

Peningkatan Angkutan Sedimen Akibat Tambang C Sungai Maros (*Case Study: Dusun Tombolo*)

Kurniati Hamzah¹ | Yunus Ali² | Amrullah Mansida^{*2}

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Email: kurniatihamzah5@gmail.com

² Program Studi Teknik Sumber Daya Air (Pengairan) Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Email: muhyunusali@unismuh.ac.id
amrullah.mansida@unismuh.ac.id

Korespondensi:

*Amrullah Mansida
amrullah.mansida@unismuh.ac.id

ABSTRAK

Aktivitas galian tambang C berpotensi mempengaruhi karakteristik aliran dan angkutan sedimen sungai. Sungai maros di Dusun Tombolo merupakan salah satu sungai yang mengalami tekanan akibat aktivitas penambangan material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik angkutan sedimen melayang dan sedimen dasar serta pengaruh galian tambang C terhadap angkutan sedimen di Sungai Maros dusun Tombolo. Metode penelitian meliputi pengukuran lapangan dan analisis laboratorium dengan data berupa penampang sungai, kecepatan aliran, debit, dan sampel sedimen. Angkutan sedimen melayang dihitung menggunakan metode sesaat. Sedangkan angkutan sedimen dasar, dianalisis menggunakan metode Einstein, Meyer Peter Muller, dan Duboys. Hasil penelitian menunjukkan bahwa angkutan sedimen melayang bersifat bervariasi dan dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Perhitungan sedimen dasar menunjukkan perbedaan antar metode, yaitu metode *Du-Boys* menghasilkan nilai angkutan sedimen yang lebih besar dibandingkan metode lainnya. Kondisi aliran Sungai tergolong turbulen dengan nilai tegangan geser aliran melebihi tegangan kritis sedimen, yang mengindikasikan terjadinya pergerakan sedimen dasar. Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas galian tambang C berpengaruh terhadap karakteristik angkutan sedimen di Sungai Maros Dusun Tombolo.

Kata Kunci:

Angkutan Sedimen, Galian Tambang C, Sedimen Melayang, Sedimen Dasar, Sungai Maros

ABSTRACT

Sand and gravel mining activities may alter river flow characteristics and sediment transport processes. The Maros River in Tombolo Hamlet is one of the rivers affected by intensive material extraction. This study aims to analyze the characteristics of suspended load and bed-load sediment transport and to evaluate the impact of sand and gravel mining activities on sediment transport in the maros river, Tombolo Hamlet. The research employed field measurements and laboratory analyses of river cross section geometry, flow velocity, discharge, and sediment sampling. Suspended sediment transport was calculated using the instantaneous method, while bed-load sediment transport was analyzed using the Einstein, Meyer Peter muller, and Duboys methods. The results indicate that suspended sediment transport varies and is influenced by flow velocity. Bed-load transport estimates differ among the applied methods, with the Du-boys method producing higher sediment transport rates than the other methods. The flow conditions are classified as turbulent, and the calculated bed shear stress exceeds the critical shear stress, indicating active bed sediment movement. These findings demonstrate that sand and gravel mining activities influence sediment transport characteristics in the maros River, Tombolo Hamlet

Keywords:

Sediment Transport, Sand and Gravel Mining, Suspended Load, Bed Load, maros river

1 | PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber daya air baku yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Sungai juga dikenal sebagai saluran alamiah di permukaan bumi yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara ke danau atau laut. Dalam sistem hidrologi, sungai berperan sebagai media utama dalam distribusi aliran permukaan serta pengelolaan sumber daya air (Nasiah Badwi., 2024). Dalam sistem hidrologi, sungai berperan sebagai media utama dalam distribusi aliran permukaan serta pengelolaan sumber daya air (Nurhayati dkk., 2024). Sungai

tersusun atas berbagai komponen, dimulai dari sumber mata air yang mengalir ke anak-anak sungai. Anak sungai tersebut akan menyatu dan membentuk aliran utama. Anak sungai tersebut akan menyatu dan membentuk aliran utama. Selain sebagai jalur aliran air, sungai juga berfungsi sebagai media transportasi material sedimen yang berkontribusi terhadap proses pengendapan dan pendangkalan pada badan sungai (Kadli dkk., 2025). Sungai memiliki sifat dinamis yang dapat mengalami perubahan morfologi akibat proses erosi, transportasi sedimen, dan sedimentasi. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh kondisi hidraulik aliran, debit sungai, serta distribusi sedimen yang menyebabkan terjadinya degradasi maupun aggradasi pada penampang sungai (Perwira dkk., 2024). Sungai terbentuk akibat proses hidrologi seperti curah hujan, mata air, maupun limpasan permukaan yang terkumpul pada suatu daerah aliran sungai (DAS). Selain berfungsi sebagai sumber air bagi kehidupan manusia, sungai juga berperan penting dalam irigasi, pembangkit listrik, transportasi, habitat ekosistem, serta pengendalian keseimbangan lingkungan. Dalam kajian hidrologi dan teknik sumber daya air, sungai merupakan komponen utama yang memengaruhi proses aliran, sedimentasi, erosi, dan dinamika morfologi wilayah sekitarnya (Mansida, A dkk., 2025).

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material yang terjadi di Sungai (Susanto dkk., 2023). Sedimentasi mengacu pada proses alami yang dipindahkan oleh media seperti air atau angin. Material tersebut berasal dari pelapukan atau erosi yang berlangsung dalam jangka waktu panjang sehingga mudah diangkut. Penumpukan sedimen yang semakin tinggi berpotensi mengurangi kapasitas tampungan sungai terhadap air hujan, yang berintensitas besar terutama saat musim hujan. Terdapat tiga jenis angkut sedimen berdasarkan mekanisme pengangkutannya, yaitu muatan sedimen melayang (*Suspended Load*), sedimen cuci (*Wash Load*), dan muatan sedimen dasar (*Bed Load*). Salah satu aktivitas manusia yang berpengaruh terhadap peningkatan angkutan sedimen adalah penambangan bahan galian golongan C seperti pasir, kerikil, dan batuan area memiliki tingkat erosi yang tinggi akibat perubahan penggunaan lahan dan minimnya vegetasi penutup tanah, sehingga meningkatkan potensi sedimentasi di aliran sungai (Ghaisani, A dkk., 2024). Kegiatan ini umumnya dilakukan di badan sungai karena ketersediaan material yang melimpah dan mudah diakses. Namun demikian, eksploitasi material secara berlebihan dapat mengganggu keseimbangan morfologi sungai, menyebabkan penurunan elevasi dasar sungai (*degradasi*), serta meningkatkan potensi erosi pada tebing sungai.

Sungai maros merupakan sungai yang terletak di wilayah Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Sungai maros merupakan sungai terpanjang di Kabupaten Maros dan salah satu sungai terpanjang di Sulawesi Selatan dengan panjang mencapai 69,90 km hampir sama dengan panjang Sungai Jeneberang (Iqbal M dkk., 2024). Sungai ini mengalir dari timur ke barat yang berhulu di Sungai Bantimurung yang airnya mengalir dari pegunungan bagian utara di kawasan Pegunungan Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung (Hulu I) dan Gunung Baturape-Cindako di Kawasan Pegunungan Tompobulu (Hulu II) menuju selat Makassar. Daerah Aliran Sungai Maros Melintas 8 Kecamatan yang semuanya tersebar di Kabupaten Maros, yakni Simbang, Bantimurung, tompobulu, Tanralili, Mandai, Maros, Turikale dan Maros Baru. Sungai Maros merupakan salah satu sungai yang memiliki peranan penting bagi masyarakat sekitar, baik sebagai sumber air maupun sebagai lokasi aktivitas ekonomi, termasuk penambangan galian C (Annisa dkk., 2021). Namun demikian, banjir di Kabupaten Maros Desa Tompobulu tidak sanggup menampung debit dan volume air karena pengaruh angkutan sedimen aliran bagian hulu. Disisi lain, ekosistem kawasan hutan di sekitar hulu tidak berfungsi dengan baik karena kondisi ekosistem kawasan hutan di sekitar hulu yang merupakan (*Catchment Area*) tidak lagi berfungsi sebagai penampung sehingga ikatan tanah yang tidak kuat lagi ikut mengalir sebagai lumpur karena proses yang lebih dominan ini menyebabkan sedimen tanah lebih mudah terbawa oleh banjir di bagian hulu, bagian tengah dan akan terendap di bagian hilir sungai (Annisa dkk., 2021). Di wilayah Dusun Tombolo, aktivitas penambangan tersebut telah berlangsung dalam jangka waktu yang relatif lama dan dilakukan secara intensif. Kondisi ini diduga telah menyebabkan perubahan pada karakteristik aliran sungai serta meningkatkan laju angkutan sedimen secara signifikan.

Selain berdampak pada aspek fisik Sungai, peningkatan angkutan sedimen juga berpengaruh terhadap kualitas lingkungan perairan. Tingginya konsentrasi sedimen dapat menurunkan kualitas air, mengganggu ekosistem perairan, serta mempercepat pendangkalan sungai di bagian hilir. Pendangkalan ini berpotensi meningkatkan risiko banjir, terutama pada saat terjadi debit puncak akibat curah hujan tinggi. Oleh karena itu, pemahaman mengenai dinamika angkutan sedimen menjadi sangat penting dalam upaya pengelolaan sungai yang berkelanjutan. Dalam konteks Sungai maros, khususnya di Dusun Tombolo. Kajian mengenai peningkatan angkutan sedimen akibat aktivitas galian tambang C masih relatif terbatas. Padahal, informasi tersebut sangat diperlukan untuk mengetahui tingkat perubahan yang terjadi serta dampaknya terhadap kondisi sungai. Analisis angkutan sedimen dapat dilakukan melalui pendekatan untuk menggambarkan besarnya transport sedimen yang terjadi pada aliran sungai (Bari dkk., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan angkutan sedimen akibat aktivitas galian tambang C di Sungai Maros dengan studi kasus Dusun Tombolo. Penelitian ini akan mengkaji karakteristik aliran sungai serta menghitung besarnya angkutan sedimen yang terjadi akibat aktivitas penambangan tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi aktual Sungai serta menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan sungai yang lebih baik.

2 | METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis. Penelitian dilakukan melalui kegiatan observasi lapangan dan pengujian sampel di laboratorium. Observasi lapangan bertujuan untuk memperoleh data primer terkait kondisi eksisting Sungai Maros, meliputi parameter hidraulika seperti kecepatan aliran, debit, serta karakteristik penampang sungai. Selain itu, dilakukan pengambilan sampel sedimen secara langsung di lokasi penelitian, khususnya di wilayah Dusun Tombolo, untuk dianalisis lebih lanjut.

2.1 | Lokasi dan Konteks Tapak

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Maros yang terletak di wilayah Dusun Tombolo sebagai lokasi utama pengambilan data lapangan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada adanya aktivitas penambangan galian C yang diduga berpengaruh terhadap karakteristik aliran dan angkutan sedimen sungai. Selain kegiatan lapangan, penelitian ini juga didukung oleh pengujian sampel yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sungai, Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar. Pengujian laboratorium bertujuan untuk memperoleh data karakteristik fisik sedimen yang lebih akurat, sehingga dapat menunjang analisis angkutan sedimen secara komprehensif untuk memperjelas proses pemilihan lokasi, **Gambar 1** menyajikan lokasi penelitian google earth, sementara **Gambar 2** menampilkan lokasi terpilih berdasarkan pertimbangan fungsional dan ekologis yang paling optimal.



GAMBAR 1. Lokasi Penelitian



GAMBAR 2. Lokasi Terpilih pengambilan sampel: Dusun Tombolo, Kabupaten Maros

2.2 | Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengukuran langsung dilapangan, kemudian sampel sedimen melayang dan sampel sedimen dasar di olah di Laboratorium Teknik Sungai, Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar. Pengumpulan data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

Data primer diperoleh melalui *survey* lapangan yang meliputi pengukuran lebar dan kedalaman penampang Sungai, kecepatan aliran menggunakan *current meter*, serta pengambilan sampel sedimen dasar dan sedimen melayang pada titik pengamatan di sekitar aktivitas tambang C. sampel sedimen melayang diambil menggunakan botol sampel air, sedangkan sedimen dasar diambil secara langsung dari dasar sungai. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan literatur pendukung, meliputi peta topografi wilayah penelitian serta data hidrologi dan referensi teknis yang digunakan dalam analisis angkutan sedimen.

2.3 | Analisis Tapak dan Aktivitas Sosial

Kegiatan penelitian ini terdiri atas dua tahapan utama, yaitu kegiatan lapangan dan laboratorium. Pada tahap lapangan, dilakukan penentuan lokasi pengambilan sampel, pengukuran parameter hidraulika sungai (kedalaman, lebar, dan kecepatan aliran menggunakan *current meter*, serta pengambilan sampel sedimen dasar (*bed load*) dan sedimen melayang (*suspended load*). Selanjutnya, pada tahap laboratorium, sampel sedimen dikeringkan, kemudian diuji melalui analisis saringan untuk menentukan distribusi ukuran butir dan pengujian berat jenis menggunakan sampel yang lolos saringan No. 40. Sampel tersebut kemudian diproses lebih lanjut dengan pengeringan menggunakan oven hingga kondisi kering sebelum dilakukan pencatatan data. Data hasil pengujian ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan angkutan sedimen. Pengukuran debit aliran sendiri

dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti menggunakan alat *current meter*, metode pelampung (apung), atau peralatan hidrologi otomatis yang terpasang secara permanen (Kusumo dkk., 2021).

Perhitungan angkutan sedimen dasar dilakukan menggunakan beberapa pendekatan empiris, yaitu metode *Einstein*, *Meyer-Peter Müller*, dan *Dubois*. Awal gerak butiran sedimen dipengaruhi oleh besarnya nilai tegangan geser aliran (τ_0) yang terjadi pada ruas penampang aliran dan tegangan geser kritis (τ_c), partikel sedimen akan bergerak apabila:

1. $\tau_0 < \tau_c$, maka butiran sedimen dalam kondisi tak bergerak atau diam,
2. $\tau_0 = \tau_c$, maka butiran mulai bergerak,
3. $\tau_0 > \tau_c$, maka butiran sedimen bergerak.

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan pada persamaan:

$$\tau_{c*} = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s}$$

Di mana, τ_c = parameter tegangan geser, D_s = diameter ukuran butiran (m), dan ρ_s = berat jenis butiran sedimen (kg/m^3)

3 | HASIL

3.1 | Karakteristik Aliran

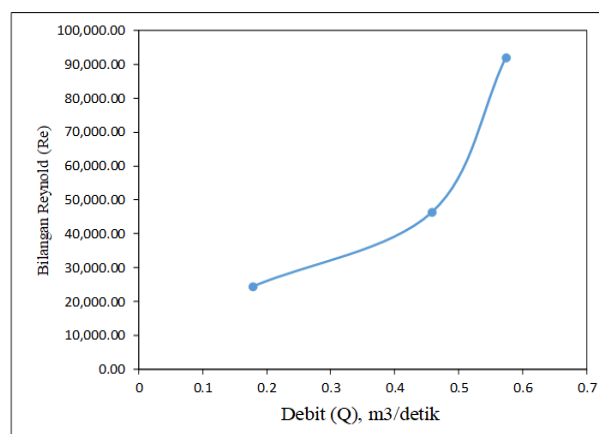
Untuk mengidentifikasi karakteristik aliran pada Sungai Maros dusun Tombolo, digunakan pendekatan hidraulik melalui perhitungan bilangan *Reynolds* (Re). Bilangan *Reynolds* merupakan parameter tak berdimensi yang menyatakan perbandingan antara gaya inersia dan gaya viskositas dalam aliran fluida, sehingga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis aliran yang terjadi pada sungai. Nilai bilangan *Reynolds* digunakan untuk menentukan karakteristik hidraulik aliran berdasarkan distribusi kecepatan dan kondisi aliran pada suatu sungai (Arifki, I dkk., 2016).

Dalam penelitian ini bilangan *Reynolds* dihitung berdasarkan hasil pengukuran kecepatan aliran, dimensi karakteristik penampang basah, serta viskositas kinematik air pada lokasi penelitian. Nilai bilangan *Reynolds* (Re) yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan karakteristik aliran air pada Sungai Maros Dusun Tombolo, apakah termasuk aliran laminar, transisi, dan turbulen. Hasil klasifikasi tersebut disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

TABEL 1 Hasil Perhitungan Bilangan *Reynolds* dan Klasifikasi Karakteristik Aliran Air

Patok	B (m)	Kedalaman (m)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Viskositas (m^2/detik)	Bilangan Reynolds (Re)	Analisis	Keterangan
P1	3,76	0,18	28,2	0,000000841	24399,52	$Re > 12500$	Turbulen
P2	3,76	0,14	28,4	0,000000836	46220,00	$Re > 12500$	Turbulen
P3	3,76	0,21	28,4	0,000000836	91937,79	$Re > 12500$	Turbulen

Berdasarkan hasil perhitungan bilangan *Reynolds* (Re) pada setiap patok pengamatan di Sungai Maros Dusun Tombolo, diperoleh nilai bilangan *Reynolds* yang seluruhnya berada di atas batas kritis aliran turbulen ($Re > 12500$). Nilai bilangan *Reynolds* tertinggi terjadi pada patok P3 dengan nilai sebesar 91937,79, sedangkan nilai terendah terdapat pada patok P1 dengan nilai sebesar 24399,52. Meskipun terdapat perbedaan kedalaman aliran dan viskositas air pada masing masing patok, hasil analisis menunjukkan bahwa karakteristik aliran pada seluruh patok pengamatan termasuk ke dalam aliran turbulen.



GAMBAR 3. Grafik Hubungan Debit (Q) dengan Bilangan *Reynolds* (Re)

Berdasarkan gambar 3 yang menunjukkan Grafik hubungan Debit (Q) dengan Bilangan *Reynolds* (*Re*) terlihat bahwa ketidak stabilan nilai debit dengan nilai bilangan *Reynolds* (*Re*). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan debit tidak selalu diikuti oleh peningkatan nilai bilangan *Reynolds* secara linear. Nilai Bilangan *Reynolds* (*Re*) tertinggi terjadi pada titik 3 sebesar 91937.79 dengan nilai debit 0,574 m³/detik, selanjutnya, pada titik 2 diperoleh nilai bilangan *Reynolds* (*Re*) sebesar 46220.00 dengan debit 0,458 m³/detik, dan bilangan *Reynolds* terendah berada di titik 1, yaitu sebesar 24399.52 dengan nilai debit 0,178 m³/detik.

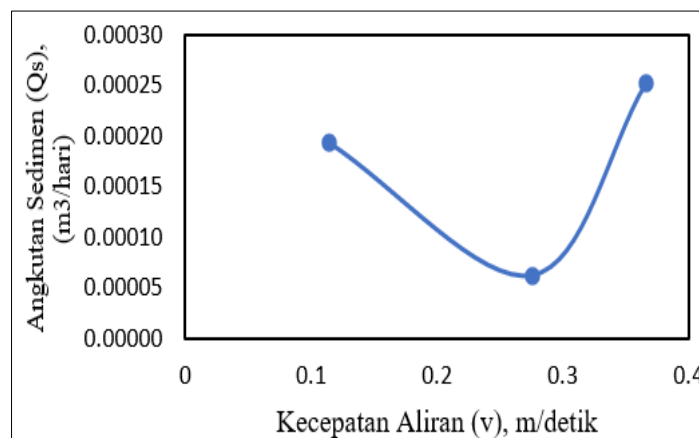
3.2 | Perhitungan Angkutan Sedimen Metode Einstein

Einstein (1950) menetapkan persamaan muatan dasar sebagai persamaan yang menghubungkan material dasar dengan pengaliran setempat (*local flow*). Einstein menggunakan D35 untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran digunakan D60. Melalui perhitungan tersebut diperoleh estimasi angkutan sedimen dasar pada setiap titik pengamatan (Susanto putri dkk., 2023).

TABEL 2 Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Pendekatan Empiris Metode Einstein

Titik	V (m/detik)	n'	R	R'	Ψ	Φ	Sedimen dasar (qd) (m ³ /detik)	Sedimen dasar (qd) (m ³ /hari)
P1	0.114	0.049	0.141	0.294	2.363	1.845	0.023 x 10 ⁻⁷	0.000198
P2	0.276	0.044	0.141	0.250	2.536	1.608	0.727 x 10 ⁻⁹	0.000062
P3	0.366	0.048	0.141	0.285	4.200	0.668	0.292 x 10 ⁻⁸	0.000252
Rata-rata							0.198 x 10 ⁻⁸	0.000170

Berdasarkan hasil analisis angkutan sedimen dasar menggunakan pendekatan empiris metode einstein pada tabel 2, hasil perhitungan menunjukkan bahwa angkutan sedimen dasar di lokasi penelitian tergolong kecil dengan nilai rata-rata 0.198 x 10⁻⁸ m³/detik atau setara dengan 0.000170 m³/hari.



GAMBAR 4. Grafik Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Angkutan Sedimen (Qs)

Berdasarkan grafik pada gambar 4, menunjukkan bahwa semakin rendah kecepatan aliran (v), maka semakin tinggi nilai angkutan sedimen yang dihasilkan. Dari grafik tersebut, nilai angkutan sedimen tertinggi terjadi pada titik 3 sebesar 0,000252 m³/hari dengan kecepatan aliran yang relatif rendah sebesar 0,366 m/detik. Selanjutnya, pada titik 1 diperoleh nilai angkutan sedimen sebesar 0,000198 m³/hari dengan kecepatan aliran sebesar 0,276 m/detik. Nilai angkutan sedimen terendah terdapat pada titik 2, yaitu sebesar 0,000062 / m³/hari dengan kecepatan aliran sebesar 0,276 m/detik.

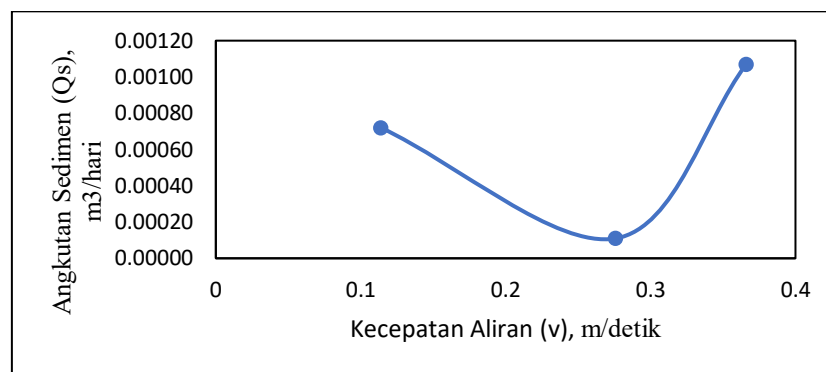
3.3 | Perhitungan Angkutan Sedimen Metode M.P.M

MPM (1948) melakukan percobaan berulang kali pada flume dengan coarse sand dan menemukan hubungan empiris Φ dan Ψ. Metode Meyer Peter Muller (MPM) merupakan salah satu persamaan empiris paling umum digunakan untuk mengestimasi angkutan sedimen dasar pada aliran terbuka. Persamaan ini mempertimbangkan pengaruh tegangan geser aliran terhadap pergerakan butiran sedimen. Untuk menghitung sedimen dasar pada persamaan empiris Meyer Peter Muller digunakan diameter 90 untuk parameter sedimen. besarnya muatan sedimen juga dipengaruhi oleh kondisi hidraulik aliran sungai serta karakteristik sedimen dasar sungai (Syam dkk., 2024).

TABEL 3. Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Pendekatan Empiris Metode Meyer Peter Muller

Titik	V (m/detik)	n'	R	R'	Ψ	Φ	Sedimen dasar (qd) (m ³ /detik)	Sedimen dasar (qd) (m ³ /hari)
P1	0,114	0,049	0,141	0,294	2,363	1,845	$0,841 \times 10^{-8}$	0,00072
P2	0,276	0,044	0,141	0,250	2,536	1,608	$0,138 \times 10^{-8}$	0,00011
P3	0,366	0,048	0,141	0,285	4,200	0,668	$0,124 \times 10^{-7}$	0,00107
Rata-rata							$0,74 \times 10^{-8}$	0.00063

Berdasarkan hasil analisis angkutan sedimen dasar menggunakan pendekatan empiris metode einstein pada tabel 3, hasil perhitungan menunjukkan bahwa angkutan sedimen dasar di lokasi penelitian tergolong kecil dengan nilai rata-rata 0.74×10^{-8} m³/ detik atau setara dengan 0.00063 m³ / hari.



GAMBAR 5. Grafik Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Angkutan Sedimen (Qs)

Berdasarkan grafik pada gambar 5 diatas yang menunjukkan Grafik Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Angkutan Sedimen metode Meyer Peter Muller (MPM), terlihat adanya ketidakstabilan hubungan antara kecepatan aliran (v) dan angkutan sedimen (Qs) yang dihasilkan. Nilai angkutan sedimen tertinggi terjadi pada titik 3 sebesar $0.00107 \text{ m}^3 / \text{hari}$ dengan kecepatan aliran yang relatif rendah sebesar 0.114 m/detik. Selanjutnya pada titik 1 diperoleh nilai angkutan sedimen sebesar $0.00072 \text{ m}^3 / \text{hari}$. dengan kecepatan aliran 0,114 m/detik. Nilai angkutan sedimen terendah berada pada titik 2, yaitu sebesar $0.00011 \text{ m}^3 / \text{hari}$. dengan kecepatan aliran 0,366 m/detik.

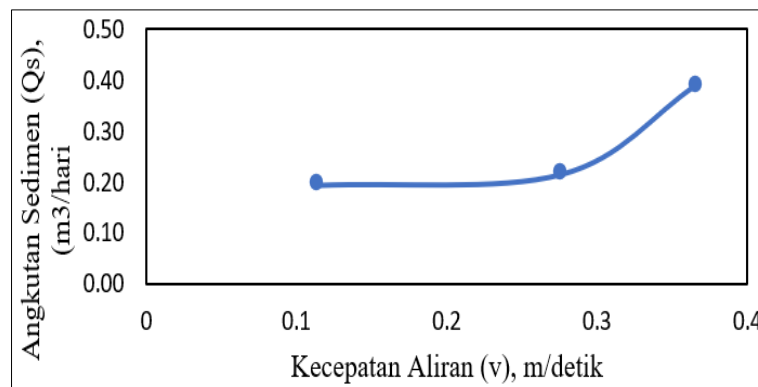
3.4 | Perhitungan Angkutan Sedimen Metode Duboys

Perhitungan perkiraan muatan sedimen dasar (*Bed Load*) yang menggunakan persamaan empiris Duboys, yang memanfaatkan parameter gaya geser (τ_0), kecepatan aliran dan karakteristik sedimen. Perkiraan muatan sedimen dasar pada lokasi penelitian dilakukan menggunakan metode empiris Duboys, yang merupakan salah satu pendekatan awal dalam analisis angkutan dasar sungai. Metode ini didasarkan pada hubungan tegangan geser aliran dengan kemampuan aliran dalam menggerakkan butiran sedimen di dasar sungai di mana angkutan sedimen dasar terjadi apabila tegangan geser aliran melebihi tegangan kritis.

TABEL 4. Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Pendekatan Empiris Metode Duboys

Titik	V (m/detik)	H (m)	μ	Re	U*	τ_0	τc^*	ΨD	Sedimen dasar (qd) (m ³ /detik)	Sedimen dasar (qd) (m ³ /hari)
P1	0,114	0,18	0,000000841	24399,52	0,015	0,225	0,2	0,488	$0,225 \times 10^{-5}$	0,194
P2	0,276	0,12	0,000000836	46220,00	0,033	1,089	0,4	0,333	$0,249 \times 10^{-5}$	0,215
P3	0,366	0,21	0,0000008836	91937,79	0,055	3,025	0,8	0,671	$0,451 \times 10^{-5}$	0,389
Rata-rata									$0,308 \times 10^{-5}$	0.266

Hasil perhitungan menggunakan pendekatan empiris metode Duboys pada tabel.4 menunjukkan bahwa angkutan sedimen dasar di lokasi penelitian tergolong tinggi dengan nilai rata-rata $0,308 \times 10^{-5}$ m³/ detik atau setara dengan 0,266 (m³/hari).



GAMBAR 6. Grafik Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Angkutan Sedimen (Qs)

Berdasarkan grafik pada gambar 6 yang menunjukkan Grafik Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Angkutan Sedimen metode Du Boys, terlihat bahwa kecepatan aliran berbanding lurus dengan angkutan sedimen. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran, maka semakin besar pula nilai angkutan sedimen yang dihasilkan. Di titik 1 diperoleh nilai angkutan sedimen sebesar 0,194 m³/hari dengan kecepatan aliran 0,114 m/detik, selanjutnya, pada titik 2 angkutan sedimen meningkat menjadi 0,215 m³/hari dengan kecepatan aliran 0,276 m/hari. Nilai angkutan sedimen tertinggi terjadi pada titik 3, yaitu sebesar 0,389 m³/hari dengan kecepatan aliran 0,366 m/detik.

4 | PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, karakteristik aliran pada Sungai Maros Dusun Tombolo menunjukkan kondisi aliran turbulen pada seluruh titik pengamatan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai bilangan *Reynolds* (*Re*) yang secara konsisten berada di atas batas kritis ($Re > 12.500$), dengan nilai tertinggi mencapai 91.937,79 pada titik P3 dan nilai terendah sebesar 24.399,52 pada titik P1. Kondisi ini mengindikasikan bahwa gaya inersia lebih dominan dibandingkan gaya viskositas, sehingga aliran memiliki kemampuan yang cukup besar dalam mengangkut material sedimen, baik dalam bentuk sedimen melayang maupun sedimen dasar. Hubungan antara debit aliran dan bilangan *Reynolds* menunjukkan pola yang tidak linier, di mana peningkatan debit tidak selalu diikuti oleh peningkatan nilai *Reynolds* secara proporsional. Hal ini dipengaruhi oleh variasi parameter hidraulika lainnya seperti kedalaman aliran dan viskositas fluida. Kondisi ini memperlihatkan bahwa dinamika aliran sungai bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling berinteraksi. Hal ini dipengaruhi oleh variasi parameter hidraulika lainnya seperti kedalaman aliran dan viskositas fluida. Kondisi ini memperlihatkan bahwa dinamika aliran sungai bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling berinteraksi.

Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar menggunakan metode Einstein menunjukkan nilai yang relatif kecil dengan rata-rata sebesar 0,000170 m³/hari. Nilai ini mencerminkan bahwa pendekatan Einstein cenderung memberikan estimasi konservatif karena mempertimbangkan kondisi aliran lokal serta karakteristik ukuran butir sedimen secara lebih rinci. Selain itu, berdasarkan grafik hubungan kecepatan aliran terhadap angkutan sedimen, terlihat adanya kecenderungan bahwa peningkatan kecepatan tidak selalu berbanding lurus dengan besarnya angkutan sedimen, yang menunjukkan adanya pengaruh faktor lain seperti distribusi ukuran butir dan kekasaran dasar sungai.

Sementara itu, hasil perhitungan menggunakan metode Meyer-Peter Müller (MPM) menunjukkan nilai angkutan sedimen yang lebih besar dibandingkan metode Einstein, dengan rata-rata sebesar 0,00063 m³/hari. Metode ini lebih sensitif terhadap perubahan tegangan geser aliran, sehingga menghasilkan nilai angkutan sedimen yang lebih tinggi. Namun demikian, pola hubungan antara kecepatan aliran dan angkutan sedimen pada metode ini juga menunjukkan ketidakstabilan, yang mengindikasikan bahwa kecepatan aliran bukan satu-satunya faktor dominan dalam proses transportasi sedimen.

Berbeda dengan kedua metode sebelumnya, metode Dubois menghasilkan nilai angkutan sedimen yang paling besar, dengan rata-rata sebesar 0,266 m³/hari. Hal ini disebabkan oleh pendekatan Du-bois yang secara langsung mengaitkan angkutan sedimen dengan tegangan geser aliran. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan geser aliran pada lokasi penelitian telah melampaui tegangan kritis sedimen ($\tau_0 > \tau_c$), sehingga partikel sedimen berada dalam kondisi aktif bergerak. Selain itu, hubungan antara kecepatan aliran dan angkutan sedimen pada metode ini menunjukkan pola yang berbanding lurus, di mana semakin tinggi kecepatan aliran, maka semakin besar pula angkutan sedimen yang dihasilkan. Perbedaan hasil antar metode menunjukkan adanya variasi pendekatan dan asumsi dalam masing-masing metode empiris yang digunakan. Metode Einstein cenderung lebih konservatif, metode MPM memberikan nilai menengah, sedangkan metode Dubois menghasilkan estimasi yang lebih tinggi. Variasi ini menegaskan pentingnya pemilihan metode yang sesuai dengan kondisi lapangan dalam analisis angkutan sedimen.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas galian tambang C di Sungai Maros Dusun Tombolo memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan angkutan sedimen. Kondisi aliran yang turbulen, ditambah dengan tegangan geser yang melebihi batas kritis, mempercepat proses erosi dan transportasi sedimen. Hal ini berpotensi menyebabkan perubahan morfologi sungai, seperti pendangkalan di bagian hilir serta peningkatan risiko banjir. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan aktivitas penambangan yang lebih terkontrol guna menjaga keseimbangan sistem sungai dan keberlanjutan lingkungan.

5 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan angkutan sedimen melayang dan angkutan sedimen dasar serta analisis karakteristik aliran di Sungai Maros Dusun Tombolo, dapat ditarik kesimpulan bahwa karakteristik aliran sungai tersebut diklasifikasikan sebagai aliran turbulen. Hal ini ditunjukkan oleh nilai bilangan Reynolds (Re) pada setiap segmen pengamatan yang secara konsisten berada di atas batas kritis ($Re > 12.500$), sehingga aliran didominasi oleh kondisi turbulensi.

Selain itu, besarnya angkutan sedimen yang terjadi akibat aktivitas galian tambang C menunjukkan variasi nilai yang bergantung pada metode yang digunakan. Hasil pengukuran sesaat melalui uji laboratorium menunjukkan nilai rata-rata sebesar $0,000052 \text{ m}^3/\text{hari}$, sedangkan berdasarkan pendekatan pengukuran lapangan diperoleh nilai rata-rata sebesar $0,000242 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sementara itu, hasil perhitungan menggunakan metode empiris menunjukkan nilai rata-rata sebesar $0,000171 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan metode Einstein, $0,00312 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan metode Meyer-Peter Müller (MPM), dan nilai terbesar diperoleh menggunakan metode Duboys, yaitu sebesar $0,266 \text{ m}^3/\text{hari}$. Variasi ini mencerminkan adanya perbedaan asumsi dan pendekatan dalam masing-masing metode yang digunakan untuk menghitung angkutan sedimen.

Daftar Pustaka

- Annisa, H., Musa, R., & Mallombasi, A. (2021). *Studi Kataktersitik dan Laju Sedimen Sungai Maros*. <https://doi.org/10.33096/cv0ky710>
- Arifki, I. R., & Erwanto, Z. (2023). *Penentuan Karakteristik Hidraulik Sungai Setail Berdasarkan Angka Reynold dan Angka Froude*. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 4(2), 1–10. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v4i2.433>
- Bari, F., Sholichin, M., & Sisingih, D. (2024). *Studi Laju Angkutan Sedimen Sungai Brantas Hulu Bendungan Sengguruh Menggunakan Program Aplikasi HEC-RAS*. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air (JTRESDA)*, 4(2), 1163–1174. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.122>
- Ghaisani, A., Asmaranto, R., & Suhartanto, E. (2024). *Analisa Laju Erosi dan Arahan Konservasi Lahan Berbasis Sistem Informasi Geografis pada Sub DAS Rawapening*. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(2), hlm. 163–175. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.163>
- Iqbal, M., Aziz, A., Al Imran, H., & Nenny. (2024). *Analisis Sebaran Sedimen Melayang dan Sedimen Dasar pada SUB Lekopancing Kabupaten Maros*. <https://doi.org/10.57250/ajst.v2i2.677>
- Kadli, M. A., Alam, M., Musa, R., & Sar, M. (2025). *Analisa Angkutan Sedimen di Sungai Tello, Kota Makassar*. *JILMATEKS (Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil)*, 7(2), 263–274. <https://doi.org/10.33096/8v1gtm95>
- Mansida, A., Gaffar, F., & Zainuddin, M. A. (2025). *Mitigating Flood Peak Discharge with Biopore Absorption Holes (BAH) to Reduce Surface Runoff: Case Study of the Tanralili Sub-watershed*. <https://doi.org/10.5614/jts.2025.32.1.3>
- Nasiah Badwi. (2024). *Evaluasi Ketersedian Air Aliran Permukaan Daerah Aliran Sungai Maros Provinsi Sulawesi Selatan*. *Jurnal Environmental Science*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.35580/jes.v7i1.67174>
- Nurhayati, Salutation, & Stefanus. (2024). *Analisis Ketersediaan Air dan Kualitas Air Daerah Tangkapan Hujan Danau Sarantangan Kota Singkawang: Analysis of Water Availability and Quality in Habang River Catchment Area, Lake Sarantangan Intake, Singkawang City*. *JURNAL SAINTIS*, 24(2), 109–118. [https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24\(02\).14570](https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24(02).14570)
- Perwira, A., Ismanto, A., Widada, S., & Widiaratih, R. (2024). *Dinamika Sedimentasi–Erosi Menggunakan Delft3D di Muara Sungai Lasem, Kabupaten Rembang*. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(1), 95–101. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i1.17242>
- Susanto Putri, A. S., Tungga Dewi, D. J., Maricar, F., & Mansida, A. (2023). *Analisis Angkutan Sedimen Dasar Menggunakan Metode Duboys dan Einstein Akibat Krib Permeabel Pada Saluran Terbuka (Uji Eksperimental)*. *Journal of Muhammadiyah's Application Technology*, 2(1). <https://doi.org/10.26618/jumpstech.v2i1.10249>