

## Pemodelan Agradasi Degradasi Dasar Sungai Konaweha Hilir Menggunakan HEC-RAS 6.4.1, Sulawesi Tenggara

Widiawati Rustan<sup>1</sup>, Hadi Khardana<sup>2</sup>, Agus santoso<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat

<sup>3</sup> Subdirektorat Keamanan Bangunan Air, Direktorat Bina Teknik Sumber Daya Air, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jalan Pattimura No.20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan 12110, Indonesia  
25822013@mahasiswa.itb.ac

### Abstract

The Konaweha River is one of the valuable natural resources in the Southeast Sulawesi region. This river not only serves as a vital water source for the community but also harbors a rich river ecosystem, playing a crucial role in maintaining environmental balance. Analysis related to flow characteristics and sedimentation is essential in formulating flood adaptation and mitigation measures. However, such analyses have been limited in important rivers in Indonesia, including the Konaweha River in Konawe Regency, Southeast Sulawesi. Therefore, this study aims to analyze changes in the riverbed elevation over a 10-year period from 2021 to 2030 due to sedimentation under daily discharge conditions. This research serves as a case study for sedimentation analysis through Sediment Transport Modeling. The modeling results indicate that the Konaweha River has the potential for Aggradation and Degradation. Based on sediment transport modeling, the Konaweha IV section (upper reaches) is dominated by Aggradation, while the Konaweha II and Konaweha III sections (middle reaches) show a tendency of both degradation and aggradation, with stability. In contrast, the Konaweha I section (lower reaches) is dominated by degradation, even though the riverbed elevation does not experience a significant increase during the period from 2021 to 2030. The total volume of aggradation and degradation over the 10-year period is 1,488,306 tons and 1,181,249 tons.

**Keywords:** Sediment transport; degradation; aggradation; river Konaweha; model

### Abstrak

Sungai Konaweha adalah salah satu sumber daya alam yang sangat berharga di wilayah Sulawesi Tenggara. Sungai ini bukan hanya menjadi sumber air yang vital bagi masyarakat, tetapi juga memiliki ekosistem sungai yang kaya serta berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Analisis terkait karakteristik aliran dan sedimentasi sangat diperlukan dalam merumuskan tindakan adaptasi dan mitigasi banjir. Namun demikian, analisis ini belum banyak dilakukan di sungai-sungai penting di Indonesia, termasuk di Sungai Konaweha, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan elevasi dasar sungai yang terjadi dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 2021 hingga tahun 2030 akibat sedimentasi pada kondisi debit harian. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi studi kasus analisis sedimentasi melalui pemodelan Angkutan Sedimen. Hasil dari pemodelan dapat disimpulkan bahwa Sungai Konaweha Sungai Konaweha memiliki potensi Agradasi dan Degradasi, Berdasarkan hasil pemodelan transportasi sedimen, ruas Konaweha IV (hulu) didominasi oleh Agradasi, kemudian ruas Konaweha II dan Konaweha III (tengah) menunjukkan degradasi serta aggradasi cenderung stabil. Lalu pada ruas Konaweha I (hilir) didominasi oleh degradasi. Walaupun perubahan dasar sungai nya tidak terlalu mengalami kenaikan selama tahun 2021-2030. Total volume aggradasi dan degradasi selama kurun waktu 10 tahun adalah 1.488.306 Ton dan 1.181.249 Ton

**Kata kunci:** Angkutan Sedimen; degradasi;agradasi; Sungai Konaweha; model

Copyright (c) 2024 Widiawati Rustan, Hadi Khardana, Agus santoso

✉ Corresponding author: Widiawati Rustan

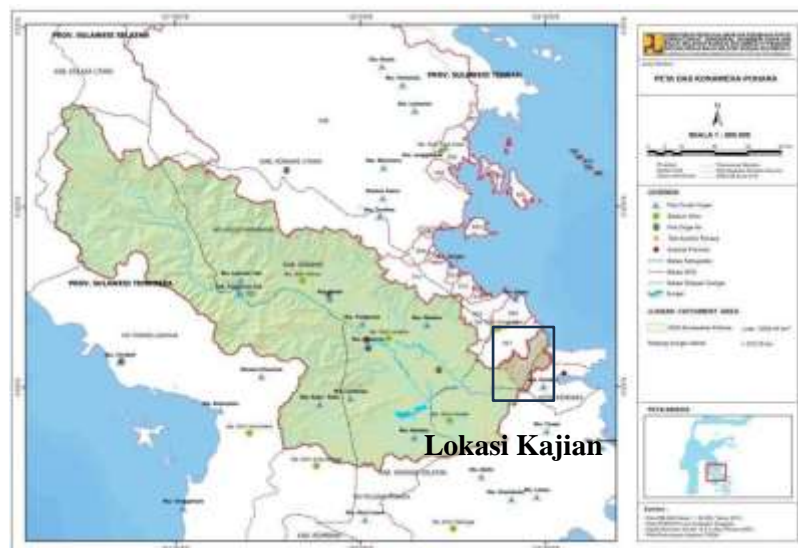
Email Address: 25822013@mahasiswa.itb.ac.id (, Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat)

Received 10 January 2024, Accepted 16 January 2024, Published 18 January 2024

## PENDAHULUAN

Sungai Konaweha adalah salah satu sumber daya alam yang sangat berharga di wilayah Sulawesi Tenggara. Sungai ini bukan hanya menjadi sumber air yang vital bagi masyarakat, tetapi juga memiliki ekosistem sungai yang kaya serta berperan penting dalam menjaga keseimbangan

lingkungan. Sejalan dengan laju perkembangan masyarakat terutama yang tinggal dan melakukan aktivitas di dataran banjir, maka persoalan yang ditimbulkan oleh banjir dari waktu ke waktu semakin meningkat. Banjir besar yang pernah terjadi tahun 2018 dan 2019 di daerah sekitar Kec. Morosi akibat meluapnya Sungai Konaweha menimbulkan kerusakan sarana fasilitas umum dan daerah permukiman. Kondisi ini lebih diperburuk lagi dengan adanya gerusan aliran sungai yang menimbulkan kerusakan tebing sungai yang mengancam fasilitas penting. Erosi yang disebabkan oleh air ada berbagai macam, salah satunya adalah erosi tebing Sungai yaitu tebing yang mengalami penggerusan air yang dapat menyebabkan longsohnya tebing-tebing pada belokan-belokan Sungai ( Soemarto, 1999).



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

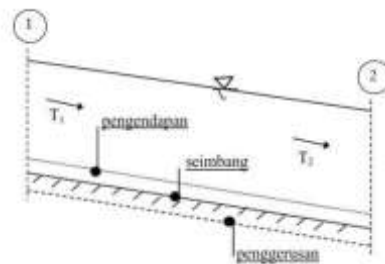
Perubahan geometrik sungai seperti akibat sedimentasi menyebabkan perubahan penampang basah. Dampak dari perubahan tersebut antara lain seperti kecepatan aliran meningkat dan turbulensi pada segmen tertentu, menyebabkan scouring pada lereng sungai yang material pembentuknya mempunyai faktor erodibilitas tinggi. Scouring pada lereng sungai menyebabkan perubahan alur yang signifikan, dimana pada sisi tertentu terjadi penambahan lebar dan pada sisi lainnya pengurangan akibat pendangkalan, dimana kasus demikian banyak terjadi pada cekungan sungai. Jika hal ini terjadi dan tidak menimbulkan dampak umumnya dianggap fenomena alam, namun sebaliknya jika terjadi pada wilayah pemukiman, infrastruktur transportasi dan lainnya, dampaknya yakni kerusakan yang akan menghasilkan kerugian materil.

Analisis terkait karakteristik aliran dan sedimentasi sangat diperlukan dalam merumuskan tindakan adaptasi dan mitigasi banjir. Namun demikian, analisis ini belum banyak dilakukan di sungai-sungai penting di Indonesia, termasuk di Sungai Konaweha, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan elevasi dasar sungai yang terjadi dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 2021 hingga tahun 2030 akibat sedimentasi pada kondisi debit harian. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi studi kasus analisis sedimentasi melalui

pemodelan

### Angkutan Sedimen

Sungai disebut dalam keadaan seimbang jika kapasitas sedimen yang masuk ( $Q_{in}$ ) pada suatu penampang memanjang sungai sama dengan kapasitas sedimen yang keluar ( $Q_{out}$ ) dalam satuan waktu tertentu (Ismail Saud, 2008). Proses pengendapan di sungai dapat terjadi apabila jumlah sedimen yang masuk melebihi kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu tertentu sedangkan proses erosi di sungai dapat terjadi apabila jumlah sedimen yang masuk kurang dari kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu tertentu.



Gambar 2. Skema Angkutan Sedimen Melalui dua tampang sungai

Angkutan sedimen dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada dasar sungai. pada Gambar 1. diperlihatkan bahwa angkutan sedimen pada suatu ruas sungai, akan mengalami penggerusan (erosi) atau pengendapan (deposisi), tergantung dari besar kecilnya angkutan sedimen yang terjadi sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kondisi Dasar Sungai

Angkutan Sedimen (T)	Perubahan Dasar Sungai	
	Sedimen	Dasar Sungai
$T_1 = T_2$	Seimbang	Stabil
$T_1 < T_2$	Erosi	Degradasi
$T_1 > T_2$	Sedimentasi	Agradasi

### Analisis Angkutan Sedimen

Pada penelitian ini persamaan yang digunakan untuk analisis angkutan sedimentasi yaitu Laursen, dengan model persamaan sebagai berikut:

Rumus Laursen diperoleh secara empirik untuk memprediksi angkutan sedimen di sungai, karena range data yang digunakan sangat besar. Metode ini dikembangkan untuk analisis sedimen seragam dan tidak seragam. Berikut adalah persamaan Fungsi prediksi angkutan sedimen total ini diturunkan dari kombinasi analisis kualitatif, eksperimen langsung, dan data pendukung. Rentang ukuran nilai tengah

sedimen yang diaplikasikan antara 0,11 sampai 29 mm. (HEC-RAS Sediment Transport User Manual, 2020)

$$C_m = 0,01\gamma \left(\frac{ds}{D}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau_o}{\tau_c} - 1\right) f\left(\frac{u^*}{\omega}\right)$$

Dimana :

$C_m$  = konsentrasi aliran sedimen

$\gamma$  = berat jenis air

$d_s$  = nilai tengah diameter partikel

$D$  = kedalaman efektif

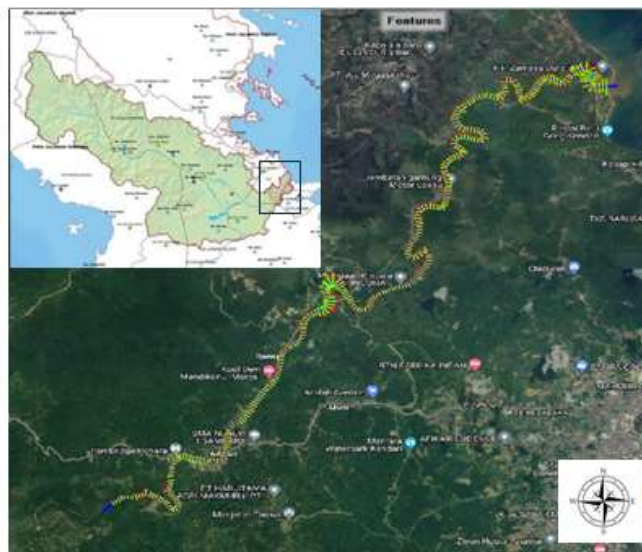
$\tau_o$  = tegangan geser dasar

$\tau_c$  = tegangan geser dasar kritis

$f\left(\frac{u^*}{\omega}\right)$  = fungsi dari rasio kecepatan geser dan kecepatan jatuh

## METODE

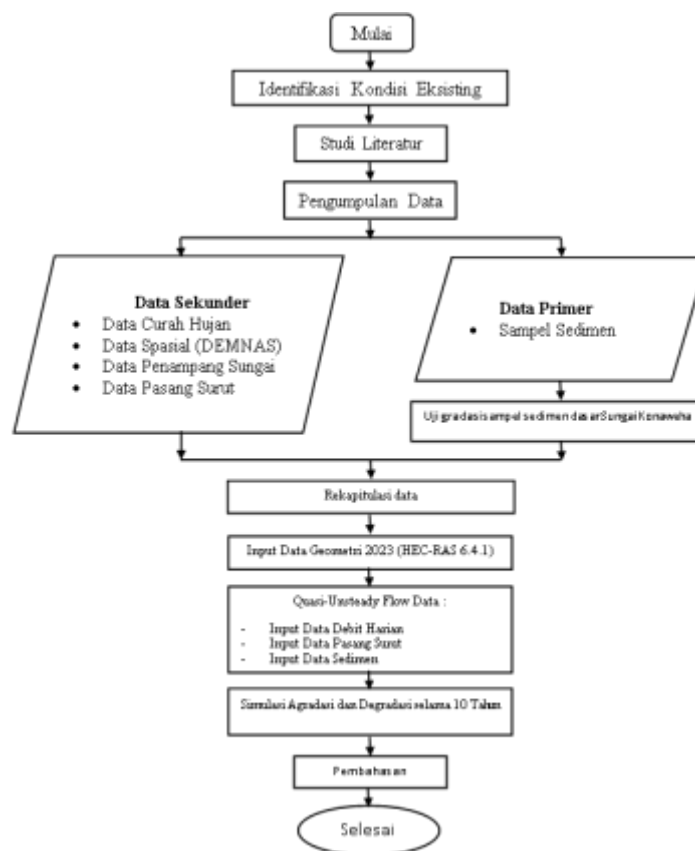
Secara administratif, lokasi penelitian ini terletak di Sungai Konaweha bagian Hilir sepanjang 32 km dari Hilir, di mana lokasi ini atau titik kontrolnya berada pada koordinat geografis 3°51'49.057" LS dan 122°30'30.743" BT sampai 3°59'49.018"LS dan 122°22'42.493"BT zona UTM 51 S. Dari hasil deliniasi menggunakan bantuan Software Arc-GIS dan HEC HMS 4.10, Sungai Konaweha ini memiliki luas DAS yaitu 6972.018 km<sup>2</sup> panjang sungai 219,076 km.



Gambar 3. Lokasi Kajian

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder dan primer. Dimana untuk data sekunder diperoleh dari BBWS Sulawesi IV Kendari berupa data curah hujan antara 2003-2022, Geometri Sungai Tahun 2023, Debit Harian dan Data Pasang Surut. Untuk data primer yaitu pengambilan sampel sedimen sebanyak 3 titik. Sampel-sampel tersebut kemudian di Uji di Laboratorium Universitas Hasanuddin Kabupaten Gowa dengan pengujian analisa saringan untuk memperoleh nilai gradasi butiran. Penelitian ini menggunakan data curah hujan maksimum tahunan pada DAS Konaweha yang meliputi 7 (Tujuh) stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Abuki, Lambuya, Lasusua, Tamboli, Atari Lama, Baito dan Marga Cinta/Moramo. Data curah hujan yang digunakan merupakan data hujan selama 20 tahun dari tahun 2003 s.d 2022. Hujan harian didistribusikan

menjadi hujan jam-jaman (6 jam) menggunakan PSA-007 kemudian dilakukan analisis menggunakan HEC-HMS. Data curah hujan di analisis untuk memperoleh debit banjir rancangan. Dari hasil pengumpulan data dan pengujian dilakukan untuk memodelkan angkutan sedimentasi dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 6.4.1 ID menggunakan kondisi Aliran Quasy-Unsteady Flow untuk mengetahui perubahan elevasi dasar sungai yang terjadi akibat pengaruh erosi dan sedimentasi. Simulasi dilakukan dengan memasukkan Boundary Condition RS Hulu data debit harian model Sacramento dan kemiringan sungai sedangkan Boundary Condition RS Hilir menggunakan data Pasang Surut. Hasil pemodelan sedimen yang diperoleh adalah besaran angkutan sedimen dan perubahan morfologi pada penampang sungai yang terjadi berupa sedimentasi atau erosi selama periode waktu. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

### **Data Primer dan Sekunder**

#### **1. Data Sedimen**

Pengambilan data sedimen dasar dan sedimen layang dilakukan langsung dilapangan pada 3 (tiga) lokasi pengambilan yaitu bagian hulu, tengah dan hilir sungai. Pengambilan sampel sedimen dasar dilakukan dengan menggunakan grabbing sampler yang umumnya memiliki bentuk mirip alat keruk, seperti sekop atau van veen sampler. Material dasar sungai diambil di titik lokasi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4, dan ditempatkan dalam wadah berukuran 1,5 hingga 3,0 liter. Sementara itu, pengambilan sampel sedimen melayang (suspended load) menggunakan alat berupa botol dengan ukuran minimal 600 ml. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan menempatkan

mulut botol berlawanan arah aliran sungai pada titik yang telah ditentukan sebelumnya. Sampel sedimen kemudian diuji di laboratorium untuk mendapatkan ukuran butiran dan konsentrasi sedimen, yang nantinya akan digunakan dalam pemodelan sedimentasi pada penelitian ini.



(Sumber : Google Earth)

Gambar 5. Layout Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen

## 2. Data Debit Harian

Informasi mengenai debit harian diperoleh dari Pos Duga Air (PDA) Grandis dan memiliki rentang data selama 10 tahun, sesuai dengan keperluan simulasi dalam penelitian ini. Data tersebut menjadi parameter batas untuk bagian hulu dalam pemodelan perubahan dasar Sungai Konaweha, menggunakan debit aliran harian selama periode 10 tahun, yakni dari 2013 hingga 2022.

## 3. Data Pasang Surut

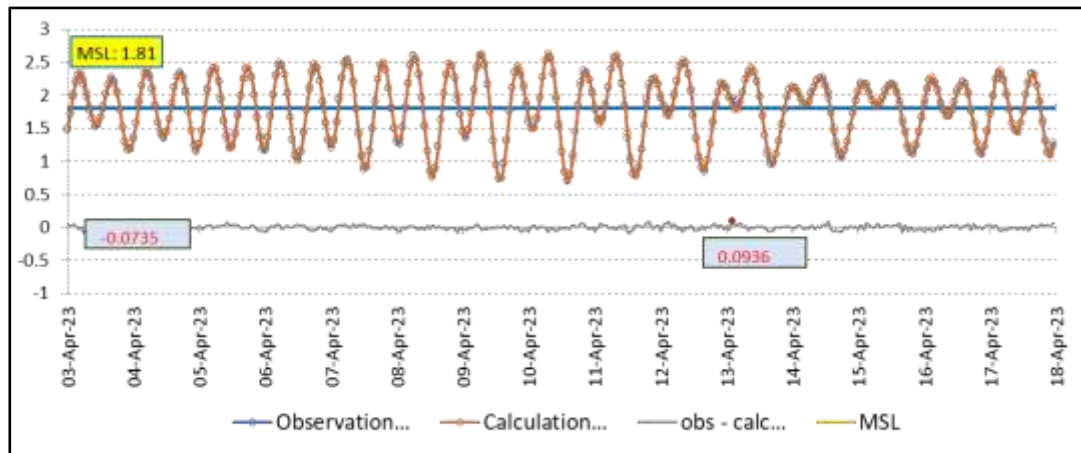
Data Pasang surut hasil observasi selama 15 hari yang telah dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan metode Least Square dimana hasil keduanya harus mendekati seperti gambar 6. Data hasil observasi pasang surut tersebut diperoleh dari dokumen Perencanaan Pembangunan pengendali banjir dan erosi tebing Sungai Konaweha oleh BWS Sulawesi IV Kendari.

Dengan merujuk pada Gambar 4, diperoleh parameter amplitude, periode, dan fase yang nantinya dapat diterapkan dalam peramalan pasang surut. Secara teoritis, panjang data peramalan yang diperlukan untuk mendapatkan nilai yang akurat adalah selama 18,6 tahun, yang merupakan periode ulang pasang surut. Proses pengolahan data pasang surut yang sama terkait dengan periode ini.

Perpindahan titik puncak orbit bulan terjadi setiap 18,6 tahun, sehingga dapat dipastikan bahwa saat terjadinya pasang surut terendah dalam interval waktu 18,6 tahun, berada pada satu siklus gelombang. (Ulum & Khomsin, 2013).

Dari proyeksi yang mencakup periode 18,6 tahun, hasilnya dapat diekstraksi khusus untuk jangka waktu 10 tahun, yang kemudian digunakan dalam pemodelan perubahan dasar sungai pada penelitian ini. Pemodelan ini fokus pada transformasi sungai dari Januari 2021 hingga Desember

2030. Data pasang surut hasil peramalan dijadikan sebagai kondisi batas pada bagian hilir dalam proses pemodelan.



(Sumber : Dokumen DED Pembangunan Pengendalian Banjir dan Erosi Tebing Sungai Konaweha, BWS Sulawesi IV Kendari).

Gambar 6. Perbandingan data pasang surut observasi dengan hasil perhitungan

#### 4. Koefisien Kekasaran

Penampang melintang sungai dirancang dengan menggunakan rumus aliran seragam, kecuali pada bagian sungai yang terpengaruh oleh aliran balik (pengempangan). Pengukuran nilai kekasaran Manning perlu memperhatikan kondisi dasar sungai, dinding tebing sungai, dan upaya pemeliharaan sungai. Berdasarkan hasil analisis didapatkan ke dalam aliran pada debit 0.29 m<sup>3</sup>/detik sebesar 0,16 meter, sedangkan pada hasil pengukuran debit sesaat di lapangan didapatkan nilai kedalaman aliran sebesar 0,15 meter, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi nilai Manning agar pemodelan hidraulika nantinya sesuai dengan kondisi lapangan. Kalibrasi ini dilakukan dengan cara mengurangi nilai Manning agar mendekati nilai kedalaman hasil pengukuran lapangan. Setelah dilakukan kalibrasi didapatkan nilai Manning sebesar 0,045 dari sebelumnya 0,042.

Tabel 2. Analisis Pengukuran Debit sesaat di lapangan.

No	Q (m <sup>3</sup> /s)	A (m <sup>2</sup> )	V rerata (m/s)	P (m)	R (m)	S	n (manning)	Keterangan
1	35.209	176.0462	0.200	71.682	2.456	0.00001	0.029	Konaweha Hulu
2	68.451	488.04	0.140	96.694	5.047	0.00001	0.066	Konaweha Tengah
3	151.925	584.5649	0.260	137.676	4.246	0.00001	0.032	Konaweha Hilir
Rata-rata							0.042	

## HASIL DAN DISKUSI

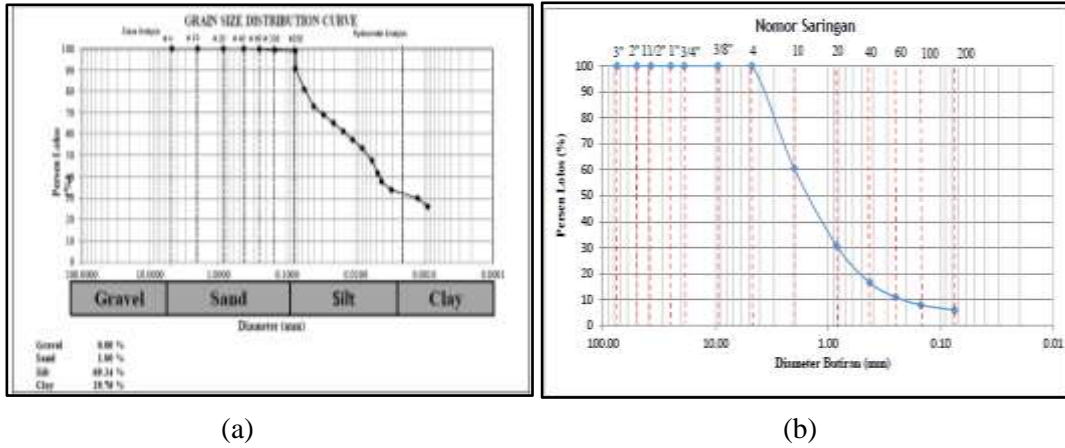
### Analisis Sampel Sedimen

Data sampel sedimen yang telah diambil di lapangan dilakukan pengujian di laboratorium

untuk memperoleh gradasi butiran sedimen dasar dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Sampel Sedimen Hasil Pengujian analisa Saringan di Laboratorium.

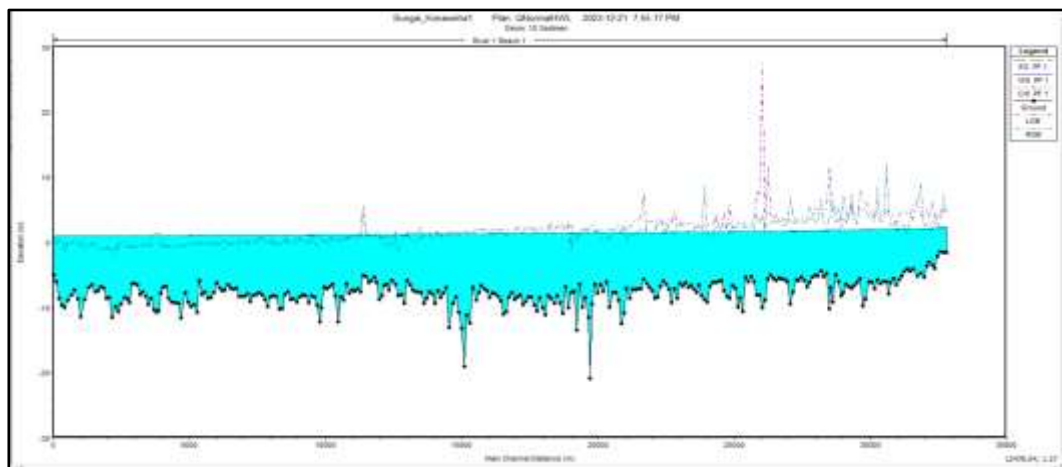
Sampel	Ukuran Sedimen			Keterangan
	d35	d50	d90	
	mm	mm	mm	
1	1	1.35	2.7	hulu
2	0.013	0.034	0.15	tengah
3	0.002	0.007	0.075	hilir



Gambar 7. (a) Grafik uji gradasi sedimen Bagian Hilir (b) Grafik uji gradasi sedimen Bagian Hulu

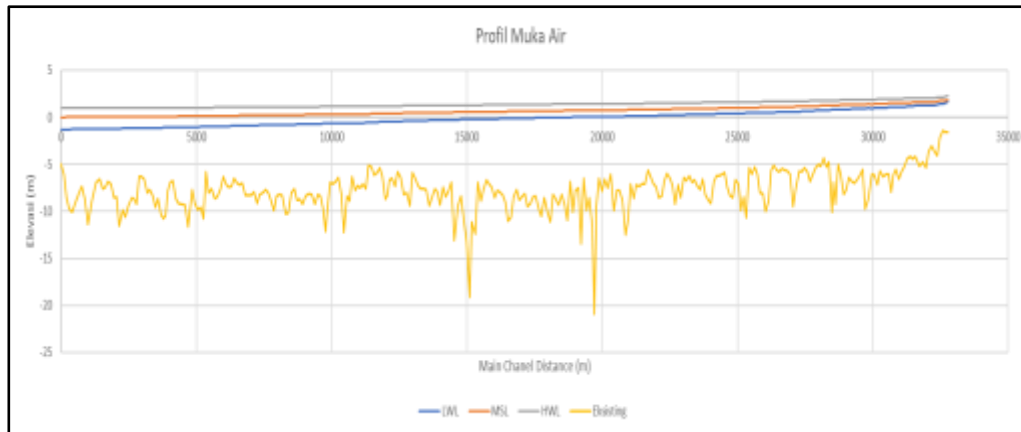
**Analisis Batas Pasang Surut**

Untuk analisis batas pasang surut menggunakan program komputer HEC-RAS, dimana fungsi analisis ini untuk mengidentifikasi batas Pasang surut air laut di lokasi tinjauan. Untuk batas hulu digunakan data debit harian rata – rata tahun 2022 Sungai Konaweha sebesar 259.6454 m3/detik, karakteristik saluran untuk nilai koefisien n Manning 0,045 dan batas hilir digunakan data pasang surut yaitu HWL = 2.77; MSL = 1,81; dan LWL = 0,48. Dari hasil simulasi menunjukkan Lokasi tinjauan sepanjang 32 km.



Gambar 8. Pasang Surut saat kondisi Q Rata-rata Tahun 2022 dengan HWL





Gambar 9. Batas Pasang Surut saat Kondisi Q Rata-rata Tahun 2022

### *Pemodelan Agradasi dan Degradasi Dasar Sungai*

Hasil analisis butiran sedimen tersebut digunakan sebagai parameter pada HEC-RAS 6.4.1. Selanjutnya, untuk pemodelan agradasi dan degradasi dasar sungai selama periode 10 tahun, data batimetri tahun 2023 diimplementasikan, seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Berdasarkan simulasi model agradasi dan degradasi dasar tersebut, dapat disimpulkan bahwa selama periode 10 tahun, terjadi agradasi dan degradasi dasar sungai sebagai hasil dari sedimentasi. Kemiringan Sungai Konawehea, yakni sekitar 0,00001, dan material butiran dasar sungainya didominasi oleh partikel pasir sedang, yang mengindikasikan potensi terjadinya pengendapan atau sedimentasi.

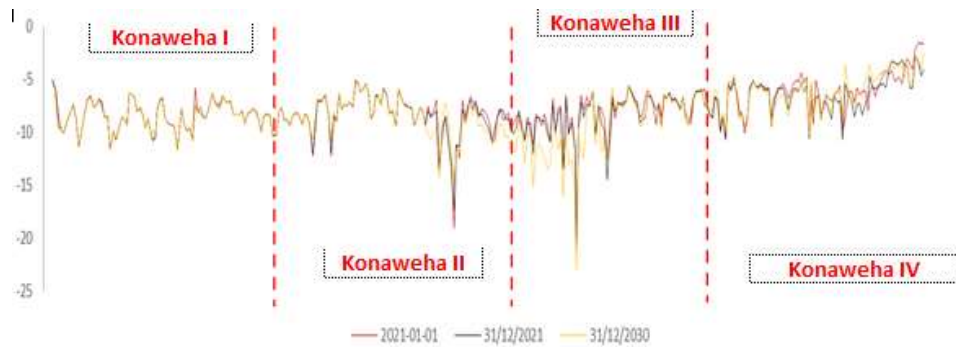
Berdasarkan hasil pemodelan transportasi sedimen, ruas Konawehea IV (hulu) didominasi oleh Agradasi, kemudian ruas Konawehea II dan Konawehea III (tengah) menunjukkan degradasi serta agradasi. Lalu pada ruas Konawehea I (hilir) didominasi oleh degradasi Walaupun perubahan dasar sungai nya tidak terlalu mengalami kenaikan. Berikut diatas merupakan rekapitulasi hasil pemodelan transportasi sedimen di Sungai Konawehea tahun 2021-2030.

Sungai dapat dikatakan dalam keadaan seimbang apabila kapasitas sedimen yang masuk ( $Q_{in}$ ) pada suatu penampang memanjang sungai sama dengan kapasitas sedimen yang keluar ( $Q_{out}$ ) dalam satuan waktu tertentu. Apabila kapasitas sedimen yang masuk kurang dari kapasitas sedimen yang keluar maka terjadi penggerusan atau erosi, sebaliknya ketika kapasitas sedimen yang masuk lebih dari kapasitas sedimen yang keluar maka terjadi pengendapan atau deposisi. sehingga diperoleh hasil seperti pada Tabel 4 dan Gambar 10 dan 11.

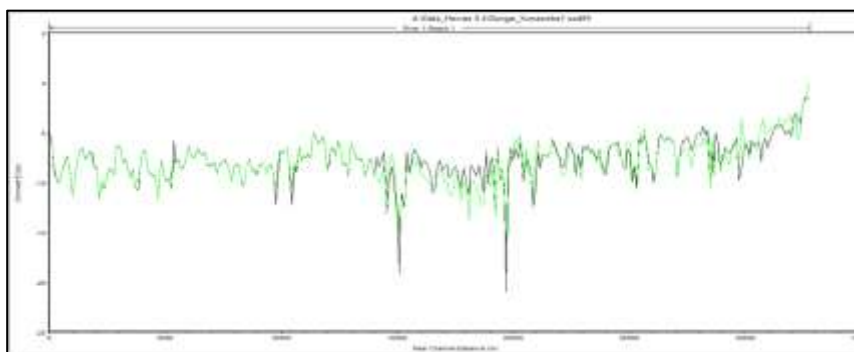
Tabel 4. Rekapitulasi hasil pemodelan transportasi

Ruas	Sta	1 Tahun		10 Tahun	
		Sedimentasi	Erosi	Sedimentasi	Erosi
		Ton	Ton	Ton	Ton
Konawehea I	0 - 7+043	21256.3	64952.44	59743.394	64760.56
Konawehea II	7+043 - 16+089	83108.702	106372.8	313179.05	242583.9
Konawehea III	16+089 - 24+165	203292.81	191969.1	516568.22	532575.5

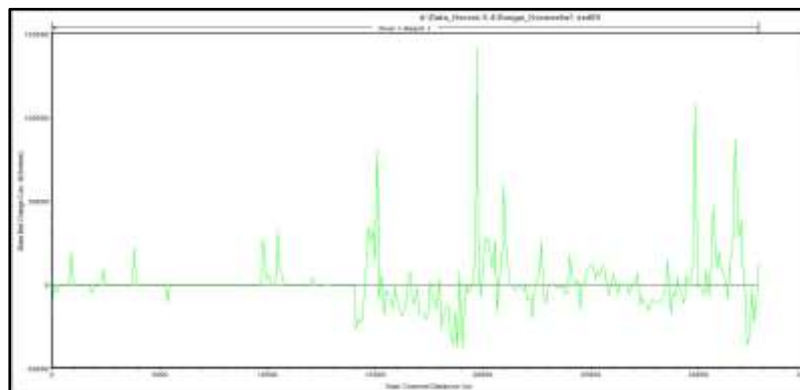
Konaweha IV	24+165 - 32+021	311264.63	436258.4	598815.96	341329.5
Total	32021	618922.44	799552.8	1488306.6	1181249



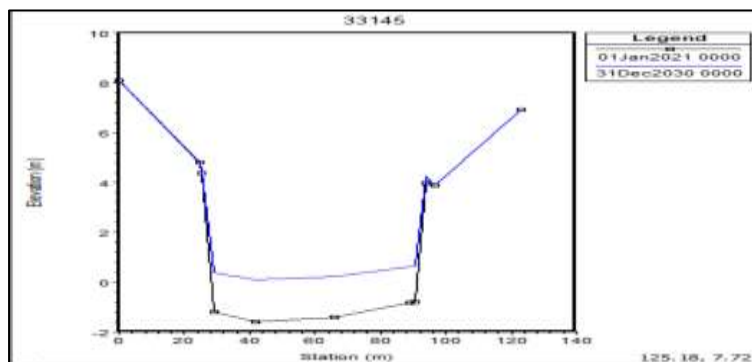
Gambar 10. Lokasi Peninjauan



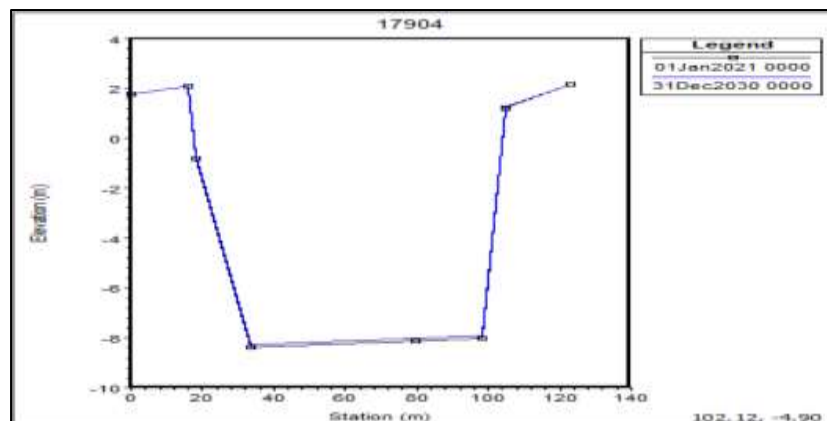
Gambar 11. Model Angkutan sedimen dan perubahan elevasi dasar sungai



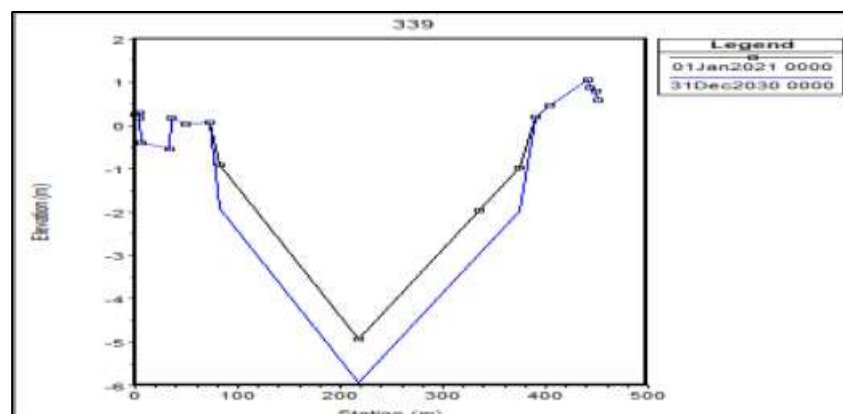
Gambar 12. Profil Mass Bed Change



Gambar 13. Profil perubahan dasar sungai selama 10 tahun sta. 33145



Gambar 14. Profil perubahan dasar sungai selama 10 tahun sta. 17904



Gambar 15. Profil perubahan dasar sungai selama 10 tahun sta. 339

Pada Gambar 13,14 dan 15 diatas menunjukkan bahwa penampang sungai pada segmen hulu Sta.33145, segmen tengah Sta. 17904 hingga segmen hilir Sta. 339 Sungai Konaweha selama 10 (Sepuluh) tahun mengalami perubahan morfologi berupa cenderung erosi di dasar sungai. Salah satu penyebab terjadinya degradasi di Sungai Konaweha yaitu ketika aliran air yang melewati sungai mengalami arus yang cukup besar, material pada sungai dapat terlepas dari dasar dan dinding sungai sebagai proses erosi dan terbawa oleh aliran air, kemudian pada saat aliran air mulai lemah atau melambat hingga daya angkut sedimennya berkurang maka material sungai yang terbawa oleh aliran akan mengendap di dasar sungai.

Sedimentasi tersebut merupakan faktor utama pembentuk morfologi sungai akibat angkutan sedimen yang terjadi melalui fenomena erosi dan pengendapan sedimen. Hal ini yang mempengaruhi terjadinya perubahan terhadap kedalaman dan lebar sungai sehingga mengurangi kapasitas Sungai Konaweha.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui besaran sedimentasi dan erosi dasar Sungai Konaweha sehingga dapat membantu pihak-pihak terkait dalam menentukan pola pengelolaan dan pemeliharaan pada sungai tersebut.

## **KESIMPULAN**

Sungai Konaweha memiliki potensi Agradasi dan Degradasi, Berdasarkan hasil pemodelan transportasi sedimen, ruas Konaweha IV (hulu) didominasi oleh Agradasi, kemudian ruas Konaweha II dan Konaweha III (tengah) menunjukkan degradasi serta agradasi cenderung stabil. Lalu pada ruas Konaweha I (hilir) didominasi oleh degradasi Walaupun perubahan dasar sungai nya tidak terlalu mengalami kenaikan selama tahun 2021-2030. Total volume agradasi dan degradasi selama kurung waktu 10 tahun adalah 1.488.306 Ton dan 1.181.249 Ton.

## **REFERENSI**

- Asdak, C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Basim, S. A., Daham, M. H., & Abed, B. S. (2020). Simulation of Sediment Transport in the Upper Reach of Al-Gharraf River. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 901(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/901/1/012012>
- Harjono, & Widhiastuti, Y. (2019). Analisa Hidrologi dan Hidrolika pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Pacal Bojonegoro. Rekayasa Sipil, 16-23.
- Ibrahim, I. M., Harsanto, P., & Wisnulingga, B. K. (2022). Evaluasi Morfologi Dasar Sungai Winongo Dengan Hec-Ras 5.0.7. Jurnal Teknik Sipil, 17(1), 45–50. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i1.6390>.
- Kironoto, B. A. (2003). Diktat Hidraulika: Transpor Sedimen. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Saud, Ismail., 2008, Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya, Surabaya : FTSP-ITS
- Soemarto, CD., 1995. Hidrologi Teknik, Edisi II, Erlangga, Jakarta.
- US Army Corps of Engineers. (2020). HEC-RAS Sediment Transport User's Manual. <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rassed1d/1d-sediment-transport-user-s-manual> (diakses 30 Juni, 2023)
- Ulum, M., and Khomsin, K. (2013). Perbandingan Akurasi Prediksi Pasang Surut Antara Metode Admiralty Dan Metode Least Square. Geoid, 9(1), 65. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v9i1.746>