

SEDIMENT TRANSPORT MODELLING TERHADAP PENGARUH DEBIT DAN PASANG SURUT PASCA PERENCANAAN JETTY DI MUARA SUNGAI AIR HITAM BENGKULU

(Sediment Transport Modelling Due to Discharge and Tides Influence Post Jetty Planning In The Air Hitam River Estuary Bengkulu)

M Gilang Indra Mardika¹, Indri Rahmandhani Fitriana¹ Mekel Grendy Ginting¹

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan Institut Teknologi Sumatera
E-mail: m.indra@si.itera.ac.id

Diterima 27 Juli 2025, Disetujui 25 April 2026

ABSTRAK

Kabupaten Bengkulu Tengah merupakan suatu kawasan di mana muara sungai Air Hitam yang terletak di kabupaten tersebut terjadi beberapa masalah, seperti muara yang bergeser diakibatkan sedimentasi dan pendangkalan muara sungai. Karakteristik sedimen, kecepatan aliran serta pengaruh bangunan disekitar muara merupakan faktor terjadinya sedimentasi dan pendangkalan. Penelitian ini menggunakan data primer berupa sampel sedimen pada 3 titik dengan masing-masing terdapat 3 titik sampling. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sedimentasi pada sungai Air Hitam pasca perencanaan bangunan jetty pada ujung muara. Pengujian laboratorium dan pemodelan menggunakan HEC-RAS dilakukan untuk mengetahui gradasi butiran sedimen dan berat jenisnya. Hasil pengujian laboratorium menghasilkan gradasi sedimen berupa pasir, dengan berat jenis yang tergolong sebagai tanah anorganik. Perhitungan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada debit banjir rencana pada periode ulang 25 tahun menunjukkan nilai debit puncak sebesar 307,011 m³/s. Hasil pemodelan HEC-RAS endapan sedimen yang tidak terlalu signifikan pasca perencanaan bangunan jetty pada muara. Hal ini dipengaruhi oleh jenis sedimen dominan pasir dengan kecepatan endap yang sangat rendah sebesar 0,00000002753 m/s sementara kecepatan aliran pada titik yang sama sebesar 3,38 m/s.

Kata Kunci: muara, sungai, sedimentasi, jetty, HEC-RAS.

ABSTRACT

Central Bengkulu Regency is an area where the Air Hitam River estuary, located within the regency, was experiencing several problems, such as shifting estuaries due to sedimentation and shallowing. Sediment characteristics, flow velocity, and the influence of structures around the estuary were factors in this sedimentation and shallowing. This study uses data form of sediment samples collected at 3 locations as primary data, each with 3 sampling points. The research aims to analyze sedimentation in the Air Hitam River following the planned construction of a jetty at the estuary mouth. Laboratory testing and modeling using HEC-RAS were conducted to determine sediment grain size distribution and specific gravity. Laboratory results show the sediment is classified as sand with a specific gravity indicating inorganic soil. The design flood discharge calculation using the Synthetic Unit Hydrograph Nakayasu method resulted in a peak discharge of 307.011 m³/s for a 25-year return period. HEC-RAS modeling showed that sediment deposition was not significant after the jetty construction plan at the estuary. This is influenced by the dominant sediment type being sand, which has a very low settling velocity of 0.00000002753 m/s, while the flow velocity at the same point reached 3.38 m/s.

Keywords: estuary, river, sedimentation, jetty, HEC-RAS

PENDAHULUAN

Salah satu sungai yang bermuara di Pantai Air Hitam adalah Sungai Air Hitam yang berlokasi di Provinsi Bengkulu. Bagian hilir atau akhir dari sungai pada suatu DAS disebut muara (Mashuri, Mardika, & Fiqri, 2023). Berdasarkan pengamatan yang dilakukan dari Citra Satelit *Google Earth* setiap tahunnya terjadi pendangkalan dan pergeseran mulut muara di Sungai Air Hitam (Mardika et al., 2024). Hal ini menyebabkan terganggunya fungsi hidrologi seperti terganggunya aliran sungai (Mashuri, Mardika, & Sariyah, 2023). Muara Sungai Air Hitam berfungsi sebagai penampungan debit air sungai menuju laut dan sebagai tempat berlabuhnya kapal para nelayan. Salah satu wilayah yang memiliki risiko tinggi terjadi banjir disebabkan oleh pergeseran dan pendangkalan muara akibat meluapnya air sungai dan menyempitnya mulut muara. Berdasarkan penelitian (Mardika et al., 2024), hipotesis terjadinya permasalahan seperti pergeseran muara pendangkalan diakibatkan oleh transport sedimen yang terjadi (Sembiring et al., 2014). Peristiwa erosi menyebabkan proses pengendapan sedimen yang terbawa oleh aliran air pada suatu titik yang kecepatan alirannya secara bertahap melambat hingga terhenti atau disebut sebagai proses sedimentasi (Andayani & Yulianti, 2019).

Sedimen dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu sedimen yang mengalir pada permukaan sungai dan sedimen yang terendap di dasar sungai. Besaran sedimentasi yang terjadi pada Sungai Air Hitam akan dianalisis dengan menggunakan teknologi pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS. Teknologi pemodelan ini juga dapat menganalisis transpor sedimen yang terjadi di sepanjang aliran Sungai Air Hitam dan mengetahui sebaran banjir yang mungkin terjadi. Penumpukan sedimen sering terjadi pada bagian muara, hal tersebut terjadi dikarenakan beberapa faktor lain seperti pasang surut yang terjadi (Mardika, M.G I & Pratama, 2021). Pasang surut air laut juga dapat menyebabkan fenomena *backwater* pada bagian muara. *Backwater* merupakan aliran balik yang dapat terjadi akibat curah hujan yang ekstrim dan pada saat bersamaan dengan kenaikan muka air laut yang mengakibatkan limpasan berbalik ke arah sungai (La et al., 2020). Pada kondisi pasang air laut akan membawa material sedimen dari laut masuk ke muara dan pada saat kondisi surut material yang terbawa tersebut akan mengendap pada bagian muara. Seiring berjalannya waktu dengan peristiwa tersebut maka akan terjadi penumpukan sedimen pada bagian hilir sungai atau sering disebut muara. Pada kondisi pasang air laut akan membawa material sedimen dari laut masuk ke muara dan pada saat kondisi surut material yang terbawa tersebut akan mengendap pada bagian muara. Seiring berjalannya waktu dengan peristiwa tersebut maka akan terjadi penumpukan sedimen pada bagian hilir sungai atau sering disebut muara.

Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan pendangkalan pada Muara Sungai Air Hitam dengan perencanaan bangunan pengaman pantai (*jetty*)

(Triadmodjo, 1999). Solusi tersebut telah dianalisis oleh (Mardika et al., 2024), namun pada penelitian sebelumnya tidak membahas terkait analisis sebaran sedimentasi yang terjadi akibat dari perencanaan bangunan *jetty* yang akan dirancang. Pada penelitian ini akan menganalisis dan memodelkan simulasi transpor sedimen pasca perencanaan bangunan *jetty* dengan mempertimbangkan dimensi *jetty* yang telah dianalisis sebelumnya. Penelitian ini diarahkan untuk melakukan analisis terhadap gradasi butiran dan berat jenis sedimen pada Sungai Air Hitam, menghitung debit banjir rencana dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, serta mengkaji sebaran sedimen setelah perencanaan bangunan *jetty* terhadap proses sedimentasi.

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kesatuan wilayah yang dibatasi oleh punggung bukit, di mana seluruh air hujan yang jatuh di wilayah tersebut mengalir melalui jaringan sungai dan bermuara ke suatu badan air seperti danau atau laut (Halim, 2014). Menurut PP No. 37 Tahun 2012, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah yang secara alami membentuk satu kesatuan ekosistem yang berfungsi menampung air dari curah hujan dan sumber air lainnya, kemudian mengalirkannya melalui satu saluran utama atau sungai induk.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan cara menginterpretasikan data-data hidrologi yang berfungsi untuk memprediksi kondisi air di suatu wilayah dan untuk merencanakan pengelolaan sumber daya air. Analisis hidrologi menjadi dasar utama dalam perencanaan infrastruktur sumber daya air, khususnya pada tahap perancangan serta evaluasi bangunan pengendali banjir. (WANGSA et al., 2023). Analisis hidrologi sangat membantu dalam menentukan debit yang dibutuhkan pada kala ulang tertentu dalam perencanaan bangunan air seperti drainase, bendungan, irigasi dan sejenisnya.

Curah Hujan Wilayah

Curah hujan wilayah menggambarkan total air hujan yang diterima oleh suatu area dengan asumsi bahwa tidak ada bagian air yang menguap, meresap ke tanah, ataupun mengalir ke wilayah lain (Mulyono, 2016). Data curah hujan merupakan data dasar yang sangat penting dalam merencanakan bangunan air, umumnya data tersebut berasal dari stasiun pengamatan hujan (Sahid S, N Y P, Fahmi A, Mardika M G I, Ferial A & Wiedad D, 2024). Data curah hujan sangat penting dalam perencanaan teknik, terutama pada bidang sumber daya air seperti perencanaan dermaga, irigasi, drainase perkotaan dan berbagai struktur bangunan air lainnya.

Kala Ulang

Kala ulang merupakan metode probabilitas yang sering dilakukan (Mardika et al., 2025) dalam pengolahan data curah hujan. Metode ini digunakan untuk memperkirakan probabilitas terjadinya peristiwa hujan ekstrem pada kala ulang tertentu (Zakaria, 2013). Setiap jenis bangunan air memiliki nilai kala ulang

perencanaan yang berbeda sesuai dengan tingkat kepentingan dan fungsinya. Dalam perhitungan debit banjir rancangan, digunakan kala ulang 25 tahun, dalam pemilihan kala ulang didasarkan pada peraturan Kementerian Pekerjaan Umum, yang mensyaratkan penggunaan kala ulang tersebut untuk sungai dengan ukuran besar.

Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan diartikan sebagai perbandingan aliran permukaan dengan volume hujan yang jatuh pada suatu daerah. Nilai koefisien limpasan dipengaruhi oleh karakteristik tata guna lahan pada suatu wilayah dan kemiringan pada suatu daerah serta jenis tanah tersebut. Koefisien limpasan disimbolkan dengan huruf C yang menjadi faktor dalam perhitungan debit banjir rancangan pada suatu wilayah (Nganro et al., 2019).

Tabel 1. Nilai Koefisien Limpasan

No	Penutupan Lahan	C
1	Pemukiman dan Bangunan	1.000
3	Rumput	0.287
4	Padang Rumput	0.530
5	Semak belukar	0.530
6	Kebun campur kerapatan rendah	0.500
7	Kebun campur kerapatan sedang	0.200
8	Sawah	0.600
9	Hutan	0.500
10	Tegalan	0.700
11	Tubuh Air	1.000

Sumber: Soemarto, 1999

Kekasaran Aliran Sungai

Kecepatan aliran pada sungai dipengaruhi kekasaran *manning* yang digunakan, koefisien *manning* dipengaruhi beberapa faktor seperti kekasaran permukaan, jenis vegetasi pada sekitar sungai, kondisi melintang sungai, ukuran dan bentuk sungai (Halman & Ashad, 2020).

Tabel 2. Koefisien *Manning*

Saluran	Keterangan	n <i>Manning</i>
Tanah	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 - 0,045

Sumber: Chow, 1959

Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu

Analisis debit banjir rancangan sangat dibutuhkan dalam perencanaan bangunan air. Salah satunya untuk menentukan besarnya debit banjir rancangan (Sarminingsih, 2018). Hasil pendekatan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) lebih akurat pada

perhitungan debit banjir dibanding dengan metode empiris, hal ini terjadi karena debit air berubah setiap jam, sejak hujan mulai turun hingga banjir mencapai puncak dan akhirnya surut, sesuai hasil perhitungan dari HSS (Triadmodjo, 2008). HSS Nakayasu banyak diterapkan pada sungai-sungai yang ada di Indonesia. Panjang sungai utama dan luas DAS merupakan karakteristik DAS pada HSS Nakayasu (Putri et al., 2022).

Transpor Sedimen

Sungai memiliki peran penting dalam proses transportasi sedimen. Fungsinya adalah menyalurkan material sedimen hasil erosi dari daerah hulu untuk kemudian diteruskan menuju laut. Transpor sedimen berlangsung ketika partikel mulai memasuki suatu badan sungai. Distribusi spasial sedimen dalam aliran air ditentukan oleh keseimbangan antara gaya angkat ke atas yang bekerja pada partikel dan laju pengendapannya (Hasriyanti, 2015). Selain kecepatan dan kedalaman air, dimensi partikel dan berat jenis merupakan karakteristik material yang mempengaruhi pergerakan sedimen. Sedimen yang terangkut oleh aliran sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirnya menjadi tiga jenis, yaitu sedimen dasar, sedimen melayang, serta sedimen bilas atau kikisan (Sumardi et al., 2018).

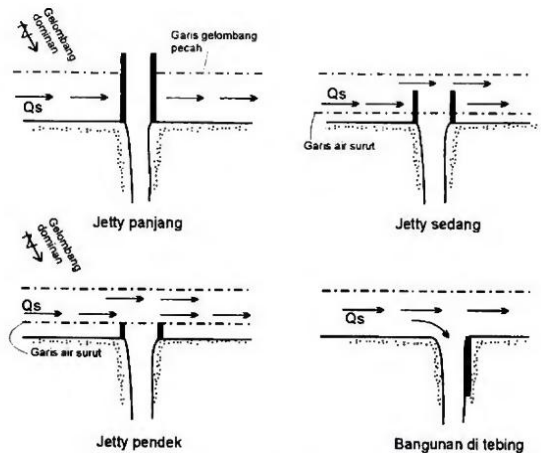
Klasifikasi Gradasi Ukuran Butiran Sedimen

Endapan sedimen memiliki beragam karakteristik yang dipengaruhi oleh proses geomorfologi yang berlangsung. Karakteristik tersebut dapat diidentifikasi melalui pengamatan fisik terhadap struktur dan tekstur sedimen yang memberikan petunjuk mengenai proses serta mekanisme pengendapan yang terjadi di suatu lingkungan (Arif et al., 2020). Ukuran butiran sedimen tersusun dari partikel yang berbeda-beda dan berasal dari tempat yang berbeda dan bercampur menjadi endapan dan mengalir di sepanjang aliran sungai.

Jetty

Jetty merupakan bangunan yang ditempatkan di kedua sisi muara sungai dan dibangun arah tegak lurus terhadap garis pantai. Fungsinya adalah mengarahkan aliran sungai agar tetap lurus serta mencegah pendangkalan alur yang disebabkan oleh endapan sedimen, sehingga dapat mengurangi potensi erosi pada pantai. (Eryani, 2016). Tujuan dari perencanaan *jetty* di mulut muara adalah untuk menghambat pergerakan sedimen sejajar pantai yang terbawa oleh gelombang, sehingga menghindari banjir di mulut muara akibat dari sedimentasi (Chandra et al., 2021).

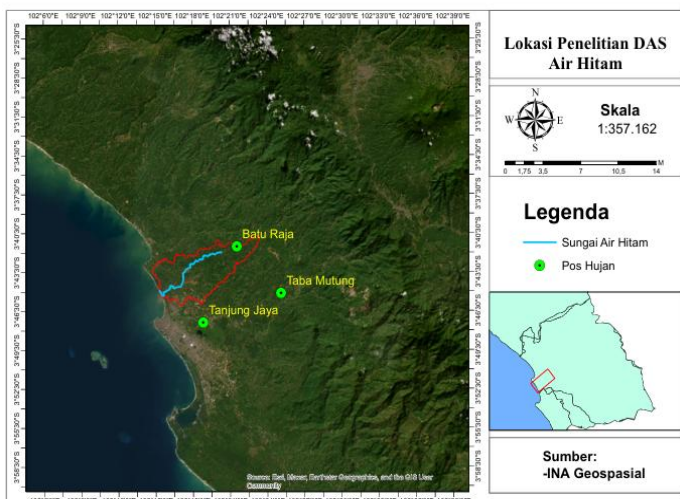
Gambar 1. Merupakan contoh *jetty* berdasarkan dari fungsi muaranya (Werdi & Eryani, 2020).



Gambar 1. Tipe-tipe *Jetty*
Sumber: Triatmodjo, 1999

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena parameter dan data penelitian yang dihasilkan melalui penggunaan instrumen yang menghasilkan data dalam bentuk angka. Penelitian kuantitatif itu sendiri merupakan penelitian yang melibatkan berbagai informasi yang diperoleh berupa angka seperti debit banjir, data curah hujan, intensitas curah hujan dan sampel sampel sedimen. Luaran dari penelitian ini berupa sebaran sedimen dan perubahan *bed elevation* pasca perencanaan bangunan *jetty* di Muara Sungai Air Hitam. Penelitian ini berlokasi di Muara Pantai Air Hitam, Pekik Nyaring, Kecamatan Muara Bangka Hulu, Kabupaten Bengkulu Tengah, dengan koordinat sungai sebagai berikut 3°41'59.21"S 102°20'19.45"E sampai 3°44'58.59"S 102°15'21.33"E. Peta aliran Sungai Air Hitam dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data diperoleh melalui proses pengumpulan dari instansi tertentu yang memiliki kredibilitas sebagai sumber informasi. Berikut uraian data yang digunakan pada penelitian ini.

1. Sampel sedimen

Sampel sedimen diambil secara langsung dari Sungai Air Hitam dan diambil sebanyak 9 titik lokasi sampel untuk dilakukan pengujian di laboratorium.

2. Data curah hujan

Data curah hujan berisi informasi tentang banyaknya air hujan yang turun di area penelitian dalam kurun waktu tertentu. Balai Wilayah Sungai Sumatera VII merupakan instansi yang menyediakan data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini.

3. Topografi

Data ini berupa kumpulan data kontur dari lokasi penelitian. Data ini diperoleh melalui *website* resmi yaitu tanahair.indonesia.go.id.

4. Pasang surut

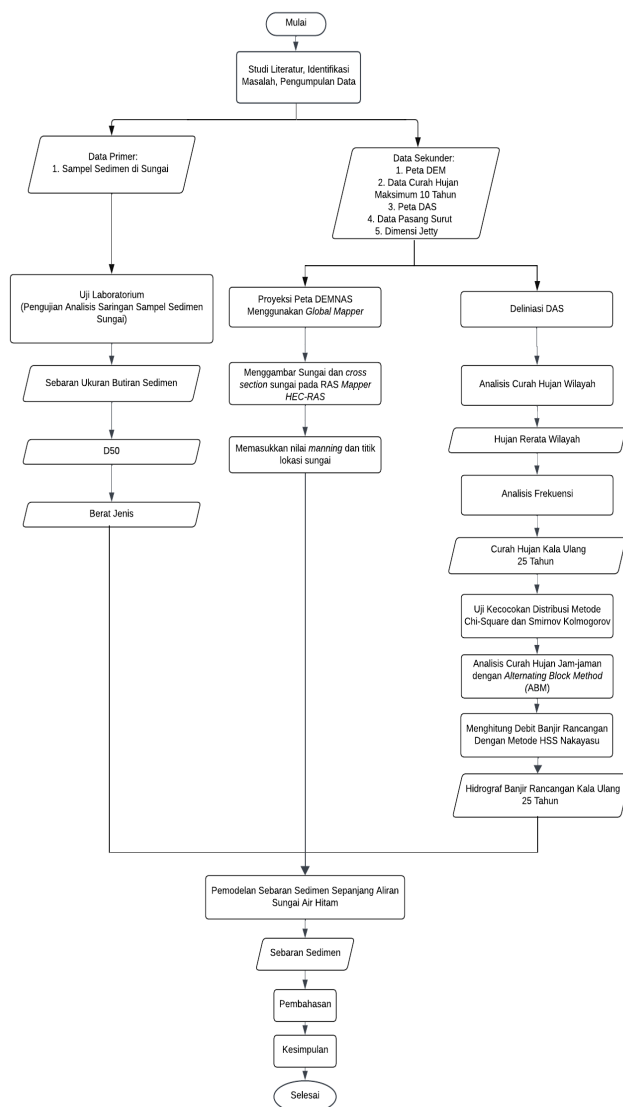
Data pasang surut pada penelitian ini diperoleh dari hasil analisis data sekunder (Mardika et al., 2024).



Gambar 3. Titik Observasi Pengambilan Sedimen
Tabel 3. Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen

Lokasi Pengambilan Sampel	Koordinat
Hulu Kiri	3°42'36.02"S 102°18'15.13"E
Hulu Tengah	3°42'35.93"S 102°18'15.10"E
Hulu Kanan	3°42'35.79"S 102°18'15.08"E
Tengah Kiri	3°44'37.31"S 102°17'3.47"E
Tengah Tengah	3°44'37.15"S 102°17'3.37"E
Tengah Kanan	3°44'36.98"S 102°17'3.28"E
Hilir Kiri	3°44'58.41"S 102°15'19.84"E
Hilir Tengah	3°44'58.21"S 102°15'20.47"E
Hilir Kanan	3°44'57.75"S 102°15'21.32"E

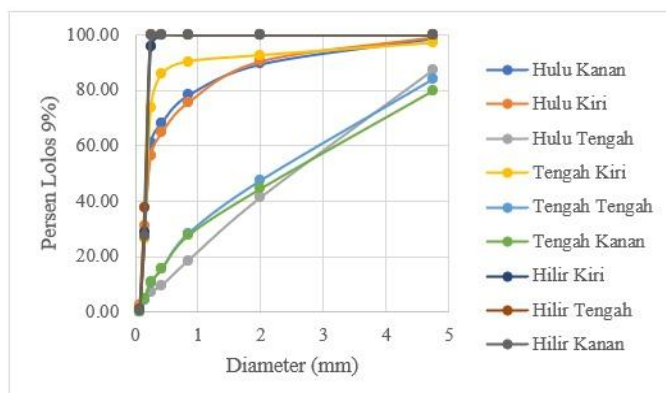
Berikut adalah alur penelitian dalam bentuk *flowchart* yang menggambarkan proses dari kondisi inisial hingga mendapatkan gambaran kesimpulan yang tertuang pada **Gambar 4** sebagai berikut



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam pengolahan data pada penelitian ini dengan melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil ITERA yaitu pengujian analisis saringan dan pengujian berat jenis. Hasil pengujian analisis saringan disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Grafik Analisis Saringan

Berdasarkan grafik analisis saringan pada **Gambar 5**, diperoleh nilai persen lolos saringan pada bagian tengah sungai relatif lebih sedikit dibandingkan persen lolos saringan pada bagian hulu dan hilir, hal ini disebabkan karena pada bagian tengah sungai memiliki gradasi yang lebih kasar sehingga banyak yang tertahan pada saringan. Sedangkan untuk bagian hulu dan hilir sungai memiliki gradasi yang lebih halus sehingga lebih banyak lolos pada saringan.

Berdasarkan uji berat jenis yang telah dilakukan maka diperoleh nilai G_s pada bagian hulu sebesar 2,671, bagian tengah sebesar 2.339 dan pada bagian hilir sebesar 2.750. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada bagian hulu, tengah dan hilir tergolong kedalam klasifikasi tanah anorganik.

Data curah hujan yang digunakan dari tahun 2014-2023. Penelitian ini juga menggunakan 3 pos hujan. Hasil rekapitulasi data curah hujan harian maksimum disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Xi Max (mm)
2014	78
2015	102
2016	126
2017	138
2018	127
2019	151
2020	98
2021	110
2022	151
2023	94

Analisis frekuensi dilakukan berdasarkan data curah hujan maksimum pada **Tabel 5** untuk menentukan distribusi yang paling sesuai dan akurat terhadap data tersebut. Data tersebut akan diuji secara statistik dengan Uji *Smirnov-Kolmogorov* dan Uji *Chi Square*. Penentuan sebaran data yang memenuhi dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Nilai Parameter Sebaran Distribusi

Metode	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k = 3$
Log Normal	$C_s = 3$
	$3C_v + C_v^2 = 3$
Gumbel	$C_k = 5,383$
	$C_s \leq 1,1396$
Log Pearson III	$C_k \leq 5,4002$
	$C_s \neq 0$

Penentuan sebaran distribusi dipengaruhi oleh nilai C_s , C_k dan C_v . Berdasarkan hasil dari parameter pada

Tabel 6. Sebaran distribusi yang memenuhi syarat yaitu metode *Gumbel* dengan koefisien *skewness* lebih kecil sama dengan 1,1396 dan koefisien *kurtosis* lebih kecil sama dengan 5,4002. Metode lain yang memenuhi yaitu metode *Log Pearson III* dengan nilai C_s nya tidak sama dengan 0.

Hasil pengujian kedua metode tersebut disajikan pada **Tabel 6** dari hasil kedua metode tersebut yang memenuhi syarat dan dapat dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 6. Hasil Uji Kecocokan Data

Metode	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	-0.016	Memenuhi
	$C_k \leq 5,4002$	2.905	Memenuhi
Log Pearson III	$C_s \neq 0$	-0.342	Memenuhi

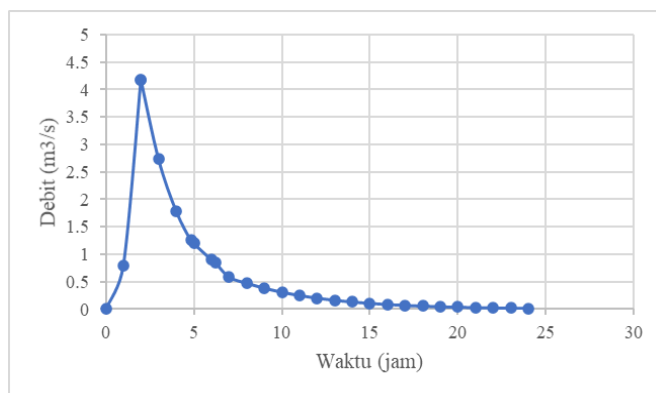
Metode *Gumbel* dan *Log Pearson III* yang memenuhi syarat pada **Tabel 7** akan dilakukan analisis statistik periode ulang dengan menggunakan kala ulang 25 tahun. Berdasarkan **Tabel 7** kedua metode memenuhi pengujian, maka metode yang digunakan adalah metode *Gumbel* dikarenakan nilai hujan rencana pada kala ulang 25 tahun yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan metode *Log Pearson III*. Pemilihan nilai maksimum ini bertujuan untuk meminimalisir resiko kegagalan pada konstruksi akibat curah hujan yang melebihi kapasitas perencanaan.

Tahap awal dalam perhitungan debit banjir dengan metode HSS Nakayasu adalah penentuan nilai koefisien pengaliran (C), yang diperoleh berdasarkan peta tata guna lahan pada DAS Air Hitam sesuai dengan ketentuan nilai C pada **Tabel 2**. Hasil nilai C komposit pada DAS Air Hitam disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai C Komposit

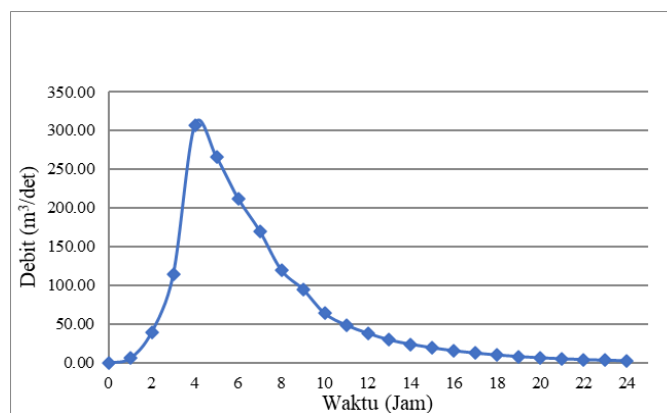
Tata Guna Lahan	A (ha)	c	A x C	C Komposit
Pemukiman	371.28	0.5	185.64	0.579
Agri ladang	419.60	0.2	83.92	
Semak	492.31	0.53	260.92	
Agri kebun	5396.16	0.6	3237.69	
Agri sawah	816.28	0.7	571.39	
Bangunan Area	6.95	0.95	6.60	
Empang	7.12	0	0.00	

Metode HSS Nakayasu digunakan dalam perhitungan debit banjir pada DAS Air Hitam, yang memerlukan beberapa parameter seperti panjang alur sungai dan luas DAS. Penelitian ini mencakup panjang sungai mencapai 17,689 km dan luasan DAS sebesar 75,1 km².



Gambar 6. Hidrograf Satuan Metode Nakayasu

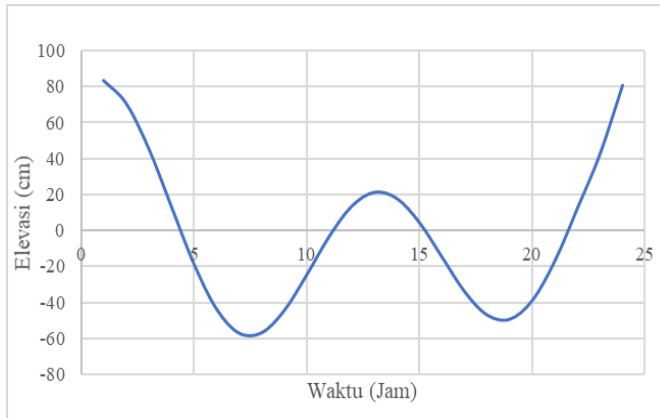
Karakteristik DAS Air Hitam berdasarkan metode HSS Nakayasu digunakan untuk menganalisis debit banjir akibat curah hujan. Analisis tersebut membutuhkan perhitungan hujan jam-jaman diperoleh hasil sebagai berikut



Gambar 7. Hidrograf Satuan Sintetis Periode Ulang 25 Tahun

Metode HSS Nakayasu menghasilkan nilai debit banjir rencana tertinggi berdasarkan hasil perhitungan sebesar 307,011 m³/s yang terjadi pada jam keempat. Berdasarkan grafik debit banjir rencana, dapat disimpulkan bahwa kurva mengalami kenaikan pada jam pertama sampai jam keempat, kemudian setelah itu menunjukkan penurunan membentuk kurva turun.

Pada penelitian ini, saat dilakukannya pemodelan juga menggunakan data pasang surut air laut yang telah dianalisis (Mardika et al., 2024) dan diperoleh HHWL sebesar 0,78 m. HHWL digunakan untuk mengetahui rambatan pasang surut maksimumnya sampai mana, kondisi tersebut dijadikan lokasi pemodelan bagian Upstream. Jenis pasang surut yang digunakan pada penelitian ini adalah pasang surut harian ganda condong (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*). Grafik pasang surut yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Grafik Pasang Surut

Kecepatan endap digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengidentifikasi potensi terjadinya proses pengendapan pada aliran. Kecepatan endap memiliki peranan penting dalam proses sedimentasi. Ketika kecepatan endap tinggi dan aliran bergerak lambat, sedimentasi cenderung terjadi lebih cepat. Sebaliknya, jika kecepatan endap rendah dan aliran bergerak cepat, maka proses sedimentasi akan berlangsung lebih lambat.

Berdasarkan perhitungan kecepatan endap yang terjadi pada titik pengambilan sampel yang telah diperoleh sebesar 0,00000002753 m/s. Berdasarkan hasil pemodelan diperoleh nilai kecepatan maksimum pada titik pengambilan sampel sebesar 3,38 m²/s. Akibat dari kondisi tersebut, terjadi pengikisan (erosi) yang mengakibatkan degradasi atau penurunan material sedimen secara terus menerus oleh aliran air. Hasil dari perhitungan dan pemodelan pada titik sampel tersebut dapat disimpulkan bahwa proses pengendapan yang akan terjadi sangat kecil. Kecepatan aliran yang tinggi menyebabkan kecenderungan sedimen terbawa aliran air dan kecepatan endap yang kecil juga mengakibatkan sampel membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mengendap, dengan demikian proses sedimentasi yang mungkin terjadi akan sangat kecil.

Pemodelan analisis sedimentasi pada penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak HEC-RAS. Pemodelan difokuskan pada bagian hilir Sungai Air Hitam, dengan pertimbangan adanya bangunan *jetty* pada muara. Analisis sedimentasi dilakukan dengan pemodelan 2D dengan menyesuaikan kondisi sungai yang dianggap telah dinormalisasi terlebih dahulu pada bagian muara. Hasil pemodelan menunjukkan adanya beberapa perubahan pada bagian eksisting sungai dan bagian *jetty*. Penelitian ini diambil 8 sampel lokasi untuk melihat perubahan yang terjadi setelah dilakukan pemodelan. Titik sampel *cross output* dari simulasi pemodelan disajikan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Titik Sampel Cross Hasil Pemodelan

Hasil 8 cross yang dianalisis terdapat beberapa perbedaan penampang sungai akibat dari perencanaan bangunan *jetty* perbedaan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Pada **Tabel 8**, dapat disimpulkan bahwa pada *cross 4* terjadi degradasi atau penurunan dasar sungai, berbeda halnya dengan *cross 1, 2, 3, 5, 6, 7, dan 8* yang terjadi yaitu aggradasi. Perubahan yang terjadi pada *bed elevation* dipengaruhi dari kecepatan aliran yang terjadi. Semakin besar kecepatan pada aliran maka akan semakin lambat proses pengendapan, karena partikel yang kemungkinan akan mengendap pada penampang akan terbawa oleh aliran

Hasil dari pemodelan pada HEC-RAS juga menunjukkan endapan sedimen yang tidak signifikan. Kecepatan aliran di Sungai Air Hitam merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kondisi tersebut. Berdasarkan kecepatan aliran, semakin rendah kecepatan aliran maka sedimen akan lebih cepat untuk mengendap. Sebaliknya semakin tinggi kecepatan aliran maka sedimen akan relatif lebih lama untuk mengendap dikarenakan terbawa oleh arus aliran. Berdasarkan hasil pemodelan secara menyeluruh dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukannya normalisasi sungai dan pembangunan *jetty* pada muara cukup efektif untuk menangani permasalahan sedimentasi yang terjadi pada muara, karena debit yang membawa sedimen dari arah sungai dapat terbawa oleh aliran hingga ke ujung *jetty* dan pengaruh dari arah laut seperti pasang surut dan arus dapat direduksi oleh struktur *jetty* yang menjorok ke arah perairan laut.

Tabel 8. Perubahan *Bed Elevation* Pada Sungai

Cross	Koordinat	Alasan Pemilihan Lokasi Cross	Keterangan	Tebal
1	3°45'19.44"S 102°15'38.87"E	Cross 1 berada di bagian tikungan sungai	Agradasi	1.24 cm
2	3°45'19.79"S 102°15'34.21"E	Cross 2 berada di bagian tikungan sungai	Agradasi	7.38 cm.
3	3°45'15.83"S 102°15'31.70"E	Cross 3 berada di bagian setelah tikungan sungai	Agradasi	4.45 cm
4	3°45'4.48"S 102°15'26.10"E	Cross 4 berada di bagian setelah tikungan sungai dan menuju ke arah jetty	Degradasi	8.55 cm
5	3°45'2.28"S 102°15'23.45"E	Cross 5 berada di bagian setelah tikungan sungai dan menuju ke arah jetty	Agradasi	7.8 cm
6	3°44'56.90"S 102°15'19.30"E	Cross 6 berada di bagian tikungan sungai dan menujung ke arah jetty	Agradasi	2.1 cm
7	3°44'56.22"S 102°15'17.86"E	Cross 7 berada di bagian tikungan sungai dan sudah masuk ke arah jetty	Agradasi	7.6 cm
8	3°44'56.44"S 102°15'16.88"E	Cross 8 berada di bagian tikungan sungai dan sudah masuk ke arah jetty	Agradasi	12.9 cm

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan klasifikasi dari USCS, gradasi sampel sedimen pada Sungai Air Hitam menunjukkan bahwa di bagian hulu kiri, hulu tengah dan hulu kanan sungai tergolong dalam tanah SP yaitu pasir bergradasi buruk. Pada bagian tengah kiri tergolong ke dalam tanah SP atau pasir bergradasi buruk, sementara bagian tengah tengah dan tengah kanan tergolong tanah SW yaitu pasir bergradasi baik. Bagian hilir kiri, hilir tengah, dan hilir kanan tergolong ke dalam tanah SP yaitu pasir bergradasi buruk. Mengacu pada buku Mekanika Tanah I oleh Hardiyatmo (2010), nilai G_s atau berat jenis tanah sampel sedimen bagian hulu memiliki nilai sebesar 2,671, tengah sebesar 2,339 dan hilir sebesar 2,750 serta tergolong sebagai tanah anorganik.

Nilai debit banjir rencana di Sungai Air Hitam pada kala ulang 25 tahun berdasarkan perhitungan dengan diperoleh debit puncak sebesar 307,001 m³/s menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetiks (HSS) Nakayasu.

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan dengan aplikasi HEC-RAS 2D menunjukkan bahwa sebaran sedimen yang terjadi tidak terlalu signifikan pada sungai Air Hitam pasca dilakukannya perencanaan bangunan *jetty*. Hal tersebut dipengaruhi oleh jenis sedimen yang dominan pasir dengan kecepatan endap yang sangat kecil yaitu 0,0000002753 m/s sementara kecepatan aliran pada titik yang sama sebesar 3,38m²/s. Pada *cross* 1, 2, 3, 5, 6, 7 dan 8 terjadi aggradasi atau pengendapan secara berturut-turut

setebal 1,24 cm; 7,34 cm; 4,45 cm; 7,8 cm; 2,1 cm; 7,6 cm; dan 12,9 cm. Sedangkan pada *cross* 4 terjadi degradasi sebesar 8,55 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terkait dengan penelitian ini dan seluruh instansi yang telah memberikan dukungan berupa data-data dan informasi dalam penyempurnaan dan penyelesaian penelitian.

REFERENSI

- Andayani, R., & Yulianti, D. (2019). Analisis Debit Muatan Sedimen Dasar pada Muara Sungai Ogan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7(1), 9–19.
- Arif, S., Adibrata, P. F., & Dzakiya, N. (2020). Karakteristik Endapan Sedimen: Studi Kasus Pantai Parangkusumo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 1(1), 25–31.
- Chandra, P. G. P. O., Yujana, C. A., & Bagiarta, I. K. Y. (2021). Perencanaan Bangunan Jetty Dari Bahan Bronjong Di Muara Sungai Sungga Pantai Jasri Kabupaten Karangasem. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(1), 182–194.
- Eryani, I. G. A. P. (2016). Konsep Perencanaan Bangunan Jetty Untuk Penataan Kawasan Muara Sungai Dan Pantai Berbasis Lingkungan. In *Seminar Nasional KonsepSi* (pp. 12–22).

- Halim, F.** (2014). Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan Dengan Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Malalayang. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(1), 45–54.
- Halman, & Ashad, H.** (2020). Kajian Pengaliran Banjir Sungai Terhadap Koefisien Kekasaran Manning Pada Sungai Larompong Kabupaten Luwu Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(2), 133–146.
- Hasriyanti.** (2015). Analisis sebaran sedimen berdasarkan ukuran butir dan nilai sortasi di perairan pulau dutungan kabupaten barru sulawesi selatan. *Teknosains*, 9(1), 69–80.
- La, L., Liany, M., Hendratta, A., & Supit, C. J.** (2020). Analisis Pengaruh Backwater Di Muara Sungai Talawaan-Bajo Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(2), 2087–9334.
- Mardika, M.G. I., & Pratama, M. I.** (2021). Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square di Wilayah Perairan Muara Sungai Poso. *Original Article Journal of Infrastructure Planning, and Design*, 1(2), 1–8.
- Mardika, M. G. I., Hayati, J., Kurniawan, R., & Fitriana, I. R.** (2024). *Studi Perencanaan Jetty Sebagai Bangunan Pelindung Muara Dalam Menyelesaikan Permasalahan Muara Sungai Air Hitam Bengkulu (Design Analysis of Coastal Protection of Sungai Hitam Estuary in Bengkulu Province)*. 11(1), 1–12.
- Mardika, M. G. I., Melya, T., Sihombing, P., & Adiningsih, R. H.** (2025). *Perancangan bangunan pelindung pantai dalam penanganan abrasi (studi kasus: Pantai Caruban , Jawa Tengah)*. 14, 21–34.
- Mashuri, Mardika, M. G. I., & Fiqri, M. J. R.** (2023). Studi Persebaran Banjir Menggunakan Software Hec-Ras
- 2D V6.2 Hulu Das Way Sekampung (Studi Kasus: Sungai Way Mincang).** *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(1), 97–105.
- Mashuri, Mardika, M. G. I., & Sariyah, H.** (2023). Studi Pemodelan Banjir 1-D (Satu Dimensi) Dan 2-D (Dua Dimensi) Menggunakan Hec-Ras 5.0.7 (Studi Kasus: Sungai Way Sulan). *Jurnal Infrastruktur*, 9(1), 33–40.
- Mulyono, D.** (2016). Analisis Karakteristik Curah Hujan Di Wilayah Kabupaten Garut Selatan. *Jurnal Konstruksi*, 12(1), 1–9.
- Nganro, S., Trisutomo, S., Barkey, R. A., & Ali, M.** (2019). Analisis Koefisien Limpasan Permukaan Kota Makassar Dengan Metode Cook. *Tataloka*, 21(2), 285.
- Putri, S. A., Meylis Safriani, & Teuku Farizal.** (2022). Analisis Debit Banjir Sungai Krueng Tripa Menggunakan Hidrograf Satuan Sintesis (Hss) Nakayasu. *Jurnal Media Teknik Sipil Samudra*, 3(2), 30–41.
- Sahid S, N Y P , Fahmi A, Mardika M G I, Ferial A, S. Z. A., & Wiedad D, D. Y.** (2024). Low-cost alternative flood modelling using CHIRPS data in the Way Garuntang. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7(2), 103–114. <https://doi.org/10.22146/jgise.xxxxx>
- Sarminingsih, A.** (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 53.
- Sembiring, A. E., Mananoma, T., Halim, F., & Wuisan, E. M.** (2014). Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Panasen. *Jurnal Sipil Statik*, 2(3), 148–154.
- Sumardi, M. A., Hendratta, L. A., & Halim, F.** (2018). Analisis Angkutan Sedimen Di Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 6(2), 1043–1054.
- Triatmodjo, B.** (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset.
- Wangsa, A. A. R. R., Suryatmaja, I. B., & Andini, A. A. M. P.** (2023). Analisis Hidrologi Rancangan Menggunakan Metode Rasional Pada Saluran Drainase Di Kelurahan Sumerta Kelod Kota Denpasar. *Ganec Swara*, 17(2), 607.
- Werdi, N. M. K., & Eryani, I. G. A. P.** (2020). Alternatif Perencanaan Jetty Di Muara Tukad Pangi Kabupaten Badung. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(1), 102–113.
- Zakaria, A.** (2013). Analisis sensitifitas distribusi frekuensi kala ulang metode plotting position. *Jurnal Rekayasa*, 17(3), 195–204.

Halaman ini sengaja dikosongkan