

Diterima : 13 September 2024 | Selesai Direvisi : 03 Oktober 2024 | Disetujui : 30 Oktober 2024 | Dipublikasikan : Desember 2024

DOI : <http://doi.org/10.24853/jk.16.1.67-74>

Copyright © 2024 Jurnal Konstruksia

This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Perbandingan Metode Meyer-Peter Müller Dan Metode Einstein Untuk Analisis Sedimen pada Bendung Malawele Kabupaten Sorong

Hendrik Pristianto¹, Achmad Rusdi¹, Indra Kurniawan¹, Retno Puspa Rini¹ dan Anang Julianto¹

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jl. Pendidikan No. 27, Kel. Klabulu, Malaimsimsa, Kota Sorong, Papua Barat 98416

Email korespondensi: hendrikpristiano@um-sorong.ac.id

ABSTRAK

Penurunan kapasitas Bendung Air Malawele di Kabupaten Sorong disebabkan oleh sedimentasi, yang terlihat dari banyaknya tanaman merambat di area bendung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen dasar (*bed load*) dan menghitung volume sedimen dasar menggunakan metode MPM (*Meyer-Peter Müller*) dan metode *Einstein*. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam analisis tingkat sedimentasi, dengan melibatkan analisa saringan untuk distribusi ukuran butir sedimen dan perhitungan laju sedimentasi dasar (*bed load*) dengan kedua metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis sedimen di area bendung sebesar 2,58 gram/cm³ dan termasuk tanah lempung organik. Berdasarkan ukuran butir, d₅₅ sebesar 0,244 mm dan d₉₀ sebesar 0,68 mm, sedangkan menurut klasifikasi AGU (*American Geophysical Union*), sedimen dasar tergolong dalam jenis fragmen pasir halus dan pasir berkwarsa. Analisis menggunakan metode MPM menunjukkan angkutan sedimen sebesar 31,025 m³/tahun, sedangkan metode *Einstein* menghasilkan angka yang lebih besar, yaitu 42,533 m³/tahun, dengan selisih sebesar 11,508 m³/tahun. Dari kedua metode ini, metode *Einstein* menghasilkan estimasi angkutan sedimen yang lebih besar dibandingkan metode MPM.

Kata kunci: Sedimentasi, Bendung Malawele, metode *Meyer-Peter Müller*, metode *Einstein*, analisa saringan

ABSTRACT

The decline in the capacity of the Malawele Weir in Sorong Regency is caused by sedimentation, as evidenced by the abundance of climbing plants in the weir area. This study aims to determine the characteristics of bed load sediment and calculate the volume of bed load sediment using the MPM (Meyer-Peter Müller) method and the Einstein method. A quantitative approach is employed in the analysis of sedimentation rates, involving sieve analysis for sediment particle size distribution and calculations of bed load sediment rates using both methods. The research results show that the specific gravity of sediment in the weir area is 2.58 grams/cm³, classifying it as organic clay soil. Based on particle size, d₅₅ is 0.244 mm and d₉₀ is 0.68 mm, while according to the AGU (American Geophysical Union) classification, the bed load sediment is categorized as fine sand fragments and quartz sand. Analysis using the MPM method indicates a sediment transport rate of 31.025 m³/year, while the Einstein method yields a higher figure of 42.533 m³/year, with a difference of 11.508 m³/year. Among the two methods, the Einstein method provides a larger sediment transport estimate compared to the MPM method.

Keywords: Sedimentation, Malawele Weir, Meyer-Peter Müller method, Einstein method, sieve analysis

1. PENDAHULUAN

Sektor Bendung Air Malawele di Kabupaten Sorong memegang peranan krusial dalam sistem irigasi di daerah tersebut, menyediakan pasokan air yang vital untuk pertanian lokal dan mendukung ketahanan pangan. Namun, kapasitas bendung ini mengalami penurunan kapasitas yang disebabkan oleh proses sedimentasi. Proses ini mengakibatkan akumulasi sedimen yang mengurangi volume tampung bendung dan efisiensi operasionalnya, yang pada gilirannya dapat berdampak pada produktivitas pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik sedimen dan volume angkutan sedimen dasar (*bed load*) di Bendung Air Malawele, dengan harapan dapat memberikan wawasan yang diperlukan untuk pengembangan strategi mitigasi yang efektif guna mempertahankan fungsi bendung dalam sistem irigasi.

Dalam penelitian ini, penulis akan memperdalam pemahaman tentang peran angkutan sedimen dasar dalam proses sedimentasi pada bendung. Peneliti akan menganalisis hubungan antara karakteristik sedimen, sifat partikel sedimen, dan angkutan material dasar (*bed load*), dengan tujuan meningkatkan strategi mitigasi sedimentasi yang lebih efektif.

Oleh karena itu dengan berkurangnya kapasitas bendung, saya bermaksud melakukan penelitian dengan tujuan menyusun sebuah karya tulis sebagai tugas akhir di fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong dengan judul. "Analisis Sedimen Pada Bendung Malawele Kabupaten Sorong"

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sedimen

Sedimen didefinisikan sebagai material yang terendapkan di permukaan bumi, baik melalui proses fisik, kimia, atau biologis. Sedimen ini dapat terdiri dari

fragmen-fragmen batuan, mineral, atau sisa-sisa organik yang terangkut oleh media seperti air, angin, atau es. Selama proses transportasi, sedimen dapat mengalami pemecahan dan pemilahan, serta dapat mengalami proses kimia lebih lanjut yang memodifikasi komposisinya [7].

Sedimentasi

Sedimentasi merupakan salah satu masalah utama yang sering terjadi pada bendung dan waduk di seluruh dunia. Sedimentasi mengacu pada proses pengendapan material padat seperti lumpur, pasir, dan kerikil yang terbawa oleh aliran air dan terakumulasi didasar bendungan atau waduk [15]. Akumulasi sedimen ini dapat mengurangi kapasitas tampung air, mengurangi efisiensi operasional, dan memperpendek umur infrastruktur bendung.

Bendung

Bendung adalah suatu bangunan pengatur air yang dibangun melintang pada sungai atau aliran air dengan tujuan untuk mengendalikan debit air, menaikkan permukaan air, dan mengalirkannya ke saluran-saluran irigasi atau ke tempat penampungan air lainnya [14].

Angkutan edimen

Angkutan sedimen adalah proses pergerakan partikel-partikel sedimen dari satu tempat ke tempat lain yang disebabkan oleh energi yang berasal dari media pengangkut seperti air, angin, atau es. Proses ini melibatkan pemindahan material sedimen baik dalam bentuk suspensi, traksi, maupun saltasi, tergantung pada ukuran partikel dan kekuatan media pengangkut. Angkutan sedimen berperan penting dalam pembentukan morfologi lanskap dan perubahan sistem perairan, terutama pada wilayah sungai dan pesisir.

Angkutan dasar (*Bed load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar saluran dengan

cara berguling, meluncur dan meloncat. Dalam perhitungan angkutan sedimen, kesukarannya adalah tidak adanya aturan yang pasti sehingga kita hanya mengikuti saran dan aturan-aturan yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Berikut metode pendekatan empirik yang sering digunakan dalam memprediksi laju angkutan dasar (*bed load*).

Analisa angkutan sedimen dasar

1. Metode Meyer Peter dan Muller

M.P.M (1948) melakukan percobaan beberapa kali pada *flume* dengan *coarse-sand* dan menghasilkan hubungan empiris antara ϕ dan Ψ' sebagai berikut:

$$\Phi = (4\Psi' - 0,188)^{3/2} \quad (1)$$

$$Q_b = \phi(g \cdot \Delta \cdot D_m^3)^{1/2} \quad (2)$$

dengan Φ = intensitas angkutan sedimen, Q_b = volume angkutan sedimen per lebar, μ = *ripple factor* = $(C/C')^{3/2}$, Ψ = intensitas pengaliran, Ψ' = intensitas pengaliran efektif, g = Percepatan gravitasi ($9,81\text{m/dtk}^2$), Δ = rasio perbandingan antara rapat masa sedimen dengan rapat massa air = $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$, D_m = diameter efektif ($D_{50} - D_{60}$)

Intensitas pengaliran efektif

$$\Psi = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_m} \quad (3)$$

dengan Ψ = Intensitas Pengaliran, μ = *Ripple factor* = $(C/C')^{3/2}$, R = Jari-Jari Hidrolis (m), I = Kemiringan Dasar Sungai, D_m = Diameter Butiran Efektif = $D_{50} - D_{60}$ (m), C = *Friction factor* Angkutan, C' = *Friction factor* Intensif, Sedangkan untuk mencari *friction factor* angkutan (C) dan *friction factor* intensif (C') adalah:

$$C = \frac{\bar{V}}{\sqrt{R \cdot I}} \text{ dan } C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{90}} \quad (4)$$

dengan \bar{V} = Kecepatan Rerata (m/dt), R = Jari-Jari Hidraulik (m), I = Kemiringan Dasar Saluran, D_{90} = Diameter Butiran Lolos Saringan 90%.

2. Metode Einstein

Hubungan antara kemungkinan butiran akan terangkut dengan

intensitas angkutan dasar dijabarkan sebagai berikut:

$$Q_b = \Phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35})^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

dengan Q_b = Volume angkutan ($\text{m}^3/\text{dt}/\text{m}$), Φ = Intensitas angkutan sedimen, G = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/dt}^2$), Δ = Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air = $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$, D_{35} = Diameter butiran lolos saringan 35%. Intensitas pengaliran efektif dirumuskan sebagai berikut:

$$\Psi' = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}} \quad (6)$$

dengan Ψ' = Intensitas pengaliran efektif, Δ = Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air, μ = *Ripple factor* = $(C/C')^{3/2}$, R = Jari-jari hidrolis (m), I = Kemiringan dasar sungai, D_{35} = Diameter butiran lolos saringan 35% (mm).

Sedangkan untuk mencari *friction factor* angkutan (C) sama seperti rumus M.P.M dan *friction factor* intensif

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}} \quad (7)$$

dengan R = Jari-jari hidrolis (m), I = Kemiringan dasar sungai, D_{65} = Diameter butiran lolos saringan 65% (mm).

3. METODE

Metode pengumpulan data

Dalam pengumpulan data terdiri dari pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

1. Data Primer

Data Primer adalah pengumpulan data yang diperoleh langsung di lapangan. Data primer diperoleh dari observasi, yaitu merupakan data yang didapat dari pengamatan langsung di lokasi penelitian, seperti survei lokasi, Kecepatan aliran, kedalaman air dan kemiringan sungai pada lokasi penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung, data yang diperoleh dari buku teori, *browsing* internet, data yang diperoleh dari penelitian lain atau sumber artikel, jurnal, maupun dokumen yang dipublikasikan. Adapun data sekunder yang dibutuhkan yaitu data sedimen berupa analisa saringan, gradasi butir sedimen dan berat jenis.

3. Studi Pustaka

Peneliti mengumpulkan informasi dari berbagai literatur yang membahas fenomena sedimentasi, terutama yang berkaitan dengan bendung. Fokus studi pustaka adalah untuk memahami teori sedimentasi, faktor-faktor yang mempengaruhi, serta teknik pengukuran dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

4. Survei Pengambilan Data Primer

Survei lapangan dilakukan dengan mengambil data:

a. Kecepatan aliran

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan di lapangan dengan menggunakan metode pelampung untuk mengukur kecepatan aliran air. Metode ini dipilih karena kesederhanaan dan kemampuannya memberikan hasil yang cukup akurat pada kondisi aliran permukaan yang stabil.

b. Kemiringan Sungai

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan di lapangan dengan menggunakan metode selang ukur untuk mengukur perbedaan elevasi antara dua titik disepanjang aliran sungai. Metode ini dipilih karena kesederhanaannya serta kemampuannya untuk memberikan hasil yang cukup akurat, terutama pada daerah yang sulit dijangkau atau pada sungai yang tidak terlalu lebar.

Selang ukur memungkinkan pengukuran kemiringan sungai dilakukan secara praktis dan efektif untuk mendapatkan data yang relevan dengan analisis angkutan sedimen.

c. Dimensi Sungai

Peneliti melakukan pengukuran langsung menggunakan meter *roll* untuk mengetahui lebar saluran, kedalaman saluran, luas penampang basah yang akan digunakan pada pengolahan data.

5. Pengumpulan Data Sekunder

a. Data sedimen

Pengambilan sampel sedimen diperlukan untuk mengetahui karakteristik dari sedimen yang berada dalam saluran sungai dan mengetahui besar laju sedimentasi. Pada Penelitian ini diperlukan data sedimen berupa analisa saringan dan berat jenis sedimen.

6. Pengujian Sampel Sedimen di Laboratorium

Setelah pengambilan sampel, tahap ini melibatkan pengujian sampel sedimen untuk memahami karakteristik fisik dan kimia dari sedimen yang terkumpul disekitar bendung. Pengujian sampel sedimen terdiri dari 3 pengujian, yaitu:

a. Analisa saringan (SNI 3423-2008)

b. Berat jenis (SNI 1964-2008)

c. Pengolahan dan analisis data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik aliran

Salah satu faktor yang menyebabkan angkutan sedimen dapat bergerak, bergeser, disepanjang dasar sungai pada aliran sungai adalah kondisi aliran sungai tersebut. Kondisi aliran sungai meliputi kecepatan aliran (V), luas penampang (A), keliling basah (P), jari-jari hidrolis (R) dan kemiringan saluran (I).

Karakteristik sedimen

Selain kondisi aliran, faktor berikutnya adalah karakteristik sedimen. Karakteristik sedimen pada saluran meliputi ukuran (*size*) dan berat jenis kering (*bulk density*).

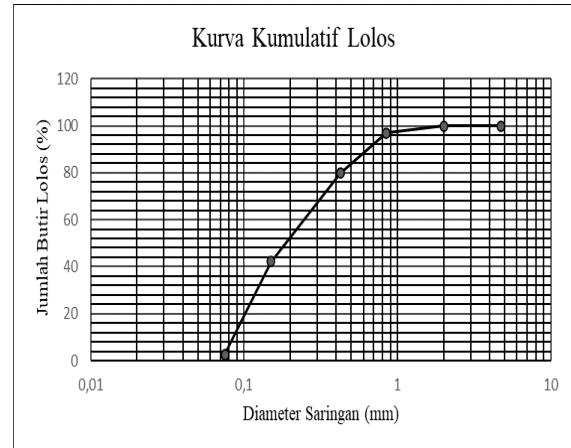
1. Analisa Saringan Butiran
Untuk mendapatkan distribusi ukuran butiran, maka sedimen dasar (*bed load*) yang didapatkan di oven sampai dalam kondisi kering dan selanjutnya dianalisa dengan menggunakan saringan.

Tabel 1. Tabel Distribusi Ukuran Sedimen

No mo r Sarin gan	Diam eter Luba ng Sarin gan	Berat Tertaha n (total) (gr)	Berat Kumul atif Lolos (gr)	Berat Kumul atif Lolos (%)	Tert aha n (%)
	(mm)				
4	4,75	0,00	101,34	100,00	0,00
10	2	0,00	101,34	100,00	0,00
18	0,85	3,20	98,14	96,84	3,16
40	0,425	17,16	80,98	79,91	16,93
100	0,15	38,20	42,78	42,21	37,69
200	0,075	40,12	2,66	2,62	39,59
Pan		2,66	0,00	0,00	2,62
Tot al		101,34			100,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas, dapat dibuat kurva distribusi kumulatif ukuran butir sedimen yang menunjukkan hubungan antara persentase kumulatif lolos saringan dengan diameter saringan, seperti yang ditampilkan pada Gambar dibawah ini:



Gambar 1. Kurva Kumulatif Distribusi Ukuran Butiran

2. Menentukan Diameter Butiran
Komposisi distribusi butiran sedimen di bendung dapat diketahui dari diameter saringan berdasarkan persentase kumulatif lolos (D35, D55, D65, D90) melalui metode interpolasi. Data dari setiap lokasi tercantum pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil Perhitungan D35, D55, D65 dan D90 (Ekman Grab)

Lokasi	Kumulatif Lolos (%)	Diameter Saringan (mm)	Jenis
Bendung Malawele	D35	0,14	Pasir sedang
	D55	0,244	Pasir Sedang
	D65	0,319	Pasir Sedang
	D90	0,68	Pasir berkarsa

Sumber: Hasil Perhitungan

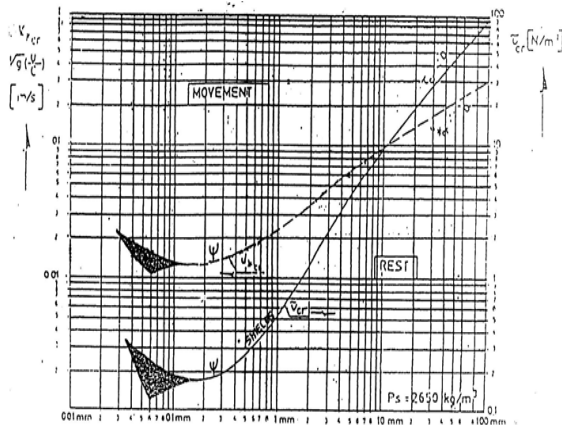
3. Kontrol Stabilitas Butiran
Untuk mengetahui meterial *bed load* dalam keadaan diam atau bergerak

maka diperlukan kontrol butiran. Dalam penelitian ini menggunakan grafik Shields untuk mengetahui nilai kecepatan geser kritisnya.

$$U^* = 0,149 \text{ m/dt}$$

$$D_{90} = 0,68 \text{ mm}$$

Untuk mendapatkan nilai U^*_{cr} (kecepatan geser kritis), dapat dilihat pada Grafik *Shields* berikut:



CRITICAL SHEAR STRESS AND CRITICAL SHEAR VELOCITY AS FUNCTION OF GRAIN SIZE FOR $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ (SAND)

Gambar 2. Grafik *Shields* stabilitas butiran pada bendung (D65)

Sumber: Priyantoro, 1987

Berat jenis (*bulk density*)

Berat jenis angkutan sedimen dasar (*bed load*) dihitung menggunakan pengujian sampel dengan piknometer, kemudian dirata-rata. Pengujian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong, dan diperoleh nilai berat jenis sedimen (G_s).

Angkutan sedimen dasar (*bed load*)

Untuk menganalisis jumlah sedimen yang terangkut per meter lebar saluran, maka perlu diketahui kondisi aliran dan karakteristik sedimen yang ada. Dalam penelitian ini digunakan persamaan M.P.M (*Meyer-Peter dan Muller*) dan *Einstein* Diketahui data:

- Kecepatan rata-rata (U) = 0,219 m/dt
- Jari-jari hidrolis (R) = 0,691 m
- Kemiringan dasar saluran (I) = 0,0033
- Berat jenis sedimen (γ_s) = 2,58 g/m³
- Berat jenis air (γ_w) = 1,0 g/m³
- $\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w = 1,58$

$$g. \text{ Diameter butiran } (D_{90}) = 0,00068 \text{ m}$$

$$h. \text{ Diameter butiran } (D_{65}) = 0,000319 \text{ m}$$

$$i. \text{ Diameter butiran } (D_{55}) = 0,000244 \text{ m}$$

$$j. \text{ Diameter butiran } (D_{35}) = 0,000136 \text{ m}$$

M.P.M melakukan beberapa kali percobaan data *flume* dengan *coarse-sand* dan menghasilkan hubungan empiris antara intensitas angkutan (Φ) dan intensitas pengaliran efektif (Ψ'), sehingga menghasilkan persamaan angkutan sedimen.

Langkah pertama adalah menghitung nilai *ripple factor* (μ) yaitu:

$$C = \frac{\bar{U}}{\sqrt{R.I}} = \frac{0,219}{\sqrt{0,691 \cdot 0,0033}} = 4,58$$

Kemudian didapat nilai *friction factor* intensifnya, yaitu:

$$C' = 18 \log \frac{12R}{D_{90}} \quad C' = 18 \log \frac{12 \cdot 0,691}{0,00068} = 73,550$$

Sehingga dapat dihitung *ripple factor* nya sebagai berikut:

$$\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{3/2} = \mu \left(\frac{4,58}{73,550}\right)^{3/2} = 0,015$$

Kemudian menghitung nilai intensitas pengaliran efektif dengan Persamaan (5) yaitu:

$$\Psi' = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{(\Delta \cdot D_{55})} = \frac{0,015 \cdot 0,691 \cdot 0,0033}{(1,58 \cdot 0,000244)} = 0,088$$

Selanjutnya menghitung intensitas angkutan sedimen (Φ) yang dihitung dengan Persamaan (4) yaitu:

$$\Phi = (4\Psi' - 0,188)^{3/2} = (4 \cdot 0,088 - 0,188)^{3/2} = 0,006$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut parameter persatuan waktu dapat dihitung dengan Persamaan (3) yaitu:

$$S = \left(\Phi \cdot g \cdot \Delta \cdot D_{55}^3\right)^{1/2} = (0,066 \times (9,81 \times 1,58 \times 0,000244^3))^{1/2} = 9,903 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menghitung jumlah angkutan sedimen dalam sehari yaitu:

$$S / \text{hari} = S \cdot 24 \cdot 3600 = 9,903 \times 10^{-7} \cdot 24 \cdot 3600 = 0,085 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kemudian Menghitung jumlah angkutan sedimen dalam setahun yaitu:

$S / 1 \text{ tahun} = S. 365 = 0,085. 365 = 31,025 \text{ m}^3/\text{tahun}$

Einstein menetapkan persamaan *Bed load* sebagai persamaan yang menghubungkan gerak material dasar dengan pengaliran setempat. Persamaan itu menggambarkan keadaan kesetimbangan pertukaran butiran dasar antara lapisan dasar (*bed-layer*) dan dasarnya. *Einstein* menggunakan $D = D_{35}$ untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran menggunakan $D = D_{65}$. Langkah pertama adalah menghitung nilai *ripple factor* (μ). Namun sebelumnya mencari nilai *friction factor* yaitu:

$$C = \frac{\bar{U}}{\sqrt{R.I}} = \frac{0,219}{\sqrt{0,691 \cdot 0,0033}} = 4,58$$

Kemudian didapat *friction factor* intensifnya, yaitu:

$$C' = 18 \log \frac{12R}{D_{65}} = 18 \log \frac{12 \cdot 0,691}{0,000319} = 79,467$$

Sehingga dapat dihitung *ripple factor* nya sebagai berikut:

$$\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{3/2} = \left(\frac{4,58}{79,467}\right)^{3/2} = 0,013$$

Kemudian menghitung nilai intensitas pengaliran efektif yaitu:

$$\Psi' = \frac{\mu.R.I}{(\Delta.D_{35})} = \frac{0,013 \cdot 0,691 \cdot 0,0033}{(1,58 \cdot 0,000136)} = 0,137$$

Selanjutnya menghitung intensitas angkutan sedimen (ϕ) yaitu:

$$\phi = (4\Psi' - 0,188)^{3/2} = (4 \times 0,137 - 0,188)^{3/2} = 0,216$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut parameter persatuan waktu dapat dihitung

$$S = \left(\Phi(g.\Delta.D_{35}^3)^{1/2}\right) \\ = (0,216 \times (9,81 \times 1,58 \times 0,000136^3)^{1/2}) \\ = 1,348 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menghitung jumlah angkutan sedimen dalam sehari yaitu:

$$S / \text{hari} = 1,348 \times 10^{-6} \cdot 24 \cdot 3600 = 0,116 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kemudian Menghitung jumlah angkutan sedimen dalam setahun yaitu:

$$S / 1 \text{ tahun} = 0,116 \cdot 365 = 42,533 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dengan metode M.P.M, angkutan sedimen (*bed load*) pada Bendung Malawele yang terjadi 31,025

m^3/tahun dan hasil analisis metode *Einstein*, angkutan sedimen 42,533 m^3/tahun , dari kedua metode tersebut, hasil analisis angkutan sedimen dengan metode *Einstein* lebih besar dibandingkan dengan metode M.P.M dan hasil tersebut didapatkan selisih 11,508 m^3/tahun .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Setyawan, Tri Prandono. (2017, September). *Efektifitas Besar Volume Tampungan Waduk Delingan, Karanganyar Terhadap Besar Laju Volume Sedimentasi*
- [2] Ajiz M.K. (2017). *Analisis Laju Sedimentasi Di Bendungan Ponre-Ponre dan Estimasi Umur Layanan Waduk*
- [3] Anis Septia Rahayu, Besperi2 Makmun Reza Razali. (2018, April). *Kajian Laju Angkutan Sedimen Total Pada Kantong Lumpur Bendung Air Musi Kejalo*
- [4] Ary Afandi Nasution, Ahmad Bima Nusa, & Ronal H.T. Simbolon. (2022, June). *Analisa Volume Sedimentasi Kolam Lumpur Pada Bendung Sungai Ular*
- [5] Baddarudin, Tri Satriawansyah, Faturrahman. (2017, February). *Analisis Sedimentasi Pada Bendung Beringen Sila Desa Stowe Berang Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa*
- [6] Baiq P.G. (2023). *Analisis Angkutan Sedimen Dasar (BedLoad) Dengan Menggunakan Metode M.P.M dan Einstein Pada Bendung Pesongoran Lombok Barat*
- [7] Boggs, S. (2017). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Cambridge University Press.*
- [8] I B. Giri Putra, Yusron Saadi, Agus Suroso, Yanuar Hasim. (2016, September). *Analisis Sedimentasi Pada Saluran Utama Bendung Jangkok*

- [9] Muh. Akbar, Rahmawati, (2023 Januari). *Analisis Sedimentasi Pada Bendung Awo Kabupaten Wajo*
- [10] Mulyadi, T., & Suryono, A. (2018). *Fungsi bendung dalam sistem irigasi pertanian*. Jurnal Sumber Daya Air, 13(1), 115-125
- [11] Nusrullah, Sulistiawati. (2018) *Tinjauan timingkat Laju Sedimentasi Volume Tampungan Waduk Pada Bendungan Karalloe Kabupaten Gowa*
- [12] Purwanto, R. (2016). *Perbandingan antara bendung dan bendungan: Studi kasus di Sungai Brantas*. Jurnal Pengairan Indonesia, 8(2), 75-84.
- [13] Ramadhan Hidayat Putra, Amad Syarif Sukri, Catrin Sudardjat,& Vickky Anggara Ilham. (2021, Maret). *Analisa Angkutan Sedimen Pada Hulu Bendung Aepodu Kabupaten Konawe Selatan*
- [14] Wahyudi, B. (2014). *Analisis desain dan fungsi bendung dalam pengelolaan sumber daya air*. Jurnal Teknik Sipil, 10(3), 45-52.
- [15] Wahyudi, D., Hamdi, F., & Muhammadiyah Makassar, U. (n.d.). JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN ANALISIS SEDIMEN PADA MODEL PENAHAN SEDIMEN TERBUKA DAN TERTUTUP SEDIMENT ANALYSIS IN SEDIMENT BETTERING MODELS OPEN AND CLOSED.
<http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>