pengukuran kedalaman air dan kecepatan aliran air eksisting di 3 titik, yaitu pada Saluran Primer Leuwi Kuya antara BLK. 50 - BLK. 51 dan antara BLK. 54 - BLK. 55, serta SS. Gunung Dukuh di BGD. 1.B - BDG. 2. Peralatan yang digunakan, yaitu :

- A. Pita ukur/meteran dengan panjang 100 meter, 1 buah.
- B. Botol plastik ukuran 250 ml, 1 buah.
- C. Mistar ukur (stik) ukuran 110 cm, 1 buah.
- D. *Stop watch* dan kamera menggunakan *smart phone*, 1 buah.

Hasil pengukuran kecepatan aliran dan kapasitas saluran primer Antara BLK. 50 – BLK. 51 pada **Tabel 2** dengan permasalahan, yaitu terjadi penyempitan, tumbuhan liar pada lining, lining retak-retak, sering terjadi *over toping* debit dan tanah longsor dari lereng bukit. Hasil pengukuran langsung Antara BLK. 54 – BLK. 55 pada **Tabel 3** dengan permasalahan, yaitu terjadi penyempitan, lining retak-retak, tumbuhan liar pada lining dan *over toping* debit. Hasil pengukuran langsung Antara BGD. 1.B – BGD. 2. Pada **Tabel 4** dengan permasalahan, yaitu terjadi penyempitan, saluran, lining retak-retak dan sebagian rusak serta tumbuhan liar pada lining.

SS. Situwangi, sedang tidak dioperasikan karena petak tersier tidak dalam masa tanam, kondisi eksisting bagian hulu dalam kondisi rusak yang diakibatkan akumulasi sedimen yang cukup signifikan, pada bagian tengah kerusakan mirip seperti bagian hulu, pada bagian hilir rusak parah, saluran sekunder sudah tidak terlihat karena akumulasi sedimen. Pada saluran tersier tidak terdapat masalah akumulasi sedimen karena hampir setiap hari dipelihara oleh para petani.

Permasalahan pada bangunan pelengkap di saluran primer mengalami kerusakan ringan dan kondisinya cukup terawat, permasalahan bangunan pelengkap di SS. Gunung Dukuh sebagian besar tidak terawat dan mengalami kerusakan cukup berat dengan akumulasi sedimen pada lantai cukup tebal  $\pm 30$  cm, terdapat tumbuhan liar didalam dinding saluran, sampah dan pintu air susah dioperasikan. Permasalahan bangunan pelengkap di SS. Situwangi, hampir keseluruhan kondisinya rusak berat, pintu air sangat sulit dioperasikan, akumulasi sedimen dalam lantai bangunan pelengkap cukup tebal  $\pm 30$  cm – 60 cm, terdapat sampah dan tumbuhan liar pada dinding bagian dalamnya. Kuesioner selanjutnya dilakukan ke instansi pengelola, terhadap 9 responden dan kepada para pakar praktisi sebanyak 3 orang.

**Tabel 2: Hasil Pengukuran Langsung Antara BLK. 50 – BLK. 51.**

Kedalaman Pada Titik	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Kecepatan Pelampung (dt)	Panjang Lintasan (m)	Lebar Saluran Atas (m)
Awal	69	71	69	0	0	4,5
Akhir	73	80	72	86,73 ; 86,54 ; 86,71	50,8	4,5



**Tabel 3: Hasil Pengukuran Langsung Antara BLK. 54 – BLK. 55.**

Kedalaman Pada Titik	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Kecepatan Pelampung (dt)	Panjang Lintasan (m)	Lebar Saluran Atas (m)
Awal	81	90	20	0	0	4,5
Akhir	15	74	55	43,58 ; 42,54 ; 43,44	25,6	4,5

**Tabel 4: Hasil Pengukuran Langsung Antara BGD. 1.B – BGD. 2.**

Kedalaman Pada Titik	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Kecepatan Pelampung (dt)	Panjang Lintasan (m)	Lebar Saluran Atas (m)
Awal	30	32	35	0	0	2,5
Akhir	12	31	34	48,58 ; 47,24 ; 48,49	80,6	2,5

Sumber : Hasil observasi

### Karakteristik Responden

P3A/PPA, 14 orang petani rata-rata pendidikan SMA sederajat, usia 25 – 54 th, pekerjaan petani. Pakar Praktisi 3 orang pendidikan S2 teknik sipil, usia 51 – 63 th, pekerjaan konsultan teknik sipil. Instansi Pengelola UPTD WS Citarum, 9 orang rata-rata pendidikan S1 teknik, usia 31 – 51 th, pekerjaan ASN dan non ASN.

### Pendapat Responden

Akumulasi sedimen dalam saluran primer & sekunder dari 24 responden atau 93,31 % responden berpendapat perlu dilakukan normalisasi saluran. Urutan Prioritas Rehabilitasi Konstruksi dari 21 responden atau 80,77 % perbaikan dimulai dari bagian hulu menuju ke hilir dengan prioritas pekerjaan normalisasi.

### Hasil Uji Kualitas Data

Jumlah responden 26 dengan signifikansi 0,05 didapat r tabel 0,388. Hasil uji validitas dengan menggunakan software SPSS, yaitu 21

pernyataan  $> 0,388$ , valid dan reliabilitas Cronbach's Alpha  $0,923 > 0,6$  maka tingkat hubungan sangat kuat.

### Hasil Uji Statistik

Uji regresi berganda, nilai korelasi antara variabel independen dan dependen  $R = 0,672$  atau 67,2%, koefisien determinasi pengaruh langsung  $X_1, X_2, X_3$  terhadap  $Y, R^2 = 0,451$  atau 45,1%, 54,9% dipengaruhi faktor lain. Penyimpangan antara persamaan regresi dengan nilai dependen riil, Standart EE  $1,518 < 4$ , Sig.  $0,004 < 0,05$  berarti variabel bebas secara simultan mampu menjelaskan perubahan pada variabel tergantung atau model dinyatakan cocok/fit. Didapat persamaan regresi berganda  $Y = 0,266 + 0,282X_1 + (-0,093)X_2 + 0,116X_3$ .

### Hasil Uji Hipotesis

Pengujian nilai t hitung masing-masing variabel independen, yaitu  $X_1, 2,925 > 1,717$  dan Sig.  $0,008 < 0,05$  maka  $X_1$  berpengaruh positif signifikan terhadap  $Y, X_2, -0,716 < 1,717$  dan Sig.  $0,481 > 0,05$  maka  $X_2$  tidak

berpengaruh signifikan terhadap Y.  $X_3, 0,647 < 1,717$  dan  $\text{Sig. } 0,524 > 0,05$  maka  $X_3$  tidak berpengaruh signifikan terhadap Y.

Pengujian nilai F hitung, yaitu  $6,031 > 3,05$  dan  $\text{Sig. } 0,004 < 0,05$  maka hipotesis secara simultan variabel  $X_1, X_2, X_3$  berpengaruh terhadap variabel Y dengan persentase pengaruh 45,1%, maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, hipotesis terjawab.

## Pembahasan

### Analisis Deskriptif

Berdasarkan hasil observasi langsung ke lokasi D.I. Leuwi Kuya dan berdasarkan jawaban kuesioner yang valid dan reliabel, diuraikan dalam analisa deskriptif terkait pengaruh akumulasi sedimen dalam saluran pembawa beserta bangunan pelengkapannya terhadap urutan prioritas rehabilitasi konstruksi jaringan irigasi pada **Tabel 5**.

### Analisis Verifikatif

Analisa matematis berupa *suspended load*, *bed load* dan *transport* sedimen pada inlate saluran primer. Sebelum melakukan perhitungan analisa matematis sedimen, sebagai pendukung perhitungannya dibutuhkan analisa matematis geometri dan karakteristik hidrolis saluran primer pada inlate primer, dengan hasil pada **Tabel 6** dihasilkan Rezim Aliran berdasarkan  $Re = 77.047,34 > 6.000$  dan  $Fr = 0,38 < 1$  maka rezim aliran turbulen sub kritis. Analisa matematis adalah sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan *Suspended Load*

$$\frac{c}{1.400} = \left[ \frac{0,97 \times (1,27 - 0,635)}{0,635 \times (1,27 - 0,97)} \right]^{0,0032} \frac{0,0032}{0,4 \times 0,061}$$

$$\frac{c}{1.400} = 1,166$$

$$c = 1.400 \times 1,166 = 1.632 \text{ mg/l} = 1.632.370,58 \text{ mg/m}^3 = 1,63 \text{ Kg/m}^3, Q = 5,24 \text{ m}^3/\text{dt}, \text{ maka } 5,24 \text{ m}^3/\text{dt} \times 1,63 \text{ Kg/m}^3 = 8,54 \text{ Kg/dt}, = 0,00854 \text{ m}^3/\text{dt}$$

**Tabel 5: Ringkasan Analisa Deskriptif Dampak Akumulasi Sedimen**

No	Konstruksi Saluran Irigas	Analisa Deskriptif Pengaruh Akumulasi Sedimen Terhadap				Prioritas Rehabilitasi Konstruksi Berdasarkan Kuesioner
		Geometri dan Karakteristik Hidrolis Saluran	Konstruksi Saluran	Bangunan Pelengkap	Distribusi Air Irigasi	
1	Primer	- Pendangkalan - Penyempitan Kapasitas Saluran - Perubahan Slope - Saluran Dangkal : Turbulensi Aliran Air Kecepatan Aliran Air Meningkat - Saluran Dalam : Kecepatan Aliran Air Menurun Mempercepat pengendapan - Debit Aliran Air Berkurang	- <i>Scouring</i> Pada Lining : Kavitasi Keretakan Kebocoran Saluran Media Tumbuhan Liar Menambah Friksi - <i>Over Topping</i> Tanggul Teknis Rusak Erosi Tanah Dasar Pondasi Pondasi Saluran Rusak	- Media Tumbuhan Liar	- Penurunan Distribusi Air - Pembatasan Debit Air - Karena Kapaasitas - Penampang Berkurang. - Peningkatan Pengoprasian - Pintu Pembuang	- Normalisasi Saluran - Perbaikan Konstruksi
2	Sekunder	- Pendangkalan - Penyempitan Kapasitas Saluran - Perubahan Slope - Saluran Dangkal : Turbulensi Aliran Air Kecepatan Aliran Air Meningkat Sedimentasi di Petak Tersier	- <i>Scouring</i> Pada Lining : Kavitasi Keretakan Kebocoran Saluran Media Tumbuhan Liar Menambah Friksi	- Pintu Air Macet - Media Tumbuhan Liar - Akumulasi Sampah - Penyumbatan	- Penurunan Debit - Jadwal Pengaliran Air	- Normalisasi Saluran - Perbaikan Konstruksi
3	Tersier	-	-	-	- Debit Tidak Merata di - Petak Tersier.	- Perbaikan Primer dan - Sekunder

Sumber : Hasil analisa

**Tabel 6: Geometri & Karakteristik Hidrolis Saluran Primer BLK. 4 (Inlate)**

Penampang	Luas A (m <sup>2</sup> )	Keliling Basah P (m)	Jari-jari Hidrolis R (m)	Lebar Puncak T (m)	Kedalaman Hidrolis D (m)	Slope i	Kecepatan V (m/dt)	Debit Q (m <sup>3</sup> /dt)
Setengah Trapesium	4.98	6.30	0.79	4.61	1.27	0.0003	1.05	5.24

Sumber : Hasil analisa

## 2. Perhitungan *Bed Load*

$$\frac{q_b}{0,07 \times 0,000585} = 40 \times \left[ \frac{0,552 \times 0,0003}{0,000585 \times (2,65-1)} \right]^3 =$$

0,202 m<sup>3</sup>/dt/m lebar saluran. Lebar saluran

(b) di BLK.4 = 3,5 m, maka: 3,5 x 0,202 = 1,29 m<sup>3</sup>/dt

## 3. Perhitungan *Transport* sedimen

$$q_s = 0,011 \times 0,0000108 \times 0,000585 \times \left( \frac{1,05}{0,061} \right)^{0,705} =$$

5,1 x 10<sup>-10</sup> m<sup>2</sup>/dt/lebar saluran. Lebar saluran BLK.4. = 4,35 m, maka 4,35 x 5,1 x 10<sup>-10</sup> = 2,2 x 10<sup>-9</sup> m<sup>3</sup>/dt.

$$X = \frac{0,011 \times 3,25 \times 0,000585}{1,27 \times \left( \frac{0,061}{1,05} \right)^{0,705}} = 1,22 \times 10^{-4} \text{ ppm} =$$

1,22 x 10<sup>-7</sup> Kg/m<sup>3</sup>

Qs = 1,22 x 10<sup>-7</sup> x 5,24 = 6,4 x 10<sup>-7</sup> Kg/dt = 0,055 Kg/hari

Sedimen yang terakumulasi sampai tahun 2020 adalah akumulasi sedimen dari tahun 2013 atau selama 7 tahun karena pada tahun 2013 pernah dilakukan kegiatan rehabilitasi jaringan irigasi.

Dilakukan estimasi perhitungan ketinggian sedimen dan volume pengendapan berdasarkan angka *bed load*, dengan sumber sedimen berasal dari inlate irigasi selama 7 tahun terakhir diperoleh volume 0,139 m<sup>3</sup>, diasumsikan mengendap merata disepanjang saluran primer dan sekunder sepanjang 42.525,45 m, diperoleh ketinggian sedimen sekitar 9 x 10<sup>-7</sup> m, sangat kecil jika dibanding ketinggian sedimen eksisting yang rata-rata 0,42 m.

Kemungkinan ada sumber sedimen lain yang masuk ke saluran pembawa irigasi. Sebagian posisi saluran pembawa melintasi lereng bukit, potensi sedimen dari *runoff* lereng bukit, dikarenakan lokasi saluran :

- A. Saluran Primer melintasi lereng bukit sepanjang ± 13.550 m, kemiringan lereng 49° – 68°, vegetasi penutup palawija, hutan bambu, rumput liar.
- B. SS. Gn. Dukuh melintasi lereng bukit sepanjang ± 500 m, kemiringan lereng 27° – 70°, vegetasi penutup palawija, hutan bambu, rumput liar.
- C. SS. Situwangi melintasi lereng bukit sepanjang ± 1.000 m, kemiringan lereng 33° – 66°, vegetasi penutup palawija, rumput liar.

Kemungkinan penyebab masuknya sedimen dari *runoff* lereng bukit kedalam saluran pembawa, diantaranya :

- A. Perubahan fungsi lereng menjadi lahan pertanian, tanah dapat terbang ke saluran pembawa ketika pengolahan tanah dan penyiraman tanaman.
- B. Ketika terjadi hujan berpotensi erosi karena vegetasi penutup kurang yang menyebabkan peningkatan *runoff* ke area yang lebih rendah yaitu ke dalam saluran pembawa irigasi.

C. Potensi longsoran tanah dari lereng, material longsoran sebagian besar akan masuk kedalam saluran pembawa.

Estimasi waktu pemeliharaan normalisasi saluran irigasi berupa penguraian volume dan ketinggian sedimen eksisting selama 7 tahun terakhir diperoleh ketinggian sedimen 4,42 cm per tahun, kegiatan normalisasi saluran pembawa dapat dilakukan 1 (satu) tahun sekali, tujuannya untuk mempertahankan kapasitas saluran.

#### 4. Perhitungan Potensi *Scouring*

$$\tau_c = 0,155 \times \frac{0,409 \times 0,585^2}{\sqrt{1 + 0,177 \times 0,585^2}} = 0,02107 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_o = 9,81 \times 0,72 \times 0,0005 = 0,00355 \text{ kN/m}^2 = 3,546 \text{ N/m}^2$$

$\tau_o > \tau_c$ , yaitu  $3,546 > 0,02107$ , maka butiran tanah bergerak, gerusan dan transportasi sedimen pasti terjadi.

5. Komparasi matematis geometri dan karakteristik hidrolis saluran irigasi rencana & eksisting pada **Tabel 7**.

6. Penilaian Kondisi Jaringan Irigasi

$$K = \frac{90 + 60,53 + 37,56 + 100 + 100 + 37,44}{6} = 70,92\%$$

Dengan nilai kondisi jaringan irigasi pada **Tabel 8** yaitu 70,92% maka nilai kerusakan 29,08%, jaringan irigasi D.I. Leuwi Kuya termasuk kategori rusak sedang, memerlukan perbaikan.

**Tabel 7: Ringkasan Rata-Rata Persentase Perubahan Geometris dan Karakteristik Hidrolis Saluran Akibat Akumulasi Sedimen di 3 (tiga Lokasi Observasi)**

Uraian	Satuan	Rencana			Eksisting			% Perubahan Rata-rata		Keterangan
		BLK 50-51	BLK 54-55	BDG 1B-2	BLK 50-51	BLK 54-55	BDG 1B-2	(-)	(+)	
<b>Geometris</b>										
Luas (A)	m <sup>2</sup>	3.95	3.61	1.78	2.82	2.23	0.66	43.15	-	Berkurang di 3 (tiga) lokasi observasi
Keliling Basah (P)	m	5.80	5.60	3.53	5.26	5.08	2.77	13.29	-	Berkurang di 3 (tiga) lokasi observasi
Jari-Jari Hidrolis (R)	m	0.77	0.75	0.63	0.54	0.44	0.24	44.51	-	Berkurang di 3 (tiga) lokasi observasi
Kedalaman Hidrolis (y)	m	0.97	0.93	0.93	0.72	0.56	0.29	44.69	-	Berkurang di 3 (tiga) lokasi observasi
Slope (i)	-	0.0005	0.0005	0.0005	0.00035	0.0021	0.00046	18.66	329.69	Berkurang Sal. Primer BLK 50 -51, Sal. Sekunder BDG. 1B - 2, BLK & BDG BLK 54
<b>Karakteristik Hidrolis</b>										
Kecepatan (V)	m/dt	0.74	0.71	0.71	0.37	0.37	0.74	48.91	4.37	Berkurang Sal. Primer BLK 50 -51, & BLK. 54 - 55, Bertambah Sal. Sekunder BDG. 1B - 2
Debit Pengaliran (Q)	m <sup>3</sup> /dt	2.88	2.55	1.35	1.04	0.83	0.49	65.02	-	Berkurang di 3 (tiga) lokasi observasi
Bilangan Freud (Fr)	-	0.27	0.26	0.29	0.16	0.18	0.48	36.07	69.71	Berkurang Sal. Primer BLK 50 -51, & BLK. 54 - 55, Bertambah Sal. Sekunder BDG. 1B - 2
Bilangan Reynold (re)	-	52,759	48,908	41,358	18,377	15,057	16,328	64.97	-	Berkurang di 3 (tiga) lokasi observasi

Sumber : Hasil analisa

**Tabel 8: Kondisi Jaringan irigasi D.I. Leuwi Kuya**

Nomor Prioritas	Nama Konstruksi	Persentase Kerusakan	Kategori Kerusakan	Tindakan yg Diperlukan
1	Bangunan Pelengkap Saluran sekunder	62,56	Berat	Perbaikan berat / penggantian
2	Saluran Sekunder	62,44	Berat	Perbaikan berat / penggantian
3	Saluran Primer	39,47	Sedang	Perbaikan
4	Bendung	10	Ringan	Pemeliharaan berkala
5	Bangunan Pelengkap Saluran Primer	0	Baik	Pemeliharaan rutin
6	Saluran Tersier	0	Baik	Pemeliharaan rutin
<b>Kondisi Jaringan Irigasi Keseluruhan (Non saluran Pembuang)</b>		<b>29,08</b>	<b>Sedang</b>	<b>Perbaikan</b>

Sumber : Hasil Analisa

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Sumber sedimen berasal dari inlate irigasi, potensi *suspended load*  $0,00854 \text{ m}^3/\text{dt}$ , potensi transportasi *bed load* per lebar saluran  $1,29 \text{ m}^3/\text{dt}$ , potensi *scouring*,  $\tau_0 > \tau_c = 3,546 > 0,02107$ , mengindikasikan *scouring* dan transportasi sedimen pasti terjadi, angka transportasi total sedimen  $2,2 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{dt}$ , konsentrasi sedimen dalam angkutan  $1,22 \times 10^{-7} \text{ Kg/m}^3$ , potensi kuantitas pengendapan sedimen  $6,4 \times 10^{-7} \text{ Kg/dt} = 0,055 \text{ Kg/hari}$  (kecil). Volume sedimen dari sumber inlate irigasi selama 7 (tujuh) tahun berdasarkan nilai kuantitas pengendapan sebesar  $0,139 \text{ m}^3$ , mengindikasikan kantong lumpur masih beroperasi optimal. Persentase nilai kondisi jaringan 70,92% maka nilai kerusakan 29,08% < 40%, jaringan irigasi D.I. Leuwi Kuya termasuk kategori rusak sedang yang memerlukan perbaikan/pemeliharaan dan belum memerlukan rehabilitasi konstruksi secara keseluruhan.

Pengaruh akumulasi sedimen, terhadap prioritas rehabilitasi konstruksi, yaitu sebesar 45,1%, 54,9% dipengaruhi faktor lainnya, nilai

korelasi berganda antara variabel X terhadap variabel Y adalah sebesar 67,2% dan nilai F hitung  $6,031 > F \text{ tabel } 3,05$  dan signifikansi  $0,004 < 0,05$ , maka hipotesis terjawab, yaitu  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Berdasarkan nilai t hitung yang memiliki nilai pengaruh positif signifikan terhadap variabel dependen adalah variabel independen (X1) dengan nilai t hitung  $2,925 > t \text{ tabel } 1,717$  dan signifikansi  $0,008 < 0,05$ , dapat disimpulkan bahwa akumulasi sedimen di saluran primer memengaruhi akumulasi sedimen di saluran sekunder dan tersier. 21 (dua puluh satu) responden atau 80,77 % berpendapat bahwa rehabilitasi konstruksi harus dimulai dari bagian hulu menuju ke hilir, sehingga urutan prioritas rehabilitasi konstruksi dalam bentuk pemeliharaan rutin, yaitu :

1. Prioritas pertama bagian hulu :
  - A. Rehabilitasi konstruksi saluran primer.
  - B. Pemeliharaan bangunan utama.
  - C. Pemeliharaan bangunan pelengkap di saluran primer.
2. Prioritas kedua bagian hilir :
  - A. Rehabilitasi konstruksi bangunan pelengkap saluran sekunder.

B. Rehabilitasi konstruksi saluran sekunder.

Pengaruh akumulasi sedimen dalam saluran pembawa dapat menurunkan kapasitas saluran/unsur geometris saluran pembawa dan merubah karakteristik hidrolis saluran pembawa yang berdampak cukup besar pada kerusakan konstruksi dan berkurangnya distribusi debit air ke wilayah hilir.

### Saran

Saran untuk prioritas item pekerjaan, yaitu :

1. Normalisasi saluran.
2. Perbaikan konstruksi pada saluran pembawa dan bangunan pelengkapya menggunakan konstruksi pasangan batu/beton.
3. Diperlukan kegiatan konservasi lereng bukit untuk meminimalisir *runoff* pada lereng bukit yang dibawahnya terdapat saluran pembawa. karena volume sedimen eksisting a  $46.950 \text{ m}^3$ , perkiraan volume sedimen bersumber dari inlate irigasi 0,139  $\text{m}^3$ , maka volume sedimen sebesar  $46.949,86 \text{ m}^3$  berasal dari *runoff* lereng bukit. Kegiatan konservasi lereng bukit dapat berupa kombinasi penanaman rumput ventiver dan pohon keras produktif bernilai ekonomi.

Kegiatan normalisasi saluran harus menjadi aktivitas perbaikan rutin terutama di saluran primer dan saluran sekunder, disarankan periode pemeliharaan berupa normalisasi saluran dilakukan 1 (satu) tahun sekali.

Untuk meminimalisir sedimentasi pada D.I. Leuwi Kuya diperlukan beberapa penelitian lanjutan, diantaranya :

1. Kajian perubahan fungsi lahan pada DAS Ciwidey terkait peningkatan runoff dan erosi tanah permukaan beserta solusi preventif sedimentasi ke wilayah hilirnya.
2. Kajian teknik operasi dan pemeliharaan konstruksi D.I. Leuwi Kuya (bendung, kantong lumpur saluran pembawa, bangunan pelengkap dan saluran pembuang) dalam rangka meminimalisir sedimentasi di saluran pembawa.
3. Pemodelan sedimentasi pada jaringan irigasi di D.I. Leuwi Kuya yang diperlukan untuk pemeliharaan jaringan irigasi dengan sumber sedimen dari sungai serta lereng bukit di sebelah saluran pembawa.
4. Kajian potensi peningkatan alih fungsi lahan pertanian pada D.I. Leuwi Kuya bagian hilir akibat jaringan irigasi yang terus mengalami kekurangan pasokan air ke petak tersier.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Herman and M. Nestor, *A Newapproach To Sediment Transport In The Design And Operation Of Irrigation Canals*. AK Leiden: Taylor& Francis/Balkema, 2007.
- [2] I. Suripin, Dr, *Pelestarian Sumber Daya tanah Dan Air*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta, 2001.
- [3] G. Santosh, Kumar, *Irrigation Engineering And Hydraulic Structures*, Nineteenth. New Delhi: Khanna Publishers, 2006.
- [4] USDA, *Irrigation Guide*, no.

- September. Washington DC: Natural Resources Conservation Service, 1997.
- [5] G. Asawa, *Irrigation and Water Resources Engineering*, vol. 369, no. 1. New Delhi: NewAge International (P) Ltd., Publishers, 2008.
- [6] R. Wirosedarmo, A. Tunggul, S. Haji, E. D. Kristanti, J. Keteknikan, and P. T. P. Brawijaya, "Perilaku Sedimentasi Dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Saluran Pada Jaringan Irigasi Waru-Turi Kanan Kediri Effect on Sedimentation Behavior and Performance of Irrigation Channel at Waru-Turi Kanan Kediri," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 12, no. 1, pp. 68–75, 2011.
- [7] Z. A. Gurmu, H. Ritzema, C. de Fraiture, and M. Ayana, "Stakeholder roles and perspectives on sedimentation management in small-scale irrigation schemes in Ethiopia," *Sustain.*, vol. 11, no. 21, pp. 1–18, 2019, doi: 10.3390/su11216121.
- [8] R. Trianto, U. Andawayanti, and R. Asmaranto, "Analisis Laju Sedimentasi Terhadap Ketersediaan Air Irigasi dan Arahan Konservasi Pada Bendung Lakitan," *J. Tek. Pengair.*, vol. 7, no. 1, pp. 95–106, 2016.
- [9] L. S. de Sousa, R. M. Wambua, J. M. Raude, and B. M. Mutua, "Assessment of Water Flow and Sedimentation Processes in Irrigation Schemes for Decision-Support Tool Development: A Case Review for the Chókwe Irrigation Scheme, Mozambique," *AgriEngineering*, vol. 1, no. 1, pp. 100–118, 2019, doi: 10.3390/agriengineering1010008.
- [10] S. Parmono, S. I. Wahyudi, and G. D. Asfari, "Evaluasi dan Penentuan Prioritas Rehabilitasi Jaringan Irigasi," *J. Tek. Sipil*, pp. 271–281, 2017.
- [11] Kementerian PUPR, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 17/PRT/M/2015 Tentang Komisi Irigasi," *pu.go.id*, vol. 13, no. 3. Kementerian PUPR Indonesia, Jakarta, pp. 1576–1580, 2015.
- [12] DJPK Kemenkeu RI, "11 Lampiran I Bidang Irigasi DJPK Kemenkeu." DJPK Kemenkeu.go.id, Jakarta.
- [13] Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai Dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus Dan Pelampung*. 2015.
- [14] C. Ven Te, *Hidrolika Sauran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Illinois: Erlangga Surabaya, 1989.
- [15] R. Kusumaningrum, S. Suyanto, and S. Solichin, "Analisis Angkutan Sedimen Anak Sungai Bengawan Solo Pada Sungai Dengkeng," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 277–284, 2015.
- [16] Saifudin and P. Dwi, "Pengukuran Laju Pengendapan Dalam Penentuan Toleransi Penambangan Pasir Dan Batu (sirtu) (Studi Kasus di DAS Lukulo Hulu Jawa Tengah)," *Maj. Geogr. Indones.*, vol. 22, no. 2, pp. 52–60, 2016, doi: 10.22146/mgi.15458.
- [17] D. Sugiyono, Prof, *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta Bandung, 2017.
- [18] I. Machali, *Statistik Itu Mudah, Menggunakan SPSS Sebagai Alat Bantu Statistik*, no. October 2015. Yogyakarta: Ladang Kata Yogyakarta, 2015.
- [19] R. Wahono, Satria, "Kiat Menyusun Kerangka Pemikiran Penelitian," *romisatriawahono.net*, 2012. <https://romisatriawahono.net/2012/08/07/kiat-menyusun-kerangka-pemikiran-penelitian/> (accessed Feb. 07, 2020).
- [20] PT. Purnatama Kindoteknik. and UPTD. PSDA. WS. Citarum Prov.

- Jawa Barat, “Laporan Akhir Perencanaan Rehabilitasi D.I. Leuwi Kuya 2.357 Ha Di Kab. Bandung,” Bandung, 2019.
- [21] Fadli. SE, “Pengujian Hipotesis Regresi Dengan T Hitung,” *dawaisimfoni.wordpress.com*. <https://dawaisimfoni.wordpress.com/karya-tulis-ilmiah-2/metodologi-penelitian/pengujian-hipotesis-regresi-dengan-t-hitung/> (accessed Jan. 14, 2020).
- [22] Fadli. SE, “Pengujian Hipotesis Regresi Dengan F Hitung,” *dawaisimfoni.wordpress.com*. <https://dawaisimfoni.wordpress.com/karya-tulis-ilmiah-2/metodologi-penelitian/pengujian-hipotesis-regresi-dengan-f-hitung/> (accessed Jan. 14, 2020).