

SKRIPSI

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE FERNANDEZ–LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana S1 pada
Program Studi Teknik Sipil



Disusun oleh :

ANSAR

D01 18 528

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT

MAJENE

2025

PENGESAHAN

**ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE
FERNANDEZ-LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN
METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (ST)
pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sulawesi Barat

Oleh :

ANSAR

D01 18 528

Telah diperiksa dan disetujui untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana
Teknik (ST)

Menyetujui,

Tim Pembimbing,

Pembimbing 1

Abdi Manaf, S.T., M.T
NIDP. 1201078101

Pembimbing 2

Dr. Ir. Imam Rohani, S.T., M.T
NIP. 19700421 200312 1009

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

Amalia Nurdin, S.T., M.T
NIP. 19871212 201903 2 017

Dekan Fakultas Teknik

DERAN. Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T
NIP. 19640405 1990003 2 002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ansar

NIM : D01 18 528

Prodi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul :

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE FERNANDEZ-LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA

Adalah hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya dalam naskah saya di dalam skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah di ajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademi disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsul-unsur jiplatan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 Ayat 2 dan pasal 70).

Majene, 07 Oktober 2025

Yang membuat Pernyataan



Ansar

D0118528

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmatnya penyusunan skripsi berjudul “ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE FERNANDEZ-LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA” dapat penulis selesaikan.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat. Penulisan dan penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

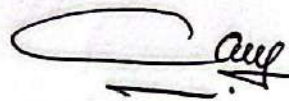
1. Teristimewa buat kedua orangtua tercinta, **Alm. Ayahanda Mustafa** dan **Ibunda Nursiah** yang telah menjadi donatur utama dalam perjalanan akademik ini, yang sepenuh jiwa telah menabur doa dan waktu sekaligus menjadi sumber kasih dan dukungan moral bagi penulis.
2. Bapak **Abdi Manaf, S.T., M.T.** sebagai pembimbing I dan Bapak **Dr. Ir. Imam Rohani, S.T., M.T.** sebagai pembimbing II atas kesediaannya membimbing, memberikan saran, dan membantu hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Ibu **Prof. Dr. Ir Hafsah Nirwana M.T** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat.
4. Bapak **Ir. Apriansyah, S.T., M.T.** sebagai penguji I, **Ir. Yusman, S.Si., M.T.** sebagai penguji II dan **Amalia Nurdin, S.T., M.T** sebagai penguji III sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat.
5. Seluruh dosen serta staf administrasi Program Studi Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat.
6. Partner tercinta yang tak kalah penting, **Marliah**. Terima kasih telah meluangkan waktu, dukungan dan membantu penulis dengan tenaga maupun

materi. Harapan kedepannya semoga bisa sukses Bersama sesuai dengan apa yang telah di impikan.

7. Semua pihak yang tidak sempat disebutkan satu persatu yang telah senantiasa membantu secara moral materi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tulisan ini. Oleh karena itu segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Semoga skripsi ini “ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE FERNANDEZ-LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA” bermanfaat bagi kita semua, tidak hanya bagi penulis, tetapi juga pembaca dan pihak-pihak berkepentingan.

Majene, 7 Oktober 2025



Ansar

D0118528

ABSTRAK

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE FERNANDEZ-LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis angkutan sedimen dasar di hulu Bendung Sekka-Sekka, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat menggunakan tiga metode yaitu metode Fernandez-Luque dan Van Beek, Smart, dan Low. Studi ini dilatar belakangi oleh pentingnya pengelolaan sedimen untuk menjaga kapasitas dan fungsi saluran air. Data diperoleh melalui survei lapangan dan uji laboratorium terhadap karakteristik aliran serta ukuran dan berat jenis sedimen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode Fernandez-Luque dan Van Beek menghasilkan angkutan sedimen tertinggi dengan nilai 40,4740 m³/hari pada kondisi debit maksimum di sampel 1, sedangkan metode Low menghasilkan nilai paling rendah yaitu 0,017 m³/hari untuk kondisi debit minimum di titik sampel 1. Metode Smart menghasilkan nilai sedang dengan 20,372 m³/hari pada kondisi debit maksimum di titik sampel 2. Nilai rata-rata angkutan sedimen dari ketiga metode : Fernandez-Luque dan Van Beek (11,220–16,058 m³/hari), Smart (3,924–5,838m³/hari), dan Low (0,137–0,266 m³/hari). Perbedaan ini mencerminkan sensitivitas tiap metode terhadap variasi debit sungai.

Dengan demikian, metode Fernandez-Luque dan Van Beek direkomendasikan untuk prediksi kondisi ekstrem, metode Smart untuk pendekatan konservatif, dan Low untuk hasil menengah yang lebih seimbang. Hasil ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pengelolaan sedimen di wilayah hulu bendung sekka-sekka.

Kata kunci: *Angkutan sedimen dasar, Bendung Sekka-Sekka, metode Fernandez-Luque dan Van Beek, metode Smart, metode Low, debit sungai, transportasi sedimen, karakteristik aliran, berat jenis sedimen.*

ABSTRACT

ANALYSIS OF BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT USING THE FERNANDEZ-LUQUE AND VAN BEEK METHOD, THE SMART METHOD AND THE LOW METHOD IN THE UPSTREAM AREA OF SEKKA-SEKKA WEIR

This study aims to analyze the transportation of basic sediment in the upstream of the Sekka-Sekka Dam, Polewali Mandar Regency, West Sulawesi using three methods, namely the Fernandez-Luque and Van Beek, Smart, and Low methods. This study is based on the importance of sediment management to maintain the capacity and function of waterways. Data were obtained through field surveys and laboratory tests on flow characteristics as well as sediment size and specific gravity. The calculation results showed that the Fernandez-Luque and Van Beek method produced the highest sediment transport with a value of 40.4740 m³/day at the maximum discharge condition in sample 1, while the Low method produced the lowest value of 0.017 m³/day for the minimum discharge condition at sample point 1. The Smart method yields a moderate value of 20,372 m³/day at the maximum discharge condition at sample point 2. Average values of sediment transport from the three methods: Fernandez-Luque and Van Beek (11,220–16,058 m³/day), Smart (3,924–5,838 m³/day), and Low (0.137–0.266 m³/day). These differences reflect the sensitivity of each method to river discharge variations.

Thus, the Fernandez-Luque and Van Beek method is recommended for prediction of extreme conditions, the Smart method for a conservative approach, and Low for a more balanced intermediate outcome. These results can be used as a reference in sediment management planning in the upstream area of the sekka-sekka dam.

Keywords: *Basic sediment transport, Sekka-Sekka Dam, Fernandez-Luque and Van Beek methods, Smart method, Low method, river discharge, sediment transport, flow characteristics, sediment specific gravity.*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Muara sungai merupakan wilayah pertemuan antara air tawar dan air laut, sehingga memiliki dinamika yang kompleks. Muara sungai berfungsi sebagai pintu masuk air dari sungai menuju ke laut (Triatmodjo, 2012). Fungsi tersebut membuat muara sungai memiliki konsentrasi bahan organik dan anorganik yang relatif tinggi. Permasalahan yang sering terjadi yaitu inputan sedimen yang berlebih sehingga menyebabkan pengendapan sedimen di muara sungai. Faktor oseanografi dominan yang berpengaruh terhadap dinamika di muara sungai yaitu gelombang. Gelombang yang terjadi baik tegak lurus atau sejajar pantai dapat menyebabkan transport sedimen. Semakin besar gelombang di sekitar muara sungai dan debit sungai kecil, maka semakin banyak sedimen yang mengendap di muara sungai (Triatmodjo, 2012; Prasetyo et al., 2015; Wibowo et al., 2016). Pengendapan material sedimen pada daerah muara sungai terjadi karena tenaga pengangkut sedimen sudah tidak sanggup untuk membawanya. Endapan sedimen ini berpengaruh terhadap debit air yang keluar, sehingga dapat memicu adanya banjir di sepanjang aliran sungai. Pengendapan sedimen selain karena proses alami, dapat juga dipengaruhi oleh tingginya aktivitas manusia. Menurut Sitepu et al. (2017), semakin meningkatnya lalu lintas kapal maka akan semakin berpotensi menyebabkan pengendapan sedimen di dasar perairan. (Agung et al., 2023)

Di Sungai Sombe dilakukan pengukuran langsung untuk memperoleh sampel sedimen dan data morfologi sungai serta pengamatan terhadap aktivitas penambangan yang ada di Sungai Sombe, kemudian data – data yang telah dikumpulkan akan di analisis menggunakan metode Rottner dan Van Rijn. Hasil analisis diperoleh nilai rata – rata debit sedimen di Sungai Sombe dengan kala ulang 1 Tahunan, 2 Tahunan, 5 Tahunan dan 10 Tahunan, yaitu metode Rottner sebesar $2,1 \times 10^7$ - $3,8 \times 10^7$ Ton/tahun; dan metode Van Rijn sebesar $4,0 \times 10^7$ – $6,9 \times 10^7$ Ton/tahun. (Pratama, 2019)

Sungai Sekanak berada pada posisi strategis didekat daerah wisata Benteng Kuto Besak dan padat aktifitas seperti pasar, menimbulkan masalah baru pada Sungai Sekanak seperti, pendangkalan akibat sedimentasi, dimana sedimentasi ini merupakan proses pembentukan atau pengendapan material sedimen untuk menganalisis besar debit sedimen dasar. Sampel sedimen diambil dengan alat *Water Sampler*, selanjutnya dilakukan pengujian analisis saringan dan analisis berat jenis sedimen di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tridianti. Muatan sedimen dasarnya dengan menggunakan metode Frijlink. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit sedimen di muara Sungai Sekanak sebesar $3.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dt/m}$. (Andayani et al., n.d.)

Studi kasus yang diambil dalam penelitian ini adalah bangunan kantong lumpur di Bendung D.I Glapan Barat. Bahan yang halus tidak dapat ditangkap dalam kantong lumpur biasa serta harus diangkut melalui jaringan saluran ke sawah-sawah. Bahan-bahan yang sudah mengendap di kantong lumpur akan dibersihkan secara berkala. Pembersihan tersebut biasanya menggunakan aliran air yang tinggi agar bahan endapan sedimen yang ada di bangunan kantong lumpur bisa hanyut kembali ke sungai, untuk itu diperlukan suatu bangunan yang bisa digunakan untuk mengendapkan sedimen tersebut supaya tidak ikut masuk ke dalam saluran primer. Berdasarkan hasil perhitungan nilai tertinggi didapatkan dengan metode Duboys sebesar 55228 kg/hari, dengan metode Shield didapat nilai sebesar 851,558 kg/hari dan untuk metode Einstein didapat nilai sebesar 0,7266 kg/hari. Untuk tingkat efektivitas pada kantong lumpur saluran primer daerah irigasi Glapan Timur memiliki rata-rata efisien sebesar 86,1%, agar dapat mengoptimalkan kinerja kantong lumpur. (Bintang, 2023)

Kondisi bendungan Sekka-Sekka merupakan bendungan terbesar di Polewali Mandar yang terletak di Kelurahan Batupanga Kecamatan Luyo dan berbatasan langsung dengan Kecamatan Mapilli. Bendungan Sekka-Sekka terbagi menjadi 2, jaringan primer yakni saluran induk Maloso kanan dan saluran induk Maloso kiri yang mulai dibangun 28 Desember 1996 dan diresmikan oleh Presiden Megawati Soekarnoputri 28 Juli 2001. Bendungan

Sekka-Sekka mengairi persawahan yang berada pada 6 Kecamatan yaitu Kecamatan Luyo, Campalagian, Mapilli, Wonomulyo, Tapango dan Matakali. Selain berfungsi sebagai sumber irigasi pertanian, bendungan ini juga sering dikunjungi sebagai tempat rekreasi bagi sebagian orang. (Karim & Aliyah, 2018)

Alasan dilakukan penelitian di bendungan ini adalah untuk mengetahui karakteristik aliran di hulu bendungan Sekka-Sekka, untuk mengetahui karakteristik sedimen di hulu bendung Sekka-Sekka dan berapa nilai angkutan sedimen di hulu bendung Sekka-Sekka menggunakan metode Fernandez – Luque dan Van Beek, metode Smart dan metode Low. Maka penelitian yang akan dilakukan diangkat satu judul **“ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE FERNANDEZ – LUQUE DAN VAN BEEK, METODE SMART DAN METODE LOW DI HULU BENDUNG SEKKA - SEKKA”**.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1.2.1 Bagaimana karakteristik sedimen di hulu bendung Sekka-Sekka?
- 1.2.2 Bagaimana karakteristik aliran di hulu bendung Sekka-Sekka?
- 1.2.3 Berapa nilai angkutan sedimen di hulu bendung Sekka-Sekka menggunakan Metode Fernandez-Luque dan Van Beek, Metode Smart dan Metode Low?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

- 1.3.1 Mengetahui karakteristik sedimen di hulu Bendung Sekka-Sekka.
- 1.3.2 Mengetahui karakteristik aliran di hulu Bendung Sekka-Sekka.
- 1.3.3 Membandingkan hasil analisis angkutan sedimen dasar menggunakan Metode Fernandez-Luque dan Van Beek, Metode Smart dan Metode Low.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1.4.1 Bagi peneliti sebagai tambahan pengetahuan tentang sedimentasi.

1.4.2 Sebagai referensi dalam pekerjaan pengerukan sedimen pada hulu bendung.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1.5.1 Penelitian dilakukan pada hulu bendung Sekka-Sekka di Sungai Maloso.

1.5.2 Tidak meninjau pengaruh lahan pertanian disekitar lokasi penelitian.

1.5.3 Hanya meneliti angkutan material dasar (*bad load*) pada kondisi Muka Air Normal (M.A.N).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian tentang analisis angkutan sedimen dasar menggunakan metode di Hulu Bendung telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya

No.	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Harsanto, P., Adicandra, M.H., & Lesmana, S.B. (2023)	Analisis Angkutan Sedimen Dasar Menggunakan Berbagai Metode	Fernandez-Luque dan Van Beek (1976) menemukan bahwa partikel sedimen mulai bergerak pada tegangan geser kritis sekitar $\tau = 0,0455$, dengan kecepatan partikel mencapai 5-8 kali kecepatan jatuh, dan ketebalan lapisan aktif sekitar 1-5 butir, eksperimen dilakukan pada saluran miring 12° - 22° dengan sedimen berukuran 0,9-3,3 mm dan massa jenis 1340-4580 kg/m ³ . Smart (1984) meneliti sedimen berukuran 2-10,5 mm dengan massa jenis 2670-2680 kg/m ³ dalam saluran curam 3%-20% dan menekankan pentingnya koreksi

			tegangan geser untuk aliran deras. Sementara Low (1989) menguji partikel plastik 3,5 mm dalam saluran landai 0,46%-1,49%, dengan kecepatan aliran tinggi 3,89-7,66 m/s, dan menunjukkan bahwa sedimen tetap bisa terangkut meski tegangan geser rendah, asal kecepatan aliran mencukupi.
2	Baiq Puri Gianete, 2023	Analisis Angkutan Sedimen Dasar (<i>Bed Load</i>) Dengan Menggunakan Metode M.P.M Dan <i>Einstein</i> Pada Bendung Pesongoran Lombok Barat	Karakteristik aliran pada hulu Bendung Pesongoran, mengetahui karakteristik angkutan sedimen pada hulu Bendung Pesongoran, mengetahui besar volume angkutan sedimen pada hulu Bendung Pesongoran dan mengetahui perbandingan volume sedimen dengan menggunakan perhitungan metode M.P.M dan <i>Einstein</i> . Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran langsung di lapangan dan pengujian di laboratorium. Pengukuran langsung di lapangan menggunakan

			metode penangkap sedimen tipe keranjang dan data pengujian dilaboratorium diolah dengan metode M.P.M dan <i>Einstein</i>. Metode pengambilan sampel sedimen dasar di lapangan juga dilakukan dengan menggunakan alat Ekman Grab yang memiliki 2 rahang baja yang dapat mengangkut sedimen dasar Volume angkutan sedimen dasar dengan metode M.P.M didapatkan hasil rata-rata yaitu 2,869 m³/hari. Sedangkan volume angkutan sedimen menggunakan metode <i>Einstein</i> didapatkan hasil rata rata 0,457 m³/hari dan hasil volume angkutan sedimen metode perhitungan langsung dilapangan didapatkan hasil rata-rata 0,0064 m³/dtk.
3	Anggi Hermawan, Erwin Nur Afiato, 2021	Analisis Angkutan Sedimen Dasar (<i>Bed load</i>) Pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta	Transportasi sedimen peristiwa yang terjadi pada saluran dinyatakan berdasarkan besarnya tegangan geser aliran melebihi tegangan geser

			kritis partikel sedimen. Besarnya angkutan sedimen di saluran dinyatakan dalam kurva logaritmik hubungan antara bilangan <i>Froude</i> (<i>fr</i>) terhadap angkutan sedimen (<i>qb</i>). Kurva tersebut menjelaskan bahwa kenaikan bilangan <i>Froude</i> (<i>fr</i>) yang terjadi pada setiap bagian saluran akan berbanding lurus dengan kenaikan kuantitasnya sedimen transpor (<i>qb</i>). Pengangkutan sedimen paling signifikan terjadi di Gambang Lokasi ruas saluran Nambongan, prediksi angkutan sedimen sebesar 3,57 m³/hari dan 3,67 m³/hari, masing-masing. Dengan demikian, potensi angkutan sedimen yang akan mengendap di daerah hilir adalah 3,67 m³/hari.
4	Reni Andayani, Zuul Fitriana Umari, 2020	Muatan Sedimen Dasar (Bed Load) pada Muara Sungai Sekanak Kota Palembang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit sedimen di muara Sungai Sekanak sebesar $3,0 \times 10^{-5}$ m³/det/m.

5	Anggi Hermawan, Erwin Nur Afiato, 2021	Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bad Load) pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta	Angkutan sedimen paling signifikan terjadi di lokasi ruas saluran Gambang dan Nambongan dengan prediksi angkutan sedimen masing-masing sebesar 3,57 m ³ /hari dan 3,67 m ³ /hari. Dengan demikian, potensi angkutan sedimen yang akan mengendap di daerah hilir adalah sebesar 3,67 m ³ /hari.
6	Yosa Alf Asyifa, dan Sofyan Hadi Prabowan, 2023	Analisis Optimalisasi Jadwal Pengurangan Kantong Lumpur Daerah Irigasi Glapan Timur	Berdasarkan hasil perhitungan nilai tertinggi didapatkan dengan metode Duboys sebesar 55,228 kg/hari, dengan metode Shield didapat nilai sebesar 851,558 kg/hari dan untuk metode Einstein didapat nilai sebesar 0,7266 kg/hari. Untuk tingkat efektivitas pada kantong lumpur saluran primer daerah irigasi Glapan Timur memiliki rata-rata effesien sebesar 86,1%, agar dapat mengoptimalkan kinerja kantong lumpur saluran irigasi D.I Glapan perlu dilakukan pengurasan 4

			bulan sekali untuk membersihkan sedimen dasar yang tertampung pada bagian kantong lumpur Bendung Glapan.
--	--	--	--

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sungai

Sungai merupakan jaringan alur-alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Aliran sungai merupakan sumber air yang paling dominan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, sehingga sungai tersebut sepatutnya diusahakan kelestariannya yaitu salah satunya dengan mengusahakan agar alur sungai tetap stabil. Sungai yang tidak berfungsi dengan baik pada suatu DAS dapat menyebabkan bencana alam seperti banjir yang merugikan atau pun kekeringan pada musim kemarau. Oleh sebab itu, sungai perlu di jaga kelestariannya yakni dengan mengusahakan agar perubahan ketinggian dasar sungai berlangsung selambat mungkin. Proses sedimentasi dapat mempengaruhi ketinggian dasar sungai.

Proses sedimentasi pada suatu alur sungai meliputi erosi, transportasi, pengendapan, dan pemadatan dari sedimentasi itu sendiri. Proses sedimentasi yang berlangsung terus menerus akan mempengaruhi kestabilan alur sungai di mana akan terbentuk daratan yang baru yang disertai dengan perubahan/perpindahan alur sungai. Pengendapan sedimen yang berlebihan dapat menyebabkan pendangkalan sungai maupun waduk. Kapasitas tampung akan menurun, sehingga dapat menyebabkan luapan air ke daerah pemukiman (banjir) yang pastinya sangat merugikan masyarakat sekitar.(Teknik et al., 2018).

Alur sungai adalah bagian dari sungai tersebut, sederhananya alur sungai dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu:

- a. Bagian Hulu, bagian ini terletak dibagian atas atau ujung atas dari sungai, karakteristik bagian hulu ini adalah kemiringan dasar yang cukup curam sehingga kecepatan aliran air sangat tinggi dan penampangnya berbentuk V karena kecepatan aliran yang tinggi, maka biasanya bagian hulu ini terjadi erosi.
- b. Bagian Tengah, bagian ini adalah bagian yang terpanjang dari suatu sungai yang merupakan bagian yang banyak digunakan masyarakat. Bagian tengah sungai ini juga paling banyak melewati bagian-bagian dari suatu kota. Kecepatan aliran pada bagian tengah ini tidak terlalu cepat dibanding dengan bagian hulu, sehingga endapan/sedimen banyak terjadi. Bagian tengah ini juga banyak terjadi pola berjaln (braided atau meander) (Kuntjoro dkk, 2013).
- c. Bagian Hilir, bagian hilir merupakan ujung paling bawah dari suatu sungai yang biasanya berhubungan langsung dengan laut (muara). Bagian hilir ini juga banyak dipengaruhi oleh karakteristik air laut (pasang dan surut). Kecepatan aliran dibagian hilir ini relative lebih kecil dibandingkan dengan bagian yang lain (Terapan, 2021).

2.2.2 Sedimen

Pengendapan sedimen dapat terjadi karena adanya interaksi pasang surut, gelombang dan kecepatan arus yang mengangkut partikel sedimen di daerah pantai. Proses pengendapan sedimen dapat diketahui dari distribusi ukuran butir sedimen (Nugroho dan Basit, 2014). Ukuran butir sedimen merupakan aspek penting dalam transportasi dan pengendapan (Blott and Pye, 2001), karena dapat memberikan informasi mengenai asal usul sedimen dan pola yang mempengaruhi transportasi sedimen terhadap ukuran butir sedimen (Wolanski dan Michael, 2007; Purnawan et al., 2012; Setiawan dan Subiandono, 2015). Distribusi ukuran butir sedimen dipengaruhi oleh berbagai faktor oseanografi seperti kecepatan arus, pasang surut dan gelombang yang memiliki karakteristik spasial dan temporalnya sendiri (Liu et al., 2000; Purnawan et al., 2015). Sifat ukuran butir sedimen yang berada di daerah intertidal dapat mengalami

perubahan ukuran butir dengan terjadinya proses transportasi sedimen. Distribusi dan perbedaan ukuran butir sedimen digunakan sebagai indikator perilaku pada aliran sedimen di wilayah perairan (Nugroho dan Basit, 2014; Purnawan et al., 2015). Penelitian tentang sedimen telah dilakukan di berbagai wilayah di Kalimantan Barat. Penelitian Handayani et al. (2017) jenis sedimen yang ditemukan di Perairan Sungai Duri didominasi jenis liat berdebu. Adapun pada penelitian Warsidah et al. (2021) memperoleh sedimen di Perairan Muara Sambas didominasi oleh jenis lanau (Lestari & Kushadiwijayanto, 2024)

2.2.3 Karakteristik Sedimen

2.2.3.1 Ukuran Partikel Sedimen

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (*American Geophysical Union*) sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. Ponce (1989) menyatakan bahwa batu besar (boulders) dan krakal (*cobbles*) dapat diukur tersendiri, kerikil (*gravel*) dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan.

Tabel 2.2 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen Menurut AGU
(*American Geophysical Union*)

Klasifikasi		Diameter Partikel (mm)
Kerikil		4-2
Pasir	Sangat Besar	2-1
	Kasar	1-0,5
	Sedang	0,5-0,25
	Halus	0,25-0,125
	Sangat Halus	0,125-0,062
Lumpur	Kasar	0,064-0,031
	Sedang	0,031-0,016
	Halus	0,016-0,008
	Sangat Halus	0,008-0,004
Lempung	Kasar	0,004-0,002
	Sedang	0,002-0,001

	Halus	0,001-0,0005
	Sangat Halus	0,0005-0,00024

(Sumber : Waduk dan Eksperimental, 2018)

2.2.3.2 Berat Jenis

Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18).

$$G_s = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_5 - W_2) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$W_3 = W_4 \cdot K$$

Dengan:

W_1 = Berat piknometer

W_2 = Berat piknometer + sampel

W_3 = Berat piknometer + sampel + air

W_4 = Berat piknometer + air

W_5 = Berat piknometer + air terkoreksi

K = Faktor koreksi temperatur

Tabel 2.3 Klasifikasi Berat Jenis Tanah

Jenis Tanah	Gs
Pasir	2,65-2,68
Lanau organik	2,62-2,68
Lempung organik	2,62-2,68
Lempung anorganik	2,68-2,75
Gambut	< 2

(Sumber: Siswanto et al., 2021)

2.2.3.3 Analisa Saringan

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan, hasil analisis saringan agregat halus dan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui batas gradasi agregat tersebut. Hasil analisa

saringan agregat halus dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan dalam pembuatan adukan beton merupakan pasir jenis sedang dan memenuhi syarat analisa saringan sebagai bahan dalam campuran beton. Sedangkan berat lolos agregat kasar memenuhi standar dengan ketentuan gradasi agregat karena ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 20 mm. (Terhadap et al., 2021)

Tabel 2.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat halus

No Saringan (mm)	Berat Tertahan Saringan (mm)	%Tertahan (gr)	% Tertahan Komulatif (gr)	% Lolos Komulatif
No 4	43,54	75,56	30,6	96,40
No 8	49,58	126,04	50,40	49,60
No 20	33,07	469,11	63,60	36,40
No. 30				
No 40	18,49	177,54	71,00	29,00
No 50				
No 80	17,19	194,73	77,90	22,10
No 100	2,76	194,73	77,90	22,10
No 200	3,31	200,80	80,30	19,70
PAN				

(Sumber : Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar (C136:2012,2012)

2.2.3.5 Tegangan Geser Kritis

Bila air mengalir dalam sebuah saluran, maka pada dasar saluran akan timbul suatu gaya bekerja searah dengan arah aliran. Gaya ini yang merupakan gaya tarik pada penampang basah disebut tegangan geser (*tractive force*). Akibat pengaruh kecepatan, aliran mampu menggerus talud dan dasar sungai. Aliran air sungai akan memberikan tegangan geser (τ_0) pada penampang sungai. (Ikhsani & Pratama, 2017)

Kecepatan aliran sungai juga mempengaruhi terjadinya erosi sungai. Kecepatan aliran yang menimbulkan terjadinya tegangan geser kritis disebut kecepatan kritis (V_{Cr})

memberikan distribusi tegangan geser pada saluran. Erosi dasar sungai terjadi jika tegangan geser (τ_0) lebih besar dari tegangan geser kritis (τ_{cr}) pada dasar dan tebing sungai. Tegangan geser kritis adalah tegangan geser yang terjadi tepat pada saat butiran akan bergerak. Besarnya tegangan geser kritis didapatkan dengan menggunakan Grafik Shield dengan menggunakan data ukuran butiran tanah dasar sungai.

apabila:

$\tau_0 > \tau_c$ maka butiran bergerak

$\tau_0 = \tau_c$ maka butiran mulai bergerak (kondisi kritis)

$\tau_0 < \tau_c$ maka butiran diam

Tegangan geser aliran (τ_0) merupakan tegangan yang ditimbulkan akibat adanya gaya pergerakan aliran, dimana gaya yang terjadi merupakan kecepatan geser aliran (u_*) yang dinyatakan dengan persamaan: (Hermawan et al., 2021).

$$u_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

R = Radius hidraulik penampang saluran

S = Kemiringan dasar saluran

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan pada persamaan:

$$\tau_c^* = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

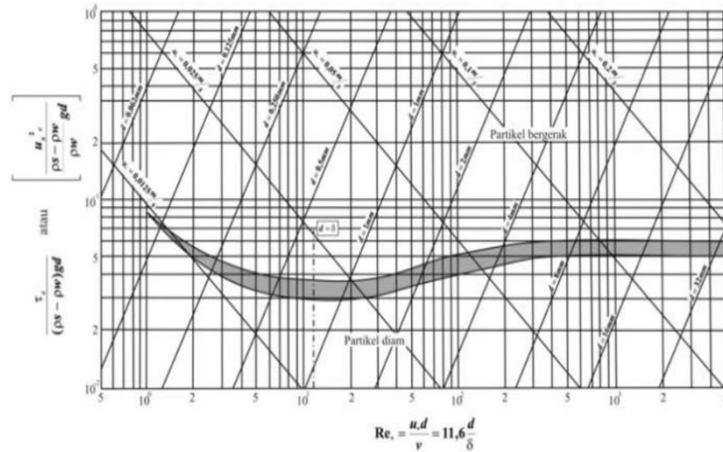
Dengan:

τ_c = parameter tegangan geser kritis

D_s = diameter ukuran butiran (m)

ρ_s = berat jenis butiran sedimen (kg/m^3)

Kecepatan geser dasar kritis dapat dihitung dengan diagram yang di berikan oleh shield:



Gambar 2.1 Grafik kecepatan geser dasar kritis menurut shield

(Sumber: Ramadhan et al., 2020)

2.2.3.6 Parameter Shield dan Parameter Shield Kritis

Parameter Shields adalah bilangan non-dimensi yang digunakan untuk menggambarkan perbandingan antara gaya angkat aliran (shear stress) terhadap gaya berat butiran sedimen yang menahannya tetap di dasar saluran. Parameter ini menentukan apakah butiran sedimen akan diam, mulai bergerak, atau terus terangkut oleh aliran. (Shields, A.F. (1936)

Parameter Shield kritis adalah parameter yang dihitung untuk mengetahui nilai parameter Shield yang terjadi pada suatu waktu. Parameter Shield adalah parameter utama dalam rumus Shields yang dikembangkan oleh Albert F. Shields. (Shields, A.F. (1936)

2.2.4 Karakteristik Aliran

a. Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran air memerlukan alat ukur yang memadai dan metode yang tepat untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Hal ini karena kecepatan aliran air bagian permukaan lebih cepat dari pada bagian bawah permukaan. Pengukuran kecepatan

aliran sungai maupun saluran irigasi dibutuhkan untuk menghitung sebuah debit aliran. (Khaidir, n.d.).

Kecepatan aliran (u) didapat dari pengukuran current meter (tipe propeller atau tipe prise). Alat ini dilengkapi penghitung elektronik yang menunjukkan putaran baling-baling. Hubungan antara putaran per detik (N) dari alat ukur ini dengan kecepatan air dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Hanny Tangkudung, 2011).

$$u = a + b \cdot n \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

u = Kecepatan aliran (m/s)

a dan b = Konstanta yang didapat dari kalibrasi alat

n = Banyaknya putaran propeller per detik (m/s)

b. Debit Aliran

Debit aliran adalah volume air yang melalui penampang basah sungai dan satu satuan waktu tertentu yang biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$) atau liter per detik ($l/detik$) (Khaidir, n.d.). Rumus yang digunakan untuk menghitung debit adalah:

$$Q = A \cdot v \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan:

Q = Debit (m^3/det)

A = Luas penampang basah (m^2)

v = Kecepatan aliran (m/s)

c. Kecepatan Geser

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan geser yaitu:

$$v_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_w}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan:

τ_0 = Tegangan geser dasar (N/m^2 atau Pa)

ρ_w = Massa jenis air (kg/m^3)

v_* = Kecepatan geser (m/s)

2.2.5 Metode Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar

Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan angkutan sedimen dasar yaitu sebagai berikut:

2.2.5.1 Metode Fernandez-Luque dan Van Beek

Metode ini, yang dipublikasikan dalam jurnal *Journal of Hydraulic Research*, didasarkan pada ide bahwa pergerakan sedimen dasar dimulai ketika tegangan geser (shear stress) yang diberikan oleh aliran air pada dasar sungai melebihi nilai kritis yang dibutuhkan untuk menggerakkan partikel sedimen. Persamaan yang digunakan:

$$q_b = 5,7 (\theta - \theta_c)^{1.5} \sqrt{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) g \cdot d^3} \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai Parameter Shield (θ) dapat dicari menggunakan persamaan (Julien, Pierre Y. (2010)).

$$\theta = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho_w) g D_{50}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Nilai Tegangan geser dasar (τ_0) dapat dicari menggunakan persamaan (Julien, P. Y. (2010)).

$$\tau_0 = \rho_w g R S \dots\dots\dots (2.13)$$

Nilai Parameter Shield kritis (θ_c) dapat dicari menggunakan persamaan (Julien, Pierre Y. (2010))

$$\tau_c = \theta_c (\rho_s - \rho_w) g D_{50} \dots\dots\dots (2.14)$$

Nilai Tegangan geser kritis (τ_c) dapat dicari menggunakan persamaan 2.6 (Julien, Pierre Y. (2010))

Dengan:

q_b = Laju angkutan sedimen dasar ($m^3/hari$)

θ = Parameter Shield

θ_c = Parameter Shield kritis

ρ_s = Rapat massa sedimen (kg/m^3)

ρ_w = Rapat massa air (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi ($9,18 m/s^2$)

d^3 = Diameter butir sedimen (m)

R = Jari-jari hidraulik (m)

S = Kemiringan dasar saluran

τ_0 = Tegangan geser dasar (N/m² atau Pa)

2.2.5.2 Metode Smart

Metode Smart berfokus pada hubungan antara parameter aliran (seperti kecepatan, kedalaman, dan kemiringan dasar sungai) dengan laju angkutan sedimen dasar. Ini memperhitungkan bahwa angkutan sedimen adalah proses dinamis yang dipengaruhi oleh gaya geser air pada dasar sungai. Smart mencoba untuk mengestimasi laju angkutan sedimen dengan menggunakan rumus empiris yang diturunkan dari data observasi dan penelitian.

Persamaan yang digunakan:

$$q_b = 4.25^{0.6} C \theta^{0.5} (\theta - \theta_c) \sqrt{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) g} \cdot d^3 \dots\dots\dots (2.15)$$

Bentuk turunan dari persamaan Chézy, yang menghubungkan kecepatan aliran, gravitasi, kedalaman/jari-jari hidraulik, dan kemiringan saluran. Sering digunakan dalam analisis aliran pada saluran terbuka. Nilai Chézy (C) dapat dicari menggunakan persamaan (Chow, V.T. (1959)

$$C = \frac{u}{\sqrt{g \cdot DS}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan:

q_b = Laju angkutan sedimen dasar (m³/hari)

C = Non-dimensi faktor hambatan aliran

θ = Parameter Shield

θ_c = Parameter Shield kritis

ρ_s = Rapat massa sedimen (kg/m³)

ρ_w = Rapat massa air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

u = Kecepatan aliran (m/s)

D = Kedalaman aliran (mm)

d^3 = Diameter butiran sedimen (m)

S = Kemiringan dasar saluran

2.2.5.3 Metode Low

Metode ini didasarkan pada pengamatan empiris yang mengaitkan debit air, kemiringan saluran, dan diameter butir sedimen untuk memperkirakan debit sedimen dasar.

Persamaan yang digunakan:

$$qb = \frac{6.42}{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)^{0.5}} (\theta - \theta_c) du S^{0.6} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

qb = Laju angkutan sedimen dasar ($m^3/hari$)

ρ_s = Rapat massa sedimen (kg/m^3)

ρ_w = Rapat massa air (kg/m^3)

θ = Parameter Shield

θ_s = Parameter Shield kritis ($0.27S^{0.46}$)

u = Kecepatan aliran

S = Kemiringan dasar

d = Diameter partikel sedimen

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap analisis saringan pada tiga sampel, diperoleh bahwa sedimen dasar sungai di hulu Bendung Sekka-sekka didominasi oleh pasir sedang hingga pasir kasar dikelompokkan berdasarkan modulus halus butir (MHB). Nilai MHB sampel 1 sebesar 2,270 tergolong sedang, sampel 2 sebesar 3,107 tergolong kasar, sedangkan sampel 3 sebesar 2,690 tergolong sedang dan jika dirata-ratakan sebesar 2,68 tergolong sedang. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa ukuran rata-rata sedimen di ketiga titik berada pada kisaran pasir sedang hingga pasir kasar, dengan fraksi pasir sedang yang dominan pada sampel 1 sampel 2. Hasil pengujian berat jenis (G_s) pada tiga sampel sedimen dasar sungai di hulu Bendung Sekka-sekka, diperoleh berkisar antara 1,8 hingga 2,2 g/cm^3 . Sampel pertama memiliki nilai berat jenis terendah, yaitu 1,8 g/cm^3 , sedangkan sampel kedua dan ketiga memiliki nilai yang sama, yakni 2,2 g/cm^3 . Variasi berat jenis ini berpotensi mempengaruhi karakteristik transportasi dan pengendapan sedimen di sungai, terutama ketika debit air berubah-ubah.

Hasil pengujian karakteristik aliran, kecepatan aliran bervariasi tergantung kondisi debit. Kecepatan maksimum berkisar antara 0,43 m/s hingga 0,49 m/s, menunjukkan aliran yang relatif lambat untuk ukuran sungai besar. Kecepatan rata-rata antara 0,13 m/s hingga 0,16 m/s, dan kecepatan minimum hanya sekitar 0,01–0,02 m/s, menunjukkan potensi pengendapan sedimen di bagian dasar sungai saat debit rendah. Kedalaman aliran menunjukkan hubungan langsung dengan kondisi debit. Kedalaman maksimum di ketiga titik relatif sama, yaitu sekitar 5,46 –5,47 meter, terjadi saat debit maksimum di atas 480 m^3/detik . Kedalaman minimum berkisar antara 1,70 m hingga 1,78 m, terjadi saat debit minimum 5–8 m^3/detik . Kedalaman rata-rata berada di rentang 2,36 m hingga 2,47 m, sesuai dengan debit rata-rata 80–88 m^3/detik . Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa profil kedalaman sungai relatif stabil, namun menyesuaikan secara signifikan

terhadap fluktuasi debit. Kedalaman minimum yang cukup rendah saat debit kecil menandakan potensi pengendapan sedimen dasar meningkat pada musim kemarau.

Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar metode Fernandez-Luque Van Beek, mencapai nilai tertinggi untuk nilai maksimum yaitu sampel 1 mencapai 40,740 m³/hari, sampel 2 mencapai 38,475 m³/hari dan sampel 3 mencapai 35,521 m³/hari. Nilai minimum yaitu sampel 1 mencapai 20,433 m³/hari, sampel 2 mencapai 18,734 m³/hari dan sampel 3 mencapai 15,107 m³/hari. Nilai rata-rata yaitu sampel 1 mencapai 16,058 m³/hari, sampel 2 mencapai 14,379 m³/hari dan sampel 3 mencapai 11,220 m³/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa metode Fernandez-Luque dan Van Beek sangat responsif terhadap perubahan debit, dan sangat tepat digunakan untuk merencanakan infrastruktur sungai pada kondisi ekstrem. Metode Smart menghasilkan nilai yaitu, sampel 1 mencapai maksimum 31,516 m³/hari, sampel 2 mencapai 20,372 m³/hari dan sampel 3 mencapai 20,947 m³/hari. Nilai minimum yaitu sampel 1 mencapai 0,388 m³/hari, sampel 2 mencapai 0,231 m³/hari dan sampel 3 mencapai 0,359 m³/hari. Nilai rata-rata yaitu sampel 1 mencapai 5,838 m³/hari, sampel 2 mencapai 3,604 m³/hari dan sampel 3 mencapai 3,924 m³/hari, menjadikannya cocok untuk estimasi konservatif, kondisi aliran deras dan normal. Sementara itu, metode Low memberikan hasil Nilai maksimum yaitu sampel 1 mencapai 1,396 m³/hari, sampel 2 mencapai 0,749 m³/hari dan sampel 3 mencapai 0,791 m³/hari. Nilai minimum yaitu sampel 1 mencapai 0,017 m³/hari, sampel 2 mencapai 0,009 m³/hari dan sampel 3 mencapai 0,015 m³/hari. Nilai rata-rata yaitu sampel 1 mencapai 0,266 m³/hari, sampel 2 mencapai 0,137 m³/hari dan sampel 3 mencapai 0,154 m³/hari, sehingga terlihat lebih konservatif. Pemilihan metode dapat disesuaikan dengan kebutuhan analisis: Fernandez-Luque dan Van Beek dan Metode Smart untuk prediksi ekstrem, dan Metode Low untuk pendekatan stabilitas.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

5.2.1 Pilih metode sesuai kebutuhan

Karena setiap metode memberikan hasil yang berbeda, maka penggunaannya perlu disesuaikan dengan tujuan. Jika ingin merencanakan bangunan sungai seperti bendung atau tanggul yang butuh data maksimal, gunakan metode Fernandez-Luque dan Van Beek dan smart karena hasilnya paling besar. Jika hanya ingin gambaran umum atau studi awal, metode Low lebih cocok karena hasilnya lebih rendah dan stabil.

5.2.2 Gunakan lebih dari satu metode

Supaya hasil lebih akurat, sebaiknya tidak hanya mengandalkan satu metode saja. Gunakan dua atau tiga metode sekaligus untuk dibandingkan. Dengan cara ini, kita bisa tahu perkiraan paling tinggi dan paling rendah, lalu ambil nilai tengahnya untuk keputusan yang lebih aman.

5.2.3 Lakukan pengecekan langsung di lapangan

Walaupun perhitungan sudah lengkap, tetap perlu dilakukan pengecekan di lapangan secara berkala. Sungai bisa berubah-ubah karena hujan, erosi, atau aktivitas manusia. Maka penting mengukur ulang debit air dan sedimen di waktu yang berbeda agar data selalu sesuai kondisi sebenarnya.

5.2.4 Atur pengelolaan sedimen sesuai musim

Karena debit sungai berubah antara musim hujan dan kemarau, maka pengelolaan sedimennya juga harus disesuaikan. Saat musim hujan, sedimen yang terbawa bisa banyak, jadi perlu ada upaya untuk mengurangi erosi. Saat kemarau, sedimen cenderung mengendap, sehingga perlu dilakukan pembersihan dasar sungai agar tidak dangkal.

5.2.5 Perhatikan jenis sedimen yang ada

Dari hasil pengujian, sedimen di sungai ini sebagian besar berupa pasir halus yang mudah terbawa arus. Maka, saat membuat perencanaan atau bangunan pengendali sedimen, perlu mempertimbangkan jenis pasir ini agar desainnya benar-benar sesuai dengan kondisi sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, N., Pambudi, R., & Handoyo, G. (2023). *Estimasi Laju Pengendapan Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati*. 05(01), 43–56.
- Akhir, L. T., Asyifa, Y. A. L. F., Prabowo, S. H., Teknik, F., Sipil, J., & Semarang, U. (2023). *Analisis optimalisasi jadwal pengurasan kantong lumpur daerah irigasi glapan barat*.
- Andayani, R., Umari, Z. F., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Palembang, U. T. (n.d.). *Muatan sedimen dasar (bed load) pada muara sungai sekanak kota palembang*. 133–143.
- Bintang, A. H. (2023). *Efektivitas Primer Daerah Irigasi Glapan Timur*. 98–107.
- C136:2012, S. N. I. A. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Hambali, R. (2016). *STUDI KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI DAENG – KABUPATEN BANGKA BARAT*. 4, 165–174.
- 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.
- Karim, H. A., & Aliyah, M. (2018). *Evaluasi Penentuan Waktu Tanam Padi (Oriza Sativa L .) Berdasarkan Analisa Curah Hujan Dan Ketersediaan Air Pada Wilayah Bedungan Sekka-Sekka Kabupaten Polewali Mandar*. 3(November), 41–46.
- Khaidir, M. (n.d.). *PENGUKURAN ALIRAN AIR DAN TINGGI MUKA AIR PADA SALURAN IRIGASI DENGAN HALL EFFECT SENSOR DAN ULTRASONIK*. 61–65.
- Lestari, P. R., & Kushadiwijayanto, A. A. (2024). *Analisis Sedimen Dasar di Muara Sungai Duri Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat Bed Load Sediment*

- Analysis in the Sungai Duri Estuary Bengkayang Regency West Kalimantan.* 7(1), 33–43.
- Nawawi, I., & Trihasto, A. (n.d.). *Pemanfaatan Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Portabel.* 1–4.
- Pabintan, M., Sukri, A. S., & Putri, T. S. (2019). Analisis Angkutan Sedimen Dasar Pada Hilir Sungai Kambu Kota Kendari. *STABILITA, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2), 109.
- Perencanaan, K., Ian, B. A. G., & Utama, B. (n.d.). *No Title.*
- Pratama, M. U. H. I. (2019).) *dan nilai debit keluar (Q.*
- Ramadhan, M., Wibowo, H., & Kartini. (2020). Perhitungan Angkutan Sedimen Pada Sungai Pangkalan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil UNTAN*, 1–9.
- Ramadhika, P. (2019). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- 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>
- Siswanto, R., Kartini, & Herawati, H. (2021). Studi Karakteristik dan Laju Angkutan Sedimen Parit Langgar Desa Wajok Hilir Kecamatan Siantan Kabupaten Mempawah. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 8(1), 1–9.
- Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2018). *ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DI SUNGAI AIR KOLONGAN.* 6(12), 1043–1054.
- Terapan, T. S. (2021). *IDENTIFIKASI DAN PENGUKURAN DEBIT.* 3(July), 146–155.
- Julien, Pierre Y. (2010). *Erosion and Sedimentation*, 2nd Edition, Cambridge University Press.
- Dahli P., Amry D., Dosen Universitas Sulawesi Barat : *Data praktikum teknologi bahan konstruksi*, 2-5.
- Chow, V.T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company