

Analysis of the Sedimentation Rate of the Pappa River on the Service Period of the Pamukkulu Reservoir in Kab. Takalar

Andi Muhammad Subhan Saiby^{1*}, Nursamiah², Dharmaputra Paembonan³,
Aldy Usman⁴

Politeknik Negeri Ujung Pandang

Corresponding Author: Andi Muhammad Subhan Saiby

andi.msubhan@poliupg.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Sedimentation,
Reservoir Operations, USLE
Method

Received : 22 March

Revised : 24 April

Accepted: 26 May

©2023 Saiby, Nursamiah,
Paembonan, Usman: This is
an open-access article
distributed under the terms
of the [Creative Commons
Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

One of the important things in planning a dam is sedimentation analysis. Without a good and thorough analysis at the planning stage, the sedimentation that occurs can cause problems when the reservoir is operational. Although not quickly and significantly in its effect on reservoir operations, excessive sedimentation can reduce the service life of the reservoir. By writing this article, we aim to analyze the sedimentation rate produced by the Pappa River and its effect on the service life of the Pamukkulu Reservoir, Kab. Takalar. The data we need in our research include Reservoir Topography data, Hydrological Data, Sediment Data, and Geological Data. After processing the data above using the USLE method, we get a sedimentation rate of 7.193 mm/year. With this sedimentation rate value, through our calculations we project that in the 50th year the resulting sedimentation will be 4,498,175.66 m³/year which is still below the previous planning calculation of 4,658,000 m³/year.

Analisis Laju Sedimentasi Sungai Pappa terhadap Masa Layanan Waduk Pamukkulu Kab. Takalar

Andi Muhammad Subhan Saiby^{1*}, Nursamiah², Dharmaputra Paembonan³,
Aldy Usman⁴

Politeknik Negeri Ujung Pandang

Corresponding Author: Andi Muhammad Subhan Saiby

andi.msubhan@poliupg.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Sedimentasi,
Operasi Waduk, Metode
USLE,

Received : 22 Maret

Revised : 24 April

Accepted: 26 Mei

©2023 Saiby, Nursamiah,
Paembonan, Usman: This is
an open-access article
distributed under the terms
of the [Creative Commons
Atribusi 4.0 Internasional](#).



ABSTRAK

Salah satu hal yang penting dalam perencanaan sebuah bendungan adalah Analisa sedimentasi. Tanpa Analisa yang baik dan teliti pada tahap perencanaan, sedimentasi yang terjadi dapat menyebabkan masalah pada saat waduk telah beroperasi. Meskipun tidak secara cepat dan signifikan dalam pengaruhnya terhadap operasi waduk, tetapi sedimentasi yang berlebihan dapat mengurangi masa layanan waduk. Dengan dibuatnya tulisan ini kami bertujuan untuk menganalisa laju sedimentasi yang diproduksi oleh sungai Pappa dan pengaruhnya terhadap masa layanan Waduk Pamukkulu Kab. Takalar. Adapun data yang kami perlukan dalam penelitian kami meliputi data Topografi Waduk, Data Hidrologi, Data Sedimen, dan Data Geologi. Setelah melakukan pengolahan data diatas dengan menggunakan metode USLE, kami mendapatkan laju sedimentasi dengan nilai 7,193 mm/tahun. Dengan nilai laju sedimentasi tersebut, melalui perhitungan kami proyeksikan pada tahun ke-50 sedimentasi yang dihasilkan sebesar 4.498.175,66 m³/tahun yang dimana masih berada dibawah hitungan perencanaan terdahulu sebesar 4.658.000 m³/tahun.

PENDAHULUAN

Sungai merupakan sumber daya alam yang berperan penting dalam kehidupan manusia. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sungai adalah laju sedimentasi (Tyagi, R.D. et al., 2008; Siwu, et al., 2021). Laju sedimentasi merupakan proses pengendapan material berupa pasir, lumpur, dan partikel-partikel padat lainnya yang terbawa oleh arus sungai. Sedimentasi yang terjadi di suatu sungai dapat berdampak pada berbagai aspek, termasuk ketahanan waduk yang ada di sepanjang sungai tersebut (Ansofa, F.R., et. al., 2021).

Sungai Pappa merupakan salah satu sungai yang penting di Kabupaten Takalar baik dari segi fungsi hidrologis maupun pemanfaatan sumber daya airnya. Waduk Pamukkulu, yang terletak di Sungai Pappa, memiliki peran strategis dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat, pengairan pertanian, serta penyediaan energi melalui pembangkit listrik tenaga air. Ketersediaan air yang cukup merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan masyarakat. Terutama di daerah yang rentan dengan musim kemarau, seperti Kabupaten Takalar, kebutuhan akan pasokan air menjadi semakin mendesak. Dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut, dibangunlah Bendungan Pamukkulu di atas lahan seluas 640 Ha.

Bendungan Pamukkulu diharapkan dapat menjadi solusi bagi kebutuhan air masyarakat, terutama pada musim kemarau yang seringkali mengalami keterbatasan pasokan air. Selain itu, pembangunan bendungan ini juga diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat yang meluas, termasuk peningkatan intensitas pertanian dengan meningkatkan luas taman dari 150% menjadi 200% untuk tanaman padi, palawija, dan tanaman lainnya. Hal ini akan berdampak positif pada produksi pertanian dan ketahanan pangan di wilayah tersebut (Ansofa, F.R., et. al., 2021).

Bendungan Pamukkulu juga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air baku Kota Takalar. Dengan adanya bendungan ini, pasokan air baku dapat terjamin dengan lebih baik, sehingga kebutuhan air bagi penduduk dan sektor-sektor lainnya dapat terpenuhi secara berkelanjutan. Dengan adanya waduk yang dapat menampung air secara efektif, risiko banjir dapat dikurangi, sehingga masyarakat di sekitar bendungan dapat merasa lebih aman.

Selain manfaat tersebut, pembangunan Bendungan Pamukkulu juga memiliki tujuan untuk konservasi sumber daya air. Dengan mengelola air secara efisien dan berkelanjutan, bentangan sungai dan sumber daya air lainnya dapat dilestarikan, memastikan keberlanjutan ekosistem dan keanekaragaman hayati di sekitarnya (Adinegara, Subary., 2005).

Selain itu, bendungan ini juga diharapkan dapat menjadi sumber energi melalui pembangkit listrik tenaga air. Dengan memanfaatkan energi air yang dihasilkan oleh bendungan, dapat memberikan kontribusi positif dalam memenuhi kebutuhan energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang lebih berbahaya bagi lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Metlay, (1982) manfaat pembangunan Bendungan Pamukkulu juga diharapkan dapat mendorong pengembangan sektor pariwisata di Kabupaten Takalar. Dengan keindahan dan keunikan bendungan sebagai objek wisata, diharapkan dapat menarik wisatawan untuk berkunjung, memberikan dampak positif pada perekonomian lokal dan peningkatan lapangan pekerjaan (Petrella, A., & Notarnicola, M., 2022).

Dalam perencanaan bendungan, selain desain hidrolis bendungan salah satu hal penting yang harus diperhatikan adalah sedimentasi. Konsekuensi dari penampungan air sungai adalah ikut tertampungnya sedimen yang terbawa oleh air. Sedimen yang mengalir di sungai tersebut terbagi menjadi dua yaitu berupa koloidal(butirhalus) yang bercampur dengan air sungai (suspended load) dan berupa butir yang mengalir lewat dasar sungai (bedload) (Juldah, H. et. at., 2023; Badaruddin, S., et. al., 2022).

Mengingat kondisi cuaca yang akhir-akhir ini sangat sulit di prediksi. Dengan intensitas curah hujan yang semakin tinggi dan dikombinasikan dengan perubahan tata guna lahan yang massive di daerah genangan membuat potensi sedimen yang diakibatkan oleh erosi pada permukaan tanah semakin tinggi (Barkey, R.A., et. al., 2019).

METODOLOGI

Sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, suspensi, atau pengendapan material yang terpisah-pisah oleh air. Hal ini merupakan hasil dari erosi dan memiliki banyak dampak. Di waduk, sedimentasi mengurangi volume efektifnya. Sebagian besar sedimen dibawa oleh sungai yang mengalir ke waduk, dengan hanya sedikit yang berasal dari tanah longsor atau limpasan permukaan dari tebing waduk(Nugroho, W.K., et. al., 2021).

Sedimentasi dapat menyebabkan masalah pada bendungan dan waduk, seperti mengurangi kapasitas dan memperpendek umurnya. Sedimentasi juga dapat menyebabkan masalah bagi pertanian dan lingkungan dengan mengurangi produktivitas dan kualitas tanah

Metode USLE (Universal Soil Loss Equation) adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan tingkat erosi tanah yang disebabkan oleh aliran air permukaan. Metode ini dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat pada tahun 1965 dan telah digunakan secara luas di seluruh dunia.

USLE menggunakan persamaan yang mempertimbangkan beberapa faktor yang mempengaruhi erosi tanah. Persamaan ini dinyatakan sebagai:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

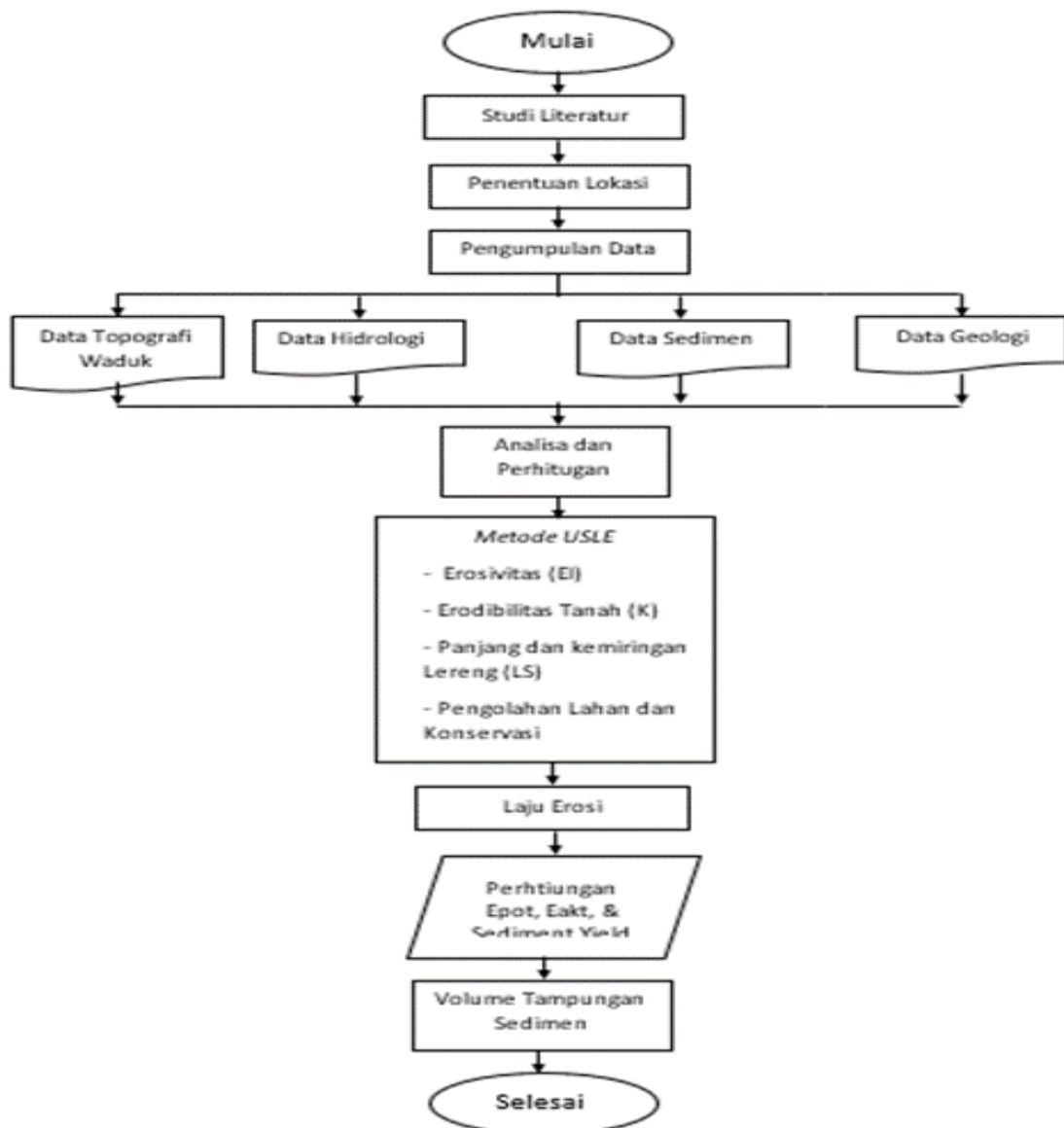
A adalah tingkat erosi tanah dalam ton per hektar per tahun. R adalah faktor hujan, yang menggambarkan intensitas dan durasi curah hujan. K adalah faktor erodibilitas tanah, LS adalah faktor topografi, yang memperhitungkan panjang lereng dan tingkat kemiringan. C adalah faktor penutupan tanah, P adalah faktor manajemen konservasi erosi.

Setiap faktor dalam persamaan memiliki nilai tertentu yang ditentukan berdasarkan pengamatan lapangan, penelitian, atau tabel yang tersedia. Dengan

memasukkan nilai-nilai faktor yang relevan, metode USLE memungkinkan estimasi tingkat erosi tanah yang potensial di suatu area.

D'Sa, S., et. al., (2021) menyatakan bahwa Metode USLE digunakan untuk mengidentifikasi area yang rentan terhadap erosi tanah. Dengan memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi erosi, metode ini membantu dalam pengembangan strategi konservasi tanah yang efektif untuk meminimalkan kerugian akibat erosi dan menjaga keberlanjutan sumber daya lahan.

Penelitian Kasual-Komparatif yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan hubungan sebab akibat dilakukan dengan pengamatan terhadap data dari faktor yang diduga menjadi penyebab, sebagai pembanding (Halim, et. al., 2003).



Gambar 1. *Conceptual Framework*

HASIL PENELITIAN

Data Hidrologi

Untuk Analisa Sedimen dengan Metode USLE, dibutuhkan data hidrologi berupa curah hujan dengan lokasi yang sesuai dengan DAS yang kami tinjau. Stasiun curah hujan yang digunakan ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Stasiun Curah Hujan Terpengaruh

No.	Nama Stasiun	Posisi		Periode Pencatatan
		LS	BT	
1	Pappa	05 ^o 24'	119 ^o 28'	2011 s/d 2021
2	Pamukkulu	05 ^o 23'	119 ^o 35'	2011 s/d 2021
3	Malolo	05 ^o 23'	119 ^o 32'	2011 s/d 2021

Faktor Erosi Curah Hujan (Erosivitas)

Perhitungan faktor erosi curah hujan sebagai berikut

$$EI_{30} = 6,199R^{1,211} \times N^{-0,474} \times R_{maks}^{0,526} \tag{2}$$

$$EI_{30} = 6,199 \cdot 10,75^{1,211} \times 23^{-0,474} \times 245^{0,526}$$

$$EI_{30} = 440,09$$

Sehingga nilai EI₃₀ pada bulan Januari sebesar 440,09. Nilai EI₃₀ selanjutnya dapat nampak di tabel berikut :

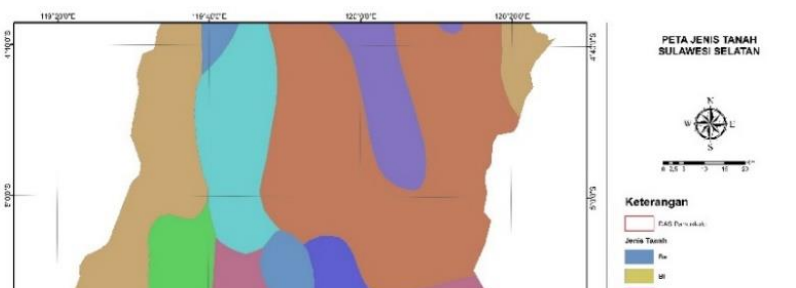
Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas

Bulan	CH Rata-rata (cm)	N	RMaks	EI ₃₀
1	2	3	4	5
Januari	10.75	23	245	440.09
Februari	8.98	19	175	331.05
Maret	7.85	18	200	303.03
April	6.77	15	156	242.56
Mei	4.74	10	109	156.33
Juni	3.91	9	80	114.44
Juli	4.42	7	214	245.58
Agustus	1.73	2	63	68.91
September	2.71	6	75	88.11
Oktober	4.15	10	112	140.18
November	6.04	18	120	169.29
Desember	11.07	24	238	443.

$$R = \sum_{n=1}^{12} EI_{30} \quad 2743.19$$

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

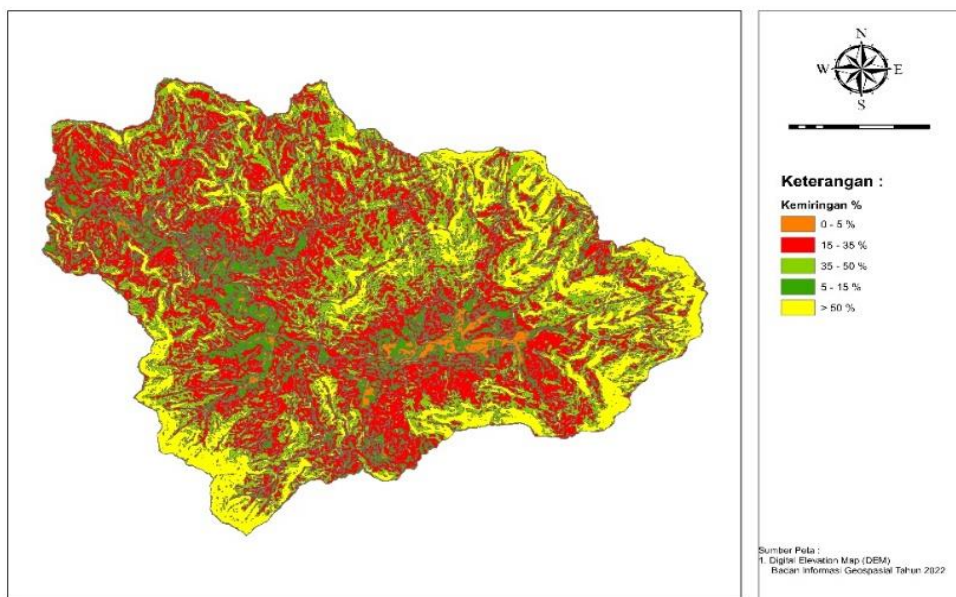
Berdasarkan peta jenis tanah Indonesia, didapatkan jenis tanah yang berada pada DAS Pamukkulu merupakan jenis tanah Nitosol dengan simbol Nd dengan nilai K rata-rata sebesar 0,28



Gambar 2. Peta Jenis Tanah Sulawesi Selatan

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereg (LS)

Peta DEMNAS dijadikan acuan untuk menganalisa peta kemiringan lereng dengan klasifikasi sesuai kebutuhan beserta luasan tiap kelas kemiringan.



Gambar 3. Peta Kelas Kemiringan Lokasi

- Untuk Kelas Kemiringan 0 – 5%
= nilai $LS \times \text{luas wilayah (km}^2\text{)}$
= $0,250 \times 2,363$
= 0,591

Tabel 3. Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng DAS Pamukkulu

Kelas Lereng	Kelas Kemiringan	Faktor LS	Luas Wilayah (km ²)	Hasil Kali
A	0-5	0.250	2.363	0.591
B	5 - 15	1.200	9.712	11.654
C	15-35	4.250	35.072	149.056
D	35-50	9.500	24.506	232.807
E	>50	12.000	17.991	215.892
Jumlah			89.63	610.00
$S = \sum \text{FaktorLS} \times \text{Luas Wilayah} \div \sum \text{Luas Wilayah}$				6.81

- Nilai d

$$d = L_{sungai} \div A$$

$$d = 31,95 \div 89,64$$

$$d = 0,356$$

- Nilai D

$$D = (1,35 \cdot d) + (0,26 \cdot S) + 2,8$$

$$D = (1,35 \cdot 0,356) + (0,26 \cdot 6,81) + 2,8$$

$$D = 5,051$$

- Nilai L

$$L = 0,5 \times D$$

$$L = 0,5 \times 5,051$$

$$L = 2,526$$

- Nilai LS

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} \cdot (1,38 + 0,965 \cdot S + 0,138 \cdot S^2)$$

$$LS = \frac{\sqrt{2,526}}{100} \cdot (1,38 + 0,965 \cdot 6,81 + 0,138 \cdot 6,81^2)$$

$$LS = 0,228$$

Faktor Pengolahan Lahan dan Konservasi (CP)

Faktor pengolahan lahan (C) adalah perbandingan antara kehilangan tanah dari lahan yang diusahakan untuk penanaman dengan sistem pengolahan, terhadap kehilangan tanah apabila lahan tersebut diolah secara terus menerus tetapi tanpa ditanami. Faktor konservasi (P) adalah perbandingan antara besarnya erosi tanah yang hilang pada tanah dengan tindakan pengawetan, terhadap besarnya erosi tanah apabila pada lahan tersebut tanpa tindakan pengawetan tanah. Untuk mengetahui besarnya CP dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

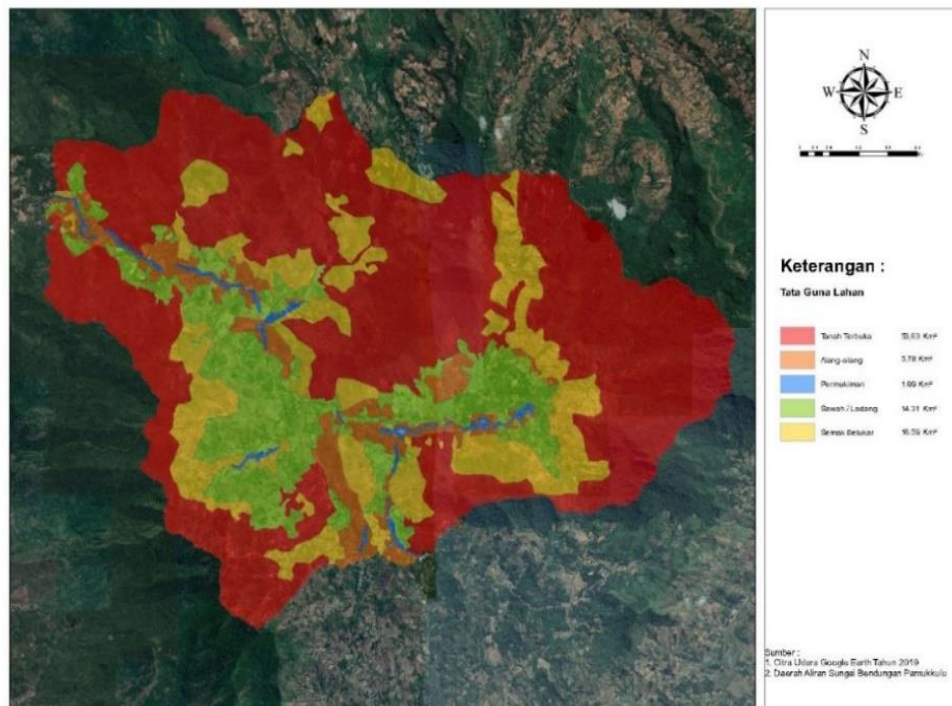
Tabel 4. Faktor Pengolahan Lahan dan Konservasi

	Jenis Tanaman	Nilai Fakor CP
Hutan	tak terganggu	0,01
	tanpa tumbuhan bawah, dgn serasah	0,05
	tanpa tumbuhan bawah, tanpa serasah	0,50
Semak	tak terganggu	0,01
Kebun	sebagian rumput	0,10
Perkebunan	kebun-talun	0,02
	kebonan	0,07
Perumputan	peliputan tanah sempurna	0,01
	peliputan tanah sebagian	0,07
	peliputan tanah sempurna	0,01
	peliputan tanah sebagian, ditumbuhi alang - alang	0,02
	Alang-alang : pembakaran sekali setahun	
Tanaman Pertanian	rumpun serai	0,06
	umbi –umbian	0,65
	biji – bijian	0,51
Pertanian	kacang – kacanggan	0,60
	mulsa jerami	0,36
	padi dengan pengairan	0,43
		0,02

Sumber : DPMA,1982,

Faktor Tata Guna Lahan

Tujuan dari tata guna lahan adalah untuk mengoptimalkan penggunaan lahan dengan mempertimbangkan kebutuhan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dengan menerapkan tata guna lahan yang baik, kita dapat menghindari konflik penggunaan lahan yang tidak seimbang dan mempromosikan penggunaan yang efisien serta berkelanjutan.



Gambar 4. Peta Tata Guna Lahan DAS Bendungan Pamukkulu
 Analisa Perhitungan :

- Untuk tutupan lahan Hutan

$$= \text{nilai } C \times \text{Luas Wilayah}$$

$$= 0,500 \times 51,871$$

$$= 25,936$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Perkiraan Besarnya Nilai CP Menurut Penggunaan Lahan

No	Penutupan Vegetasi	Nilai C	Luas	Hasil Kali
			Wilayah km ²	
1	Hutan	0.500	51.871	25.936
2	Kebun	0.200	5.780	1.156
3	Pemukiman	0.600	1.088	0.653
4	Sawah/Ladang	0.600	14.314	8.588
5	Semak Belukar	0.100	16.597	1,660
Jumlah			89.64	41.130
$S = \frac{\sum \text{Nilai } C \times \text{Luas Wilayah}}{\sum \text{Luas Wilayah}}$				0,46

Perhitungan Erosi Potensial (E_{pot}) dan Erosi Aktual (E_{Akt})

Setelah mendapatkan nilai E_{30} , K, dan LS dari hasil perhitungan diatas. Analisa dapat dilanjutkan untuk mendapatkan nilai Erosi Potensial (E_{pot})
Analisa Perhitungan :

$$E_{pot} = R \times K \times LSE_{pot} \tag{3}$$

$$E_{pot} = 2,743 \times 0,28 \times 0,228E_{pot}$$

$$E_{pot} = 175,125$$

Erosi Aktual (E_{akt})

$$E_{akt} = E_{pot} \times CP$$

$$E_{akt} = 175,125 \times 0,46$$

$$E_{akt} = 80,558 \text{ ton/ha/tahun}$$

Volume sedimen tiap tahun, dengan mengalikan berat sedimen dengan berat jenis sedimen (1.12 ton/m³)

$$\text{Volume} = 722041,354 \times 1,12$$

$$\text{Volume} = 644679,78 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Laju sedimen, dengan membagi volume sedimen dengan luas DAS yang dikonversi ke m³

$$\text{Laju Sedimen} = 644679,78 \div (8963 \times 10000)$$

$$\text{Laju Sedimen} = 0,00719 \text{ m/tahun}$$

Laju sedimen dalam mm

$$\text{Laju Sedimen} = 0,00745 \times 1000$$

$$\text{Laju Sedimen} = 7,193 \text{ mm/tahun}$$

Produksi Sedimen (sediment yield)

Diketahui bahwa tidak semua tanah yang tererosi akan mencapai muara sungai tetapi akan terdeposisi di cekungan -cekungan permukaan tanah, di kaki-kaki lereng dan bentuk-bentuk penampang sedimen lain. Maka dari itu hasil hasil hitungan prediksi sedimen diatas perlu dikali dengan factor nilai SDR (Sediment Delivery Ration).

Analisa Perhitungan :

$$SDR = S \times \frac{(1 - 0,8683(A^{-0,2018}))}{2(S + 50n)} + 0,8683 \times (A^{-0,2018})$$

$$SDR = 0,068 \times \frac{(1 - 0,8683(8963^{-0,2018}))}{2(0,068 + 50 \times 0,5)} + 0,8683 \times (8963^{-0,2018})$$

$$SDR = 0,139 \text{ atau } 13,9\%$$

Selain persamaan tersebut di atas, SDR juga dapat diketahui pada daerah aliran yang datanya kurang dengan menggunakan harga SDR dari DPMA seperti ditunjukkan pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Sediment Delivery Ratio

No.	Luas DAS (km ²)	Sediment Delivery Ratio (%)
1.	0,1	53,0
2.	0,5	39,0
3.	1,0	35,0
4.	5,0	27,0
5.	10,0	24,0
6.	50,0	15,0
7.	100,0	13,0
8.	200,0	11,0
9.	500,0	8,5
10.	26.000,0	4,9

Sumber : DPMA, 1982

Berdasarkan Tabel 6. di atas, besarnya SDR dengan luas tangkapan 89.63 km² adalah 13.9 %. Setelah nilai SDR didapatkan, selanjutnya perhitungan untuk memperkirakan produksi sedimen di Bendungan Pamukkulu adalah

Analisa Perhitungan :

- Produksi Sedimen (ton/ tahun)

$$Y = E_{akt} \times SDR \times A$$

$$Y = 80,558 \times 0,139 \times 8963$$

$$Y = 100759,135 \text{ ton/tahun}$$

- Volume Sedimen Inflow (m³/ tahun) dengan B.J Sedimen 1.12 ton/m³

- = $Y \times B.J \text{ Sedimen}$
- = $100759,135 \times 1.12$
- = $89963,51 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Volume Sedimen pada Tahun ke 50 (Umur Layanan)
- = $\text{Volume Sedimen Inflow} \times \text{Umur Layanan}$
- = $89963,51 \times 50$
- = $4.498.175,66 \text{ m}^3/50\text{tahun}$

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Setelah dilakukan pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini dapat diuraikan kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan laju sedimentasi pada Bendungan Pamukkulu, didapatkan nilai 7,193 mm/tahun dan diperkirakan pada tahun ke-50 produksi sedimen yang dihasilkan sebesar 4.498.175,66 m³/tahun. Sehingga berdasarkan hasil tersebut dibandingkan dengan data perencanaan yaitu sebesar 4.658.000 m³/tahun, masa layanan bendungan dianggap aman dari proses sedimentasi akibat perubahan cuaca dan tata guna.

PENELITIAN LANJUTAN

Dalam penulisan artikel ini peneliti menyadari masih banyak kekurangan baik dari segi bahasa, penulisan, dan bentuk penyajian mengingat keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dari peneliti sendiri. Oleh karena itu, untuk kesempurnaan artikel, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinegara, Subary. 2005. Volume Angkutan Sedimen Dipengaruhi Oleh Kecepatan Aliran (Kajian: Laboratorium). *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, Volume 13, No. 2, Edisi XXXII Juni 2005. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/3913>
- Ansofa, F.R., Ashari, Y., & Iswandaru, I. (2021). Simulasi Potensi Gerakan Tanah Lereng Alami Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Periode Tahun 2013-2020 Wilayah Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*. Retrieved from <https://journals.unisba.ac.id/index.php/IRTP/article/view/390>
- Badaruddin, S., Putra, D.Y., Putra, I.D., Asri, A.A., & Razaq, B.A. (2022). Analisis Pemilihan Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bendungan Utama Pamukkulu, Kab. Takalar). *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/c625/773e3921d3561f2b48a1e058a46112a0d8be.pdf?_gl=1*9rcqac*_ga*NDIzMTg1ODYzLjE2ODQzOTc3MzA.*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4NDYyMjM4NC41LjEuMTY4NDYyMjQwNS4zOS4wLjA.
- Barkey, R.A., Soma, A.S., Nursaputra, M., & Mappeasse, M.F. (2019). Modeling

of Climate Change Impact on Water Availability in Metropolitan Mamminasata, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 280. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/280/1/012011>

D'Sa, S., Patnaik, D., Acham, V.R., & Jadhao, S.B. (2021). Correspondence Between Technology Options Available for Chemical Industries and the Levels of the Waste Management Hierarchy: A Case Study Approach. Nature Environment and Pollution Technology. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/144d/3ca520f0cc49f318accb4b3fd9186c4c5f08.pdf?_gl=1*1co4i6j*_ga*NDIzMTg1ODYzLjE2ODQzOTc3MzA.*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4NDUzODYyOC40LjAuMTY4NDUzODg0MC4xOC4wLjA.

Halim, Elsa Patricia Siby L. Kawet, F. 2003. Studi Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Pada Daerah Aliran Retrieved from <https://www.neliti.com/id/publications/131351/studi-perbandingan-hidrograf-satuan-sintetik-pada-daerah-aliran-sungai-ranoyapo>.

Juldah, H., Asmaranto, R., & Sholichin, M. (2023). Analisa Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Usia Guna Waduk Ngancar. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air. Retrieved from <https://jtresda.ub.ac.id/index.php/jtresda/article/view/427>

Metlay, D.S. (1982). The Institutional Aspects of Radioactive Waste Management. Radiation Research, 91, 34-44. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/3575815?origin=crossref>

Nugroho, W.K., Indrawan, Dr., I.G., & Setiawan, N.I. (2021). Numerical Analysis of Slope Stability Due to Excavation of Diversion Tunnel at Pamukkulu Dam Site, Indonesia. Journal of Applied Geology. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/a79b/6690f31862f98ecf7e776ef5097a93300a66.pdf?_gl=1*114byu6*_ga*NDIzMTg1ODYzLjE2ODQzOTc3MzA.*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4NDYyMjM4NC41LjEuMTY4NDYyMjQ3Ni41My4wLjA.

Petrella, A., & Notarnicola, M. (2022). Recycled Materials in Civil and Environmental Engineering. Materials (Basel, Switzerland), 15(11), 3955. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma15113955>

Segel Ginting Dan Waluyo Hatmoko. Penentuan Laju Sedimen Pada Rencana Waduk Jatibarang. Amiri, Fazel. 2010. Bathurst, J.C. 2002. Technical Documents In Hydrology. Beasley, D.B. And, L.F. Hugging. 1982.

Shiami, F.A., Lasminto, U., & Wardoyo, W. (2017). Prediksi Laju Sedimentasi pada Tampungan Bendungan Tugu Trenggalek. Jurnal Teknik ITS, 6.

Retrieved from
<http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/24577>

Siwu, W.P., Sangkawati, S., & Sriyana, I. (2021). Kajian Distribusi Sedimentasi Terhadap Umur Rencana Waduk Ciawi Di Kabupaten Bogor. Retrieved from
<https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL/article/view/2321>

Tyagi, R.D., Wong, J.W., & Brar, S.K. (2008). Metals Removal, Recovery, Leaching, and Disposal. Many Ways, One Goal! Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management, 12, 133-133. Retrieved from
<https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%291090-025X%282008%2912%3A3%28133%29>