

Tegangan Geser Kritis di Hulu Bendung, Studi Kasus Pada Bendung Sekka-Sekka, Kabupaten Polewali Mandar

Imam Rohani^{1*}, Irma Ridhayani², Delmi Suniarta³

Universitas Sulawesi Barat, Majene-91412, Indonesia^{1,2,3}

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Tegangan geser; Sedimen dasar;
Diagram Shields, HEC-RAS ,
Bendung sekka-sekka.

*Correspondence email:

imam.rohani@unsulbar.ac.id

Submitted: 04-07-2024

Revised: 11-08-2025

Accepted: 12-08-2025

Published: 14-08-2025

ABSTRAK

Hulu Bendung Sekka-Sekka merupakan bagian penting dalam sistem distribusi air irigasi, namun sangat rentan terhadap sedimentasi akibat tingginya erosi dasar Sungai. Sedimentasi yang berlebihan dapat menurunkan kapasitas tampung bendung dan mengganggu efisiensi irigasi. Diperlukan analisis terhadap tegangan geser aliran untuk memahami potensi pengangkutan sedimen di wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tegangan geser aliran dan tegangan geser kritis guna mengetahui potensi erosi dasar Sungai. Metode yang digunakan berupa pendekatan kuantitatif melalui simulasi HEC-RAS untuk mendapatkan data karakteristik aliran dan karakteristik penampang sungai pada tiga kondisi debit yaitu maksimum, minimum dan rata-rata. Sampel sedimen diambil di lapangan kemudian di analisis di laboratorium menggunakan uji analisa saringan dan berat jenis, sedangkan tegangan geser kritis dihitung dengan pendekatan diagram Shield's. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada debit maksimum, tegangan geser aliran ($6,169-6,181 \text{ kg/m}^2$), jauh melebihi tegangan geser kritis ($0,003-0,007 \text{ kg/m}^2$). Pada debit minimum dan rata-rata tegangan geser aliran melebihi tegangan geser kritis, tetapi intensitas pengangkutan sedimen lebih rendah dan kondisi aliran lebih stabil. Secara keseluruhan, aliran di hulu bendung memiliki kemampuan tinggi untuk menggerakkan sedimen, sehingga diperlukan pengendalian sedimen yang tepat untuk menjaga fungsi bendung tetap optimal.

ABSTRACT

Keywords:

Shear stress; Bedload sediment;
Shields diagram; HEC-RAS; Sekka-
sekka Weir.

The upstream section of the Sekka-Sekka Weir plays an important role in the irrigation water distribution system but is highly vulnerable to sedimentation due to severe bed erosion. Excessive sedimentation can reduce the weir's storage capacity and hinder irrigation efficiency. Therefore, this study aims to analyze flow shear stress and critical shear stress to understand the potential for sediment transport in the area. A quantitative approach was used by simulating flow conditions with HEC-RAS to obtain flow characteristics and river cross-sections under three discharge conditions: maximum, minimum, and average. Sediment samples were collected from the field and analyzed in the laboratory using sieve analysis and specific gravity tests, while critical shear stress was determined using the Shields diagram. The results showed that under maximum discharge, flow shear stress ($6.169-6.181 \text{ kg/m}^2$) far exceeded the critical shear stress ($0.003-0.007 \text{ kg/m}^2$), indicating a high potential for bed erosion. Under minimum and average discharge, flow shear stress still exceeded the critical value, but sediment transport occurred with lower intensity and more stable flow conditions. Overall, the upstream flow is capable of mobilizing sediment significantly, so proper sediment management is needed to maintain the optimal function of the weir.

PENDAHULUAN

Untuk tegangan geser yang ada di dasar serta tebing sungai ditimbulkan oleh aliran sungai. Tegangan geser di dasar sungai (τ_c) melebihi tegangan kritis (τ_o), proses erosi terjadi. Tegangan geser kritis merupakan tegangan geser yang muncul pada saat partikel dasar atau tebing sungai mulai bergerak (Mattotorang, 2019). Transportasi sedimen yang terjadi di bawah saluran sangat di pengaruhi oleh pergerakan awal sedimen saat batas tegangan geser kritis telah di lewati. Ketika tegangan geser aliran belum melampaui tegangan geser kritis, maka sedimen tetap dalam kondisi diam. Pengamatan pergerakan sedimen di sadar saluran merupakan sebuah tantangan sebab fenomena pergerakan partikel sedimen sangat acak baik dalam ruang dan waktu (Hermawan et al., 2021). Penumpukan sampah menjadi salah satu tantangan utama dalam menjaga kualitas lingkungan hidup meningkatkan resiko sedimentasi sungai (Yulianti et al., 2025)

Partikel Sedimen dan Gerak Awal Pada dasarnya, partikel sedimen dalam flocs akan mulai "bergerak" jika tegangan geser pada dasar saluran (τ_o) lebih tinggi daripada tegangan geser kritis material (τ_{cr}). Tegangan geser kritis

untuk erosi didefinisikan sebagai tegangan geser dasar pada saat sedimen mulai terhapus dari dasar. Memahami besarnya transportasi sedimen di dasar (*bedload*) sangat penting di lapangan, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai nilai tegangan geser sedimen yang menyebabkan perpindahan tersebut (Yuhadi Husein, 2023). Aliran sungai yang membawa sedimen biasanya akan berhenti pada saat tiba di pertemuan sungai dengan aliran yang lebih besar, aliran dengan gradien yang lebih rendah atau di tempat lain dengan gradien yang menurun yang kemungkinan membentuk endapan sedimen (Suryadi et al., 2024)

Pemodelan pembilasan sedimen yang umumnya digunakan pada waduk, kanal, dan irigasi dimana endapan sedimen dapat mempengaruhi kinerja struktur. Pembilasan sedimen merupakan metode berbiaya rendah dibandingkan dengan metode mekanis lainnya. pembilasan hidrolis dapat menghilangkan sedimen halus (dengan material kohesif) serta sedimen kasar. Pada muara atau kanal, penggerbekan sedimen mempengaruhi terjadinya pasang surut. Pada model fisik penampang majemuk pada model saluran berpenampang teregulasi bertujuan agar penampang tersebut sesuai dengan debit yang ada pada kondisi pasang surut (Rohani et al., 2021).

Kecepatan Aliran dan gerakan Sedimen jika kecepatan aliran sangat lambat, material di dalam saluran tidak bergerak sama sekali. Situasi ini dikenal sebagai Gerakan awal sedimen (*incipient motion*). Untuk kondisi ini, gaya gesek akan muncul yang di sebut dengan gaya gesek kritis (*critical tractive force*), kecepatan pada butiran disebut sebagai kecepatan geser kritis (*critical shear velocity*) (Dewana, 2022).Sedimentasi meliputi proses erosi,transportasi,deposisi dan kompaksi partikel tanah oleh aliran (Ishakputra et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan studi mendalam mengenai tegangan geser aliran dan tegangan geser distribusi kritis yang terjadi agar dapat dirumuskan untuk langkah pengendalian sedimen yang tepat.

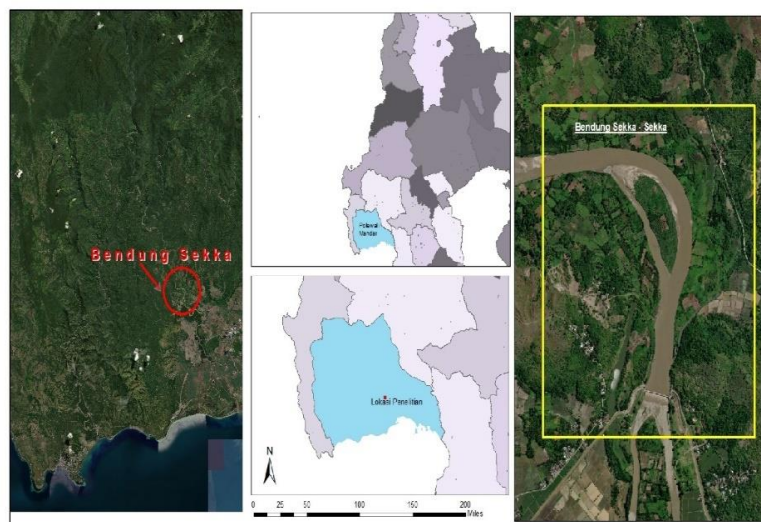
Bendung Sekka-sekka salah satu infrastruktur penting dalam sistem irigasi, khususnya di wilayah hulu bendung yang berperan sebagai pengatur utama distribusi air.Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tegangan geser kritis untuk mengetahui potensi erosi dasar sungai di hulu Bendung Sekka-sekka yang rawan akan sedimentasi.Manfaat penelitian ini sebagai dasar pengelolaan sedimen dan referensi akademik di bidang hidraulik sungai. Berdasarkan hal tersebut,penelitian ini di fokuskan pada analisis tegangan geser kritis di hulu bendung sekka untuk mengevaluasi pergerakan sedimen yang berdampak terhadap efektivitas saluran irigasi.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis tegangan geser kritis di hulu bendung sekka-sekka.Data primer di peroleh melalui pengukuran kecepatan aliran, kedalaman sungai dan bentuk penampang sungai menggunakan simulasi HEC-RAS,serta untuk pengambilan sampel sedimen untuk uji di laboratorium untuk mencari ukuran butiran sedimen dan berat jenis sedimen.Data sekunder yaitu peta Lokasi penelitian dan data yang di ambil dari instansi terkait bendung sekka-sekka. Parameter tegangan geser di hitung dengan menggunakan parameter hidraulik dan kemiringan sungai sedangkan tegangan geser dianalisis dengan pendekatan diagram shield. Perbandingan tegangan geser aliran dan tegangan geser kritis di gunakan untuk menilai potensi terjadinya sedimentasi.

Lokasi Penelitian

Penelitian di lakukan di Bendung Sekka-sekka Kecamatan Mapilli,Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat, yang peta lokasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian Bendung Sekka-sekka

(Sumber: Google Earth, 2025)

Persamaan Yang Digunakan

Kecepatan aliran

Pengambilan data kecepatan aliran air untuk pengukurannya memerlukan alat ukur yang memadai dan menggunakan metode yang tepat untuk menghasilkan hasil pengukuran yang tepat dan akurat. Hal ini dikarenakan kecepatan aliran air untuk bagian permukaannya alirannya lebih cepat dari pada bagian bawah permukaan aliran (Rahman N & Khaidir, 2021)

Mengukur kecepatan aliran menggunakan metode pelampung menggunakan alat bantu berupa benda ringan untuk mengetahui kecepatan alirannya. Pengukuran nya yang dilakukan dengan menghanyutkan benda yang mudah terapung dari suatu titik (*start*) yang kemudian dibiarkan mengalir mengikuti kecepatan aliran sampai batas titik tertentu (*finish*), sehingga diketahui waktu tempuh yang di perlukan benda ringan (terapung) tersebut pada bentang jarak yang telah di tentukan. Pengukuran ini dilakukan beberapa kali sehingga di peroleh hasil kecepatan rata-rata permukaan aliran sungai dengan di bawah ini (Prismayuda et al., 2020):

$$V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

L = Jarak antara dua titik pengamatan (m)

t = Waktu perjalanan benda apung (detik)

Debit

Debit air adalah volume air yang melalui penampang basah sungai dan satu satuan waktu tertentu yang biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/detik) atau liter per detik (l/detik) (Rahman N & Khaidir, 2021).

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit adalah :

$$Q = A \cdot U \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

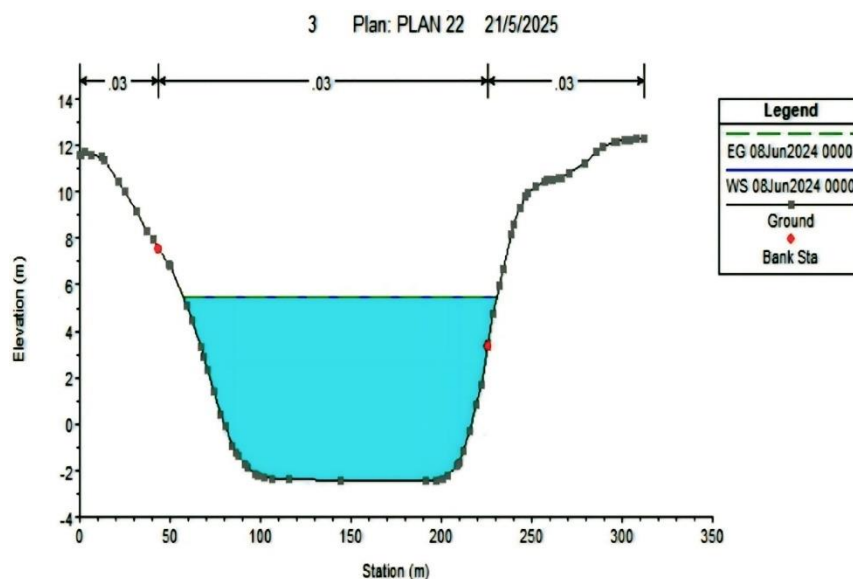
Q = Debit (m³/dt)

A = Luas penampang basah (m²)

U = Kecepatan aliran (m/dt)

Karakteristik Penampang

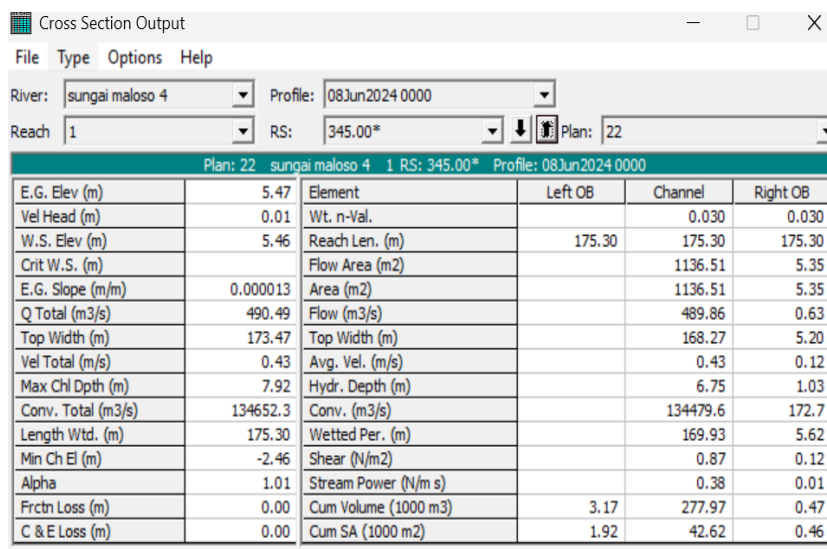
Karakteristik penampang sungai di hulu bendung sekka-sekka di peroleh melalui pemodelan menggunakan perangkat lunak di HEC-RAS. Penampang sungai di modelkan berdasarkan data topografi yang dikombinasikan dengan kondisi debit aliran maksimum, minimum dan rata-rata. Oleh karena itu, pendekatan perhitungan secara manual tidak digunakan dan seluruh analisis di lakukan melalui simulasi HEC-RAS. Hasil dari simulasi menghasilkan profil penampang yang menunjukkan variasi kedalaman dan luas penampang basah pada setiap kondisi debit. Data ini kemudian di gunakan untuk menghitung radius hidraulik dan analisis tegangan geser pada setiap kondisi debit. Berikut gambar penampang basah sungai yang dapat dilihat pada gambar 2. dan cross section output pada gambar 3. yang di peroleh dari pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS.



Gambar 2. Penampang basah kondisi debit maksimum

Sumber: Output Simulasi HEC-RAS (2025)

Gambar 2. Menunjukkan penampang sungai untuk kondisi debit maksimum yang dihasilkan melalui simulasi aplikasi HEC-RAS. Untuk area biru menggambarkan muka air sungai dan untuk garis tepi menunjukkan bentuk dasar sungai. Sumbu horizontal menunjukkan jarak titik penampang dan sumbu vertikal menunjukkan elevasi.



Plan: 22 sungai malosso 4 1 RS: 345.00* Profile: 08Jun2024 0000					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	5.47				
Vel Head (m)	0.01	Wt. n-Val.		0.030	0.030
W.S. Elev (m)	5.46	Reach Len. (m)	175.30	175.30	175.30
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		1136.51	5.35
E.G. Slope (m/m)	0.000013	Area (m2)		1136.51	5.35
Q Total (m3/s)	490.49	Flow (m3/s)		489.86	0.63
Top Width (m)	173.47	Top Width (m)		168.27	5.20
Vel Total (m/s)	0.43	Avg. Vel. (m/s)		0.43	0.12
Max Chl Dpth (m)	7.92	Hydr. Depth (m)		6.75	1.03
Conv. Total (m3/s)	134652.3	Conv. (m3/s)		134479.6	172.7
Length Wtd. (m)	175.30	Wetted Per. (m)		169.93	5.62
Min Ch El (m)	-2.46	Shear (N/m2)		0.87	0.12
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)		0.38	0.01
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	3.17	277.97	0.47
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.92	42.62	0.46

Gambar 3. Cross section output sampel 1 kondisi debit maksimum

Sumber: Output Simulasi HEC-RAS (2025)

Gambar 3. Menampilkan hasil output penampang sungai pada sampel 1 untuk kondisi debit maksimum yang dihasilkan dari aplikasi HEC-RAS. Dari gambar diatas mencakup data elevasi, lebar penampang, luas penampang, keliling penampang dan data lainnya yang digunakan sebagai dasar untuk menghitung tegangan geser.

Jari-jari hidraulis ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Gianete, 2023):

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

R = Jari-jari hidraulik (m)

A = Luas penampang basah (m²)

P = Keliling basah (m)

Parameter-parameter analisis distribusi ukuran butir sedimen yakni dengan menghitung berat tertahan pada setiap saringan (W_n) yang dimana berat total saringan dan sedimen di kurangi dengan berat saringan kosong, kemudian persen tertahan pada saringan ke-n (R_n), persen kumulatif tertahan pada saringan ke-n (ΣR_n), serta persen kumulatif lolos pada saringan ke-n. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_n = \frac{W_n}{\text{Berat total sedimen}} \times 10 \dots\dots\dots (4)$$

$$\Sigma R_n = \Sigma R_n \dots\dots\dots (5)$$

$$\% \text{Lolos} = 100 - \Sigma R_n \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

W_n= Berat tertahan pada saringan ke-n, (gram)

R_n= Persen tertahan pada saringan ke-n, (%)

ΣR_n= Persen kumulatif terahan pada saringan ke-n (%)

Berat jenis perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. (Nasional, 2008)

Untuk menentukan berat butir partikel sedimen (W_s) dengan berat volume air (W_w) menggunakan rumus sebagai berikut (SNI 1964:2008, 2008):

$$W_s = W_2 - W_1 \dots\dots\dots (7)$$

$$W_w = (W_s + W_4) - W_3 \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

W_1 = Berat Picnometer (gram)

W_2 = Berat Picnometer dengan sedimen (gram)

W_3 = Berat Picnometer dengan air dan sedimen (gram)

W_4 = Berat Picnometer dengan air (gram)

Tegangan geser aliran (τ_0) merupakan tegangan geser yang timbul akibat adanya gaya pergerakan aliran, di mana gaya yang terjadi merupakan kecepatan geser aliran (u^*) persamaannya sebagai berikut (Hermawan et al., 2021):

$$u^* = \sqrt{g \cdot R \cdot I} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

g = gaya percepatan gravitasi

R = Jari-jari hidraulik

I = kemiringan dasar sungai

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan pada persamaan:

$$\tau_c^* = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \dots\dots\dots (10)$$

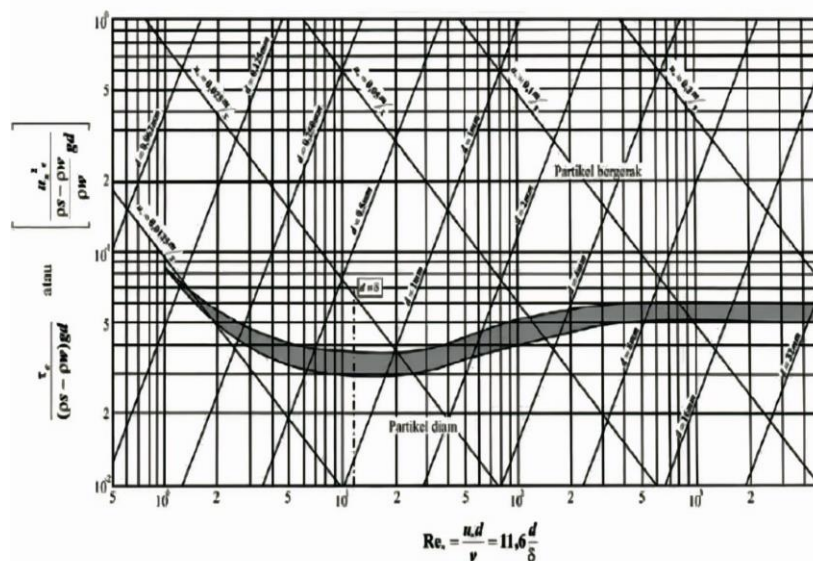
Dimana:

τ_c^* = Parameter tegangan geser

D_s = Diameter ukuran butiran (m)

ρ_s = Berat jenis sedimen (kg/m^3)

Pada gambar 4. diagram yang diberikan oleh *Shield* yang digunakan untuk menghitung kecepatan geser dasar kritis pada partikel sedimen. Pada sumbu vertical di gunakan parameter shields yang di nyatakan dengan $\frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) g d}$, Dimana τ Adalah tegangan geser airan (N/m^2 atau kg/m^2), ρ_s Adalah massa jenis sedimen (kg/m^3), ρ_w adalah massa jenis air (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2) dan d adalah diameter sedimen (m). Sumbu horizontal adalah menunjukkan bilangan Reynolds yang di nyatakan dengan $\frac{u^* d}{\nu}$ dimana u^* adalah kecepatan geser (m/s), ν adalah viskositas kinematik fluida (m^2/s). Nilai bilangan Reynolds butir ini menggambarkan pengaruh ukuran butir dan viskositas fluida terhadap pergerakan sedimen. Berdasarkan nilai $\frac{u^* d}{\nu}$ hasil perhitungan, titik koordinat di plot pada diagram shields, dan titik potongannya dengan kurva batas menunjukkan nilai $\frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) g d}$. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung tegangan geser kritis yang menjadi acuan dalam menentukan apakah gaya geser aliran di Lokasi penelitian telah cukup untuk menggerakkan sedimen dasar Sungai.



Gambar 4. Grafik kecepatan geser dasar kritis menurut Shield

Sumber: (Ramadhan et al., 2020)

Alur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap pengumpulan data, yang terdiri dari data sedimen dan data aliran. Data sedimen diperoleh melalui pengukuran ukuran butiran dan berat jenis sedimen. Sementara itu, data aliran mencakup pengukuran kedalaman aliran, kecepatan aliran dan debit aliran sungai. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan tegangan geser aliran menggunakan rumus $\tau_o = \rho_w \cdot h \cdot I$, dimana ρ_w adalah massa jenis air, h adalah kedalaman aliran, dan I adalah kemiringan dasar sungai. Selanjutnya ditentukan tegangan geser kritis ($\tau_{c*} = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) \cdot D_{50}}$) yang menunjukkan ambang batas pergerakan sedimen, dengan menggunakan diagram Shields. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan antara τ_o dan τ_{c*} jika $\tau_o > \tau_{c*}$ maka disimpulkan bahwa sedimen mengalami pergerakan. Setelah analisis tersebut, proses penelitian dinyatakan selesai.

HASIL

Karakteristik Aliran

Debit

Berdasarkan data dilapangan dasar sungai, volume air yang melalui penampang basah sungai dan satu satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$) atau liter per detik ($l/detik$). Perhitungan nilai debit dapat dilihat pada tabel 1. sebagai berikut:

Sampel 1 (maksimum)

$$\begin{aligned} Q &= \text{Luas penampang basah} \times \text{Kecepatan aliran} \\ &= 1,136 \times 0,43 \\ &= 488,48 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tabel 1. Perhitungan debit aliran

Uraian	Luas Penampang Basah A (m^2)			Kecepatan Aliran U (m/s)			Debit Aliran Q (m^3/s)		
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Maksimum	1.136	1.108	991	0,43	0,44	0,49	488,4	487,5	485,5
Rata-rata	652,2	621,7	552,4	0,13	0,13	0,16	84,78	80,82	88,39
Minimum	538,9	507,7	412,7	0,01	0,01	0,02	5,38	5,07	8,25

Sumber : Hasil simulasi HEC-RAS (2025)

Pada tabel 1. Menunjukkan perhitungan untuk debit aliran sungai yang menggunakan data luas penampang basah dan kecepatan aliran pada tiga titik pengambilan sampel. Data debit maksimum pada titik 1 sebesar $488,4 \text{ m}^3/s$, debit minimum pada sampel 1 $5,07 \text{ m}^3/s$ dan debit rata-rata untuk sampel 1 adalah $80,82 \text{ m}^3/s$.

Kecepatan aliran

Kecepatan aliran pada titik ini tidak diukur langsung menggunakan alat seperti current meter, melainkan diperoleh dari simulasi menggunakan program aplikasi HEC-RAS. Data kecepatan diambil dari hasil output cross section HEC-RAS, yang sudah mempertimbangkan bentuk sungai, debit air, kemiringan, dan kekasaran dasar sungai dan data input yang digunakan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Data kecepatan aliran dan kedalaman sungai yang menyesuaikan dengan kondisi debit dapat dilihat pada tabel 2. berikut:

Tabel 2. Hasil pengukuran kecepatan aliran

Lokasi	Koordinat		Kecepatan (m/s)					
	S	T	Maksimum		Minimum		Rata-rata	
			m/s	h (m)	m/s	h (m)	m/s	h (m)
Sampel 1	$3^\circ 21' 14''$	$119^\circ 08' 48''$	0,43	5,47	0,01	1,7	0,13	2,47
Sampel 2	$3^\circ 21' 25''$	$119^\circ 08' 45''$	0,44	5,46	0,01	1,75	0,13	2,41
Sampel 3	$3^\circ 21' 27''$	$119^\circ 08' 43''$	0,49	5,46	0,02	1,78	0,16	2,33

Sumber : Hasil simulasi HEC-RAS (2025)

Pada Tabel 2. Menunjukkan hasil pengukuran kecepatan aliran dan kedalaman untuk tiga lokasi titik sampel. Data kecepatan aliran di sampel 1 yaitu $0,43 \text{ m/s}$ dan kedalamannya $5,47 \text{ m}$ pada kondisi debit maksimum dan data kecepatan aliran di sampel 1 untuk kondisi debit minimum yaitu $0,01 \text{ m/s}$ dan kedalamannya $1,7 \text{ m}$ sedangkan untuk kecepatan aliran di sampel 1 dengan kondisi debit rata-rata yaitu $0,13 \text{ m}$ dengan kedalaman $2,47 \text{ m}$.

Data Karakteristik Penampang

Penampang basah sungai pada Hulu bendung Sekka-sekka memiliki penampang yang tidak menentu yang penampang sungai dengan bentuk alami yang tidak beraturan, mengikuti kontur dasar sungai secara nyata. Penampang basah sungai dan keliling basah, dijabarkan dalam bentuk tabel 3.

Tabel 1. Penampang basah dan keliling basah

Keterangan	Luas penampang			Keliling basah		
	A (m ²)			P (m ²)		
	1	2	3	1	2	3
Maksimum	1.136	1.108	991	169,93	171,27	161,61
Rata-rata	652,23	621,7	552,49	154,22	154,64	149,92
Minimum	538,91	507,73	412,77	149,48	150,31	143,95

Sumber: Hasil Simulasi HEC-RAS (2025)

Tabel 3. diatas menyajikan hasil perhitungan penampang basah sungai dan keliling basah. Nilai penampang basah untuk sampel 1 dengan kondisi debit maksimum yaitu 1.136 m² dengan keliling penampang yaitu 169,93 m² dan untuk sampel 1 dengan kondisi debit rata-rata yaitu 652,23 m² dengan keliling basah 154,22 m², pada debit sampel 1 dengan kondisi debit minimum nilai penampang basah nya yaitu 538,91² dengan keliling basah 149,48 m².

Karakteristik Sedimen

Analisa saringan

Berdasarkan hasil perhitugan yang telah dilakukan, yakni menghitung berat tertahan pada setiap saringan (Wn), persen tertahan pada saringan ke-n (Rn), persen kumulatif tertahan pada saringan ke-n (ΣRn), serta persen kumulatif lolos pada saringan ke-n. Hasil perhitungan kemudian di sajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah analisis dan penyajian data. Tabel 4. hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

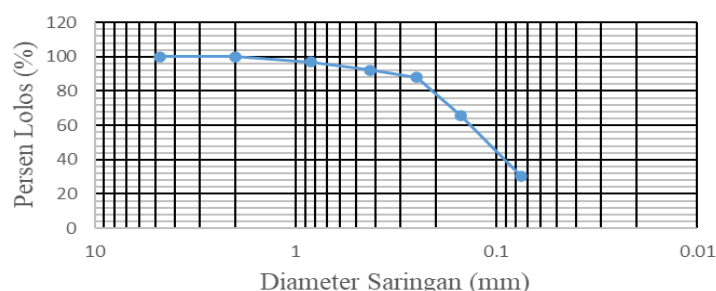
Tabel 4. Data hasil analisa saringan

No Saringan	Wn (gr)	Rn (%)	ΣRn (%)	%lolos (%)
4	0	0,0	0,0	100,0
10	0	0,0	0,0	100,0
20	6	3,1	3,1	96,9
40	9	4,7	7,8	92,2
50	8	4,2	12,0	88,0
100	43	22,4	34,4	65,6
200	68	35,4	69,8	30,2
PAN	58	30,2	100,0	0,0
total	192			

Sumber: Hasil pengujian Laboratorium (2025)

Tabel 4. menyajikan hasil analisis saringan sedimen berdasarkan berat tertahan pada setiap saringan (Wn), persen tertahan pada saringan ke-n (Rn), persen kumulatif tertahan pada saringan (ΣRn) dan persen kumulatif lolos. Total 192 gr sampel, yang Sebagian besar partikel lolos pada saringan berukuran kecil dengan 100% partikel lolos pada saringan PAN.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan maka pada sampel sedimen dibuatkan grafik analisis ukuran butir partikel sedimen. Adapun grafik gambar 6. yang digunakan untuk analisis ukuran butiran yakni sebagai berikut :



Gambar 6. grafik analisis ukuran butir sedimen

Sumber: Hasil Analisa saringan (2025)

Berdasarkan Gambar 6. Grafik analisis ukuran butir sedimen, grafik ini memperlihatkan hubungan antara persen lolos kumulatif (mm) pada skala logaritmik. Dari grafik di peroleh maka nilai $D_{50} = 0,11 \text{ mm} = 0,00011 \text{ m}$. Nilai ini mewakili ukuran butir dominan dalam analisis karakteristik sedimen.

Berat jenis

Hasil perhitungan kemudian di sajikan dalam bentuk tabel 5. untuk mempermudah analisis dan penyajian data. Hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil perhitungan berat jenis

Parameter	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Massa Air (gr)	6	5	5
Berat Jenis (Gs)	1,8	2,2	2,2

Sumber: Hasil pengujian Laboratorium (2025)

Berdasarkan tabel 5. Hasil perhitungan berat jenis sedimen berdasarkan massa air dan volume partikel. Hasil menunjukkan berat jenis sedimen di setiap sampel yang berkisar antara 1,8-2,2. Data ini digunakan dalam analisis lanjutan seperti analisis tegangan geser kritis.

PEMBAHASAN

Analisis Tegangan Geser Kritis

Tegangan geser kritis adalah gaya geser yang diperlukan untuk menggerakkan partikel di dasar sungai atau dinding sungai sehingga lepas dari posisinya dan mengalami pergerakan.

Perhitungan dilakukan menggunakan rumus dan penjabarannya seperti dibawah ini

Diketahui :

Parameter tegangan geser (τ_{cs})	= 0,03
Berat jenis butiran sedimen (ρ_s)	= 1800 kg/m ³
Diameter ukuran butiran (D_{50})	= 0,00011 m
Berat jenis air (ρ_w)	= 1000 kg/m ³
Kecepatan geser (U_*)	= 0,272
Percepatan gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Jari-jari hidraulik (R)	= 6,680 m
Kemiringan Sungai (I)	= 0,000113

$$U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$$

$$= \sqrt{9,81 \cdot 6,680 \cdot 0,000113}$$

$$= 0,272$$

$$Re = \frac{u_* \cdot D_{50}}{\nu}$$

$$= \frac{0,272 \cdot 0,00011}{10^{-6}}$$

$$= 29,93 \text{ m/s}$$

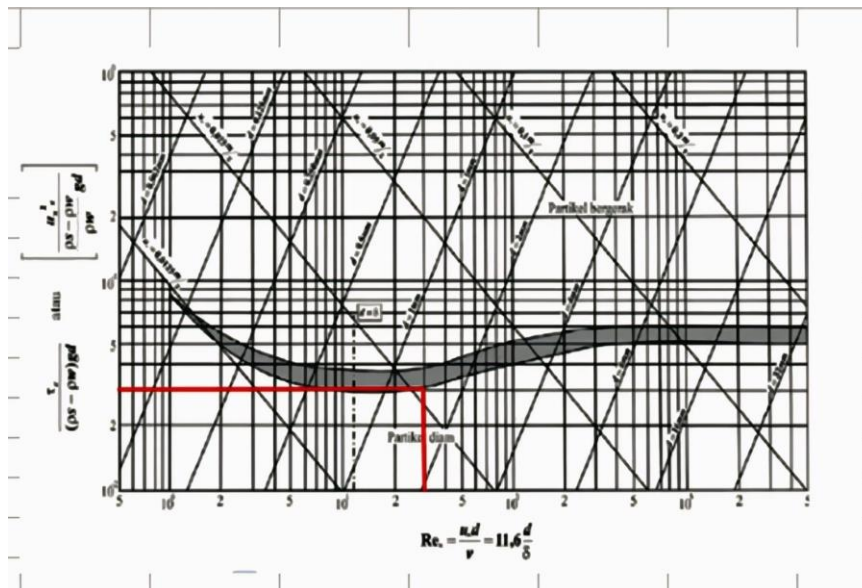
$$\tau_{cs} = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) \cdot D_{50}}$$

$$0,03 = \frac{\tau_c}{(1800 - 1000) \cdot 0,00011}$$

$$\tau_c = 0,03 \times 800 \times 0,00011$$

$$= 0,003 \text{ kg/m}^2$$

Nilai bilangan Reynold yang di peroleh kemudian di masukkan ke kurva diagram shield pada gambar 7. untuk menentukan parameter tegangan geser



Gambar 7. Kurva diagram shield

Sumber: (Ramadhan et al., 2020)

Berdasarkan gambar 7. Kurva Shield yang digunakan untuk menentukan sedimen mulai bergerak atau belum. Nilai bilangan Reynolds yang telah di hitung kemudian di masukkan kedalam grafik. Jika titik berada di bawah kurva, maka sedimen dianggap belum mengalami pergerakan jika titiknya garis artinya sedimen bergerak.

Tabel 6. adalah hasil perhitungan tegangan geser kritis:

Tabel 6. Hasil perhitungan tegangan geser

Sampel	$U^* = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$	$Re = \frac{U^* \cdot d50}{\nu}$	$\tau_c^* = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D50}$
1	0,272	29,93 m/s	0,003 kg/m ²
2	0,268	29,93 m/s	0,007 kg/m ²
3	0,261	41,72 m/s	0,006 kg/m ²

Sumber: Hasil HEC-RAS dan Laboratorium (2025)

Tabel 6. Menyajikan hasil perhitungan tegangan geser kritis pada 3 lokasi titik sampel. Nilai untuk kecepatan geser menunjukkan nilai 0,261 – 0,272. Untuk nilai bilangan Reynold berkisar antara 29,93 – 41,72 m/s. Tegangan geser kritis menghasilkan nilai kisaran 0,003 – 0,007 kg/m². Dari data ini menjelaskan bahwa tegangan geser aliran pada lokasi penelitian cukup besar dari pada nilai tegangan geser kritis yang artinya cukup besar untuk menyebabkan pergerakan sedimen.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan geser aliran di hulu bendung sekka-sekka melebihi tegangan geser kritis pada seluruh kondisi debit dengan nilai tertinggi saat kondisi debit maksimum sebesar 6,169-6,181 kg/m² yang jauh di atas tegangan geser kritis hasil perhitungan yaitu 0,003-0,007 kg/m. Temuan ini sejalan dengan teori dalam diagram shield yang menyatakan bahwa partikel sedimen mulai bergerak ketika tegangan geser melebihi nilai kritis. Penelitian ini sejalan dengan penelitian (Ikhsani & Pratama, 2017) yang menemukan bahwa sedimen mulai tertransportasi saat tegangan geser aliran lebih besar dari tegangan geser kritis dengan data karakteristik alirannya menggunakan HEC-RAS dan analisis laboratorium. Hal ini menunjukkan bahwa debit sangat berperan besar dalam menentukan gaya penggerak sedimen. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, seperti jumlah titik sampel yang terbatas. Meskipun demikian, penelitian ini dapat menjadi kontribusi penting dalam pengembangan konsep dan pengelolaan sedimen di wilayah sungai dalam pemeliharaan kapasitas saluran.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tegangan geser aliran pada kondisi debit di hulu bendung Sekka-sekka melebihi tegangan geser kritis, hal ini mengindikasikan bahwa aliran sungai memiliki kemampuan untuk menggerakkan sedimen dasar terutama pada debit maksimum, dimana tegangan geser mencapai nilai tertinggi.

Temuan ini menunjukkan pentingnya pengendalian sedimen guna mencegah erosi dasar sungai dan menjaga efektivitas sistem irigasi

DAFTAR PUSTAKA

- Dewana, A. P. (2022). *Analisis Laju Sedimentasi Di Muara Sungai Panjang, Desa Bejalen, Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Semarang Sebagai Kontributor Sedimentasi Di Rawa Pening*. 1–116.
- Gianete, B. P. (2023). *Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) Dengan Menggunakan Metode M.P.M Dan Einstein Pada Bendung Pesongoran Lombok Barat*.
- Hermawan, A., Afiato, E. N., Studi, P., Sipil, T., Studi, P., & Sipil, T. (2021). *ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (BED LOAD)*. XXVI(1).
- Ikhsani, C., & Pratama, W. Y. (2017). *Evaluasi analisis tegangan geser pada daerah hulu dan hilir sudetan wonosari sungai bengawan solo 3) 1) 2)*. 2012, 464–468.
- Ishakputra, J. A., Lestari, S., Yuniarti, T., Al Akbar, B. F., Herlambang, I. F., Asyraf, M. R., & Rachman, M. A. (2024). Rekayasa Hidraulik untuk Pengendalian Sedimentasi pada Bendungan Sengguruh. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 4(2), 219–230. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v4i2.108>
- Mattotorang, U. H. (2019). Studi Pengaruh Lebar Sungai Terhadap Karakteristik Aliran Sedimen Di Dasar. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(1), 77. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i1.217
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- Prismayuda, O. B., Purnama, A., & Najimuddin, D. (2020). Analisis Distribusi Kecepatan Pada Saluran Terbuka (Study Kasus : Sungai Pelat, Desa Pelat). *Jurnal SainTekA*, 1(1), 1–10.
- Rahman N, M. F., & Khaidir, M. (2021). Pengukuran Aliran Air Dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan Hall Effect Sensor Dan Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Dan Komputer (JTEK)*, 1(01), 61–65. <https://doi.org/10.56923/jtek.v1i01.54>
- Ramadhan, M., Wibowo, H., & Kartini. (2020). Perhitungan Angkutan Sedimen Pada Sungai Pangkalan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil UNTAN*, 1–9.
- Rohani, I., Paroka, D., Thaha, M. A., & Hatta, M. P. (2021). Dimensional Analysis of Compound Section in the Regulate Section Channel Model for Maintenance Main Channel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 921(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/921/1/012076>
- SNI 1964:2008. (2008). *Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Berat Jenis Tanah*.
- Suryadi, Y., Siregar, R. H., Harlan, D., & Samskerta, I. P. (2024). Hydrodynamic and Sediment Transport Modeling at Lower Citarum and Cibeet River Confluence West Java. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 15(1), 1–14.
- Yuhadi Husein, L. (2023). *Kajian Gerak Awal Butiran Sedimen Dasar Sebagai Fungsi Diameter Sedimen Dasar : Skala Laboratorium*.
- Yulianti, D., Ulfah, L., Lubis, I., Lega reskita, & Haki, H. (2025). Jurnal Talenta Sipil. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 430–439. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i2.888>