

ARTIKEL ILMIAH
ANALISIS SEDIMENTASI PADA SUNGAI MENINTING DENGAN METODE
MEYER-PETER MULLER, EINSTEIN, DAN USBR

*Analysis of Sedimentation in The Meninting River Using The Meyer-Peter Muller,
Einstein, and USBR Methods*



Disusun oleh:
Muhammad Dia'ul Asfani
F1A 019 122

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023

ARTIKEL ILMIAH

ANALISIS SEDIMENTASI PADA SUNGAI MENINTING DENGAN METODE MEYER-PETER MULLER, EINSTEIN, DAN USBR

Oleh:

**Muhammad Dia'ul Asfani
F1A 019 122**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



**Salehudin, ST., MT.
NIP: 19661231 199512 1 001**

Tanggal: Juni 2023

2. Pembimbing Pendamping



**Agus Suroso, ST., MT.
NIP: 19680813 199703 1 002**

Tanggal: Juni 2023

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



**Dr. F. H. Harjadi, ST., MSc(Eng)
NIP: 19731027 199802 1 001**

ANALISIS SEDIMENTASI PADA SUNGAI MENINTING DENGAN METODE MEYER-PETER MULLER, EINSTEIN DAN USBR

Muhammad Dia'ul Asfani¹, Salehudin, ST., MT.², Agus Suroso, ST., MT.²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

DAS Meninting merupakan salah satu daerah yang rawan terjadinya banjir karena diakibatkan adanya erosi dan pengendapan sedimen di daerah aliran sungai. Pengendapan sedimen pada sungai disebabkan karena alih fungsi lahan pada daerah aliran sungai, pembangunan yang terjadi disekitar bantaran sungai, maupun erosi yang terjadi oleh alam. Sungai Meninting yang mengalir ditengah kota membuatnya memiliki peran yang penting terhadap drainase perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran, karakteristik sedimen, dan debit angkutan sedimen pada Sungai Meninting. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengukuran langsung di lapangan dan pengujian di laboratorium. Metode pengambilan sampel dilapangan untuk sedimen dasar menggunakan alat *Ekman Grab* sedangkan untuk sedimen melayang menggunakan alat *Cylinder Water Sampler*. Proses analisis data untuk sedimen dasar (*bed load*) menggunakan metode M.P.M dan Einstein, sedangkan untuk sedimen melayang (*suspend load*) menggunakan metode USBR (*United State Beureau Reclamation*). Sungai Meninting didominasi oleh butiran sedimen yang berukuran 0,425 mm dan 0,250 mm yang termasuk kedalam jenis pasir sedang dengan berat jenis berkisar antara 2,950-3,330 gram. Debit angkutan sedimen rerata menggunakan Metode M.P.M diperoleh hasil maksimum sebesar 11,822 m³/hari dan minimum sebesar 7,460 m³/hari. Debit angkutan sedimen rerata menggunakan Metode Einstein diperoleh hasil maksimum sebesar 3,543 m³/hari dan minimum sebesar 0,995 m³/hari. Debit angkutan sedimen rerata di lapangan menggunakan metode pengukuran langsung diperoleh hasil maksimum sebesar 0,00228 m³/hari dan minimum sebesar 0,00131 m³/hari. Adapun debit angkutan sedimen melayang rerata menggunakan Metode USBR diperoleh maksimum 0,027 m³/hari dan minimum sebesar 0,015 m³/hari. Dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa hasil perhitungan dengan metode Einstein lebih mendekati hasil perhitungan metode pengukuran secara langsung dibandingkan dengan metode M.P.M.

Kata kunci: Sedimentasi, Sungai Meninting, MPM, Einstein dan USBR

ABSTRACT

The Meninting Watershed is one of the areas prone to flooding due to erosion and sediment deposition in the river channel. Sediment deposition in the river is caused by land use changes in the river basin, development occurring around the river banks, as well as natural erosion. As it flows through the city, Meninting River plays very important role particularly in urban drainage. This research aims to determine the flow characteristics, sediment characteristics, and sediment transport discharge in the Meninting River. The methods used in this research include direct field measurements and laboratory testing. The field sampling method for bed load involves the use of Ekman Grab tool, while for suspended load, a Cylinder Water Sampler tool is used. The data analysis process for bed load utilizes the M.P.M and Einstein methods, while for suspended load, the USBR (United State Beureau Reclamation) method is used. The research shows thos Meninting River is dominated by sediment perticles with sizes 0,425 mm and 0,25 mm, falling into the category of medium sand. The specific gravity ranges from 2,950-3,330 gram. The average sediment transport discharge using the M.P.M method yielded a maximum value of 11,822 m³/day and minimum value of 7,460 m³/day. The average sediment transport discharge using the Einstein method yielded a

maximum value of 3,543 m³/day and a minimum value of 0,995 m³/day. The average sediment transport discharge in the field using direct measurement method yielded a maximum value of 0,00228 m³/day and a minimum value of 0,00131 m³/day. The average suspended sediment transport discharge using the USBR method yielded a maximum value of 0,027 m³/day and a minimum value of 0,015 m³/day. From the calculation it can be observed that the Einstein method yields results are closer to those obtained from direct measurement methods compared to the M.P.M method.

Keywords: Sedimentation, Meninting River, MPM, Einstein and USBR.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

DAS Meninting yang terletak di Kecamatan Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat merupakan salah satu daerah rawan terjadinya banjir. Banjir terjadi karena luapan air sungai menuju daratan yang diakibatkan adanya erosi dan pengendapan sedimen di daerah aliran sungai. Pengendapan sedimen menyebabkan pendangkalan pada sungai, hal ini disebabkan karena alih fungsi lahan pada daerah aliran sungai, pembangunan yang terjadi di sekitar bantaran sungai, maupun erosi yang terjadi oleh alam.

Sungai Meninting mengalir di tengah kota hingga bermuara di Pantai Meninting. Aliran sungai yang melewati wilayah kota membuat sungai memiliki peran penting terhadap drainase perkotaan. Untuk menjaga agar kondisi sungai tetap terjaga dan sesuai dengan fungsinya maka perlu dilakukan analisis salah satunya adalah analisis sedimentasi.

Tujuan analisis sedimentasi adalah untuk mengetahui besaran sedimentasi, pengaruhnya terhadap morfologi sungai dan cara pengendalian yang tepat guna mengurangi akibat daya rusak air. Pengendalian dapat dilakukan dengan menempatkan bangunan-bangunan pengendali sedimen maupun konservasi di bagian hulu sungai. Salah satu cara untuk mendapatkan kajian pengendalian yang tepat adalah dengan analisis sedimentasi yang terjadi di sungai dalam kurun waktu tertentu (Sudira et al., 2013).

Melihat pentingnya upaya pencegahan atau pengendalian daya rusak air seperti banjir

akibat dari sedimentasi pada Sungai Meninting dan pentingnya peran Sungai Meninting bagi masyarakat sekitar daerah aliran sungai maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan besaran angkutan sedimen total pada Sungai Meninting. Sungai yang akan dianalisis pada tugas akhir ini adalah Sungai Meninting pada DAS Meninting. Oleh karena itu, penelitian ini diangkat menjadi tugas akhir yang berjudul, “ANALISIS SEDIMENTASI PADA SUNGAI MENINTING DENGAN METODE MEYER-PETER MULLER (M.P.M), EINSTEIN DAN USBR”.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik aliran pada Sungai Meninting?
2. Bagaimana karakteristik sedimen pada Sungai Meninting?
3. Berapa besar debit angkutan sedimen pada Sungai Meninting?

Batasan Masalah

1. Daerah studi terletak di DAS Meninting Kabupaten Lombok Barat
2. Analisis angkutan sedimen hanya menghitung sedimen dasar sungai (*bed load*) dan sedimen melayang sungai (*suspend load*)
3. Analisis angkutan sedimen dasar sungai (*bed load*) menggunakan rumus Meyer-Peter dan Muller (M.P.M) dan Einstein, sedangkan analisis angkutan sedimen melayang sungai (*suspend load*) menggunakan metode USBR (*United State Beureu Reclamation*)

4. Karakteristik aliran yang ditinjau berupa kecepatan aliran, debit aliran, kecepatan geser, dan kemiringan aliran
5. Karakteristik angkutan sedimen yang ditinjau adalah ukuran (*size*) dan berat jenis kering (*bulk density*)
6. Penangkapan sedimen dilakukan di tiga lokasi pada Sungai Meninting. Pada setiap lokasi dilakukan penangkapan sedimen di tiga titik yaitu bagian kiri, tengah, dan kanan sungai pada daerah melintang sungai
7. Penangkapan sedimen dilakukan pada pagi dan sore hari
8. Karena waktu penelitian yang terbatas, maka penelitian angkutan sedimen ini tidak membandingkan hasil di musim kemarau dan musim penghujan

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik aliran pada Sungai Meninting
2. Mengetahui karakteristik sedimen pada Sungai Meninting
3. Mengetahui besar debit angkutan sedimen total pada sungai Meninting

Manfaat Penelitian

1. Memberikan wawasan serta informasi mengenai analisis sedimentasi di Sungai Meninting
2. Memberi pengetahuan serta kesadaran akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan
3. Sebagai bahan pertimbangan bagi pihak yang berkepentingan dalam menangani sedimen di Sungai Meninting, serta dapat membantu menentukan pola perencanaan dan pengelolaan sungai Meninting secara berkelanjutan

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tinjauan Pustakan

Riska (2017), melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Empiris Angkutan Sedimen Sungai Progo Hilir Menggunakan Metode Meyer Peter dan Muller, Einstein, dan Frijlink”. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan mengambil data primer penelitian secara langsung di lapangan maupun di laboratorium. Data yang diperoleh dari hasil penelitian di lapangan berupa temperatur sungai, tampang melintang dan memanjang sungai, lebar aliran sungai, kedalaman aliran sungai, dan kecepatan aliran sungai. Pengujian laboratorium menghasilkan berat jenis sampel sedimen dasar, dan gradasi butiran. Perhitungan besarnya angkutan sedimen dilakukan dengan persamaan Meyer-Peter Muller, Einstein dan Frijlink. Berdasarkan persamaan metode empiris (Meyer-Peter Muller, Einstein, dan Frijlink) berturut-turut adalah pada pias Sapon didapatkan angkutan sedimen dasar dengan debit 111,55 m^3 /hari sebesar 514,356 m^3 /hari, 217,469 m^3 /hari, dan 5,064 m^3 /hari. Sedangkan pada pias Srandakan didapatkan angkutan sedimen dasar dengan debit 144,11 m^3 /detik sebesar 835,45 m^3 /hari, 0 m^3 /hari, dan 5,2 m^3 /hari.

Uweist (2022), juga melakukan penelitian sedimentasi pada DAS Balak dan DAS Bangketlamin yang mengalami pendangkalan akibat tingginya sedimen yang diakibatkan maraknya pembangunan di sekitar DAS tersebut. Hasil analisis sedimen total dengan metode M.P.M, Einstein dan pengukuran secara langsung berturut-turut pada Sungai Nandus DAS Balak sebesar 2,613 m^3 /hari, 0,726 m^3 /hari, dan 0,57674 m^3 /hari, kemudian pada Sungai Mer DAS Bangketlamin sebesar 2,085 m^3 /hari, 0,542 m^3 /hari, dan 0,35952 m^3 /hari.

Yudane (2022), meneliti tentang sedimentasi pada sungai Ngolang dan Tebelo. Penelitian dilakukan secara langsung di lapangan. Penelitian tersebut mendapatkan hasil analisis sedimen dasar (*bed load*) terbesar pada sungai Ngolang sebesar 26,807 ton/hari dengan metode M.P.M. dan 3,980 ton/hari dengan metode Einstein. Kemudian pada sungai Tebelo sebesar 23,492 ton/hari dengan metode M.P.M. dan 3,833 ton/hari dengan

metode Einstein. Sedangkan hasil analisis sedimen layang (*suspend load*) terbesar pada sungai Ngolang dengan metode USBR sebesar 48,804 ton/hari. Sedangkan pada sungai Tebelo sebesar 14,437 ton/hari.

Dasar Teori

KARAKTERISTIK ALIRAN

1. Kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan secara langsung (*direct*) menggunakan alat *current meter*, yaitu:

- Metode tiga titik

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada titik 0,2; 0,6; dan 0,8 kedalaman aliran dari permukaan air. Metode ini biasanya dipakai pada saluran dengan kedalaman lebih dari 0,76 m, dinyatakan dengan persamaan berikut ini (Utami, 2020):

$$U = \frac{U_{0,2} + U_{0,6} + U_{0,8}}{3}$$

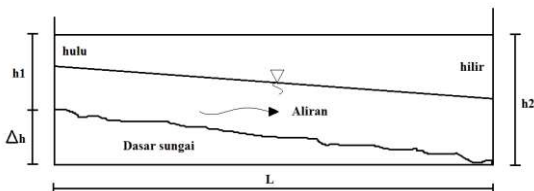
2. Debit aliran

Luas penampang saluran (A) dan kecepatan aliran (U) adalah parameter penting dalam menghitung besarnya debit suatu aliran, setelah kedua parameter tersebut diketahui barulah dapat dicari besarnya debit aliran sungai. Sampai parameter tersebut diketahui barulah dapat dicari besarnya debit aliran sungai. Sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung debit aliran sungai adalah (Utami, 2020):

$$Q = A \cdot U$$

3. Kemiringan dasar sungai (I)

Pengukuran kemiringan dasar sungai pada penelitian ini menggunakan prinsip kestabilan air dalam selang.



Mencari beda tinggi muka air dapat dicari dengan persamaan berikut (Muhandisain, 2022):

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

dengan,

Δh = beda tinggi muka air hulu dan hilir sungai (m)

h_1 = tinggi muka air di hulu sungai (m)

h_2 = tinggi muka air di hilir sungai (m)

Kemudian nilai kemiringan dasar sungai dapat dicari menggunakan persamaan:

$$I = \Delta h / L$$

dengan,

I = kemiringan dasar sungai

L = panjang bagian sungai (m)

Δh = beda tinggi muka air di hulu dan di hilir sungai (m)

4. Kecepatan geser

Persamaan yang digunakan untuk menghitung tingkat transportasi sedimen atau untuk memeriksa stabilitas kerikil pada permukaan dasar sungai adalah:

$$U^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_w}} = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$$

$$\tau_0 = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I$$

dengan,

U^* = kecepatan geser butiran (m/dt)

τ_0 = gaya geser (kg/m^2)

ρ_w = massa jenis air (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

R = jari-jari hidrolis (m)

I = kemiringan dasar sungai

h = kedalaman air (m).

KARAKTERISTIK SEDIMEN

1. Ukuran butiran

Partikel butiran sedimen alam memiliki bentuk yang tidak teratur. Oleh karena itu setiap panjang dan diameter akan memberikan arti bentuk kelompok butiran. Secara garis besar skala butiran adalah sebagai berikut:

Brangkal (*boulders*) : 4000 – 250 mm

Kerakal (*cobbles*) : 250 – 64 mm

Kerikil (*gravel*) : 64 – 25 mm
 Pasir (*sand*) : 2000 – 62 μ
 Lanau (*silt*) : 62 – 4 μ
 Lempung (*clay*) : 4 – 0,24 μ

2. Berat jenis (*Specific gravity*)

Berat jenis sedimen adalah perbandingan antara berat sedimen dengan berat air pada volume yang sama dan pada temperatur tertentu. Untuk mendapatkan harga berat jenis butir tanah (*specific gravity*) digunakan rumus (Riska, 2017):

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_5 - w_1) - (w_3 - w_2)}$$

$$w_5 = w_4 \cdot k$$

dengan,

w_1 = berat piknometer

w_2 = berat piknometer + sampel

w_3 = berat piknometer + sampel + air

w_4 = berat piknometer + air

w_5 = berat piknometer + air terkoreksi

k = faktor koreksi temperatur

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (*BED LOAD*)

1. Metode Meyer-Peter dan Muller

Meyer-Peter dan Muller melakukan beberapa kali percobaan pada *flume* dengan *coarse-sand* dan menghasilkan hubungan empiris antara intensitas angkutan (Φ) dan intensitas pengaliran efektif (Ψ') sebagai berikut (Putra et al., 2019)

$$\Phi = (4 \cdot \Psi' - 0,188)^{\frac{3}{2}}$$

$$Qb = \Phi (g \Delta Dm^3)^{\frac{1}{2}}$$

dengan,

Φ = intensitas angkutan sedimen

Qb = volume angkutan sedimen per lebar,

$$\text{ripple factor} = \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Ψ = intensitas pengaliran

Ψ' = intensitas pengaliran efektif

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt^2)

Δ = rasio perbandingan antara massa jenis sedimen dengan massa jenis air

$$= \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w}$$

ρ_s = massa jenis butiran (kg/m^3)

ρ_w = massa jenis air (kg/m^3)

D_m = diameter efektif ($D_{50} - D_{60}$)

2. Metode Einstein

Hubungan antara kemungkinan butiran akan terangkut dengan intensitas angkutan dasar dijabarkan sebagai berikut (Uweist, 2022):

$$Qb = \Phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2}$$

$$\Phi = 0,044638 + 0,36249 \Psi' - 0,226795 \Psi'^2 + 0,036 \Psi'^3$$

dengan,

Qb = debit angkutan sedimen (m^3/dt),

Φ = intensitas angkutan sedimen,

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt^2),

Δ = rasio perhitungan antara massa jenis butiran dengan massa jenis air

$$= \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w},$$

D_{35} = diameter butiran lolos saringan 35%,

Ψ' = intensitas pengaliran efektif,

ρ_s = massa jenis butiran (kg/m^3),

ρ_w = massa jenis air (kg/m^3).

3. Metode pengukuran secara langsung

Hardiyatmo (2002), menjelaskan tentang persamaan yang digunakan untuk perhitungan volume butiran padat/sedimen sebagai berikut (Uweist, 2022):

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w}$$

dengan,

V_s = volume tampungan sedimen di alat (m^3),

W_s = berat sedimen kering di alat (gr),

γ_w = massa jenis air = 1000 $kg/m^3 = 1 \text{ gr/cm}^3$,

G_s = berat jenis sedimen

Sehingga jumlah angkutan sedimen di lapangan diperoleh dengan persamaan (Uweist, 2022):

$$Qb = \frac{V_s}{t}$$

dengan,

Qb = debit muatan sedimen dasar di lapangan (m^3/dt),

V_s = volume tampungan sedimen di alat (m^3),
 t = waktu pengambilan sampel (dt).

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN MELAYANG (*SUSPEND LOAD*)

1. Metode USBR

Pada penelitian ini digunakan metode USBR (*United State Beureu Reclamation*) ini memerlukan data pengukuran debit air (Q_w) dalam m^3/dt , yang dikombinasikan dengan konsentrasi sedimen (C_s) dalam gr/ltr, kemudian menghasilkan debit sedimen (Q_s) dalam ton/hari dihitung menggunakan persamaan berikut (Asdak, 2010):

$$Q_s = k \cdot C_s \cdot Q_w$$

dengan,

Q_s = debit sedimen *suspend* (ton/hari),

C_s = konsentrasi sedimen *suspend* (gr/ltr),

Q_w = debit aliran (m^3/dt),

k = kongsanta (0,0864) konversi dari satuan berat, volume, waktu.

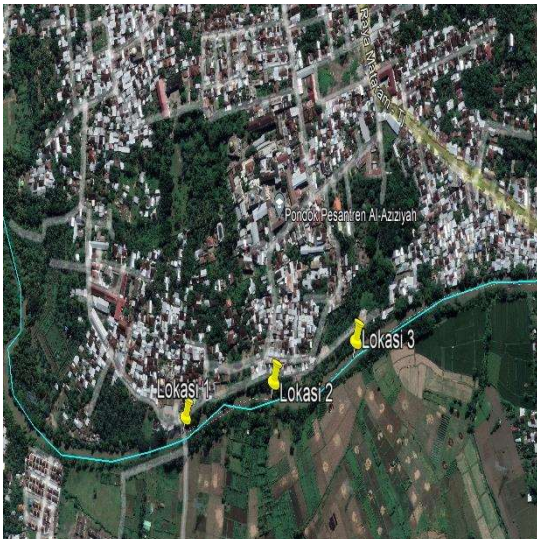
Konsentrasi sedimen *suspend* dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Asdak, 2010):

$$C_s = \frac{\text{Berat kering sedimen}}{\text{Volume air pada sungai}}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian lapangan dilakukan pada tiga lokasi di Sungai Meninting yang dipilih karena terdapat penumpukan



sedimen pada sekitar lokasi tersebut, tiga lokasi tersebut berjarak ± 200 m antar lokasi. Adapun untuk koordinat-koordinat lokasi penelitiannya adalah lokasi 1 (-8.548141, 116.109977), lokasi 2 (-8.547934, 116.108158), lokasi 3 (-8.548247, 116.106064). Sungai Meninting memiliki panjang 20,0957 km yang terletak pada DAS Meninting, Kabupaten Lombok Barat.

Gambar 1. Lokasi penelitian

Persiapan dan pengumpulan data

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan ini dimaksudkan untuk mempersiapkan segala sesuatu yang diperlukan di lapangan. Tahap persiapan ini meliputi persiapan survey lapangan di daerah studi

2. Tahap pengumpulan data

Tahap pengumpulan data ini dilakukan dengan melakukan survey studi di lapangan. pengumpulan data dilakukan dengan 2 tahap yaitu tahap pengukuran dan tahap pengambilan sampel

3. Analisis dan evaluasi data sekunder dan data primer hasil survey dan penelitian lapangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik aliran

1. Kecepatan aliran

Kecapatan aliran diukur menggunakan alat *current meter* sehingga di dapat nilai kecepatan aliran setiap penampang berturut-turut sebesar 0,809 m/dt; 1,231 m/dt; 0,867 m/dt pada pagi hari dan 0,864 m/dt; 1,179 m/dt; 0,855 m/dt pada sore hari

2. Debit aliran

Debit aliran didapatkan setelah melakukan pengukuran luas penampang sungai dan kecepatan aliran sungai, sehingga di dapatkan nilai debit aliran sungai.

Tabel 1. Hasil perhitungan debit Sungai Meninting pada pagi hari

Penampang	Pias	Kecepatan	Kecepatan Rata-Rata	Luas Total	Debit
		(U)	(U)	(A)	(Q)
		(m/dt)	(m/dt)	(m ²)	(m ³ /dt)
1	Kanan	0.787	0.809	5.880	4.755
	Tengah	0.833			
	Kiri	0.806			
2	Kanan	1.269	1.231	4.435	5.461
	Tengah	1.333			
	Kiri	1.093			
3	Kanan	0.824	0.867	6.841	5.933
	Tengah	0.574			
	Kiri	1.204			

Tabel 2. Hasil perhitungan debit Sungai Meninting pada sore hari

Penampang	Pias	Kecepatan	Kecepatan Rata-Rata	Luas Total	Debit
		(U)	(U)	(A)	(Q)
		(m/dt)	(m/dt)	(m ²)	(m ³ /dt)
1	Kanan	0.852	0.864	5.880	5.081
	Tengah	0.880			
	Kiri	0.861			
2	Kanan	1.333	1.179	4.435	5.228
	Tengah	0.991			
	Kiri	1.213			
3	Kanan	0.759	0.855	6.841	5.848
	Tengah	0.815			
	Kiri	0.991			

3. Kemiringan dasar sungai

Perhitungan kemiringan dasar sungai pada penampang 1

Menghitung beda tinggi muka air (Δh_1)

- Ketinggian muka air hulu (h_1)

Ketinggian muka air di bagian kanan sungai (h_{kanan}) = 0,443 m

Ketinggian muka air di bagian tengah sungai (h_{tengah}) = 0,420 m

Ketinggian muka air di bagian kiri sungai (h_{kiri}) = 0,443 m

$$\bar{h}_1 = \frac{0,443 + 0,420 + 0,443}{3} = 0,435 \text{ m}$$

- Ketinggian muka air di hilir (h_2)

Ketinggian muka air di bagian kanan sungai (h_{kanan}) = 0,643 m

Ketinggian muka air di bagian tengah sungai (h_{tengah}) = 0,670 m

Ketinggian muka air di bagian kiri sungai (h_{kiri}) = 0,610 m

$$\bar{h}_2 = \frac{0,643 + 0,670 + 0,610}{3} = 0,641 \text{ m}$$

- Menghitung kemiringan dasar sungai (I)

Setelah Δh didapatkan, maka kemiringan dasar sungai dapat dihitung dengan persamaan

(2-14). Adapun beda tinggi (Δh) dari hulu ke hilir sungai dihitung dengan persamaan (2-13), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta h &= \bar{h}_2 - \bar{h}_1 \\ &= 0,641 - 0,435 = 0,206 \text{ m} \end{aligned}$$

Dikarenakan jarak antara hulu dan hilir sungai 25 m maka,

$$I = \frac{0,206}{25} = 0,0082$$

4. Kecepatan geser butiran

Perhitungan kecepatan geser butiran pada penampang 1

$$\begin{aligned} U^* &= \sqrt{g \times R \times I} \\ &= \sqrt{9,81 \times 0,353 \times 0,0082} = 0,1687 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Karakteristik sedimen

Faktor lain yang menyebabkan angkutan sedimen dapat bergerak, bergeser disepanjang dasar sungai atau bergerak melayang pada aliran sungai selain karakteristik aliran adalah karakteristik sedimen. Karakteristik sedimen meliputi ukuran (*size*) dan berat jenis (*specific gravity*).

1. Berat jenis

Dengan contoh data untuk berat jenis pada Sungai Meninting penampang 1 pengambilan data pada pias kanan sebagai berikut:

Piknometer LIP(1)

Berat piknometer (W1) = 29,97 gram

Berat piknometer + sampel (W2) = 46,21 gram

Berat piknometer + sampel + air (W3) = 89,60 gram

Berat piknometer + air (W4) = 78,69 gram

Temperatur = 30°

Faktor koreksi temperatur (k) = 0,9986

Untuk mengetahui besarnya berat jenis angkutan sedimen, digunakan persamaan (2-17) sebagai berikut:

$$Gs = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_5 - w_1) - (w_3 - w_2)}$$

Sebelum menghitung nilai berat jenis, terlebih dahulu dihitung berat piknometer + air

terkoreksi (W5) sesuai dengan temperature pengukuran dengan persamaan (2-18):

$$W5 = W4 \times k = 78,69 \times 0,9986 = 78,580 \text{ gram}$$

Sehingga didapatkan nilai berat jenis, yaitu:

$$Gs \text{ penampang 1 (pias kanan)} = \frac{(46,21 - 29,97)}{(78,58 - 97) - (89,60 - 46,21)} = 3,111 \text{ gram}$$

Tabel 3. Pengujian berat jenis sedimen Sungai Meninting penampang 1

Lokasi	1		
	1	2	3
Pias	L1p(1)	L1p(2)	L1p(3)
Kode Piknometer			
Berat Piknometer (W1) (gram)	29.97	30.05	28.73
Berat Piknometer + Tanah Kering (W2) (gram)	46.21	53.24	50.94
Berat tanah kering (Wt = W2 - W1) (gram)	16.24	23.19	22.21
Berat Piknometer + Tanah + Air (W3) (gram)	89.6	95.08	94.87
Berat Piknometer + Air (W4) (gram)	78.69	79.43	79.9
Temperature (C)	30	30	30
Faktor Koreksi Temperatur (K)	0.9986	0.9986	0.9986
Berat Piknometer + Air Terkoreksi (W5 = W4 x K)	78.580	79.319	79.788
Berat Jenis (W2 - W1)/[(W5-W1)-(W3-W2)]	3.111	3.122	3.116
Berat Jenis Rata-rata	3.116		

2. Ukuran (Size)

Untuk mendapatkan distribusi ukuran butiran lebih besar dari 0,075 mm (saringan no.200), maka sedimen dasar (*bed load*) yang



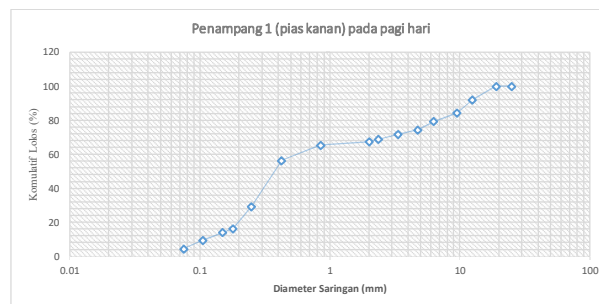
didapatkan di oven sampai dalam kondisi kering selama ± 24 jam dan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan saringan (no. 1", ¾", ½", 3/8", ¼", 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 140 dan 200). Proses analisis saringan dapat dilihat pada gambar berikut ini

Gambar 2. Proses analisis butiran

Tabel 4. Distribusi ukuran butiran pada pias kanan penampang 1 Sungai Meninting pada waktu pagi hari

Nomor Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	Berat Tanah Tertahan + Saringan (gram)	Berat Saringan (gram)	Berat Tanah Tertahan (gram)	Berat Tanah Kumulatif Lolos Saringan (gram)	Persen Lolos Saringan (%)	Persen Tertahan Saringan (%)	Klasifikasi Butiran
					2527.10	100		
1"	25	452.57	452.57	0.00	2527.10	100.00	0.00	Kerikil berkarsa
¾"	19	668.45	468.45	200.00	2327.10	92.09	7.91	Kerikil berkarsa
½"	12.5	647.52	450.63	196.89	2130.21	84.29	7.79	Kerikil sedang
3/8"	9.5	570.83	442.27	128.56	2001.65	79.21	5.09	Kerikil halus
¼"	6.3	560.35	440.33	120.02	1881.63	74.46	4.75	Kerikil halus
No. 4	4.75	497.35	428.85	68.50	1813.13	71.75	2.71	Kerikil halus
No. 6	3.35	486.96	411.42	75.54	1737.59	68.76	2.99	Kerikil sangat halus
No. 8	2.36	426.63	393.71	32.92	1704.67	67.46	1.30	Kerikil sangat halus
No. 10	2	456.93	404.07	52.86	1651.81	65.36	2.09	Pasir sangat berkarsa
No. 20	0.85	580.60	354.63	225.97	1425.84	56.42	8.94	Pasir berkarsa
No. 40	0.425	1017.31	334.15	683.16	742.68	29.39	27.03	Pasir sedang
No. 60	0.25	615.83	285.89	329.94	412.74	16.33	13.06	Pasir sedang
No. 80	0.18	339.62	280.69	58.93	353.81	14.00	2.33	Pasir halus
No. 100	0.15	391.03	275.96	115.07	238.74	9.45	4.55	Pasir halus
No. 140	0.106	398.60	272.16	126.44	112.30	4.44	5.00	Pasir sangat halus
No. 200	0.075	369.28	262.62	106.66	5.64	0.22	4.22	Pasir sangat halus
Pan	0	323.28	317.64	5.64	0.00	0.00	0.22	
Total					2527.10		100.00	

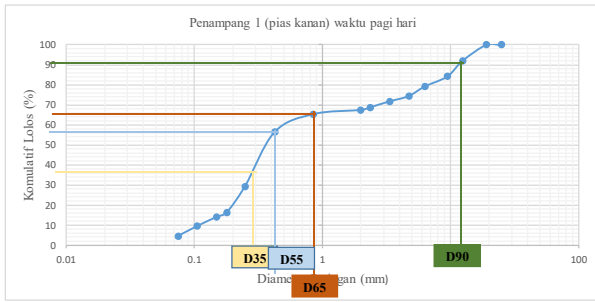
Dari tabel di atas, dapat digambarkan kurva kumulatif distribusi ukuran butiran pengambilan di pias kanan pada Sungai Meninting penampang 1 dari sampel yang menampilkan hubungan antara persentase kumulatif lolos saringan dengan diameter saringan, seperti yang disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Kurva kumulatif distribusi ukuran butiran pada pias kanan di Sungai Meninting pada waktu pagi hari

MENENTUKAN D_{35} , D_{55} , D_{65} dan D_{90}

Untuk mengetahui distribusi butiran sedimen pada Sungai Meninting dapat dilihat pada diameter saringan berdasarkan persentase grafik kumulatif lolos D_{35} , D_{55} , D_{65} dan D_{90} (35%, 55%, 65%, dan 90%). Untuk menentukan nilai dari masing-masing lokasi penelitian, didapatkan nilai dari grafik kumulatif lolos dari sampel sedimen pada Sungai Meninting.



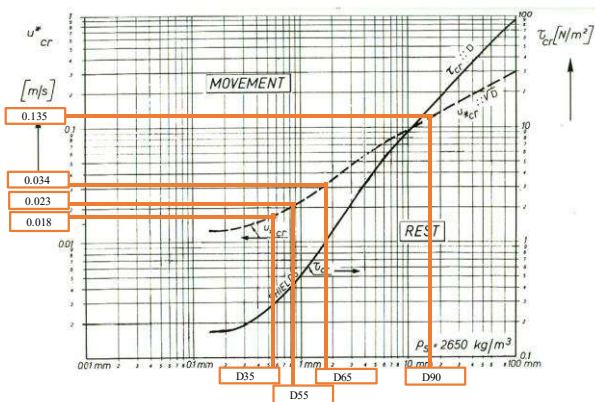
Gambar 4. Kurva distribusi butiran
Tabel 5. Hasil plotting kurva di atas

Penampang Lokasi 1	D35		D55		D65		D90	
	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)
Pias Kanan	56.42	0.85	56.42	0.85	65.36	2.00	92.09	19.00
	35.00	0.51	55.00	0.83	65.00	1.95	90.00	17.26
	29.39	0.43	29.39	0.43	56.42	0.85	84.29	12.50

Kontrol stabilitas butiran

Untuk mengetahui material atau sedimen *bed load* dalam keadaan diam atau bergerak maka diperlukan adanya kontrol stabilitas butiran dengan menggunakan grafik Shields untuk mengetahui nilai kecepatan geser kritis. Sebagai contoh perhitungan maka akan digunakan data pias kanan pada penampang 1 Sungai, dengan nilai:

$$\begin{aligned}
 U^* &= 0,1687 \text{ m/dt} \\
 D35 &= 0,51 \text{ mm} \\
 D55 &= 0,83 \text{ mm} \\
 D65 &= 1,95 \text{ mm} \\
 D90 &= 17,26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Kontrol stabilitas butiran D35, D55, D65, D90 pada penampang 1 (pias kanan) waktu pagi hari

Dari grafik Shields, terlebih dahulu diketahui nilai kecepatan kritis dimana $U^* = 0,1687 \text{ m/dt}$ dan $D35 = 0,51 \text{ mm}$; $D55 = 0,83 \text{ mm}$; $D65 = 1,95 \text{ mm}$; $D90 = 17,26 \text{ mm}$,

sehingga didapatkan nilai kecepatan geser kritis berturut-turut dimana $U^*_{cr} = 0,018 \text{ m/dt}$; $0,023 \text{ m/dt}$; $0,034 \text{ m/dt}$; $0,135 \text{ m/dt}$. Karena nilai $U^* > U^*_{cr}$ sehingga termasuk butiran bergerak.

Analisis angkutan sedimen dasar (*Bed Load*)

1. Metode Meyer-Peter dan Muller

Sebagai contoh perhitungan maka digunakan hasil analisis pengamatan pada pias kanan penampang sungai 1 waktu pagi hari, seperti di bawah ini:

Diketahui data:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit aliran (Q)} &= 1,421 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 \text{Kecepatan rata-rata (U)} &= 0,787 \text{ m/dt} \\
 \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= 0,353 \text{ m} \\
 \text{Keliling basah (P)} &= 16,671 \text{ m} \\
 \text{Kemiringan dasar sungai (I)} &= 0,0082 \\
 \text{Berat jenis sedimen } (\gamma_s) &= 3116 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat jenis air } (\gamma_w) &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 \Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w &= 2,116 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Diameter butiran (D35)} &= 0,00051 \text{ m} \\
 \text{Diameter butiran (D55)} &= 0,00083 \text{ m} \\
 \text{Diameter butiran (D65)} &= 0,00195 \text{ m} \\
 \text{Diameter butiran (D90)} &= 0,01726 \text{ m}
 \end{aligned}$$

M.P.M (1948) melakukan percobaan beberapa kali pada flume dengan coarse-sand dan menghasilkan hubungan empiris antara intensitas angkutan (ϕ) dan intensitas pengaliran efektif (Ψ'), yaitu menghasilkan persamaan angkutan sedimen. Sehingga langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *ripple factor* (μ). Maka sebelumnya mencari nilai *friction factor* angkutan dengan persamaan (2-23):

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{U^*}{\sqrt{R \cdot I}} \\
 &= \frac{0,787}{\sqrt{0,353 \cdot 0,0082}} \\
 &= 14,611
 \end{aligned}$$

Kemudian dengan persamaan (2-24) didapat *friction factor* intensitifnya:

$$\begin{aligned}
 C' &= 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{90}} \\
 &= 18 \log \frac{12 \cdot 0,353}{0,01726}
 \end{aligned}$$

$$= 43,012$$

Sehingga dapat dihitung nilai *ripple factor*, seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}\mu &= \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} \\ &= \left(\frac{14,611}{43,012}\right)^{\frac{3}{2}} \\ &= 0,1980\end{aligned}$$

Kemudian dengan persamaan (2-22), didapat nilai intensitas pengaliran efektif, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Psi' &= \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot Dm} \\ &= \frac{0,1980 \cdot 0,353 \cdot 0,0082}{2,116 \cdot 0,00083} \\ &= 0,3280\end{aligned}$$

Selanjutnya dengan persamaan (2-19), didapat untuk menghitung intensitas angkutan sedimen (ϕ):

$$\begin{aligned}\phi &= (4 \cdot \Psi' - 0,188)^{\frac{3}{2}} \\ &= (4 \cdot 0,3280 - 0,188)^{\frac{3}{2}} \\ &= 1,1916\end{aligned}$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut per meter persatuan waktu dihitung dengan persamaan (2-20):

$$\begin{aligned}Qb &= \phi (g \Delta Dm^3)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,1916 (9,81 \cdot 2,116 \cdot 0,00083^3)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menghitung jumlah angkutan sedimen dalam sehari, yaitu:

$$\begin{aligned}Qb/\text{hari} &= Qb \times 24 \times 3600 \\ &= 1,29 \times 10^{-4} \times 24 \times 3600 \\ &= 11,1693 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2. Metode Einstein

Langkah pertama adalah menghitung nilai *friction factor* (C) dengan menggunakan persamaan (2-23):

$$\begin{aligned}C &= \frac{U^*}{\sqrt{R \cdot I}} \\ &= \frac{0,787}{\sqrt{0,353 \cdot 0,0082}} \\ &= 14,611\end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *friction factor* intensif (C') dengan menggunakan persamaan (2-28):

$$\begin{aligned}C' &= 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}} \\ &= 18 \log \frac{12 \cdot 0,353}{0,00195} \\ &= 60,045\end{aligned}$$

Sehingga nilai *ripple factor* (μ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}\mu &= \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} \\ &= \left(\frac{14,611}{60,045}\right)^{\frac{3}{2}} \\ &= 0,1200\end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai intensitas pengaliran efektif (Ψ') dengan persamaan (2-27):

$$\begin{aligned}\Psi' &= \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}} \\ &= \frac{0,1200 \cdot 0,353 \cdot 0,0082}{2,116 \cdot 0,00051} \\ &= 0,3207\end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai intensitas angkutan sedimen (Φ) dengan menggunakan persamaan (2-26):

$$\begin{aligned}\Phi &= 0,044638 + 0,36249 \Psi' - \\ &0,226795 \Psi'^2 + 0,036 \Psi'^3 \\ &= 0,044638 + 0,36249 (0,3207) \\ &\quad - 0,226795 (0,3207)^2 \\ &\quad + 0,036 (0,3207)^3 \\ &= 0,1387\end{aligned}$$

Dengan demikian jumlah angkutan sedimen parameter persatuan waktu dapat dihitung menggunakan persamaan (2-25):

$$\begin{aligned}Qb &= \Phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2} \\ &= 0,1387 (9,81 \cdot 2,116 \cdot (0,00051)^3)^{1/2} \\ &= 7,35 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}\end{aligned}$$

Kemudian menghitung jumlah angkutan sedimen dalam sehari, yaitu:

$$\begin{aligned}Qb/\text{hari} &= Qb \times 24 \times 3600 \\ &= 7,35 \times 10^{-6} \times 24 \times 3600 \\ &= 0,6350 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

3. Metode pengukuran secara langsung

Perhitungan jumlah angkutan sedimen di lapangan adalah perbandingan antara volume sedimen yang tertangkap pada alat (Vs) dengan lama waktu pengambilannya (tp).

Berikut merupakan perhitungan jumlah angkutan sedimen di lapangan (Q_b) pada Sungai Meninting penampang 1 (pias kanan):

Diketahui:

$$W_s = 50,31 \text{ gram}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gram/cm}^3$$

$$G_s = 3,116$$

$$t_p = 20 \text{ menit}$$

$$= 1200 \text{ detik}$$

Langkah pertama adalah mencari volume sedimen (V_s) dengan menggunakan persamaan (2-31):

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w} \\ &= \frac{50,31}{3,116 \cdot 1} \\ &= 16,145 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah angkutan sedimen di lapangan diperoleh dengan persamaan (2-32):

$$\begin{aligned} Q_b &= \frac{V_s}{t} \\ &= \frac{16,145}{1200} \\ &= 0,0135 \text{ cm}^3/\text{dt} \\ &= 1,34 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{dt/m} \end{aligned}$$

Maka jumlah angkutan sedimen dalam satu hari dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_b/\text{hari} &= Q_b \times (60 \times 60 \times 24) \\ &= 1,34 \times 10^{-8} \times (86400) \\ &= 1,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Analisis angkutan sedimen melayang (*Suspend Load*)

Tabel 6. Data hasil uji penyaringan sedimen dan debit aliran penampang 1 Sungai Meninting

Lokasi 1	Satuan	Pias 1	Pias 2	Pias 3
Berat Cawan + Kertas Saring (W1)	gram	10.95	9	8.98
Berat Gelas Ukur + Kertas Saring + Sampel (W2)	gram	11.03	9.14	9.32
Berat Sampel (W3 = W2 - W1)	gram	0.08	0.14	0.34
Volume Air (V)	lt	0.55	0.589	0.57
Debit Aliran	m ³ /dt			

Tabel 7. Nilai konsentrasi sedimen pada waktu pagi hari

Lokasi	Pias	Berat Cawan + Kertas Saring (W1)	Berat Cawan + Kertas Saring + Sampel (W2)	Berat Sampel (W3)	Volume Air Pada Sampel (V air)	Konsentrasi Sedimen (Cs)	Konsentrasi Sedimen rerata (Cs)
		(gram)	(gram)	(gram)	(lt)	(gram/lt)	(gram/lt)
1	1	10.950	11.030	0.080	0.550	0.145	0.327
	2	9.000	9.140	0.140	0.589	0.238	
	3	8.980	9.320	0.340	0.570	0.596	
2	1	10.320	10.510	0.190	0.530	0.358	0.345
	2	8.920	9.080	0.160	0.519	0.308	
	3	9.000	9.210	0.210	0.568	0.370	
3	1	8.950	9.090	0.140	0.520	0.269	0.451
	2	9.020	9.240	0.220	0.600	0.367	
	3	8.970	9.400	0.430	0.600	0.717	

Dari data hasil pengujian didapatkan bahwa nilai konsentrasi sedimen melayang rata-rata pada penampang 1 sebesar 0,327 gram/liter, penampang 2 sebesar 0,345 gram/liter, penampang 3 sebesar 0,451 gram/liter.

Kemudian dengan persamaan (2-29) untuk menghitung muatan melayang dengan Metode USBR (*United State Beureu Reclamation*) yang menghasilkan debit sedimen dalam ton/hari, yaitu

$$Q_s = 0,0864 \times C_s \times Q_w$$

Berikut adalah contoh perhitungan sedimen melayang pada penampang 1 sungai piase kanan untuk menghitung muatan melayang, yaitu:

$$\text{Konsentrasi sedimen melayang (C)} = 0,327 \text{ gram/liter}$$

$$\text{Debit aliran (Q)} = 1,421 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Sehingga perhitungannya, yaitu:

$$Q_s = 0,0864 \times 0,327 \times 1,421$$

$$Q_s = 0,040 \text{ ton/hari}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis angkutan sedimen pada Sungai Meninting, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Karakteristik aliran pada Sungai Meninting pada saat pagi hari dapat dilihat sebagai berikut:
 - Kecepatan aliran (U) rata-rata terbesar sebesar 1,231 m/dt yaitu pada penampang sungai 2 dan terkecil

- sebesar 0,809 m/dt yaitu pada penampang sungai 1.
- b) Debit terbesar sebesar 5,933 m³/dt yaitu pada penampang sungai 3 dan terkecil sebesar 4,755 m³/dt yaitu pada penampang sungai 1.
 - c) Kecepatan geser (U*) terbesar sebesar 0,2001 m/dt yaitu pada penampang sungai 3 dan terkecil sebesar 0,1615 m/dt yaitu pada penampang sungai 2.
2. Karakteristik aliran pada Sungai Meninting pada saat sore hari dapat dilihat sebagai berikut:
 - a) Kecepatan aliran (U) rata-rata terbesar sebesar 1,179 m/dt yaitu pada penampang sungai 2 dan terkecil sebesar 0,855 m/dt yaitu pada penampang sungai 1.
 - b) Debit terbesar sebesar 5,848 m³/dt yaitu pada penampang sungai 3 dan terkecil sebesar 5,081 m³/dt yaitu pada penampang sungai 1.
 - c) Kecepatan geser (U*) terbesar sebesar 0,2001 m/dt yaitu pada penampang sungai 3 dan terkecil sebesar 0,1615 m/dt yaitu pada penampang sungai 2.
 3. Karakteristik angkutan sedimen dasar (*bed load*) pada Sungai Meninting waktu pagi hari, dapat dilihat sebagai berikut:
 - a) Pada penampang sungai 1 butiran tertahan terbesar ada pada diameter 0,425 mm dengan nilai berat tertahan 768,17 gram yaitu termasuk pasir sedang dan butiran tertahan terkecil ada pada diameter 0,075 mm dengan nilai berat tertahan sebesar 2,34 gram yaitu termasuk pasir sangat halus. Berat jenis rata-rata (Gs) yaitu 3,116 gram
 - b) Pada penampang sungai 2 butiran tertahan terbesar ada pada diameter 0,425 mm dengan nilai berat tertahan 238,04 gram yaitu termasuk pasir sedang dan butiran tertahan terkecil ada pada diameter 0,075 mm dengan nilai berat tertahan sebesar 0,87 gram yaitu termasuk pasir sangat halus. Berat jenis rata-rata (Gs) yaitu 3,338 gram
 - c) Pada penampang sungai 3 butiran tertahan terbesar ada pada diameter 0,425 mm dengan nilai berat tertahan 464,25 gram yaitu termasuk pasir sedang dan butiran tertahan terkecil ada pada diameter 0,075 mm dengan nilai berat tertahan sebesar 2,93 gram yaitu termasuk pasir sangat halus. Berat jenis rata-rata (Gs) yaitu 2,953 gram
 4. Karakteristik angkutan sedimen dasar (*bed load*) pada Sungai Meninting waktu sore hari, dapat dilihat sebagai berikut:
 - a) Pada penampang sungai 1 butiran tertahan terbesar ada pada diameter 0,425 mm dengan nilai berat tertahan 265,95 gram yaitu termasuk pasir sedang dan butiran tertahan terkecil ada pada diameter 0,075 mm dengan nilai berat tertahan sebesar 2,92 gram yaitu termasuk pasir sangat halus. Berat jenis rata-rata (Gs) yaitu 3,116 gram
 - b) Pada penampang sungai 2 butiran tertahan terbesar ada pada diameter 0,425 mm dengan nilai berat tertahan 279,16 gram yaitu termasuk pasir sedang dan butiran tertahan terkecil ada pada diameter 0,075 mm dengan nilai berat tertahan sebesar 2,79 gram yaitu termasuk pasir sangat halus. Berat jenis rata-rata (Gs) yaitu 3,338 gram
 - c) Pada penampang sungai 3 butiran tertahan terbesar ada pada diameter 0,425 mm dengan nilai berat tertahan 537,85 gram yaitu termasuk pasir sedang dan butiran tertahan terkecil ada pada diameter 0,075 mm dengan nilai berat tertahan sebesar 3,43 gram yaitu termasuk pasir sangat halus. Berat jenis rata-rata (Gs) yaitu 2,953 gram
 5. Dari hasil perhitungan didapatkan jumlah sedimen yang terangkut pada angkutan sedimen dasar (*bed load*) sebagai berikut:

- a) Pada penampang 1, 2 dan 3 rata-rata angkutan sedimen per hari yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan metode M.P.M berturut-turut sebesar 7,4600 m³/hari, 10,8426 m³/hari dan 11,8223 m³/hari.
- b) Pada penampang 1, 2 dan 3 rata-rata angkutan sedimen per hari yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan metode Einstein berturut-turut sebesar 1,1241 m³/hari, 3,5426 m³/hari dan 0,9954 m³/hari.
- c) Pada penampang 1, 2 dan 3 rata-rata angkutan sedimen per hari yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan metode pengukuran secara langsung berturut-turut sebesar 0,00131 m³/hari, 0,00228 m³/hari dan 0,00134 m³/hari.

Dari ketiga hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan dengan metode Einstein lebih mendekati hasil perhitungan dengan metode pengukuran secara langsung dibandingkan dengan hasil perhitungan metode M.P.M.

6. Dari hasil perhitungan angkutan sedimen melayang (*suspend load*) dengan metode USBR (*United State Bureau Reclamation*) didapatkan nilai rata-rata angkutan sedimen melayang per hari pada penampang 1, 2, dan 3 berturut-turut sebesar 0,015 m³/hari, 0,016 m³/hari, dan 0,027 m³/hari.

Saran

Adapun saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya mengenai analisis angkutan sedimen pada sungai dan saluran, sebagai berikut:

1. Disarankan terlebih dahulu untuk memperoleh data-data seperti peta topografi daerah aliran sungai, skema sungai dan peta tata guna lahan agar memudahkan saat berada di lapangan

2. Disarankan menggunakan persamaan-persamaan yang berbeda dan lebih beragam lagi sehingga diperoleh hasil yang lebih variatif sehingga dapat dilakukan perbandingan antara berbagai metode
3. Disarankan pengambilan sampel dilakukan pada rentang waktu yang cukup jauh dan mewakili setiap musim sehingga mendapatkan debit yang bervariasi

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2021). *Modul Praktikum Mekanika Tanah I*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chow, V. Te. (1985). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.
- Hermawan, A., & Afiato, E. N. (2021). *Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta*. *Teknisia*, 26(1).
- Kamiana, I. M. (2019). *Buku Hidraulika*. Kalimantan Tengah: Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Kamis, M., & Priambodo, Y. A. (2021). Analisis Laju Sedimentasi pada Hulu Sungai Togurara Kota Ternate. *JurnalSIPILsains*, 11(1).
- Lihawa, F. (2017). *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsor*. Yogyakarta: deepublish.
- Muhandisain, M. D. (2022). *Analisis Angkutan Sedimen pada Saluran Primer Kiri Daerah Irigasi Baturiti dengan Metode M.P.M dan Einstein* [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Odum, E. P. (1996). *Dasar-dasar Ekologi Edisi 3* (3rd ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Priyanto, D. (1987). *Teknik Pengangkutan*

- Sedimen*. Malang: Himpunan Mahasiswa Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Putra, I. B. G., Saadi, Y., Wirahman, L., Salehudin, S., & Hidayat, S. (2019). Analisis Sedimentasi dari Pascabencana Banjir Sungai Belanting. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3.
- Riska, S. R. (2017). *Analisis Empiris Angkutan Sedimen Sungai Progo Hilir Menggunakan Metode Meyer Peter and Muller, Einstein, dan Frijlink* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta]. Repositori Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Saidah, H. (2021). Modul Mata Kuliah Teknik Sungai. Universitas Mataram, Indonesia.
- Setyadi, N. (2020). Pengaruh Sedimen pada Dasar Saluran Terhadap Nilai Kecepatan Aliran Saluran Drainase di Jl. Cikutra Barat. *Itenas Library*, 5(3), 248–253.
- Soemarto, C. . (1986). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional-Surabaya Indonesia.
- Soewarno. (1991). *Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: NOVA.
- Sosrodarsono, S., & Tominaga, M. (2008). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. PT. Pradnya Paramita.
- Sudira, I. W., Mananoma, T., & Manalip, H. (2013). Analisis Angkutan Sedimen pada Sungai Mansahan. *Media Engineering*, 3(1), 54–57.
- Utami, R. (2020). *Analisis Angkutan Sedimen pada Sungai Renggung dan Saluran Primer Bendung Katon dengan Metode M.P.M dan Einstein* [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Uweist, M. K. (2022). *Analisis Angkutan Sedimen pada DAS Balak dan DAS Bangketlamin di Lombok Tengah* [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Yudane, L. M. Y. (2022). *Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) dan Sedimen Melayang (Suspend Load) pada Sungai Ngolang dan Sungai Tebelo di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika* [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.