

ANALISIS SEDIMENTASI DI SUNGAI MONGILO MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS

Syukron Indarwati¹, Rawiyah Husnan², dan Barry Yusuf Labdul^{2*}

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

²Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

syukron_s1sipil2018@mahasiswa.ung.ac.id

Pemasukan: 24 Juni 2024

Perbaikan: 2 Desember 2025

Diterima: 2 Desember 2025

Intisari

Aliran sungai yang masuk ke dalam bendungan memiliki potensi besar dalam mengangkut sedimen dengan jumlah yang besar dari hasil pengikisan lahan yang terjadi di hulu. Material sedimen yang larut bersama dengan aliran sungai kemudian akan mengendap di dalam bendungan selama bangunan air tersebut beroperasi. Sedimentasi terjadi melalui proses pengendapan material tanah yang diangkut oleh air maupun angin. Endapan di dasar sungai (sedimentasi) diidentifikasi dapat menyebabkan pendangkalan pada badan sungai, saluran-saluran irigasi, muara-muara sungai di bagian hilir, serta dapat merusak penampang sungai dan berdampak pada umur efektif bangunan air sungai, dalam kasus ini pada Bendungan Bulango Ulu. Lokasi penelitian berada di Sungai Mongiilo, Desa Owata, Kecamatan Bulango Utara, Kabupaten Bone Bolango. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju sedimentasi yang terjadi di Sungai Mongiilo menggunakan program HEC-RAS. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan untuk penelitian ini dilakukan dengan cara survei lapangan untuk pengambilan sampel, sedangkan data sekunder yang digunakan diperoleh dengan cara studi literatur dan wawancara dengan instansi terkait seperti Balai Wilayah Sungai Sulawesi II. Hasil analisis pada penelitian ini diperoleh bahwa karakteristik sedimen Sungai Mongiilo menurut *American Geophysical Union* didominasi oleh pasir sedang dan diperoleh laju angkutan sedimen yang mendekati data analisa transportasi sedimen dasar proyek Bendungan Bulango Ulu - Mongiilo dengan nilai 200.674,83 ton/tahun yaitu menggunakan metode Meyer-Peter Muller sebesar 175.484.796 ton/tahun.

Kata kunci: HEC-RAS, Sungai Mongiilo, sedimentasi

Latar Belakang

Sungai atau kali diartikan sebagai suatu penampang saluran alamiah dan merupakan ekosistem perairan yang perannya sangat penting dalam daur hidrologi. Sungai memiliki beberapa anak-anak sungai yang berfungsi menerima, menampung dan menyimpan air hujan lalu mengalirkannya ke sungai utama. Sungai terletak diatas permukaan bumi yang elevasinya lebih rendah dari tanah sekitarnya yang menyebabkan air sungai tersebut akan senantiasa mengalir dan bermuara ke tujuan akhirnya yaitu laut.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai menuturkan bahwa Wilayah Sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km^2 . Berdasarkan lampiran tersebut, Provinsi Gorontalo ditetapkan memiliki 3 Wilayah Sungai yaitu, Wilayah Sungai Limboto-Bolango-Bone, Wilayah Sungai Paguyaman, dan Wilayah Sungai Randangan.

Proses pembangunan Bendungan Bulango Ulu yang terletak disekitar Sungai Mongiilo merupakan bentuk realisasi dari pemanfaatan potensi ketersediaan air dari sungai tersebut, baik berupa penggunaan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, sebagai pengendali banjir, pembangkit listrik tenaga air, ataupun sebagai tempat wisata. Namun, aliran Sungai Mongiilo yang masuk ke dalam bendungan memiliki potensi besar dalam mengangkut sedimen dengan jumlah yang besar dari hasil pengikisan lahan yang terjadi di hulu. Material sedimen yang larut bersama dengan aliran sungai kemudian akan mengendap di dalam bendungan selama bangunan air tersebut beroperasi dan menyebabkan pendangkalan, penurunan kapasitas tampung serta mengurangi umur efektif bendungan. Oleh karena itu, penting dilakukan analisis laju sedimentasi secara kuantitatif untuk mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Meski kajian sedimentasi sungai cukup luas, penelitian yang memfokuskan pada Sungai Mongiilo serta membandingkan hasil HEC-RAS dan hitungan manual dengan data proyek Bendungan Bulango Ulu masih minim. Studi ini berperan dalam menilai kesesuaian metode tersebut terhadap kondisi aktual. Untuk mengetahui besar transpor sedimen yang terjadi pada sungai, dapat dimodelkan dengan menggunakan program HEC-RAS.

Nakulo (2015) menganalisis erosi dan laju sedimentasi di Sub DAS Mongiilo menggunakan metode USLE dan MUSLE. Hasilnya menunjukkan erosi tertinggi sebesar 340.508 ton/ha/tahun dan sedimen tertinggi 135.724,03 ton/tahun terjadi pada 2012. Temuan ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki potensi erosi dan sedimentasi yang tinggi, sehingga mendukung urgensi pemodelan sedimentasi menggunakan HEC-RAS dalam penelitian ini.

Tantowi (2020) menyatakan bahwa delta sungai terjadi karena proses sedimentasi tersebut dapat mengurangi jumlah debit air yang terbawa, sehingga kebutuhan irigasi di hilir tidak bisa terpenuhi secara maksimal karena terhalang oleh delta. Prediksi sedimentasi pada saluran irigasi dilakukan dengan memperhitungkan besar laju sedimentasi berdasarkan metode perhitungan analitik, namun untuk mempermudah dalam menggambarkan sedimentasi yang terjadi pada saluran irigasi sekunder PO 9 pontang ambulu dilakukan metode pemodelan menggunakan program aplikasi HEC-RAS. Hal ini menunjukkan bahwa program HEC-RAS efektif dalam menggambarkan distribusi dan dampak sedimentasi, sehingga dapat diterapkan pula untuk menganalisis kondisi serupa di Sungai Mongiilo.

Lestari (2019), dalam penelitiannya berjudul "*Studi Laju Sedimentasi pada Sungai Bedadung Menggunakan Program HEC-RAS 5.05*", melakukan pemodelan hidrolik menggunakan aliran tak permanen untuk mencerminkan kondisi sungai

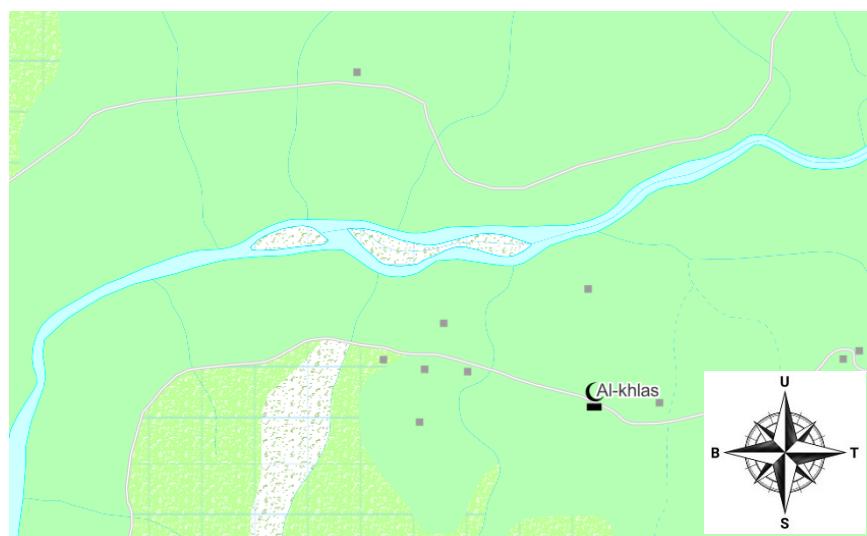
yang berubah terhadap waktu. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data observasi dan hasil simulasi, menghasilkan nilai determinasi (R^2) sebesar 0,9327 dan RMSE sebesar 0,56, yang menunjukkan model tergolong sangat baik. Simulasi sedimentasi menggunakan metode Laursen (Field) dengan debit quasi-unsteady menghasilkan laju sedimentasi sebesar 801,348 m³/tahun. Penelitian ini memperkuat validitas HEC-RAS sebagai alat analisis sedimentasi, yang relevan untuk diaplikasikan pada studi Sungai Mongiilo yang juga memiliki karakteristik sungai alami dengan variasi debit.

Rhamanda (2019), dalam penelitiannya *"Model Angkutan Sedimen Sungai Kelekar dengan Menggunakan Program Aplikasi HEC-RAS"*, menganalisis pola aliran dan distribusi sedimen di Sungai Kelekar. Hasil pemodelan menunjukkan terjadinya agradasi di bagian hulu (STA 4) dan degradasi di hilir (STA 0–1). Kecepatan aliran meningkat dari hulu ke hilir, namun menurun di STA 0, yang juga menjadi lokasi akumulasi massa sedimen terbesar. Simulasi dengan gradasi A3 menghasilkan kapasitas sedimen tertinggi sebesar 104,16 ton. Pola aliran cenderung menurun kecepatan dari hulu ke hilir, dengan konsentrasi perubahan sedimen paling signifikan di bagian hilir sungai. Kondisi ini serupa dengan yang terjadi di Sungai Mongiilo, yang juga menunjukkan potensi akumulasi sedimen pada bagian hilir, sehingga pendekatan pemodelan yang sama dapat digunakan untuk memahami distribusi sedimen di wilayah studi.

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana memodelkan sedimentasi yang terjadi di Sungai Mongiilo menggunakan program HEC-RAS dan menganalisis besar laju sedimentasi yang terjadi di Sungai Mongiilo.

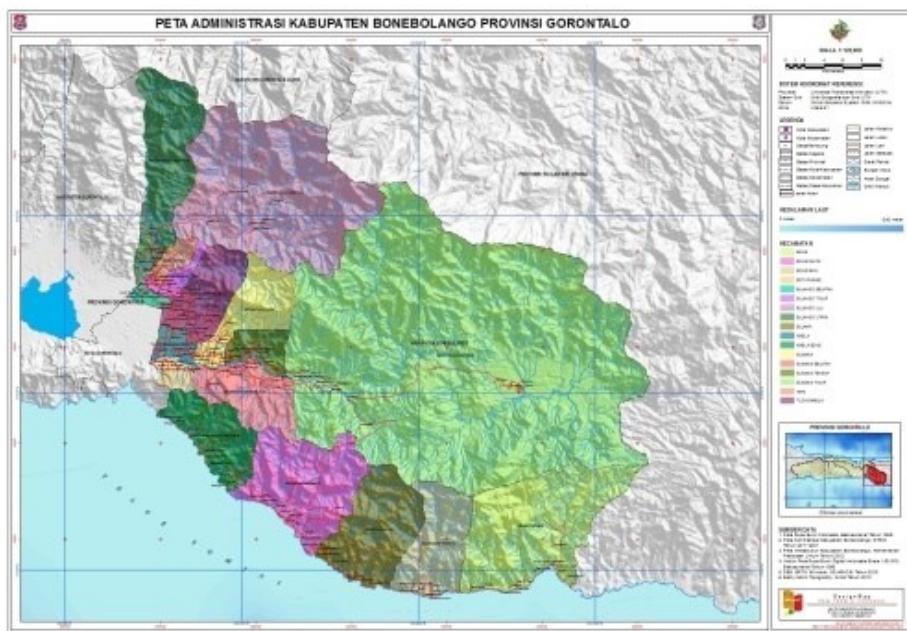
Metodologi Studi

Lokasi penelitian berada di Sungai Mongiilo dengan panjang tinjauan 2273 m tepatnya di Desa Owata, Kecamatan Bulango Utara, Kabupaten Bone Bolango. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: (Web Map Geospasial, 2022)

Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Administrasi Kabupaten Bone Bolango

Sungai Mongiilo yang merupakan salah satu cabang anak sungai dari Sungai Bolango memiliki elevasi berkisar antara 40-65 mdpl. Sungai Mongiilo mengalir melewati kawasan yang bagian kanan kirinya dipenuhi oleh perkebunan dan pepohonan dengan pemukiman yang tidak seramai perkotaan. Sungai Mongiilo memiliki lebar yang beragam, karena kondisi morfologi sungai tersebut yang berkelok-kelok. Lebar rata-rata sungai yaitu 37 m, dengan kedalaman aliran rata-rata 0,6 m serta debit aliran terkecil sebesar $2 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan untuk penelitian ini dilakukan dengan cara survei lapangan untuk pengambilan sampel yang kemudian diuji melalui tahapan analisa saringan dan berat jenis, sedangkan data sekunder yang digunakan yaitu data debit sungai tahunan yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi II.

Menurut pergerakannya sedimen dibagi menjadi dua kategori yaitu angkutan sedimen dasar (*bed load*) dan angkutan sedimen laying (*suspended load*) (Asdak, 2007). Dalam penelitian ini digunakan tiga metode perhitungan angkutan sedimen, yaitu Ackers-White, Meyer-Peter Müller, dan Yang, yang didasarkan pada perbedaan karakteristik angkutan yang dihitung masing-masing metode, yaitu bedload (MPM), total load (Ackers-White), dan suspended load (Yang). Dengan mempertimbangkan variasi ukuran sedimen dan karakteristik aliran Sungai Mongiilo, kombinasi ketiga metode ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif terhadap potensi angkutan sedimen yang terjadi. *HEC-RAS* menyediakan ketiga metode perhitungan ini yang dapat digunakan untuk membandingkan estimasi angkutan sedimen di Sungai Mongiilo. Selain bersifat open-access, *HEC-RAS* juga telah teruji secara luas dalam studi hidrologi dan teknik sumber daya air.

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

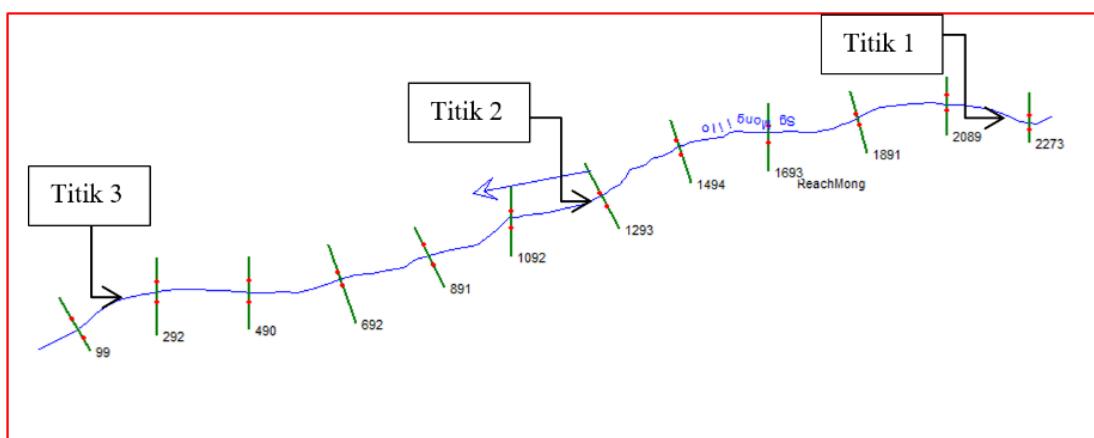
1. Tahap persiapan berupa studi literature, tinjauan pustaka dan review penelitian terdahulu untuk mendapatkan informasi mengenai perhitungan manual data sedimen (primer) dan metode yang telah dibuat sebelumnya sebagai bahan referensi terkait penelitian ini.
2. Kegiatan lapangan berupa pengambilan material dasar di tiga titik tinjau.
3. Kegiatan laboratorium berupa pengujian analisa saringan dan pengujian berat jenis.
4. Pengumpulan data berupa debit sungai yang diperoleh dari BWS Sulawesi II, dan data sedimen yang diperoleh dari uji analisa saringan.
5. Tahap pengolahan dan analisis data pada tahap ini dilakukan analisis untuk menghitung transpor sedimen. Analisis menggunakan bantuan *software HEC-RAS*. Adapun analisis kerja dari program *HEC-RAS* adalah sebagai berikut:
 - 1) Data geometri. Untuk membuat simulasi aliran dan morfologi sungai diperlukan layout sungai.
 - 2) Setelah itu proses selanjutnya adalah memodelkan skema alur memanjang dan cross section sungai. Jarak dari cross section dalam model dibuat dengan ketentuan untuk pias sungai yang lurus 150 sampai dengan 300 m. Selain itu dimasukkan parameter lainnya seperti koefisien *Manning* yang diseragamkan dari hulu ke hilir pada setiap sisi alur model.
 - 3) Kemudian input kondisi batas model yang meliputi kondisi hulu dan hilir. Kondisi batas hulu adalah debit aliran (*flow series*) sungai dari instansi terkait, sedangkan kondisi hilir digunakan kedalaman aliran normal (*normal depth*) berupa muka air dan ditentukan oleh model matematik. Input yang digunakan adalah kemiringan dasar saluran rata-rata.
 - 4) Data sedimen. Data ini bisa didapatkan dari pengambilan sampel yang kemudian dilakukan uji melalui tahapan analisa saringan di laboratorium untuk mendapatkan gradasi butiran sedimen.
6. Hasil dan pembahasan akan didapatkan dari analisis yang dimodelkan dengan *software HEC-RAS*.

Hasil Studi dan Pembahasan

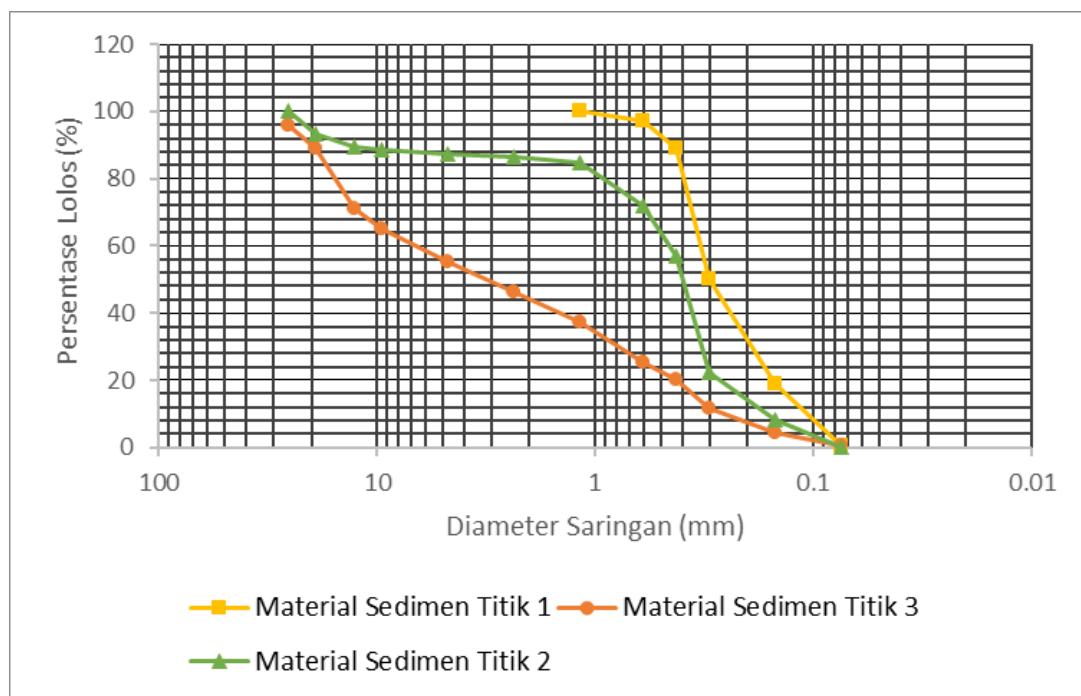
Karakteristik Material Dasar Sungai

a. Gradasi Butiran Sedimen

Data gradasi butiran diperoleh melalui pengujian analisa saringan yang dilakukan di laboratorium. Untuk detail titik pengambilan sampel sedimen dasar dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan hasil analisa saringan pada tiga titik sungai diperoleh grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik Pengambilan Sampel Sedimen



Gambar 4. Grafik Gradasi Butiran Sedimen pada 3 Titik Sungai

Grafik menunjukkan bahwa hasil pengujian analisa saringan di titik 1 lolos 100% pada saringan nomor 8 (2,36 mm), hal ini berarti material sedimen tidak memiliki batuan dan didominasi oleh pasir sedang (*medium sand*). Pada titik 2 material sedimen lolos 100% pada saringan nomor 1 (25,4 mm) namun ada material yang tertahan pada saringan dibawahnya yaitu nomor $\frac{3}{4}$ (19 mm) yang berarti material pada titik ini memiliki sedimen dengan butiran kerikil kasar (*coarse gravel*) akan tetapi tetap didominasi oleh pasir sedang. Sedangkan pada titik 3 meskipun didominasi oleh pasir, sebagian material sedimen dalam jumlah banyak tertahan pada saringan nomor $\frac{1}{2}$ (12,7 mm) yang dimana material sedimen tersebut diklasifikasikan sebagai kerikil sedang (*medium gravel*).

b. Berat Jenis Sedimen

Hasil pengujian berat jenis sedimen dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Sedimen

Nomor Pemeriksaan	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB
Berat Picno, M1 (gr)	51.4	54.95	51.4	54.95	51.4	51.95
Berat Sedimen Kering+Picno, M2 (gr)	100.80	104.93	101.27	104.96	101.19	105.03
Berat Sed. Kering+Air+Picno, M3 (gr)	182.3	184.73	182.76	184.66	182.65	184.56
Berat Air+Picno, M4 (gr)	151.4	153.37	151.4	153.37	151.4	153.37
Temperatur	20	20	20	20	20	20
A = M1-M2	49.40	49.98	49.87	50.01	49.79	50.08
B = M3-M4	30.9	31.36	31.36	31.29	31.25	31.19
C = A-B	18.5	18.62	18.51	18.72	18.54	18.89
Berat Jenis, G1 = A/C	2.67	2.68	2.69	2.67	2.69	2.65
Berat Jenis Rata-Rata		2.68		2.68		2.67

Tabel 1 menunjukkan bahwa material sedimen yang terkandung pada Sungai Mongiilo titik 1 dan 2 adalah pasir berlanau (*silty sand*), dan titik 3 termasuk tipe tanah pasir (*sand*).

Pemodelan HEC-RAS

a. Input Data Geometri

Data geometri digunakan fitur *RAS Mapper* yaitu bagian dari *HEC-RAS* yang memiliki kemampuan untuk mengembangkan model *terrain* dan memvisualisasikan suatu penampang dalam format berbasis peta (USACE, 2016). Untuk menggambarkan alur sungai digunakan bantuan peta DEMNAS yang telah diunduh sebelumnya. Lalu diolah menggunakan *software ArcGIS*.

b. Input Data Sedimen

Data sedimen diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan dimana material yang digunakan adalah sedimen dasar. Hasil analisa saringan tersebut dimasukkan pada bagian *define/edit bed gradation* yang tersedia. Untuk sedimen layang tidak dilakukan karena pada bagian kondisi batas sedimen digunakan *Equilibrium Load*.

c. Input Data Quasi-unsteady Flow

Pemodelan aliran *Quasi-Unsteady* dimaksudkan untuk mengisi kondisi batas (*Boundary Condition Type*) yang terjadi pada bagian hulu dan hilir sungai yang ditinjau. Untuk bagian hulu digunakan data debit harian di hulu sungai tinjauan yang diperoleh dari instansi, sedangkan untuk *Boundary Condition Type* pada hilir sungai digunakan pilihan *Normal Depth* dengan memasukkan data kemiringan sungai.

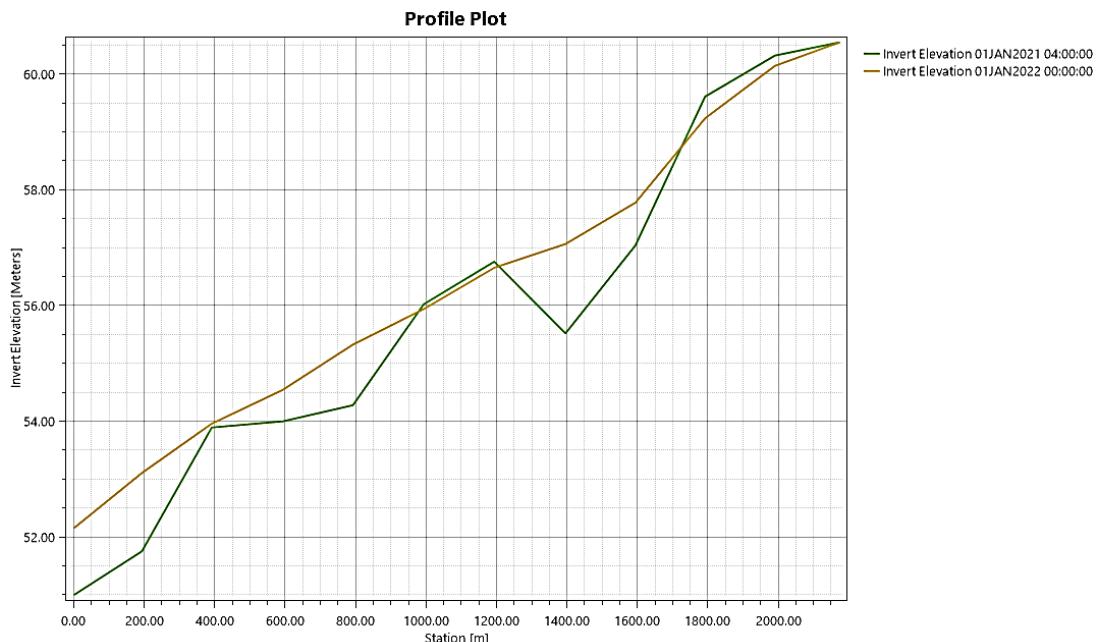
d. Running Sediment Analysis

Setelah semua data yang butuhkan telah terisi lengkap, dilakukan proses *running* dan memastikan tidak ada data input yang terlewat untuk menghindari *error* dalam proses *running*.

e. Output Data (Perubahan Dasar Saluran)

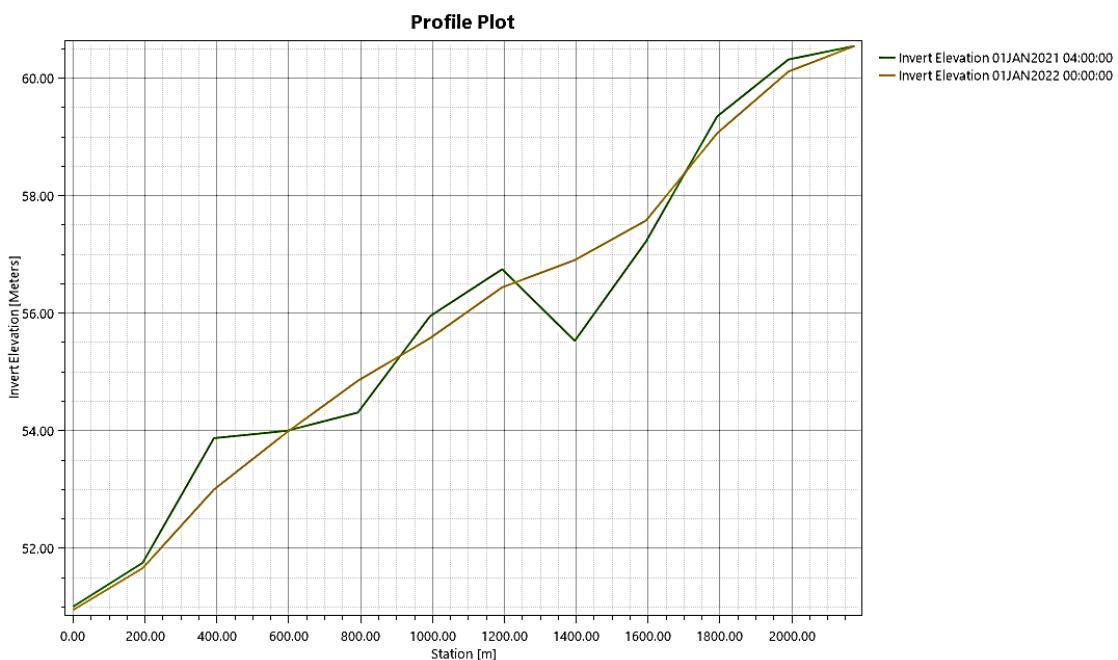
Perubahan dasar saluran dengan tiga metode *transport function* dapat dilihat pada grafik berikut.

1) Perubahan Dasar Sungai Berdasarkan Elevasi (Metode Ackers-White)



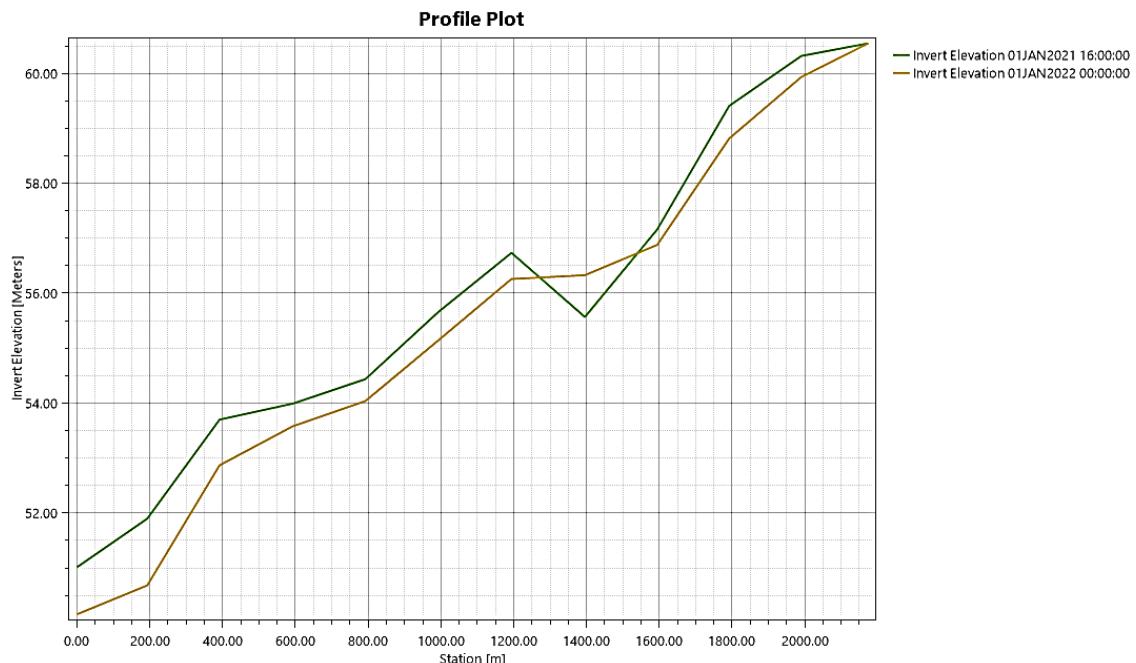
Gambar 5. Grafik Perubahan Dasar Sungai (Metode Ackers-White)

2) Perubahan Dasar Sungai Berdasarkan Elevasi (Metode Yang)



Gambar 6. Grafik Perubahan Dasar Sungai (Yang)

3) Perubahan Dasar Sungai Berdasarkan Elevasi (Metode Meyer-Peter Muller)



Gambar 7. Grafik Perubahan Dasar Sungai (Meyer-Peter Muller)

Perbedaan terjadinya gerusan dan pengendapan pada setiap *river station* dari *output data* simulasi di atas dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut berupa debit, material dasar sungai, dan kemiringan dasar sungai. Semakin tinggi kemiringan dasar sungai antar *river station*, maka akan berakibat pada peningkatan degradasi. Jika sungai curam atau memiliki elevasi lebih rendah dari *river station* sebelumnya, maka akan berakibat pada peningkatan tendensi agradasi. Hal ini berkesinambungan dengan pengaruh debit pada perubahan dasar sungai. Sungai yang curam memiliki arti bahwa debit pun tinggi, sehingga material penyusun dasar sungai pun semakin kasar dan sebaliknya. Jumlah sedimentasi terendapkan (agradasi) dan erosi terangkat (degradasi) di sepanjang alur sungai pada umumnya relatif seimbang.

Laju Sedimentasi Yang Terjadi di Sungai Mongiilo

Tabel 2 menunjukkan selisih yang cukup signifikan antara ketiga rumus angkutan sedimen yang digunakan. Hasil laju sedimen terbesar diperoleh dari metode Yang, lalu disusul oleh Metode Ackers White, dan sedimentasi terkecil diperoleh dari metode Meyer-Peter Muller. Hal ini dikarenakan setiap rumus angkutan dibuat berdasarkan kondisi-kondisi spesifik tertentu di lapangan.

Tabel 2. Output Angkutan Sedimen dari HEC-RAS

River Station	Laju Sedimentasi (ton/tahun)		
	Metode Ackers-White	Metode Yang	Metode MPM
2273	1.242.277,375	1.892.103,500	174.767,438
2089	1.242.277,375	1.892.103,500	174.767,438
1891	1.233.779,500	1.887.196,875	174.402,906
1693	1.181.209,125	1.801.855,500	177.031,781
1494	1.152.677,750	1.781.263,375	175.801,609
1293	1.137.444,125	1.761.845,625	169.552,766
1092	1.118.326,875	1.749.582,000	169.012,406
891	1.112.971,500	1.751.675,625	175.725,484
692	1.077.561,875	1.727.503,000	170.435,312
490	1.065.062,875	1.724.353,000	174.032,219
292	1.057.333,500	1.698.179,375	180.490,688
99	1.026.130,938	1.692.728,000	189.797,500
Rata-rata	1.137.254,401	1.780.032,448	175.484,796

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hitungan Manual

Metode	Manual (ton/tahun)	HEC-RAS (ton/tahun)	Selisih (ton/tahun)
Ackers-White	295.650	1.181.209	885.559
Yang	1.322.395	1.801.856	479.461
MPM	108.770	177.032	68.262

Perhitungan transpor sedimen dasar yang diperoleh dari BWS Sulawesi II mengenai data analisa transportasi, yaitu sebesar 200.674,83 ton/tahun, dihitung dengan menggunakan metode Einstein. Perbandingan data proyek dengan hasil simulasi menggunakan *HEC-RAS* dapat ditinjau pada Tabel 4

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pemodelan HEC-RAS dengan Data Analisa Transportasi Sedimen Dasar Proyek Bendungan Bulango Ulu

Data Proyek (ton/tahun)	Metode		
	Ackers-White	Yang	Meyer Peter Muller
200.674,83	1.137.254,401	1.780.032,448	175.484,796
Selisih (%)	82,4	88,7	12,6

Selisih perbedaan antara pemodelan *HEC-RAS* dengan data analisa proyek bendungan yang paling mendekati yaitu menggunakan metode *Meyer-Peter Muller* dengan selisih 12,6%. Selain memberikan hasil yang mendekati data proyek, metode ini juga dinilai sesuai untuk lokasi penelitian karena secara teoritis diperuntukkan bagi sungai dengan dominasi sedimen berukuran pasir hingga kerikil, seperti karakteristik sedimen Sungai Mongiilo. Hasil antara metode Einstein (digunakan dalam data proyek) dan Meyer-Peter Müller (dalam penelitian ini) menunjukkan nilai yang hampir mendekati, karena keduanya secara prinsip

menghitung angkutan sedimen dasar (*bed load*) dan memiliki kesesuaian terhadap karakteristik Sungai Mongiilo, yang didominasi oleh pasir sedang serta memiliki aliran yang cukup kuat. Kesamaan karakteristik ini menyebabkan perbedaan hasil yang dihasilkan menjadi relatif kecil meskipun menggunakan pendekatan metode yang berbeda. Adapun metode yang menunjukkan selisih cukup signifikan dengan data proyek adalah metode *Yang* yaitu 88,7%.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hal-hal yang dapat disimpulkan dari hasil dan pembahasan di atas yaitu:

1. **Untuk memodelkan sedimentasi di HEC-RAS, diperlukan tiga jenis data utama**, yaitu data geometri, data sedimen, dan data debit sungai. Data geometri diperoleh dari RAS Mapper untuk membentuk profil sungai. Data sedimen berasal dari hasil uji laboratorium dan diinput melalui Sediment Data Editor. Sementara data debit dimasukkan pada Quasi-Unsteady Flow Editor, dengan menyertakan debit di hulu dan hilir sungai, serta parameter pendukung seperti suhu dan kemiringan dasar sungai. Setelah semua data terinput, HEC-RAS dapat menjalankan simulasi untuk memodelkan distribusi sedimen sepanjang sungai.
2. Dari hasil pengujian karakteristik sedimen pada Sungai Mongiilo, diperoleh material sedimen pada ketiga titik didominasi oleh pasir sedang (*medium sand*) dengan berat jenis rata-rata 2,67 yang berarti material sedimen adalah pasir (*sand*). Setelah dilakukan pemodelan *HEC-RAS* dengan menggunakan tiga metode *transport function* diperoleh hasil laju angkutan sedimen rata-rata sebagai berikut:
 - a) Metode Ackers-White = 1.137.254,401 ton/tahun
 - b) Metode Yang = 1.780.032,448 ton/tahun
 - c) Metode MPM = 175.484,796 ton/tahun

Saran

Penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan, salah satunya adalah penggunaan pemodelan yang masih terbatas pada bentuk satu dimensi (1D). Pemodelan satu dimensi memang memberikan gambaran awal yang cukup baik terhadap fenomena yang dikaji, namun belum mampu mempresentasikan kondisi yang kompleks secara menyeluruh di lapangan. Selain itu, data geometri yang digunakan dalam pemodelan diperoleh dari RAS Mapper dan belum divalidasi melalui pengukuran langsung di lapangan. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, komprehensif, dan mendekati kondisi lapangan, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan pendekatan pemodelan dua dimensi (2D) atau tiga dimensi (3D), serta dilengkapi dengan data geometri hasil survei lapangan secara langsung guna meningkatkan keandalan hasil pemodelan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Sulawesi II yang telah membantu dalam pemberian data pada penelitian ini.

Daftar Referensi

Asdak, C., 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hydrologic Engineering Center, 2016. *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual 5.0*. Davis, CA: US Army Corps of Engineers.

Lestari, P. W., 2019. *Studi Laju Sedimentasi Pada Sungai Bedadung Menggunakan Program HEC-RAS 5.0.5*. Jember: Digital Repository Universitas Jember.

Nakulo, P., 2015. *Analisis Erosi Sedimentasi di Sub Daerah Aliran Sungai Mongiilo*. Gorontalo: UNG Repository.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015. *Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai*. No. 04/PRT/M/2015.

Rhamanda, R., 2019. *Model Angkutan Sedimen Sedimen Sungai Kelekar dengan Menggunakan Program Aplikasi HEC-RAS*. Palembang: Digital Repository Universitas Sriwijaya.

Tantowi, D. A., 2020. *Kajian Sedimentasi di Saluran Irigasi Sekunder Menggunakan Program HEC-RAS versi 4.1*. Jember: Repository UM Jember.