

**SKRIPSI**  
**PEMODELAN ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN**  
**SOFTWARE HEC-RAS DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada Program  
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat



**DZULFIKARUDDIN**

**D0120511**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SULAWESI BARAT**  
**MAJENE 2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**PEMODELAN ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN SOFTWARE**  
**HEC-RAS 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:

**DZULFIKARUDDIN**

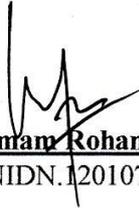
D0120511

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

Menyetujui,

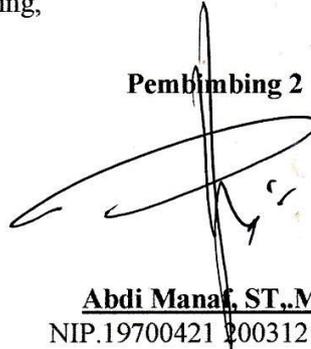
Tim Pembimbing,

**Pembimbing 1**



**Dr. Ir. Imam Rohani, S.T., M.T.**  
NIDN.1201078101

**Pembimbing 2**



**Abdi Manaf, ST., MT.**  
NIP.19700421 200312 1 009

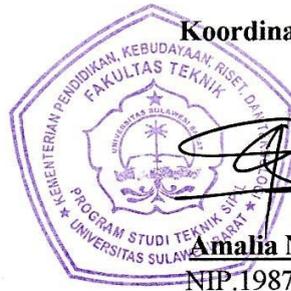
Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T.**  
NIP.19640405 199003 2 002

**Koordinator Program Studi**



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

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :Dzulfikaruddin  
NIM :D01 20 511  
Program Studi :Teknik Sipil  
Fakultas :Teknik  
Judul Skripsi :Pemodelan Angkutan Sedimen Dasar Menggunakan  
Software Hec-Ras Di Hulu Bendung Sekka-Sekka

Dengan ini, saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini tidak mengandung, baik secara keseluruhan maupun sebagian, karya tulis pihak lain yang disalin atau ditiru dalam bentuk rangkaian kalimat, symbol, atau gagasan yang mencerminkan pemikiran orang lain, yang kemudian saya akui seolah-olah sebagai hasil karya sendiri. Setiap sumber yang digunakan dalam penulisan ini telah diberikan pengakuan sebagai mana mestinya, baik dalam kutipan langsung maupun daftar pustaka yang tercantum dalam skripsi ini.

Dengan ini, saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa pernyataan ini saya buat secara mandiri tanpa adanya tekanan atau paksaan dari pihak manapun. Saya juga bersedia menerima sanksi akademik apabila di kemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar.

Majene, 2025  
Yang membuat pernyataan



**DZULFIKARUDDIN**

D0120511

## ABSTRAK

### PEMODELAN ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA

Dzulfikaruddin  
Teknik Sipil, Fakultas Teknik  
Universitas Sulawesi Barat (2025)  
[uufikar231@gmail.com](mailto:uufikar231@gmail.com)

Sedimentasi di wilayah hulu sungai merupakan faktor utama yang dapat memengaruhi efektivitas fungsi bendung. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan angkutan sedimen dasar menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 6.6.1 pada hulu Bendung Sekka-Sekka di Kabupaten Polewali Mandar. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan pengolahan data melalui simulasi numerik. Pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan, pengambilan sampel sedimen dasar, serta uji laboratorium berupa analisa saringan dan uji berat jenis. Seluruh data ini digunakan sebagai input model dalam HEC-RAS untuk mensimulasikan proses transportasi sedimen.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa titik RS 115.00 mengalami lonjakan signifikan pada kecepatan aliran dan tegangan geser pada awal Agustus 2024, yang menyebabkan peningkatan akumulasi sedimen secara drastis. Wilayah hulu terbukti memberikan kontribusi besar terhadap proses sedimentasi di bendung. Pemodelan ini memberikan gambaran nyata kondisi transportasi sedimen dan menjadi dasar dalam merancang strategi pengendalian, baik melalui pengerukan berkala maupun pembangunan bangunan pengendali sedimen. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengelolaan daerah aliran sungai secara berkelanjutan.

**Kata kunci:** Angkutan sedimen dasar, Bendung Sekka-Sekka, HEC-RAS, Pemodelan, Sedimentasi.

## **ABSTRACT**

### **MODELING OF BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT USING HEC-RAS SOFTWARE IN THE UPSTREAM SECTION OF THE SEKKA-SEKKA WEIR**

Dzulfikaruddin  
Civil Engineering, Faculty Of Engineering  
Universitas Sulawesi Barat (2025)  
[uufikar231@gmail.com](mailto:uufikar231@gmail.com)

*Sedimentation in the upstream river area is a major factor that can affect the performance of a weir. This study aims to model bed load sediment transport using the HEC-RAS 6.5.1 software in the upstream section of the Sekka-Sekka Weir located in Polewali Mandar Regency. A quantitative approach was employed with data processed through numerical simulations. Data collection involved field surveys, bed load sampling, and laboratory testing such as grain size analysis and specific gravity tests. All collected data were input into the HEC-RAS model to simulate the sediment transport process.*

*The simulation results revealed that RS 115.00 experienced a significant spike in flow velocity and shear stress in early August 2024, leading to a sharp increase in sediment accumulation. The upstream area was found to contribute significantly to sedimentation at the weir. This modeling provides a realistic picture of sediment transport conditions and serves as a foundation for planning control strategies, such as regular dredging and the construction of sediment control structures. This research is expected to serve as a reference for sustainable watershed management efforts.*

**Keywords:** *Sedimentation, HEC-RAS, bed load transport, Sekka-Sekka Weir, modelin*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bendungan Sekka-Sekka, yang merupakan bendungan terbesar di Polewali Mandar, terletak di Kelurahan Batu Panga, Kecamatan Luyo, dan berbatasan langsung dengan Kecamatan Mapilli. Meskipun sempat mendapat penolakan saat pembangunan, bendungan ini kini menjadi sumber penghidupan utama bagi masyarakat sekitar, khususnya dalam mengairi ribuan hektar sawah di Kecamatan Wonomulyo, Mapilli, Luyo, dan Campalagian. Keberadaan bendungan ini juga menjadikan Polewali Mandar sebagai salah satu lumbung pangan di Provinsi Sulawesi Barat..

Pada suatu aliran sungai akan mengalami terjadinya banjir, erosi ataupun perubahan aliran sungai diakibatkan karena berkurangnya kapasitas pengaliran air di bendung sekka-sekka akibat sedimentasi. Sedimentasi terjadi karena berbagai faktor, termasuk kemiringan lahan dan dasar sungai, kecepatan aliran air, pengangkutan sedimen, serta proses kimiawi seperti flokulasi mempengaruhi dinamika sungai. Simulasi pengangkutan sedimen dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), sebuah alat yang banyak dipakai untuk pemodelan hidrodinamika dalam perencanaan sungai dan pengendalian banjir. HEC-RAS memungkinkan pembuatan model aliran sungai dan sistem air, serta analisis dampak dari keberadaan infrastruktur di sekitarnya.

Beberapa perangkat lunak telah dikembangkan untuk menghitung laju angkutan sedimen dan mensimulasikan proses aggradasi/degradasi pada sungai, salah satunya adalah HEC-RAS. Dalam penelitian ini, perangkat lunak HEC-RAS digunakan untuk mensimulasikan angkutan sedimen guna memperkirakan perubahan morfologi dasar sungai serta mengeksplorasi alternatif penanganan yang terjadi pada bendung Sekka-Sekka di lokasi studi, dengan memanfaatkan data sedimen yang diambil langsung dari lapangan.

Penelitian ini berfokus pada bagaimana pengaruh Perangkat lunak HEC-RAS digunakan dalam simulasi penanganan sedimentasi melalui pendekatan makro, seperti pengerukan berkala pada sungai utama, atau melalui pendekatan mikro, seperti pembangunan bangunan pengendali sedimen di anak-anak sungai. Maka dari itu penulis mengangkat sebuah judul tugas akhir yaitu, “*PEMODELAN ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS DI HULU BENDUNG SEKKA-SEKKA*”

### **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan memanfaatkan penggunaan pengaruh *software* HEC-RAS maka dari itu dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik angkutan sedimen dasar di hulu bendung Sekka-Sekka
2. Berapa besar angkutan sedimen dasar menggunakan *software* HEC-RAS di hulu bendung Sekka-Sekka
3. Bagaimana sedimentasi yang terjadi di tampungan hulu dibendung sekka-sekka dengan *software* HEC-RAS

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka diperoleh tujuan penelitian berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik angkutan sedimen dasar menggunakan *software* HEC-RAS di hulu bendung Sekka-Sekka
2. Untuk mengetahui angkutan sedimen dasar menggunakan *software* HEC-RAS di hulu bendung Sekka-Sekka
3. Memodelkan angkutan sedimen dasar di bagian hulu bendung sekka-sekka menggunakan *software* HEC-RAS

### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini menggunakan *software* HEC-RAS versi 6.5.1 sebagai alat utama pemodelan. Dalam hal ini, berikut batasan masalah yang telah ditetapkan agar memandu penelitian ini secara fokus dan efisien:

1. Pada penelitian ini akan dibatasi pada bagian hulu dan hilir bendung sekka-sekka yang berlokasi di Polewali Mandar, Kelurahan Batupanga, Kecamatan Luyo.
2. Penelitian ini menggunakan software HEC-RAS versi 6.5.1 untuk memodelkan sedimen dasar pada hulu bendung sekka-sekka
3. Fokus penelitian lebih terkonsentrasi pada aliran sedimen daripada infrastruktur fisik maka dari itu penelitian ini tidak memperhitungkan bangunan pengelak, bangunan pengambil (intek) dan bangunan pelimpah (spillway)
4. Analisis pada penelitian ini tidak mencakup perhitungan terkait struktur dan stabilitas bendung

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Dapat mengetahui besar angkutan sedimen dasar melalui pemodelan software HEC-RAS untuk penanganan lebih lanjut
2. Memodelkan sedimentasi yang terjadi di hulu bendung Sekka-Sekka dengan *software* HEC-RAS
3. Membandingkan laju sedimentasi yang terjadi di hulu bendung Sekka-Sekka berdasarkan perhitungan analitik dengan pemodelan *software* HEC-RAS.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara umum tulisan ini terbagi lima bab yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Penutup. Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab diatas:

#### **BAB I Latar Belakang**

Bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini menguraikan tentang tinjauan secara umum mengenai karakteristik angkutan sedimen dasar dan mengetahui angkutan sedimen dasar menggunakan *software* HEC-RAS di hulu bendung Sekka-Sekka

**BAB III Metode Penelitian**

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahap-tahap yang dilakukan selama penelitian meliputi tempat dan waktu penelitian, material penelitian, alat penelitian, prosedur kerja, metode percobaan, metode pengumpulan data, serta diagram alir penelitian.

**BAB IV Hasil Dan Pembahasan**

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil Pemodelan angkutan sedimen dasar menggunakan software hec-ras di kantong lumpur, bendung Sekka-sekka.

**BAB V Penutup**

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai Analisa hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dan memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. (Haikal et al., 2023) Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil peneliti terdahulu sebagai berikut:

1. “Pemodelan Sedimentasi Menggunakan Hec-ras 6.1 Untuk Menganalisis Perubahan Elevasi Dasar Sungai Tondano, Sulawesi Utara” (Muhammad Taufiq Makmur Zainuddin, Irmanto, Joko Nugroho, dan Waluyo Hatmoko.,2023). Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Pemodelan sedimentasi dilakukan menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.1 karena pada versi ini terdapat beberapa fitur baru dan perbaikan dari versi sebelumnya, yaitu persamaan angkutan sedimen menggunakan persamaan empiris Meyer Peter Muller. Data batimetri yang digunakan adalah pengukuran tahun 2016 dan dilakukan simulasi model sedimen selama periode debit harian 6 tahun kemudian dilakukan verifikasi dengan data batimetri tahun 2022 serta kondisi lapangan saat ini. Hasilnya dapat disimpulkan bahwa muara mengalami perubahan elevasi dasar sungai yang cukup signifikan akibat sedimentasi.
2. “Model Sedimentasi Dengan Menggunakan Aplikasi Hec-Ras” Studi Kasus: Sungai Pappa Kab. Takalar (Andi Haikal, Ratna Musa, Mas’ud Sar.,2023). Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa perubahan dasar sungai akibat sedimentasi dan mengetahui besarnya angkutan sedimentasi. sehingga dapat dibuat rencana penanganan yang dapat mengurangi dan mereduksi akibat-akibat yang ditimbulkannya, perilaku transport sedimen, besarnya angkutan sedimen dan terjadinya perubahan dasar sungai pada area

studi. Hasil simulasi menggunakan HEC-RAS 6.0 pada cross section 1, 2, 3, dan 11 mengalami degradasi, dan di cross section 4 dan 5 terjadi agradasi, sedangkan pada cross section 6, 7, 8, 9 dan 10 terjadi ekuilibrium. Besarnya volume sedimen yang terdegradasi.

3. “Laju Sedimen Dasar Pada Sungai Klagison Menggunakan Program HEC-RAS Kota Sorong, Papua Barat” (Achmad Rusdi, Nurbia, Hendrik Pristianto, Marina Abriani Butudoka, Agung Pamudjianto, dan Faried Desembardi.,2023) Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa menganalisis sedimentasi dengan memprediksi total muatan sedimen melalui karakteristik sedimen dengan pemodelan. Pemodelan menggunakan HEC-HMS untuk menghasilkan hidrograf debit banjir rancangan dan HEC-RAS untuk menganalisis sedimentasi. Dari hasil analisis sedimentasi diperoleh karakteristik sedimen dengan berat jenis sedimen rata-rata  $2.32 \text{ g/cm}^3$  dengan ukuran butiran  $d_{50}$  dan  $d_{90}$  pada hulu 0,7 mm dan 3 mm, hilir 0.022 mm dan 0.064 mm dan tengah sungai 0.062 mm dan 0.073 mm. Kapasitas total sedimen dengan waktu simulasi 5 tahun sebesar 124.007,647ton dengan tinggi agradasi terbesar 64,9 cm
4. “Prediksi Laju Sedimentasi Pada Tampungan Bendungan Tugu Trenggalek Jawa Timur” (Faradilla Ayu Rizki Shiami.,2017) Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Sedimen yang mengendap di waduk merupakan faktor pembatas kapasitas tampungan efektif waduk, sehingga jumlah sedimen di waduk biasa digunakan untuk menetapkan masa guna waduk. Prediksi sedimentasi yang terjadi pada waduk dilakukan dengan memperhitungkan besar laju sedimentasi berdasarkan metode perhitungan analitik, namun untuk mempermudah dalam menggambarkan sedimentasi yang terjadi pada waduk dilakukan metode pemodelan menggunakan software HEC-RAS. Tujuannya adalah untuk memprediksi besar laju sedimentasi pada Waduk Tugu dengan metode perhitungan analitik dan pemodelan software HEC-RAS, kemudian hasilnya dibandingkan. Pada perhitungan maupun pemodelan sedimentasi menggunakan HEC-RAS data yang dibutuhkan adalah data geometri sungai, data hidrolika, debit sungai, dan parameter sedimen. Pemodelan sedimentasi dengan HEC-RAS. Dalam pemodelan HEC-RAS dan

dihitung pada penampang melintang bagian hulu. Hasil perhitungan analitik berupa besar angkutan sedimen yang kemudian dibandingkan dengan pemodelan HECRAS. Angkutan sedimen hasil dari perhitungan analitik cenderung lebih kecil daripada hasil dari pemodelan HEC-RAS, dimana perkiraan besar laju sedimentasi dari metode pemodelan HEC-RAS sebesar 22.000 m<sup>3</sup>/th sedangkan laju sedimentasi hasil perhitungan analitik sebesar 19.400 m<sup>3</sup>/th. hal ini dikarenakan penyederhanaan geometri penampang pada perhitungan analitik, sedangkan geometri pada model lebih detail.

5. “Analisa Kapasitas Penampang Sungai dengan Metode HEC-RAS 4.1.0 “Studi Kasus Sungai Sigeleng Kec. Brebes” (Yulia Feriska, Ahmad Izzuddin.,2022) Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa untuk mengetahui kapasitas penampang sungai Sigeleng Kec. Brebes. berdasarkan analisis hidrologi dan hidrolika menggunakan program HEC RAS 4.1.0. Perhitungan hidrologi dilakukan menggunakan data hujan yang diperoleh dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) dan Penataan Ruang Kabupaten Brebes dari tahun 2009-2018. Setelah menghitung dengan beberapa macam metode distribusi maka diambil kesimpulan bahwa metode distribusi yang tepat dilakukan pada penelitian ini adalah distribusi log normal. Kemudian dari hasil perhitungan distribusi tersebut didapat distribusi curah hujan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Ada beberapa metode perhitungan dalam menghitung debit rencana. Metode rasional dipilih karena menghasilkan debit paling tinggi dibandingkan perhitungan metode yang lain. Debit ini akan diinputkan untuk analisis hidrologi kedalam model aliran sungai pada program HEC-RAS yang kemudian diamati sehingga pada output model diperoleh gambaran penampang melintang dan penampang memanjang aliran dalam model aliran sungai serta diketahui pada kala ulang berapakah debit sungai tersebut menyebabkan banjir. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan pada kala ulang 25 tahun distribusi curah hujan mencapai 377.97 mm/jam dengan debit rencana 31.29 m<sup>3</sup>/detik. Dan pada kala ulang 25 tahun ini kapasitas penampang sungai masih bisa menampungnya.

Tabel 2. 1 Peneliti terdahulu dengan penelitian penulis

No	Judul Dan Penulis	Persamaan	Perbedaan
1.	<p>PEMODELAN SEDIMENTASI MENGUNAKAN HEC-RAS 6.1 UNTUK MENGANALISIS PERUBAHAN ELEVASI DASAR SUNGAI TONDANO, SULAWE SI UTARA Oleh : <i>Muhammad Taufiq Makmur Zainuddin, Irmanto, Joko Nugroho, dan Waluyo Hatmoko.,2023</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemodelan sedimentasi Menggunakan Hec-ras</li> <li>• Proses sedimentasi pada suatu sungai meliputi proses erosi, transportasi pengendapan dan pematatan</li> <li>• Terjadi aggradasi yaitu terjadinya perubahan morfologi sungai berupa berkurangnya kemiringan dasar sungai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan versi HEC-RAS 6.1</li> <li>• Menggunakan persamaan metode empiris Meyer Peter Muller sedangkan penelitian ini tidak</li> <li>• periode model simulasi yaitu selama 6 (enam) tahun sedangkan penelitian ini periode model simulasi 1 tahun</li> </ul>
2.	<p>MODEL SEDIMENTASI DENGAN MENGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS” (STUDI KASUS: SUNGAI PAPPA KAB. TAKAL AR) Oleh : <i>Andi Haikal, Ratna Musa, Mas’ud Sar.,2023</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• perubahan dasar sungai akibat sedimentasi dan mengetahui besarnya angkutan sedimentasi</li> <li>• membuat area daerah aliran sungai ini menggunakan bantuan software Arc-GIS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil simulasi menggunakan HEC-RAS 6.0</li> <li>• Metode pengumpulan data dalam penelitian Wawancara (interview), yaitu melakukan dialog secara langsung</li> </ul>

No	Judul Dan Penulis	Persamaan	Perbedaan
3.	<p>LAJU SEDIMEN DASAR PADA SUNGAI KLAGISON MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS KOTA SORONG PAPUA BARAT Oleh: Achmad Rusdi, Nurbia, Hendrik Pristiano, Marina Abriani Butudoka, Agung Pamudjianto, dan Faried Desembardi.,2023</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menganalisis sedimentasi dengan memprediksi total muatan sedimen melalui karakteristik sedimen dengan pemodelan</li> <li>• Parameter dalam melakukan analisis sedimentasi yang berisi jenis butiran sedimen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosi dibagian hulu dan aktifitas pencucian pasir yang limbahnya dibuang pada saluran sungai tanpa adanya bak penampung limbah</li> <li>• Pemodelan menggunakan HEC-HMS untuk menghasilkan hidrograf debit banjir rancangan</li> <li>• karakteristik sedimen dengan berat jenis sedimen rata-rata 2.32 g/cm<sup>3</sup></li> </ul>
4.	<p>PREDIKSI LAJU SEDIMENTASI PADA TAMPUNGAN BENDUNGAN TUGU TRENGGALEK Oleh : Faradilla Ayu Rizki Shiami.,2017</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menganalisis sedimentasi dengan memprediksi total muatan sedimen melalui karakteristik sedimen dengan pemodelan</li> <li>• Lokasi amatan penilitan berada diwaduk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angkutan sedimen hasil dari perhitungan analitik lalu dibandingkan hasil dari pemodelan HEC-RAS</li> <li>• sedimentasi yang terjadi pada waduk dilakukan dengan memperhitungkan besar laju sedimentasi</li> </ul>

No	Judul Dan Penulis	Persamaan	Perbedaan
			berdasarkan metode perhitungan analitik
5.	ANALISA KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI DENGAN METODE HEC-RAS 4.1.0 (STUDI KASUS SUNGAI SIGELENG KEC. BRE BES) Oleh : <i>Yulia Feriska, Ahmad Izzuddin.,2022</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pemodel berdasarkan intuisinya dan data morfologi Sungai</li> <li>• Data primer diperoleh secara langsung dari lokasi rencana pembangunan maupun hasil survey yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam penelitian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debit banjir rencana yang dipakai dalam penelitian ini adalah periode ulang 25 tahun</li> <li>• penggunaan mode running steady flow dalam HEC-RAS</li> </ul>

## 2.2 Pengertian Bendung dan Sungai

Bendung adalah sebuah struktur konstruksi yang dibangun melintang pada sungai, menggunakan material seperti pasangan batu kali, batu karang, bronjong, atau beton. Tujuan utama bendung adalah untuk meningkatkan elevasi muka air, sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan irigasi (Falabiba, 2019). Bendung merupakan struktur yang dibangun melintang di sungai dengan tujuan mengubah karakteristik alirannya. Umumnya, bendung berukuran lebih kecil dibandingkan bendungan, dan meskipun dapat menahan air hingga membentuk kolam, air tetap bisa mengalir melewati bagian atasnya..

Bendung dapat dibedakan berdasarkan fungsinya serta jenis strukturnya. Berikut ini merupakan pengelompokan atau klasifikasi bendung:

### 1. Bendung berdasarkan fungsinya:

- a. Bendung penyadap, digunakan sebagai penyadap aliran sungai untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi, air baku dan sebagainya.

- b. Bendung pembagi banjir, dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai, sehingga terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitasnya.
  - c. Bendung penahan pasang, dibangun dibagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut antara lain untuk mencegah masuknya air asin.
2. Bendung berdasarkan tipe strukturnya:

a. Bendung tetap

Bendung tetap merupakan jenis bendung yang tinggi bangunannya tidak dapat diubah, sehingga permukaan air di hulu bendung tidak bisa disesuaikan sesuai keinginan. Pada bendung ini, elevasi muka air di hulu akan berubah mengikuti besar kecilnya debit air sungai yang mengalir melimpas di atasnya (permukaan air tidak dapat dinaikkan atau diturunkan secara manual). Bendung tetap umumnya dibangun di bagian hulu sungai, di mana kemiringan tebing sungai biasanya lebih curam dibandingkan dengan bagian hilir.

b. Bendung gerak

Bendung gerak merupakan jenis bendung yang tinggi konstruksinya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Permukaan air di bagian hulu bendung ini bisa diatur naik atau turun dengan cara mengoperasikan pintu air, baik dengan membukanya maupun menutupnya. Umumnya, bendung jenis ini dibangun di area hilir sungai atau dekat muara..

Adapun sungai merupakan aliran air besar yang mengalir terus-menerus dari daerah hulu (sumber) menuju ke hilir (muara). Sungai terbentuk secara alami sebagai jaringan aliran pada permukaan bumi, yang bermula dari aliran kecil di bagian hulu dan berkembang menjadi aliran yang lebih besar di bagian hilir. Ketika hujan turun ke permukaan bumi, sebagian air akan menguap, sementara sebagian besar lainnya mengalir membentuk alur-alur kecil, lalu menjadi alur sedang, hingga akhirnya bergabung menjadi satu aliran utama. Oleh karena itu, sungai memiliki peran penting sebagai penampung air hujan dan saluran alami yang mengalirkannya menuju laut. (Artia & Fatima, 2018).

Selain berperan sebagai saluran drainase, sungai juga mengalami proses erosi secara terus-menerus pada bagian dasarnya akibat aliran air. Proses erosi yang

berlangsung sepanjang keberadaan sungai ini secara alami membentuk lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang besar umumnya berasal dari longsor-tebing di daerah pegunungan dan kemudian mengendap di dasar sungai. Sedimen tersebut akan terbawa ke bagian hilir oleh arus sungai yang senantiasa mengangkut material sepanjang alirannya. Hal ini disebabkan oleh kondisi kemiringan sungai di wilayah pegunungan yang terjal, sehingga menghasilkan aliran dengan daya erosi yang tinggi. Namun, ketika sungai mencapai wilayah datar, kekuatan aliran menurun drastis, yang menyebabkan partikel-partikel sedimen mulai mengendap secara perlahan. (Artia & ST, 2018)

## **2.3 Sedimen**

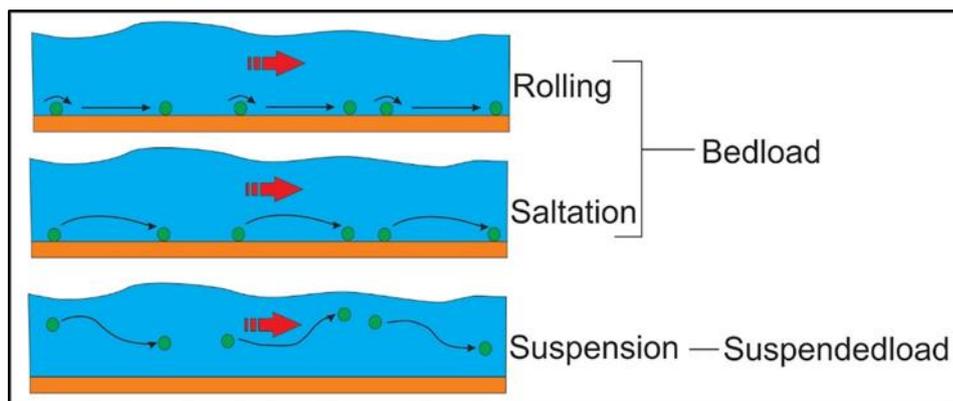
### **2.3.1 Pengertian Sedimen dan Sedimentasi**

Pemeliharaan rutin saluran sungai sangat penting untuk mencegah dampak negatif sedimentasi seperti pendangkalan, penyempitan, dan penyumbatan aliran air. Tanpa perawatan berkala, sedimentasi dapat mengurangi kapasitas saluran, meningkatkan risiko banjir, dan mengganggu distribusi air untuk irigasi serta kebutuhan lainnya. Oleh karena itu, tindakan seperti pengerukan dan pembersihan saluran perlu dilakukan secara teratur untuk menjaga fungsi optimal saluran sungai. (Rohani et al., 2023)

Sedimen adalah material hasil pelapukan atau erosi yang terbawa oleh aliran air sungai dari hulu ke hilir. Selama perjalanan ini, sedimen mengalami proses fisik dan kimia, seperti pelarutan dan presipitasi, yang memengaruhi komposisinya. Akhirnya, sedimen tersebut mengendap di titik-titik tertentu sepanjang aliran sungai, membentuk berbagai formasi seperti delta atau endapan di dasar sungai (Putri Windi Lestari, 2019). Proses pengangkutan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kecepatan aliran air, ukuran dan berat partikel sedimen, serta kemiringan dan kondisi saluran. Sedimentasi sungai merupakan proses di mana material-material yang terbawa oleh aliran air sungai mengendap, yang pada akhirnya dapat membentuk delta di muara sungai. Material sedimen ini berasal dari batuan yang telah mengalami serangkaian proses, termasuk pelapukan, erosi, transportasi, dan deposisi, sepanjang aliran sungai. (Rusdi et al., 2023).

Sedimentasi adalah proses pengangkutan, suspensi, atau pengendapan material fragmental oleh air, sebagai akibat dari erosi. Proses ini dapat mengurangi volume efektif waduk, yang berdampak pada berkurangnya umur rencana waduk. Sebagian besar sedimen yang masuk ke waduk berasal dari aliran sungai, sementara sebagian kecil berasal dari longsoran tebing waduk atau limpasan permukaan. (Siwamba et al., 2019). Sedimentasi merupakan proses pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Ketika pengikisan terjadi, air membawa partikel batuan melalui sungai, danau, hingga mencapai laut. Pengendapan terjadi saat energi pengangkutan menurun atau habis, menyebabkan partikel mengendap di dasar aliran air. Partikel yang bergerak dengan cara berguling, bergeser, atau melompat dikenal sebagai angkutan muatan dasar (bed load), sedangkan partikel yang terbawa dalam suspensi disebut angkutan muatan layang (suspended load). (Andrian, 2020).

Mulyanto (2011) menyatakan bahwa terdapat tiga jenis angkutan sedimen, antara lain:



**Gambar 2. 1** Partikel terangkut dengan cara bed-load transport dan suspended load transport

- a. Wash load atau muatan bilas adalah angkutan partikel halus yang berupa lempung (silt) dan debu (dust) yang ikut terbawa masuk ke dalam sungai dan melayang sampai mencapai laut atau genangan air lainnya.
- b. Suspended load atau muatan sedimen melayang yang terdiri dari pasir halus dan bergerak secara melayang dalam aliran.

- c. Bed load atau muatan sedimen dasar adalah butiran material dengan ukuran yang besar bergerak di dasar sungaidengan cara bergeser, menggelinding ataupun meloncat.

Proses sedimentasi dalam konteks sungai mencakup beberapa tahapan yakni penyempitan palung, erosi, transportasi sedimen, pengendapan, dan pemadatan sedimen. Proses ini sangat kompleks dan merupakan awal dari terjadinya erosi tanah yang menghasilkan partikel halus. Partikel-partikel ini kemudian bergulir bersama aliran air. Sebagian dari partikel tersebut akan tetap di atas tanah, sementara bagian lainnya terbawa aliran masuk kedalam sungai dan menjadi sedimen . (Rusdi et al., 2023)

### **2.3.2 Sumber Sedimen**

Menurut asalnya sedimen dibagi menjadi 4 (empat) macam yaitu (Lemeneger, 2018);

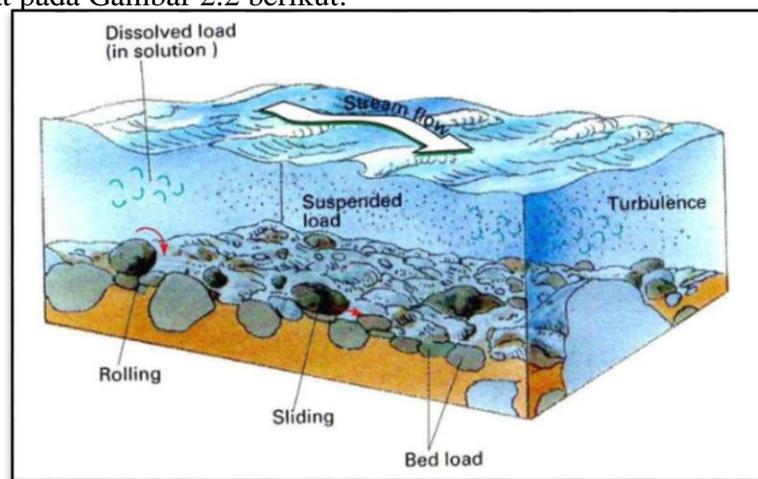
- d. Sedimen lithogenous ialah sedimen yang berasal dari sisa pelapukan (weathering) batuan dari daratan, lempeng kontinen termasuk yang berasal dari kegiatan vulkanik.
- e. Sedimen biogenik merupakan jenis sedimen yang terbentuk dari sisa-sisa organisme laut yang telah mati, seperti pecahan tulang, gigi, serta cangkang dari tumbuhan dan hewan mikroskopis.
- f. Sedimen hidrogenik adalah sedimen yang terbentuk dari unsur kimia dalam air laut yang mengalami kejenuhan tinggi, sehingga mengendap di dasar laut. Contoh dari sedimen ini antara lain nodul mangan (Mn), fosforit ( $P_2O_5$ ), dan glaukonit, yaitu mineral hidro silikat berwarna hijau yang mengandung ion-ion seperti kalium (K), magnesium (Mg), besi (Fe), dan silikon (Si)..
- g. Sedimen kosmogenik merupakan jenis sedimen yang berasal dari luar angkasa, di mana partikel-partikel dari benda langit jatuh dan ditemukan di dasar laut. Sedimen ini umumnya mengandung unsur besi dalam jumlah tinggi, sehingga memiliki sifat magnetik, dengan ukuran partikel berkisar antara 10 hingga 640 mikron..

Ukuran butir partikel sedimen adalah salah satu faktor yang mengontrol proses pengendapan sedimen di sungai, semakin kecil ukuran butir semakin lama partikel

tersebut dalam air dan semakin jauh diendapkan dari sumbernya, begitu juga sebaliknya. Ukuran butir sedimen dapat menjelaskan hal-hal berikut:

- 1) Menggambarkan daerah asal sedimen
- 2) Perbedaan jenis partikel sedimen
- 3) Ketahanan partikel dari bermacam-macam komposisi terhadap proses pelapukan (weathering), erosi, abrasi dan transportasi serta
- 4) Jenis proses yang berperan dalam transportasi dan deposisi sedimen.

Adapun tipe-tipe substrat sedimen yang biasanya terdapat di dasar suatu sungai dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2. 2** Tipe-Tipe Substrat Sedimen di Dasar Sungai

### 2.3.3 Parameter yang Mempengaruhi Sedimen

#### 2.3.3.1 Kecepatan Arus

Arus sungai memengaruhi distribusi sedimen berdasarkan kecepatan dan kekuatannya. Sedimen berukuran besar, seperti kerikil, cenderung mengendap di area dengan arus kuat, sedangkan sedimen halus, seperti lumpur, biasanya ditemukan di daerah dengan arus lemah atau terhalang.

Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan arus menentukan lokasi pengendapan berbagai jenis sedimen di sepanjang aliran sungai. Pergerakan sedimen dalam sungai tergantung pada kecepatan aliran air dan ukuran partikel sedimen. Semakin besar ukuran partikel tersebut, semakin tinggi pula kecepatan aliran yang dibutuhkan agar sedimen dapat terbawa. Arus tidak hanya menentukan kemampuan pengangkutan sedimen, tetapi juga memengaruhi arah dan distribusinya.

Akibatnya, dasar sungai terdiri dari berbagai jenis sedimen yang mencerminkan variasi kekuatan arus di sepanjang alirannya. (Andrian, 2020)

### **2.3.3.2 Kimia**

Proses kimia memengaruhi sedimentasi di sungai, terutama melalui perubahan pH air yang berdampak pada pelarutan dan pengendapan partikel sedimen. Khususnya, kalsium karbonat dalam sedimen dapat larut atau mengendap tergantung pada tingkat keasaman air. Ketika pH air menurun (lebih asam), kalsium karbonat cenderung larut untuk menetralkan keasaman tersebut. Sebaliknya, pada pH yang lebih tinggi (lebih basa), kalsium karbonat lebih mudah mengendap. Reaksi kimia ini terjadi antara partikel sedimen dan air, memengaruhi komposisi sedimen di dasar sungai.. (Pelabuhan et al., 2021)

### **2.3.3.3 Fisika**

Proses pengendapan sedimen di sungai dipengaruhi oleh suhu air. Pada suhu rendah, partikel sedimen dengan ukuran yang sama cenderung mengendap lebih cepat dibandingkan pada suhu tinggi. Hal ini disebabkan oleh perubahan viskositas air yang memengaruhi kecepatan pengendapan partikel.(Pelabuhan et al., 2021)

## **2.3.4 Karakteristik Sedimen Dasar (Bed Load)**

Berat jenis sedimen pada umumnya sekitar 2,65 gr/cm<sup>3</sup> kecuali berupa logam berat (Hambali *etal.*, 2016). Berat jenis sedimen dasar di perairan Sungai liat berkisar 2,323-3,332 gr/cm<sup>3</sup> dengan rata-rata 2,57 gr/cm<sup>3</sup> (lihat Tabel 1). Pola sebaran berat jenis sedimen tidak teratur akan tetapi sedimen dengan berat jenis kecil sebagian besar berada di muara sungai (SD-12), hal ini kemungkinan disebabkan pada saat pengambilan sampel tercampur dengan timah (Sn). (Haikal et al., 2023)

### **2.3.4.1 Analisis Saringan (*Grain Size Analysis*)**

Sampel sedimen dasar (*bed load*) akan diuji analisis saringan (*Grain Size Analysis*) yang dimana bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran partikel sedimen dalam sampel. Analisis Saringan (*Grain Size Analysis*) merupakan uji saringan yang mendefinisikan diameter partikel sedimen. Alat untuk analisa saringan (*Grain Size Analysis*) terdiri dari ayakan tanah melalui tumpukan saringan dengan ukuran yang tertera di saringan tersebut. Besarnya butiran partikel tanah dijadikan dasar untuk klasifikasi jenis tanah. 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 klasifikasi ukuran butiran menurut *American Geophysical Union*. Untuk ukuran batu besar (boulders) dan krakal (cobbles) dapat diukur tersendiri, kerikil (gravel) dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung, sedangkan lumpur dan lempung dipisahkan dengan mengukur perbedaan kecepatan jatuhnya pada air diam (Hambali & Apriyanti, 2016). Tabel hubungan ukuran butir sedimen dengan jenis sedimen berdasarkan *American Geophysical Union* dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Berat jenis sedimen dasar (g/cm<sup>3</sup>)

No	Kode Sampel	Berat Jenis
1	SD-01	2.502
2	SD-02	2.583
3	SD-03	2.37
4	SD-04	2.546
5	SD-05	2.402
6	SD-06	2.627
7	SD-07	2.442
8	SD-08	2.59
9	SD-09	2.323
10	SD-10	2.629
11	SD-11	2.573
12	SD-12	3.332
13	SD-13	2.55
14	SD-14	2.593
15	SD-15	2.52
16	SD-16	2.577

Sumber: (Reno Arief Rachman, 2021)

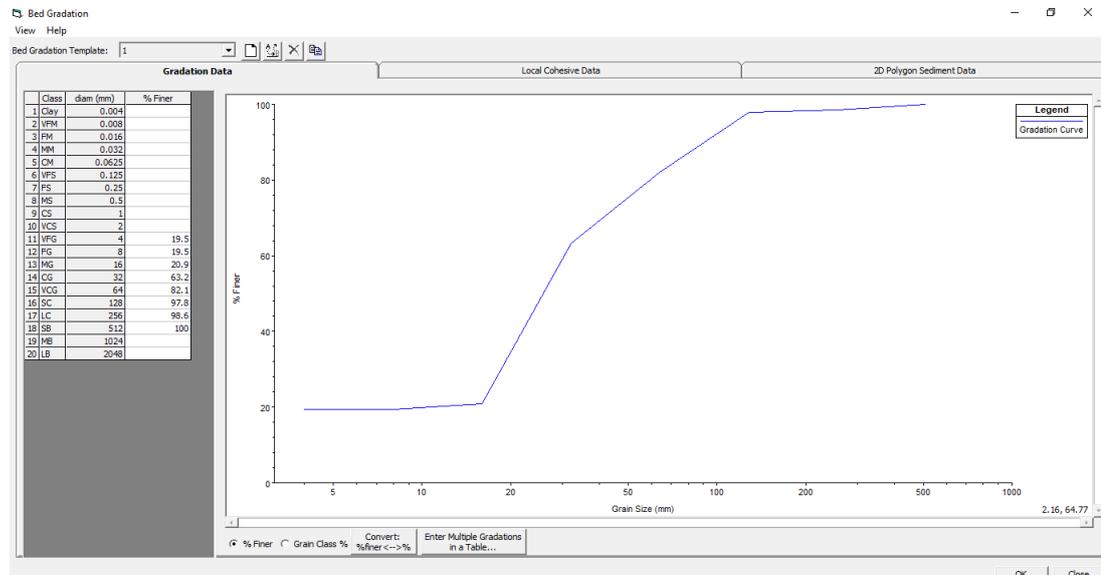
Tabel 2. 3 Klasifikasi Ukuran Butiran Menurut American Geophysical Union

<b>Interval (mm)</b>	<b>Nama</b>	<b>Interval (mm)</b>	<b>Nama</b>
4096-2048	Batu sangat besar ( <i>Very Large Boulders</i> )	1/2-1/4	Pasir sedang ( <i>Medium Sand</i> )
2048-1024	Batu besar ( <i>Large Boulders</i> )	1/4-1/8	Pasir halus ( <i>Fine Sand</i> )
1024-512	Batu sedang ( <i>Medium Boulders</i> )	1/8-1/16 (s/d 0.0625 mm)	Pasir sangat halus ( <i>Very Fine Sand</i> )
512-256	Batu kecil ( <i>Small Boulders</i> )	1/16-1/32	Lumpur kasar ( <i>Coarse Silt</i> )
256-128	Kerakal besar ( <i>Large Cobbles</i> )	1/32-1/64	Lumpur sedang ( <i>Medium Silt</i> )
128-64	Kerakal kecil ( <i>Small Cobbles</i> )	1/64-1/128	Lumpur halus ( <i>Fine Silt</i> )
64-32	Kerikil sangat kasar ( <i>Very Coarse Gravel</i> )	1/128-1/256	Lumpur sangat halus ( <i>Very Fine Silto</i> )
32-16	Kerikil kasar ( <i>Coarse Gravel</i> )	1/256-1/512	Lempung kasar ( <i>Course Clay</i> )
16-8	Kerikil sedang ( <i>Medium Gravel</i> )	1/512-1/1024	Lempung sedang ( <i>Medium Clay</i> )
8-4	Kerikil halus ( <i>Fine Gravel</i> )	1/1024-1/2048	Lempung halus ( <i>Fine Clay</i> )
4-2	Kerikil sangat halus ( <i>Very Fine Gravel</i> )	1/2048-1/4096	Lempung sangat halus ( <i>Very Fine Clay</i> )
2-1	Pasir sangat kasar ( <i>Very Coarse Sand</i> )		
1-1/2	Pasir kasar ( <i>Coarse Sand</i> )		

Sumber: (Hambali & Apriayanti, 2016)

Jenis sedimen juga dapat di klasifikasikan berdasarkan tabel bed gradation yang tersedia pada menu sediment data dalam perangkat lunak HEC-RAS.

Klasifikasi ini dilakukan dengan mengacu pada hubungan antara ukuran butir sedimen dan jenis sedimen yang telah ditetapkan dalam standar klasifikasi sedimen.



Selain itu, pada tabel bed gradation juga mencakup nilai %finer atau persen lolos butir sedimen pada setiap ukuran tertentu, yang menggambarkan distribusi ukuran partikel dalam sampel sedimen. Klasifikasi sedimen berdasarkan rentang diameter butirnya dapat dilihat pada gambar 2.3 Klasifikasi Butir Sedimen pada Software HEC-RAS sebagai berikut:

**Gambar 2. 3** Klasifikasi Butir Sedimen pada Software HEC-RAS

**Keterangan:**

C (Clay )	= Lempung
VFM (Very Fine Mud )	= Lumpur Sangat Halus
FM (Fine Mud)	= Lumpur Halus
MM (Medium Mud)	= Lumpur Sedang
CM (Coarse Mud)	= Lumpur Kasar
VFS (Very Fine Sand)	= Pasir Sangat Halus
FS (Fine Sand)	= Pasir Halus
MS (Medium Sand)	= Pasir Sedang
CS (Coarse Sand)	= Pasir Kasar
VCS (Very Coarse Sand)	= Pasir Sangat Kasar
VFG (Very Fine Gravel)	= Kerikil Sangat Halus
FG (Fine Gravel)	= Kerikil Halus

MG (Medium Gravel)	= Kerikil Sedang
CG (Coarse Gravel)	= Kerikil Kasar
VCG (Very Coarse Gravel)	= Kerikil Sangat Kasar
SC (Small Cobble)	= Batu Kecil
LC (Large Cobble)	= Batu Besar
SB (Small Boulder)	= Bongkahan Kecil
MB (Medium Boulder)	= Bongkahan Sedang
LB (Large Boulder)	= Bongkahan Besar

Parameter-parameter analisis distribusi ukuran butir sedimen yakni dengan menghitung berat tertahan pada setiap saringan ( $W_n$ ), persen tertahan pada saringan ke- $n$  ( $R_n$ ), persen kumulatif tertahan pada saringan ke- $n$  ( $\Sigma R_n$ ), serta persen kumulatif lolos pada saringan ke- $n$ . Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_n = (\text{Berat Saringan} + \text{Sedimen}) - (\text{Berat Saringan Kosong}) \dots\dots (2.1)$$

$$R_n = \frac{W_n}{\text{Berat total Sedimen}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\Sigma R_n = \Sigma R_n \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\% \text{Lolos} = 100 - \Sigma R_n \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

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

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

$\Sigma R_n$  = Persen kumulatif tertahan pada saringan ke- $n$  (%)

Sedimen dasar yang dominan berukuran pasir mempunyai daya dukung yang lebih tinggi, kompresibilitas rendah dan dapat dijadikan bahan timbunan (Hettys, 2019). Sehingga di waktu yang akan datang proses pembangunan dan pengembangan pelabuhannya cukup aman. Selain itu sedimen yang berupa pasir dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan bahan timbunan dan meningkatkan stabilitas sedimen yang ada. Sedimen dasar pasir yang relatif kasar akan terangkut sebagai angkutan muatan dasar (*bed load*) bukan sebagai sedimen tersuspensi

sehingga dalam perencanaan pengendali sedimen harus lebih dirancang untuk mengendalikan angkutan muatan dasar. (Kapasitas et al., 2022)

### 2.3.4.2 Berat Jenis

Berat jenis (*Spetific Gravity*) sedimen merupakan angka perbandingan antara berat butir partikel sedimen ( $W_s$ ) dengan berat volume air ( $W_w$ ). Dinyatakan pada rumus persamaan 2.1 sebagai berikut (Fatriza, 2023):

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$G_s$  = Berat Jenis ( $\text{gr/cm}^3$ )

$W_s$  = Berat Volume Partikel ( $\text{gr/cm}^3$ )

$W_w$  = Berat Volume Air ( $\text{gr/cm}^3$ )

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

$$W_s = W_2 - W_1 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$W_w = (W_s + W_4) - W_3 \dots\dots\dots (2.7)$$

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)

Selain dari uji analisis saringan (*Grain Size Analysis*), jenis tanah juga dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenis tanahnya. Dapat dilihat pada tabel 2.3 klasifikasi jenis tanah berdasarkan berat jenis tanah sebagai berikut (Siswanto et al., 2021):

Tabel 2. 4 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah

Jenis Tanah Sedimen	Berat Jenis ( $G_s$ )
Pasir	2,65 - 2,68

<b>Jenis Tanah Sedimen</b>	<b>Berat Jenis (Gs)</b>
Lanau Organik	2,62 - 2,68
Lempung Organik	2,58 - 2,65
Lempung Anorganik	2,68 - 2,75
Gambut	< 2

Sumber: (Siswanto et al., 2021)

## 2.4 Data Karakteristik Aliran

### 2.4.1 Debit Aliran

Debit aliran sungai adalah volume air yang mengalir per satuan waktu. Data debit sangat penting karena merupakan variabel utama dalam menentukan karakteristik dan fungsi sebuah aliran (Iswahyudi et al., 2018). Adapun untuk penentuan debit dapat dilakukan dengan menghitung perbandingan antara luas penampang melintang sungai dan durasi waktu. Persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{T} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

Q = Debit sungai m<sup>3</sup>/dt

V = Volume (m<sup>3</sup>) T = Waktu (m<sup>2</sup>)

### 2.4.2 Curah Hujan

Curah hujan mengacu pada tinggi air hujan yang terkumpul di permukaan datar tanpa adanya penguapan, peresapan, atau aliran. Di Indonesia, curah hujan diukur dalam satuan milimeter (mm), di mana 1 mm setara dengan 1 liter air yang menutupi area seluas 1 meter persegi. Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat seperti ombrometer atau alat otomatis lainnya. Pemahaman tentang curah hujan penting untuk berbagai keperluan, termasuk pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan mitigasi bencana. (Taufiq et al., 2023)

## 2.5 Parameter Pengimputan

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh U.S. Army Corps of Engineers untuk menganalisis aliran sungai secara satu dimensi. Pertama kali dirilis pada Juli 1995, versi awal HEC-RAS dirancang untuk menghitung profil permukaan air dalam kondisi aliran tetap satu dimensi. Seiring waktu, perangkat lunak ini telah berkembang dan kini mampu memodelkan sistem sungai dari yang sederhana hingga kompleks, termasuk struktur hidrolis seperti jembatan, gorong-gorong, dan bendung. Selain itu, HEC-RAS juga mendukung simulasi aliran tidak tetap satu dan dua dimensi, transportasi sedimen, serta analisis kualitas air, menjadikannya alat yang komprehensif dalam rekayasa sumber daya air. (Andrian & Pranoto, 2020). Dalam menggunakan program aplikasi HEC-RAS memiliki beberapa poin penting yang perlu diperhatikan, yakni meliputi:

### 1. Graphical User Interface

Interface ini merupakan keterkaitan program HEC-RAS dengan pengguna program. Graphical Interface dibuat untuk memudahkan pemakai program untuk menjalankan beberapa langkah-langkah dalam menggunakan program aplikasi seperti: a) manajemen file, b) input data serta edit data, c) analisis hidraulik, d) menampilkan data masukan maupun hasil analisis dalam bentuk grafik dan tabel, e) penyusunan laporan, f) mengakses online help.

### 2. Analisis Hidraulika

Dapat mensimulasikan transpor sedimen satu dimensi (simulasi perubahan dasar sungai) akibat gerusan atau deposisi dalam waktu panjang umumnya tahunan, namun dapat juga dilakukan simulasi perubahan dasar sungai akibat banjir tunggal, perubahan frekuensi dan durasi debit muka air, atau perubahan geometrik sungai.

### 3. Manajemen dan Penyimpanan

Data Manajemen data dapat dilakukan melalui interface. Pengguna program akan diminta untuk memberi nama pada file kemudian program HEC-RAS akan menciptakan beberapa nama file secara otomatis (file- file: data plan, data geometri, data aliran stabil dan tidak stabil, hasil, dan lain-lain) dan memberi nama file project sesuai dengan nama yang telah dituliskan oleh pengguna

program.

Adapun penyimpanan data dilakukan ke dalam “flat” files (format ASCII dan biner), serta file HEC-DSS. Data masukan dari pengguna HEC-RAS disimpan ke dalam file-file yang dikelompokkan menjadi: data proyek, data plan, data geometri, data aliran stabil, data aliran tidak stabil, dan data sedimen. Hasil keluaran model disimpan ke dalam binary file. Data dapat ditransfer dari HEC-RAS ke program aplikasi lain melalui HEC-DSS file.

#### 4. Grafik dan Pelaporan

Grafik yang dihasilkan oleh program HEC-RAS berupa grafik X-Y alur sungai, tampang lintang, rating curves, hidrograf, dan grafik lain yang merupakan plot grafik X-Y berbagai variabel hidraulik. Hasil keluaran model HEC-RAS dapat juga berupa tabel. Pengguna program HEC-RAS dapat memilih hasil tabel yang tersedia pada program atau membuat hasil tabel secara manual sesuai kebutuhan. Fasilitas untuk pelaporan berupa pencetakan data masukan dan keluaran hasil pada printer atau plotter.

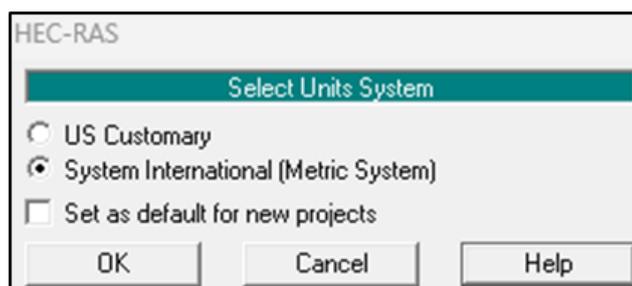
### **2.6 Pemodelan Angkutan Sedimen Menggunakan HEC-RAS**

Dalam mengaplikasikan perangkat lunak Hec-Ras dalam menganalisis angkutan sedimen dasar (bed load) pada aliran Sungai Maloso, terdapat beberapa tahapan utama yang harus dilakukan secara sistematis. Tahapan pertama pertama adalah membuat penampang melintang (cross section) sebagai representasi geometry aliran. Selanjutnya, dilakukan proses pengimputan data aliran dalam bentuk Quasi-Unsteady Flow, yang berfungsi untuk mendefinisikan perubahan debit terhadap waktu secara bertahap. Setelah itu dilakukan pengimputan data sedimen yang mencakup karakteristik material dasar aliran sungai, distribusi ukuran butir, serta parameter lain yang relevan dengan proses transportasi sedimen. Adapun langkah-langkah yang lebih rinci dalam menganalisis angkutan sedimen menggunakan perangkat lunak Hec-Ras adalah sebagai berikut.

#### **2.6.1 Membuat Penampang Melintang/Cross Section**

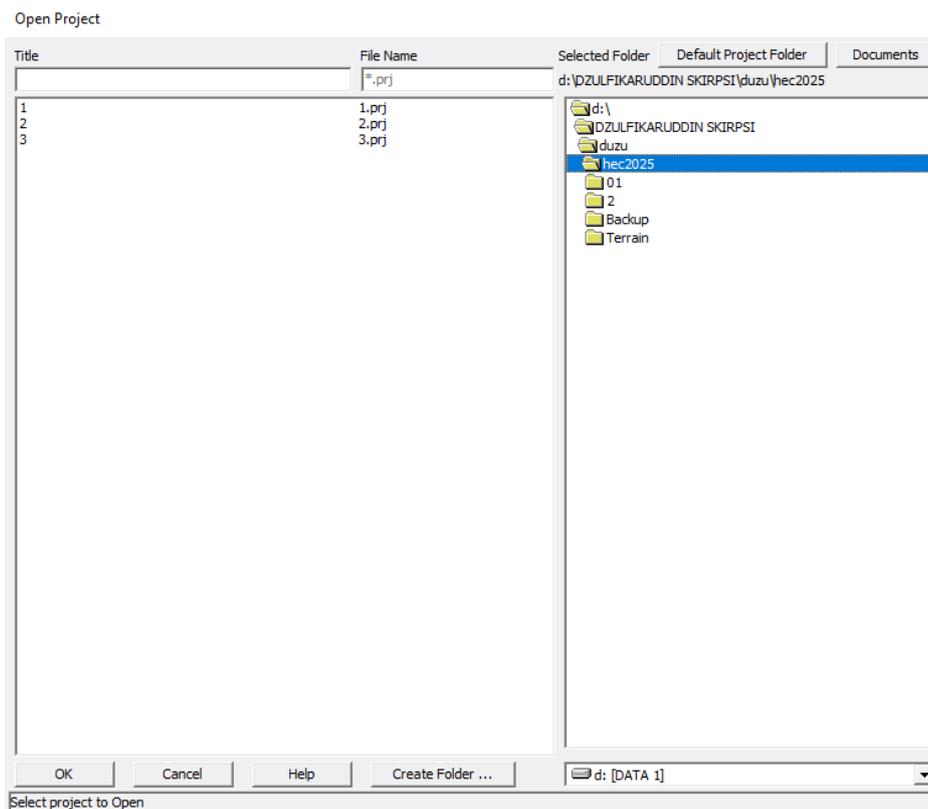
Sebelum melakukan proses pembuatan penampang melintang (cross section) dalam software Hec-Ras, terdapat beberapa langkah awal yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa proyek yang dibuat memiliki kesesuaian dengan sistem

satuan yang digunakan dalam analisis. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengatur sistem satuan agar sesuai dengan Satuan Internasional (SI), yang umum digunakan dalam menganalisis hidraulika dan transportasi sedimen dengan memilih menu option kemudian memilih opsi Unit System. Pengaturan ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua parameter yang dimasukkan, seperti panjang, debit, kecepatan aliran, dan ukuran butir sedimen, sesuai dengan standar yang digunakan dalam penelitian.



**Gambar 2. 4** Tampilan Unit System

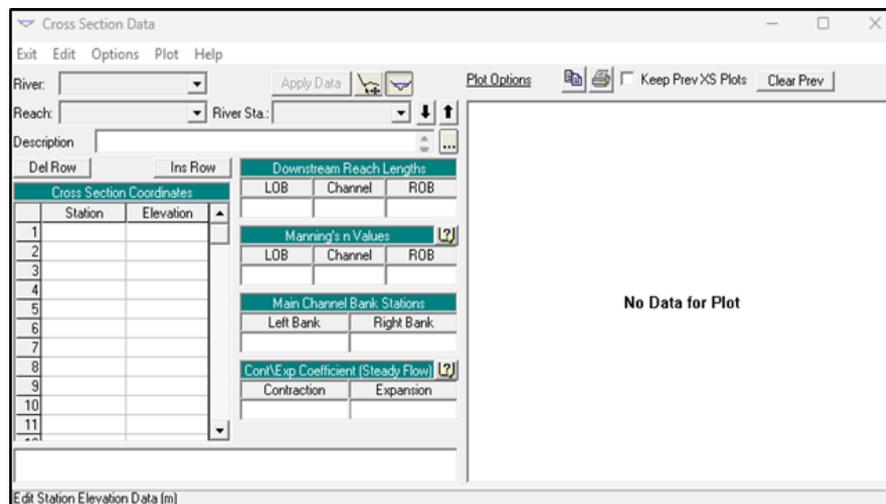
Setelah sistem satuan di konfigurasi dengan benar, langkah berikutnya adalah membuat proyek baru (new project). Pembuatan proyek baru dilakukan melalui menu file dengan memilih opsi new project. Pada tahap ini, akan menentukan direktori penyimpanan file proyek serta memberikan nama proyek yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pemilihan lokasi penyimpanan yang sistematis dan terstruktur sangat penting agar seluruh data dapat dikelola dengan baik dan mudah diakses kembali apabila diperlukan untuk analisis lebih lanjut atau revisi model. Selain itu, dalam penamaan proyek, digunakan format yang jelas dan deskriptif seperti mencantumkan tahun penelitian, lokasi studi, dan jenis analisis yang dilakukan. Pemberian nama proyek yang jelas dan sistematis akan memudahkan proses pengolahan data. Setelah nama proyek ditentukan dan direktori penyimpanan dipilih, kemudian konfirmasi pembuatan project dengan menekan tombol OK, sehingga sistem akan secara otomatis membuat file project yang akan digunakan untuk tahap pemodelan selanjutnya.



**Gambar 2. 5** Tampilan New Project

Untuk membuat penampang melintang (*Cross Section*), klik menu geomic data pada perangkat lunak Hec-Ras. Dalam tampilan geometric data editor, terdapat berbagai fitur untuk memungkinkan menginput data geometric saluran, termasuk penampang melintang, jembatan, pintu air, dan struktur hidraulik lainnya.

Padatahap ini, pilih opsi cross section untuk membuat penampang melintang pada titik-titik yang telah ditentukan.



**Gambar 2. 6** Tampilan input Data Cross Section

Pada menu Cross Section Data, kemudian memasukkan data koordinat setiap titik yang membentuk profil penampang melintang. Data ini terdiri dari posisi horizontal (station) dan elevasi vertikal (elevation), yang masing-masing menunjukkan lebar dan kedalam saluran pada suatu titik tertentu. Selain menentukan koordinat setiap titik penampang, juga memasukkan parameter tambahan yang berpengaruh terhadap analisis hidrolika, seperti koefisien kekasaran manning (manning's n). Nilai manning dapat bervariasi tergantung pada jenis material dasar saluran. Nilai koefisien kekasarsan manning ditentukan berdasarkan tabel sebagai berikut

Tabel 2. 5 Koefisien Kekasaran Manning's

Saluran	Keterangan	n Manning's
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0.016-0.033
	Berkelok, landai dan berumput	0.023-0.040
	Tidak terawat dan Kotor	0.050-0.140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0.035-0.045
Pasangan	Batu Kosong	0.023-0.035
	Pasangan Batu Belah	0.017-0.030

Saluran	Keterangan	n Manning's
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0.014-0.018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0.018-0.030

Sumber: (Ariska, 2020)

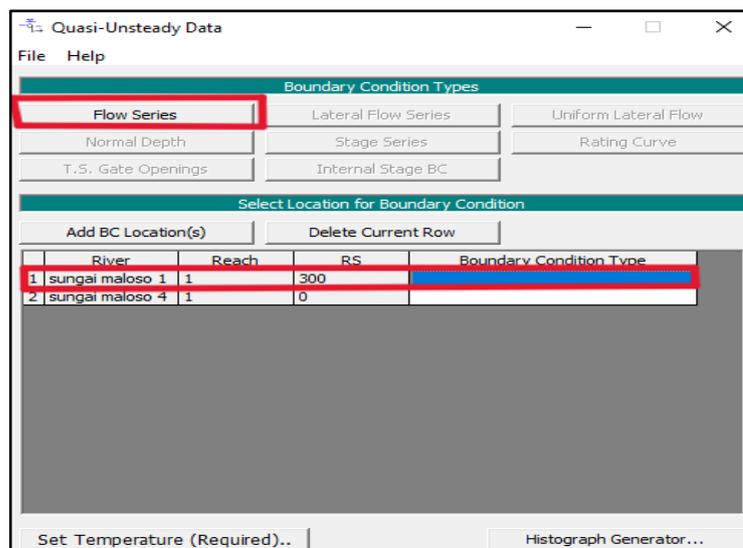
### 2.6.2 Pengimputan Data Quasi Unsteady Flow

Dalam pemodelan hidrodinamika pada Hec-Ras, terdapat tiga jenis pemodelan aliran yang dapat digunakan, yaitu steady flow, quasi unsteady flow, dan unsteady flow. Steady flow merupakan pemodelan aliran permanen dimana debit dianggap tetap dalam suatu periode tertentu, sehingga tidak memperhitungkan perubahan debit terhadap waktu. Unsteady flow adalah pemodelan aliran tak permanen yang memperhitungkan perubahan debit dan tinggi muka air secara kontinu terhadap waktu, sehingga lebih kompleks namun mampu merepresentasikan kondisi aliran yang dinamis dengan lebih akurat. Quasi unsteady flow merupakan metode pendekatan yang membagi aliran tak permanen menjadi serangkaian aliran tunak bertahap (steady flow dengan debit yang berubah secara diskrit dalam interval waktu tertentu).

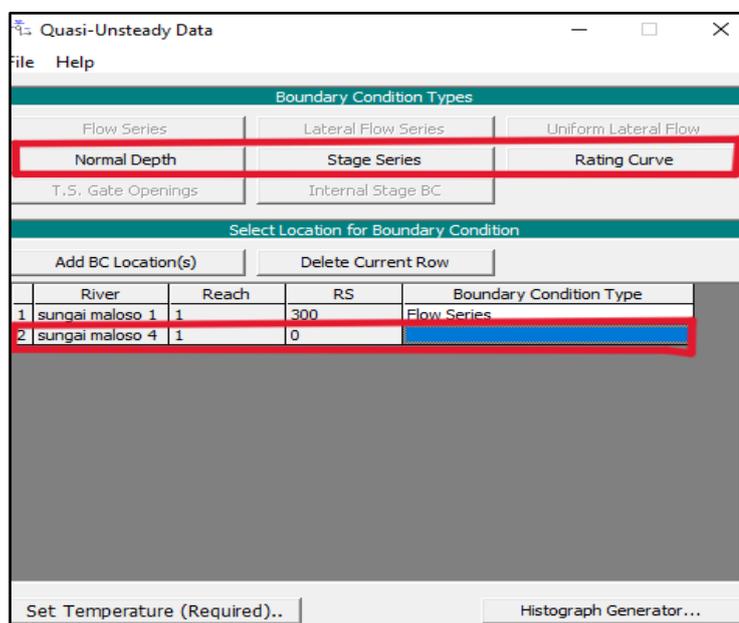
Untuk menganalisis angkutan sedimen menggunakan Software Hec-ras, pemodelan aliran yang di gunakan yaitu quasi unsteady flow. Pada pemodelan quasi unsteady flow, diperlukan pengaturan kondisi batas di hulu dan hilir aliran sungai agar simulasi dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan kondisi nyata dilapangan. Pada kondisi batas bagian hulu di isi dengan data debit yang bervariasi terhadap waktu (*flow series*) yang dimana dapat dilihat pada gambar 2.7 Tampilan Kondisi Batas Hulu.

Adapun pada bagian hilir terdapat tiga opsi kondisi batas yang dapat digunakan yaitu rating curve, stage series, dan normal depth. Rating curve digunakan jika terdapat data hubungan antara debit dan tinggi muka air. Stage series digunakan apabila terdapat data tinggi muka air secara berkala dalam rentang waktu tertentu, sehingga perubahan tinggi muka air dapat di input langsung dalam simulasi. Adapun normal depth digunakan ketika kondisi hilir dapat dianggap sebagai aliran seragam, dengan kemiringan dasar aliran sungai sebagai parameter

utama untuk menghitung tinggi muka air berdasarkan profil aliran normal. Pemilihan kondisi batas hilir ini tergantung pada ketersediaan data lapangan.



**Gambar 2. 7** Tampilan Kondisi Batas Hulu



**Gambar 2. 8** Tampilan Kondisi Batas Hilir

Selain itu, dalam pemodelan ini juga diperlukan pengaturan suhu (temperatur), dikarenakan analisis melibatkan pengaruh suhu terhadap karakteristik aliran dan angkutan sedimen.

Temperature Series

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date:  Time:

Use Fixed Start Time: Date:  Time:

Temperature Data

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

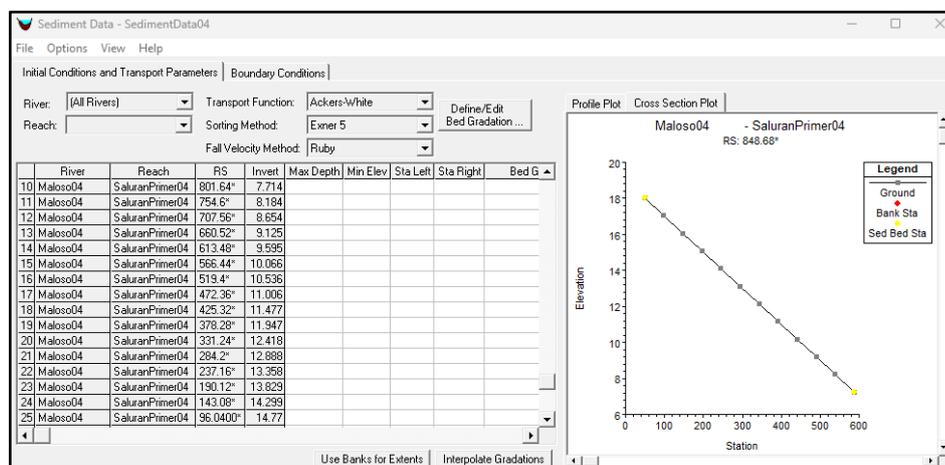
	Simulation Time	Elapsed Time (hours)	Duration (hours)	Temp (C)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

OK Cancel

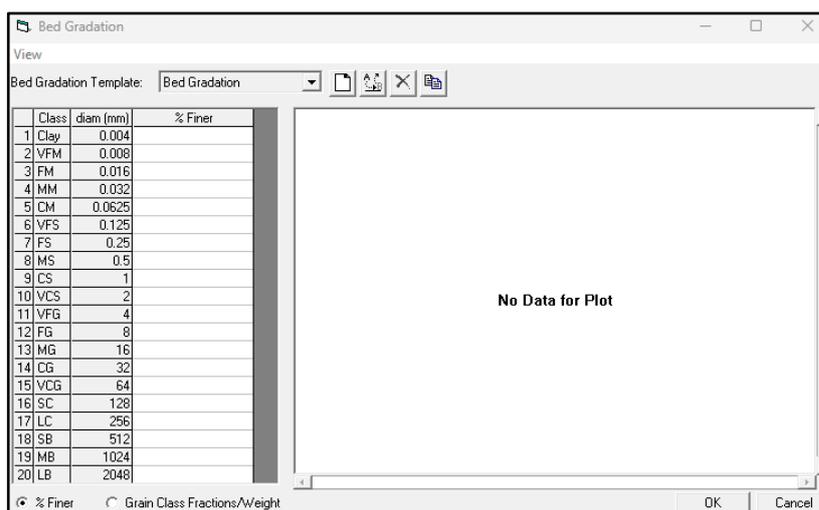
Gambar 2. 9 Tampilan Pengaturan Suhu

### 2.6.3 Pengimputan Data Sedimen

Data sedimen yang dimasukkan mencakup beberapa parameter utama, yaitu maksimum kedalaman sedimentasi (*max depth*), batas kiri dan kanan penampang (*sta left dan sta right*), metode transportasi sedimen yang dimana pada penelitian ini menggunakan metode Englund-Hansen (KEMENPUPR, 2016), metode kecepatan jatuh partikel (*fall velocity*), serta data bed gradation.



Gambar 2. 10 Tampilan Input Data Sedimen



**Gambar 2. 11** Tampilan Input Data Bed Gradation

Hec-Ras menyediakan beberapa metode transportasi sedimen yang umum digunakan, seperti Ackers-White, Englund-Hansen, Meyer-Peter Muller, Yang's, dan Toffaleti. Pemilihan metode transportasi sedimen dan metode kecepatan jatuh (*fall velocity*) tergantung pada karakteristik sedimen, seperti jenis sedimen.

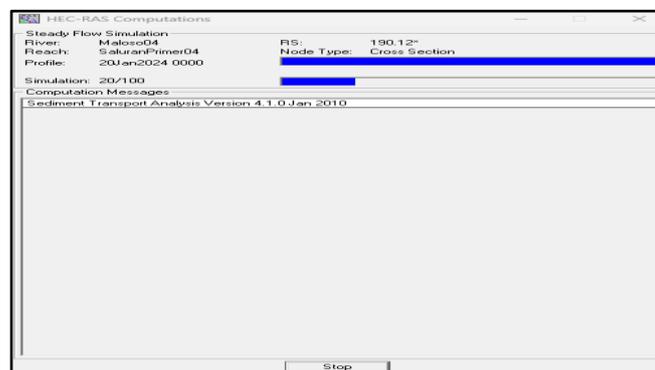
Setelah memasukkan data sedimen, langkah berikutnya adalah menentukan kondisi batas sedimen (*sediment boundary condition*). Terdapat tiga pilihan kondisi batas sediment yaitu *rating curve*, *sediment load series* dan *equilibrium load*. *Rating curve* digunakan ketika terdapat hubungan antara debit aliran irigasi dan muatan sedimen (sediment load). *Sediment load series* digunakan jika data yang digunakan berupa data muatan sedimen berdasarkan rangkaian waktu. Sedangkan User Entered Load dikarenakan untuk memasukkan beban sedimen secara eksplisit ke dalam model HEC-RAS. Menentukan berapa banyak sedimen yang masuk ke sungai baik secara total maupun per kelas ukuran., opsi ini sering digunakan untuk sistem irigasi yang tidak stabil dan erosi atau sedimentasi berlebihan.



**Gambar 2. 12** Tampilan Sediment Boundary Condition Types

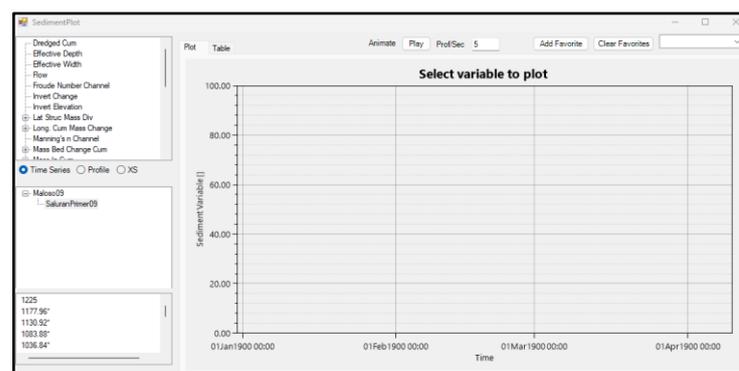
### 2.6.4 Compute dan Analisis Sedimen

Setelah semua data dan parameter terkait, termasuk cross section, quasi unsteady flow, dan data sedimen, di input maka selanjutnya adalah melakukan compute untuk menghitung angkutan sedimen dan menganalisis hasil simulasi.



**Gambar 2. 13** Compute Simulasi

Hasil output setelah pemodelan dapat dianalisis melalui sediment plot dengan memilih menu view, kemudian memilih opsi sedimen output. Selanjutnya tampilan sedimen plot akan menampilkan hasil simulasi angkutan sedimen sesuai dengan cross section yang dibuat.



**Gambar 2. 14** Tampilan Sedimen Output

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis angkutan sedimen dasar pada Hulu Bendung Sekka-Sekka menggunakan software Hec-Ras, kesimpulan utama yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- a Sedimentasi yang terjadi di Hulu Bendung Sekka-Sekka dengan software Hec-Ras yaitu konsentrasi sedimen di sepanjang aliran hulu bervariasi, khususnya pada titik RS 345, RS 230, dan RS 115, diperoleh pola sedimentasi yang umumnya terjadi dalam dua fase utama, yaitu pada awal Agustus dan awal September 2024. Titik RS 345 menunjukkan total akumulasi sedimen sebesar 52 ton dengan dua lonjakan kecil yang terjadi di awal dan akhir Agustus. RS 230 mencatat akumulasi yang lebih tinggi, yaitu sebesar 188 ton, yang juga terjadi dalam dua fase serupa. Sementara itu, titik RS 115 mencatat akumulasi terbesar, yaitu mencapai 750 ton hanya dalam dua hari pada awal Agustus. Setelah fase lonjakan tersebut, ketiga titik mengalami periode stabil tanpa penambahan sedimen signifikan hingga pertengahan September. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas sedimentasi sangat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan dan debit aliran sungai
- b Besar angkutan sedimen dasar di Hulu Bendung Sekka-Sekka menggunakan software Hec-Ras menunjukkan bahwa angkutan sedimen selama periode tiga bulan, pada bagian RS 155 mencapai total 750 ton dengan ketebalan sedimen sebesar 84 cm. Pada bagian titik RS 230, total angkutan sedimen sebesar 188 ton dengan ketebalan sedimen 21 cm, sedangkan dititik 345, total angkutan sedimen mencapai 52 ton dengan ketebalan sedimen 18 cm. Nilai ini menunjukkan adanya variasi transportasi sedimen di sepanjang saluran dengan kecenderungan peningkatan akumulasi sedimen di bagian hulu
- c Pemodelan angkutan sedimen dasar di Hulu Bendung Sekka-Sekka dengan software Hec-Ras dilakukan dengan menggunakan metode Quasy Unsteady Flow dalam Hec-Ras. Hasil simulasi menunjukkan adanya perubahan massa dasar sedimen di sepanjang hulu bendung, dimana fraksi pasir halus (FS) dan

pasir sedang (MS) merupakan fraksi yang paling dominan mengalami perubahan. Pemodelan ini memungkinkan analisis distribusi sedimen secara spasial dan temporal, sehingga dapat digunakan untuk memahami dinamika sedimentasi di aliran sungai hulu bendung.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengelolaan diHulu Bendung Sekka –sekka dan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

### a. Pemeliharaan Bendung

Perlu dilakukan pembersihan sedimen secara berkala, terutama di bagian hulu, untuk menjaga kapasitas saluran agar tetap optimal. Pemantauan rutin terhadap perubahan morfologi dasar saluran perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya pendangkalan yang signifikan.

### b. Optimalisasi Model Hec-Ras

Untuk meningkatkan akurasi simulasi, disarankan untuk menggunakan data pengukuran kecepatan aliran dan karakteristik sedimen yang lebih detail. Penggunaan versi terbaru Hec-Ras dapat meningkatkan keakuratan dalam memprediksi pola angkutan sedimen.

### c. Penelitian Lanjutan

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh debit musiman terhadap angkutan sedimen, terutama saat musim hujan yang berpotensi meningkatkan adanya angkutan sedimen dari sungai yang masuk ke hulu bendung. Studi mengenai efektivitas struktur pengendalian sedimen

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan pengelolaan bendung dapat lebih optimal dalam mengatasi permasalahan angkutan sedimen, sehingga fungsi bendung dapat berjalan secara efisien dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, I. (2020). *Analisis Angkutan Sedimen Dasar Sungai Cibeet Dengan Hec-Ras Dan Uji Laboratorium Latar belakang Program HEC-RAS*. 3(1), 31–38.
- Andrian, I., & Pranoto, W. A. (2020). Analisis Angkutan Sedimen Dasar Sungai Cibeet Dengan Hec-Ras Dan Uji Laboratorium. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 31. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.7050>
- Ariska, P. (2020). *Studi Koefisien Kekasaran Saluran Irigasi Kalaena Kiri Kecamatan Kalaena dengan Menggunakan Persamaan Manning*.
- Artia, & ST, F. (2018). *ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI WALANAE KABUPATEN WAJO*. 7.
- Falabiba, N. E. (2019). Bendungan. *Materi Perkuliahan*, 8–53.
- Fatriza, R. (2023). *ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN TOTAL PADA SALURAN PEMBAWA EMBUNG RAWASARI DI KOTA TARAKAN MENGGUNAKAN HEC-RAS 6.0*. 4(1), 88–100.
- Haikal, A., Musa, R., & Sar, M. (2023). *Model Sedimentasi Dengan Menggunakan Aplikasi Hec-Ras ” ( Studi Kasus : Sungai Pappa Kab . Takalar )*. 3, 8004–8013.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016). Studi Karakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng. *Jurnal Fropil*, 4(2), 165–174.
- Iswahyudi, K., Salim, N., & Abadi, T. (2018). Kajian Sedimentasi Di Sungai Sampean Bondowoso Menggunakan Program Hec-Ras Versi 4.1. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 3(2), 46–52. <https://doi.org/10.32528/hgn.v3i2.2916>
- Feriska, Y., & Izzuddin, A. (2022). *Civil Engineering Collaboration*. 7, 52–59. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v7i2.43>
- KEMENPUPR. (2016). KP 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran. *Kementerian Pekerjaan Umum*, 1–23.
- Lemeneger, St. (2018). Sediment. *Veer Ecology*, 168–182. <https://doi.org/10.5749/j.ctt1pwt70r.15>
- Rachman, R., Wibobo, M., Wiguna, E. (2021). *Kajian Karakteristik Sedimen Dasar di Perairan Sungailiat untuk Mendukung*. 10(2), 112–122. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i2.31662>
- Rohani, I., Paroka, D., Thaha, M. A., & Hatta, M. P. (2023). The Regulate Section Channel Model for Maintenance Channel in Estuary. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 71(10), 305–313. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I10P227>

- Rusdi, A., Pristianto, H., Butudoka, M. A., Desembardi, F., Lingkungan, T., Sorong, U. M., & No, J. P. (2023). *Laju Sedimen Dasar Pada Sungai Klagison Menggunakan Program HEC-RAS bentuk surface rain off. Selain itu sungai hasil erosi baik yang berasal dari sungai itu sendiri maupun yang berasal dari off mengalir menuju Sungai [ 5 ]. Sedimentasi merupakan proses k. 15.*
- 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.
- Siwamba, T. M., Nurhayati, & Nirmala, A. (2019). Angkutan Sedimen Layang pada Saluran Terbuka di Parit Tokaya Kota Pontianak. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan , PWK , Sipil, Dan Tambang*, 5(3), 1–8.
- SNI 1964. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Tanah. Badan Standarisasi Nasional.*
- SNI 3423. (2008). SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–27.
- Syam, M. T., & Al Aksa, M. N. (2024). Study Analisis Sedimen dengan Menggunakan Metode Pendekatan Empiris di Sungai Maros. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 2(3), 80–89. <https://ejournal.warunayama.org/kohesi>
- Taufiq, M., Zainuddin, M., Joko, I., & Waluyo, N. (2023). *Pemodelan Sedimentasi Menggunakan Hec-Ras 6 . 1 Untuk Menganalisis Perubahan Elevasi Dasar Sungai Tondano , Sulawesi Utara Sedimentation Modeling Using Hec-Ras 6 . 1 To Analyze Changes In The River Bed Elevations Of Tondano River , North Sulawesi.* 41–54.