



SDA-18
LAJU SEDIMENTASI DAN KARAKTERISTIK ALIRAN PADA MUARA SUNGAI WANGGU
KENDARI

Rudi Azis^{1*}, Widi Ayudia Natasya², Eva Safitri Maladeni¹ dan Haydir³

^{1}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lakidende, Jl. Sultan Hasanuddin No. 234, Konawe,
Sultra e-mail: ruidiazis.civil@gmail.com*

*¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lakidende, Jl. Sultan Hasanuddin No. 234, Kendari,
Sultra e-mail: ayudyawidi2205@gmail.com*

*² Program Studi Teknik Sipil Universitas Lakidende, Jl. Sultan Hasanuddin No. 234, Konawe,
Sultra e-mail: evasafitrimaladeni@gmail.com*

*Program Studi Teknik Sipil Universitas Lakidende, Jl. Sultan Hasanuddin No. 234, Konawe, Sultra
e-mail: evasafitrimaladeni@gmail.com*

ABSTRAK

Sedimentasi di teluk Kendari terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga terjadi pendangkalan, terutama di muara teluk Kendari dimana telah terjadi daratan yang membentuk delta yang mengakibatkan kelak akan terjadi penutupan muara. Pendangkalan ini disebabkan oleh sedimentasi dari aliran sungai-sungai yang bermuara di teluk Kendari, terutama sungai wangu yang mempunyai peranan sebagai pembawa sedimentasi terbesar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran dan pengambilan langsung sample di lapangan serta pengujian di laboratorium. Perhitungan transport sedimen menggunakan pendekatan persamaan empiris dari metode Meyer Peter Muller dan Einstein. Pengambilan sample sendiri dilaksanakan selama 3 kali pengambilan yaitu di minggu pertama (t-1) bulan Juli, (t-2) minggu kedua dan (t-3) minggu ketiga bulan Juli 2023 hasil analisis laju sedimentasi menggunakan metode Meyer-Peter-Muller sebesar 2,3489 m³/hari, 0,2484 m³/hari dan 1,2789 m³/hari. Kontribusi Sungai Wangu terhadap sedimentasi pada Minggu pertama bulan Juli s/d Minggu ketiga sebesar 0,2157 m³/hari, 0,1826 m³/hari dan 0,1966 m³/hari dengan metode Einstein. Karakteristik aliran pada muara sungai wangu adalah aliran Sub kritis berdasarkan hubungan kecepatan aliran (v) terhadap kedalaman relative (h).

Kata kunci: Sedimentasi, pendangkalan alur, metode Meyer Peter Muller, Froude (Fr).

PENDAHULUAN

DAS Wangu merupakan bagian dari sungai Lasolo – Sampara. Secara administrasi DAS Wangu ini meliputi kota kendari (Kecamatan Mandonga, Baruga dan Anduonohu) dan Kabupaten Konsel (Kecamatan Ranomeeto, Moramo dan Konda). Secara pembagian sistem DAS maka wilayah kota kendari merupakan wilayah tengah-hilir, sedangkan wilayah Kabupaten Konawe selatan merupakan wilayah hulu-tengah DAS.

Luas DAS ini sekitar 37.974.4 Ha, dengan batas-batas geografis yaitu 3° 56' 54" LS - 4° 10' 24" Lintang selatan dan 122° 22' 30" BT - 122° 35' 12" Bujur timur. Pada DAS Wangu ini mengalir beberapa sungai besar maupun kecil salah satunya yaitu sungai wangu. Sungai wangu ini membentang dari barat daya di pegunungan Watu Re arah utara (Kabupaten Konsel) dan bermuara diteluk Kendari (Kota Kendari). Panjang sungai wangu dari hulu sampai ke muara sekitar 75 km. Ketinggian pada daerah pegunungan di hulu berkisar 200 m dpal, didaerah tengah (Daerah rawa Tania dan daerah irigasi Tanea lama) berada pada ketinggian antara 7 sampai 27 m dpal (Dinas PU, 2004)

Diketahui dari hasil penelitian Balai Penelitian Daerah Aliran Sungai (BP-DAS) Sampara menyebutkan, dalam kurun waktu 13 tahun terakhir terjadi pendangkalan di teluk Kendari seluas 101,8 hektar dan kedalaman laut berkisar 9 meter sampai 10 meter, Luas wilayah teluk ini menyusut dari semua 1.186,2 hektar menjadi 1.084,4 hektar pada tahun 2000.

Tanah atau bagian tanah yang tersangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dan masuk ke dalam suatu badan air secara umum disebut sedimen.

Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi (Arsyad, 2010).

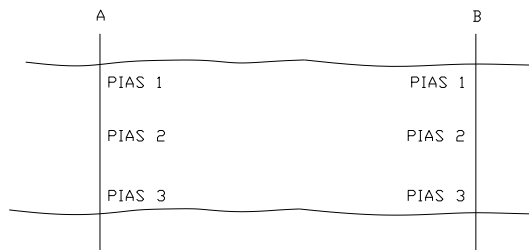
Berdasarkan data diatas, maka perlu dilakukan analisis laju sedimen terhadap potensi pendangkalan alur pada muara Sungai wanggu dengan memperkirakan laju sedimen berdasarkan profil kecepatan aliran.

METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Lokasi Muara sungai Wanggu di teluk Kendari.

Titik pengambilan data pada penelitian ini berada di muara sungai wanggu dengan koordinat Latitude : $3^{\circ}58'42.57''S$ dan Longitude : $122^{\circ}31'58.48''E$. Pengambilan data dilakukan pada dua pias penampang Sungai dengan jarak 25 meter dari titik penampang A ke penampang B. Jumlah titik pengamatan sebanyak 6 titik dengan tiap titik diambil profil kecepatan dengan tiga variasi kedalaman (H), 0,2 H, 0,6 H dan 0,8 H.



Gambar 4.3 Potongan Memanjang Muara Sungai Wanggu

Metode Pengambilan Data

Pengukuran Kecepatan Aliran dilakukan menggunakan SNI 3408 : 2015, Tata cara pengukuran kecepatan aliran pada uji model hidraulik fisik (UMH-Fisik). Sedangkan pengambilan sedimen dasar (*bed load*) dengan menggunakan cara manual untuk mengambil sampel sedimen pada perairan dangkal. Pengambilan sedimen dilakukan dengan menggunakan metode *Equal Widht Increment* (EWI)



yaitu metode dengan cara membagi lebar penampang sungai menjadi beberapa bagian yang sama tergantung dari jumlah sampel yang akan di ambil (Iswahyudi, 2018). Vertikal pengambilan sampel terletak pada tengah-tengah dari bagian penampang tempat pengambilan sampel.

Pengumpulan sedimen dengan cara ini yaitu dilakukan dengan cara mengambil sampel lalu diletakan ke dalam wadah botol Aqua atau sejenisnya. Yang dilakukan di tengah pada 2 lokasi yaitu pada hilir pertemuan anak sungai dan muara DAS Sungai Wanggu. Pada 2 lokasi tersebut menjadi acuan dalam penelitian ini yaitu pada lokasi pertama digunakan untuk menghitung laju sedimentasi di Sungai Wanggu dengan mengukur kecepatan aliran pada setiap lokasi ada 3 titik yaitu pias kanan, tengah dan pias kiri. Sedangkan pada muara Sungai Wanggu merupakan hasil dari *contributor* sedimentasi yang merupakan salah satu inlet terbesarnya Sungai Wanggu. Setiap lokasi penelitian terdapat 3 titik lokasi pengamatan dengan jumlah titik totalnya berjumlah 6 titik.

Sampel Sedimen

Berikut ini prosedur atau langkah-langkah pengambilan data primer atau sampel sedimen langsung pada lokasi penelitian :

- Menentukan titik lokasi pengambilan sampel sedimen berada di muara sungai wanggu kota kendari.
- Siapkan terlebih dahulu alat yang akan digunakan dan pastikan alat dalam kondisi baik serta layak pakai.
- Selanjutnya pengambilan sampel sedimen, dengan menggunakan botol Aqua yang diisi dengan sedimen yang diambil di lapangan.
- Pindahkan sampel sedimen dari ke dalam botol plastik dengan bantuan corong air.

Tahap pengujian Laboratorium

Uji Berat Jenis Pengujian ini dilakukan mengetahui berat jenis material. Alat-alat yang dipergunakan dalam pengujian untuk berat jenis ini adalah Piknometer ukuran 50 ml dengan SNI 1964 : 2008 tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah.

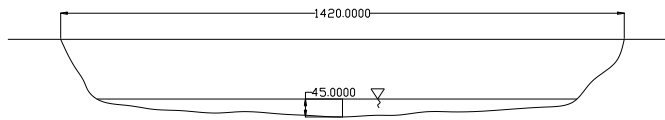
Uji Gradasi

Uji gradasi dilakukan dengan cara analisa ayakan (Analisis Saringan sesuai SNI 03-1968- 1990), dimana analisa saringan ini dipakai 2 seri saringan yaitu :

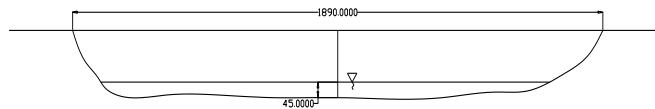
- Diameter butiran > 2 mm, digunakan saringan ukuran lubang : 3" (76,2 mm); 2" (50,8 mm); 1 ½ " (38,1 mm); 1 " (25,4 mm); ¾ " (19,05 mm); no..4 (4,75 mm); dan no 10 (2,0 mm).
- Diameter butiran < 2 mm digunakan saringan dengan ukuran lubang : no 10 (2,0 mm); no 20 (0,85 mm); no 40 (0,425 mm); no 60 (0,25 mm); no 140 (0,106 mm); no 200 (0,075 mm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Luas Penampang (A), Keliling Basah Sungai (P) dan Jari-jari Hidrolis (R). Data yang diperlukan untuk menghitung nilai luas penampang (A) dan keliling basah sungai (P) pada penelitian ini adalah pengukuran lebar penampang melintang sungai menggunakan meteran dan taraf ukur, lebar dan kedalaman sungai dapat dilihat pada lampiran. Dari data di lapangan didapatkan gambar penampang melintang sungai pada pengambilan data lokasi ke-1 seperti Gambar 1 dan lokasi ke-2 seperti Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 1 Potongan Melintang Lokasi ke-1 Minggu Pertama.



Gambar 2 Potongan Melintang Lokasi ke-2 Minggu Pertama

Tabel 1. Perhitungan Luas, Keliling Basah Sungai dan Jari-jari Hidrolis di Lokasi Penelitian

Lokasi	Minggu	Luas Total (m ²)	Keliling Basah (m)	Jari-jari Hidrolis (m)
1	1	2.93	9.368	0.313
	2	0.976	7.117	0.137
	3	1.403	8.521	0.165
2	1	9.238	12.694	0.728
	2	7.733	12.144	0.637
	3	8.405	12.351	0.681

Dapat dilihat dari tabel 4.4 untuk jari-jari Hidrolis sendiri diperoleh dari Luas Total (A) dibagi dengan Keliling Basah (P) diperoleh nilai tertinggi pada Lokasi 2 minggu Ke-1 sebesar 0,728 m dan nilai terendah di lokasi 1 minggu Ke-2 sebesar 0,137 m.

Perhitungan Debit Aliran (Q)

Perhitungan debit aliran sungai untuk pengambilan lokasi I dan lokasi II, dengan perhitungan debit untuk tiap piasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 tentang Perhitungan Debit Aliran.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar dengan Metode M.P.M

Waktu (t)	Pias	C	C'	μ	ψ'	Φ	qb (m ³ /dt)	Qb Total (m ³ /dt)	Qb Total (m ³ /hari)
1	1	17.7246	58.49343	0.166803	0.150323	0.265696041	7.85E-06	2.7186E-05	2.3489
	2	13.10354	62.75631	0.095411	0.148336	0.258066863	7.62E-06		
	3	20.36913	58.32168	0.206402	0.181967	0.396672981	1.17E-05		
2	1	8.145379	52.65427	0.060844	0.02598	0.024380188	7.20E-07	2.8754E-06	0.2484
	2	12.25052	57.17024	0.099192	0.075472	0.03843481	1.14E-06		
	3	7.350313	51.81285	0.053432	0.020487	0.034536283	1.02E-06		

Waktu (t)	Pias	C	C'	μ	ψ'	Φ	qb (m3/dt)	Qb Total (m3/dt)	Qb Total (m3/hari)
3	1	21.33233	54.53199	0.24467	0.132838	0.201190821	5.94E-06	1.4802E-05	1.2789
	2	14.55015	58.00905	0.12562	0.106407	0.115835996	3.42E-06		
	3	21.72337	53.8834	0.255981	0.127914	0.184129193	5.44E-06		
4	1	3.967898	63.59783	0.015584	0.033995	Tidak ada data	Tidak ada data	Tidak ada data	Tidak ada data
	2	2.643539	66.60356	0.007907	0.025337	Tidak ada data	Tidak ada data		
	3	1.406518	63.79645	0.003274	0.007325	Tidak ada data	Tidak ada data		
5	1	0.940668	62.85622	0.001831	0.003632	Tidak ada data	Tidak ada data	Tidak ada data	Tidak ada data
	2	0.294536	65.61872	0.000301	0.00085	Tidak ada data	Tidak ada data		
	3	0.358587	62.99547	0.000429	0.000867	Tidak ada data	Tidak ada data		
6	1	1.791776	64.20885	0.004662	0.010996	Tidak ada data	Tidak ada data	Tidak ada data	Tidak ada data
	2	1.447168	65.77653	0.003263	0.009407	Tidak ada data	Tidak ada data		
	3	1.880256	63.16301	0.005136	0.010598	Tidak ada data	Tidak ada data		

Keterangan : Tidak ada data (data tidak terdefinisi)

Besarnya angkutan sedimen berdasarkan perhitungan metode MPM mengindikasikan pendangkalan alur muara sangat cepat. Pada muara Sungai wanggu tipe aliran sangat dipengaruhi pula dengan pasang surut air laut sehingga dapat dikatakan bahwa muara Sungai wanggu merupakan tidal inlet sehingga pada saat kondisi surut terlihat permukaan Sungai dengan deposit sedimen yang cukup tinggi.



Gambar 3. Kedalaman Muara Sungai Wanggu saat pasang

Karakteristik Aliran Muara Sungai Wanggu.

Untuk mengetahui karakteristik aliran maka dilakukan analisis berdasarkan bilangan Froude (Fr), dengan persamaan

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (1)$$

dengan $Fr = Froude$, $v = Kecepatan$, $g = Gravitasi$, $h = kedalaman$

Tabel 3 Hasil Pengukuran kecepatan Sungai Wanggu lokasi ke-1 minggu ke-1 sampai ke-3

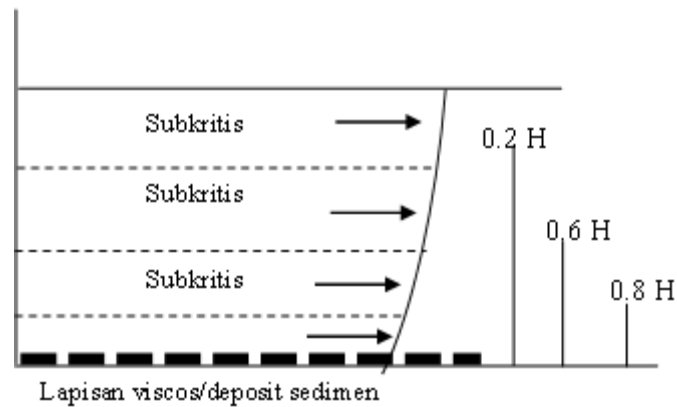
Waktu (t)	Pias	H (m)	Kecepatan Aliran (v)			Angka Froude (Fr)		
			0,2 H (m/s)	0,6 H (m/s)	0,8 H (m/s)	Fr (0.2 h)	Fr (0.6 h)	Fr (0.8 h)
1	1	0.38	0.567	0.43	0.183	0.294	0.223	0.095
	2	0.51	0.407	0.4	0.357	0.182	0.179	0.160
	3	0.37	0.483	0.463	0.42	0.254	0.243	0.220
2	1	0.17	0	0.165	0	0.000	0.128	0.000
	2	0.2	0	0.252	0	0.000	0.180	0.000
	3	0.15	0	0.151	0	0.000	0.124	0.000
3	1	0.2	0	0.376	0	0.000	0.268	0.000
	2	0.24	0	0.32	0	0.000	0.209	0.000
	3	0.19	0	0.367	0	0.000	0.269	0.000

Keterangan : * = Tidak dilakukan karena H kurang 5 kali diameter baling-baling/Menggunakan Metode Satu Titik

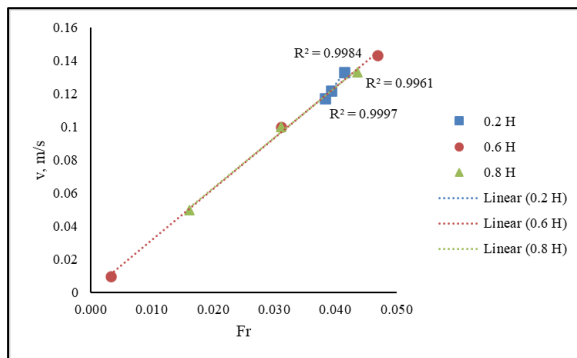
Tabel 4. Hasil Pengukuran kecepatan Sungai Wanggu lokasi ke-2 minggu ke-1 sampai ke-3

Waktu (t)	Pias	H (m)	Kecepatan Aliran (v)			Angka Froude (Fr)		
			0,2 H (m/s)	0,6 H (m/s)	0,8 H (m/s)	Fr (0.2 h)	Fr (0.6 h)	Fr (0.8 h)
1	1	0.95	0.117	0.143	0.133	0.038	0.047	0.044
	2	1.05	0.133	0.1	0.1	0.041	0.031	0.031
	3	0.98	0.122	0.01	0.05	0.039	0.003	0.016
2	1	0.85	0.053	0.027	0.013	0.018	0.009	0.005
	2	0.88	0.053	0.028	0.027	0.018	0.010	0.009
	3	0.87	0.045	0.026	0.026	0.015	0.009	0.009
3	1	0.089	0.09	0.074	0.015	0.096	0.079	0.016
	2	0.082	0.081	0.066	0.012	0.090	0.074	0.013
	3	0.086	0.087	0.073	0.014	0.095	0.079	0.015

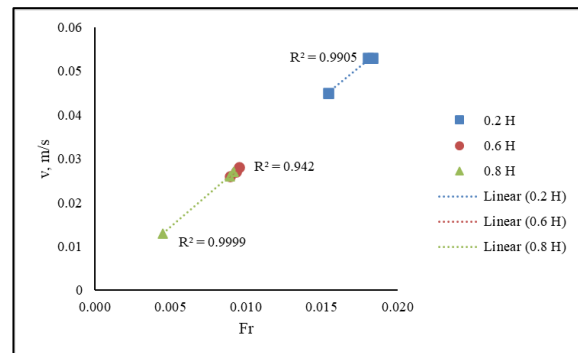
Hasil analisis dengan menggunakan angka froude (Fr) pada setiap variasi kedalaman (H) menghasilkan hubungan kecepatan aliran (v) terhadap kedalaman relatif ($g.h < 1$) yang berarti bahwa tipe aliran tersebut adalah aliran sub kritis. Pada tipe aliran tersebut potensi sedimen terdeposisi pada dasar saluran cukup besar sehingga menyebabkan bertambahnya sedimen pada lapisan viscos (viscos sub layer). Kondisi tersebut menjadi penyebab tertutupnya alur Sungai hingga membentuk pulau (delta) di depan mulut muara sungai.



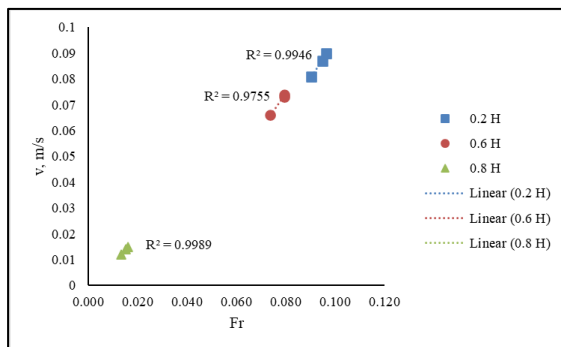
Gambar 4. Karakteristik aliran untuk berbagai variasi kedalaman (H)



Grafik hubungan Fr dan v pada Waktu (t-1)



Grafik hubungan Fr dan v pada Waktu (t-2)



(c) Grafik hubungan Fr dan v pada Waktu (t-3)

Gambar 5. Grafik Hubungan nilai Froude (Fr) pada 3 variasi kedalaman terhadap kecepatan (v) pada tiap variasi waktu pengambilan data

Hubungan nilai Froude (Fr) terhadap kecepatan aliran (v) menunjukkan variasi kecepatan aliran yang besarnya cukup berbeda dengan nilai kesesuaian yang tinggi. Kecepatan aliran pada minggu pertama pengambilan data (t-1) menunjukkan perubahan kecepatan aliran cukup besar yang ditunjukkan pada posisi pengamatan 0.6 H, sedangkan pada posisi 0.2H aliran cenderung berkurang namun tetap linear dengan perubahan yang tetap bertahan pada kondisi subkritis. Hal tersebut disebabkan pada waktu pengambilan data saat terjadi pasang pada muara sungai wangu. Pada (t-2) dan (t-3) kecepatan aliran menurun seiring dengan puncak pasang terjadi.



Gambar 6. Pengambilan data kecepatan aliran menggunakan current meter

KESIMPULAN

Dari hasil analisis sedimentasi muara Sungai Wanggu Kota Kendari, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

- Karakteristik aliran pada Sungai Wanggu Kota Kendari memiliki debit aliran yang bervariasi dari pengambilan data Minggu Pertama bulan Juli s/d minggu ketiga bulan Juli sehingga hasil analisis laju sedimentasi menggunakan metode Meyer Peter dan Muller sebesar 2,3489 m³/hari, 0,2484 m³/hari dan 1,2789 m³/hari.
- Berdasarkan angka Froude untuk kecepatan aliran maka karakteristik aliran pada muara sungai wanggu adalah aliran Subkritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianto, A., Cecilia, S., Hidayah, A. N., . A., & Sukatja, C. B. (2021). Pengurangan Potensi Laju Sedimentasi Rawa Pening Melalui Penerapan Teknosabo. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i1.610>
- Ali, H. L. A. H. L., Mohammed, T. A., Yusuf, B., & Aziz, A. A. (2016). Testing the Accuracy of Sediment Transport Equations Using Field Data.
- Apriliana, R., Rudiyaniti, S., & Purnomo, P. (2014). Keanekaragaman Jenis Bakteri Perairan Dasar Berdasarkan Tipe Tutupan Permukaan Perairan di Rawa Pening. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(2): 119-128. DOI:<https://doi.org/10.14710/marj.v3i2.5015>
- Asdak, Chay. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai / ChayAsdak*. 2010;
- Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 3408:2015 Tata Cara Pengukuran Kecepatan Aliran pada Uji Model Hidraulik Fisik (UMH-Fisik) dengan alat ukur arus tipe baling-baling, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Bere, A. T., & Kato, J. (2019). Modeling sand production. Google patents, bhattacharya RK, das chatterjee N, Dolui G (2016) grain size characterization of instream sand deposition in controlled environment in river kangsabati, West Bengal modeling. *Earth Syst. Environ.*, 2, 118.



- Bhattacharya RK, Das Chatterjee N, Dolui G (2016) Grain size characterization of instream sand deposition in controlled environment in river Kangsabati, West Bengal Modeling Earth Systems and Environment 2 doi:10.1007/s40808-016-0173-z
- Dariyanti, Y. A. E., Bhakty, T. E., & Achmad, N. (2022). Analisis Angkutan Sedimen Sungai Panjang Kabupaten Semarang. *RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL*, 8(2), 29-34.
- Einstein, H.A., 1950, *The Bedload Function for Sediment Transport in Open Channel Flow*, U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Technical Bulletin No. 1026.
- Garde, R. J., & Raju, K. R. (2000). *Mechanics of sediment transportation and alluvial stream problems*. Taylor & Francis.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016, December). Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng–Kabupaten Bangka Barat. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 4, No. 2, pp.165-174).
- Hassanzadeh, Y. (2012). “Hydraulics of Sediment Transport”. In Tech Publisher. Tabriz Iran
- Hermawan, A., & Afiato, E. N. (2021). Analisis Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*) pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta. *Teknisia*, 20-30.
- Iswahyudi, K., Salim, N., & Abadi, T. (2018). Kajian Sedimentasi di Sungai Sampean Bondowoso Menggunakan Progam HEC-RAS Versi 4.1. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 3(2).
- Junaidi, Fathona Fajri. 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai dengan Pulau Kemaro). Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2 No.3
- Kartiko, H. (2019). Estimasi Sumber Pencemar dan Beban Pencemar Sungai Winongo (Sub DAS Bagian Barat-Hilir). Universitas Islam Indonesia.
- Krumbein, W. C. (1963). Confidence intervals on low-order polynomial trend surfaces. *Journal of Geophysical Research*, 68(20), 5869-5878.
- LIPI. (2015). Environmental Conditions and Eutrophication Status of Rawapening Lake of Central Java, Indonesia. Proceedings of 15th world lake conference. Science4Press, 99-102.
- Manan, S., 1979, Pengaruh Hutan dan Managemen Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Mattotorang, U. H. (2019). Studi Pengaruh Lebar Sungai Terhadap Karakteristik Aliran Sedimen Di Dasar. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(1), 77-87.
- Meyer-Peter, E. & R-Muller, 1948, *Formula for Bed-Load Transport*, Pages 39-64 in IAHSR, Stockholm
- Nugroho, D. A., & Handayani, W. (2021). Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai: Pembelajaran Dari Sub Sistem Drainase Sungai Beringin. *Jurnal Pembangunan Wilayah&Kota*, 17(2), 119–136. <https://doi.org/10.14710/pwk.v17i2.33912>
- Nurika, F. B. P., Wiryani, E., & Jumari, J. (2019). Keanekaragaman Vegetasi Riparian Sungai Panjang Bagian Hilir di Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang. *Jurnal Akademi Biologi*, 8(1), 19-23.
- Priyantoro, D. (1987). Teknik Pengangkutan Sedimen. *Malang: Fakultas Teknik Brawijaya*.
- Putra, A. S. (2014). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai: Pulau Kemaro Sampai dengan Muara Sungai Komering). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3), 603-608. Bakirdere, S. (2014). *Speciation Studies in Soil, Sediment and Environmental Samples*. CRC Press.
- Putra, G.I.B. (2003). “ Karakteristik Sedimen Bed Load Gunung Berapi Rinjani (Debris Flow) dan Sedimen Lahan pada DAS Tanggik” . Fakultas Teknik . Universitas Mataram
- Putra, I. G., Saadi, Y., Wirahman, L., Salehudin, S., & Hidayat, S. (2019). Analisis Sedimentasi dari Pascabencana Banjir Sungai Belanting. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3.
- Rahayu, A. S., Besperi, B., & Razali, M. R. (2018). Kajian Laju Angkutan Sedimen Total Pada Kantong Lumpur Bendung Air Musi Kejalo. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 1-14.