



Analisis Dampak Longsoran Gunung Bawakaraeng Terhadap Laju Sedimentasi Waduk Bili-Bili

Astuti Risky Amalia^{1*}, Amrullah Mansida², Nenny Karim T³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Makassar

*Penulis Korespondensi: astuti_riskyamalia@yahoo.co.id

Received: 13/06/2026 | Accepted: 16/07/2026 | Publication: 05/08/2026

Abstrak: The landslide in the Bawakaraeng Caldera in March 2004 produced approximately 200–300 million m³ of debris, which flowed into the Jeneberang River and caused sedimentation in the Bili-Bili Reservoir. This study aims to analyse the potential for landslides, the impact of landslides on sediment transport at Sabo Dams 7-7, 7-6, and 7-5, and the rate of sedimentation entering the reservoir. The methods employed include the MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) for erosion analysis, the Meyer-Peter Müller (MPM) method for bedload sediment transport, and analysis of suspended sediment discharge using AWLR data. The results indicate that the landslide potential reaches 313,349.10 tonnes/year (830,375 m³/year), classified as very high. The highest sediment transport occurs at Sabo Dam 7-7 at 97.93 m³/year, followed by a decrease at Sabo Dam 7-6 at 72.66 m³/year and Sabo Dam 7-5 at 34.25 m³/year. Sediment entering the Bili-Bili Reservoir exhibits a seasonal pattern, with total accumulation reaching 799,170,000 m³ by 2025. The conclusions of this study indicate that landslides from Mount Bawakaraeng have a significant impact on increased sedimentation, and that the presence of sabo dams is capable of retaining some sediment, although they are not yet fully optimal.

Kata Kunci : Sedimentation; Musle; Meyer-Peter M; Reservoir



Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open-access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Amalia, A. R., Mansida, A., & Karim, N. T. (2026). Analisis dampak longsoran Gunung Bawakaraeng terhadap laju sedimentasi Waduk Bili-Bili. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 6(3), 1529–1546. <https://doi.org/10.53625/jirk.v6i3.13034>

PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama menurut Chay Asdak, 2006 dalam (Mansida et al., 2018) Sungai Jeneberang adalah salah satu Sungai yang berhulu di Gunung Bawakaraeng, Longsor Kaldera Gunung Bawakaraeng pada Maret 2004 menghasilkan material runtuh sekitar 200–300 juta m³ yang mengalir ke Sungai Jeneberang dan menyebabkan sedimentasi Waduk Bili-Bili (Yamakoshi et al., 2008). Bangunan pengendali sedimen Sand Pocket SP-1 memiliki volume tampungan 325.153 m³ dan SP-2 sebesar 493.381 m³. Setelah aliran debris Januari 2006, terjadi kerusakan infrastruktur termasuk jembatan, dan pada Februari 2007 terjadi banjir bandang. Volume sedimen meningkat kembali pada 2014–2015 karena kerusakan bangunan SP-1, lalu setelah rehabilitasi masih terjadi kenaikan pada 2017–2018 dengan volume sekitar 3.194.132 m³. Kenaikan ini dipicu bangunan yang jebol/tidak berfungsi serta aktivitas penambangan di sekitar lokasi yang mempercepat erosi dan membuat bangunan pengendali sedimen menjadi tidak stabil (Maulana et al., 2024).

Waduk Bili-Bili di Kabupaten Gowa yang beroperasi sejak 1997 kini menghadapi sedimentasi serius. Tampungannya telah terisi penuh oleh sedimen, yang sebagian besar berasal dari longsoran Kaldera Gunung Bawakaraeng tahun 2004, sehingga operasi waduk masih bergantung pada pengerukan untuk menjaga fungsi intake. (Wahyuningrum, 2025). Erosi merupakan penyebab utama terjadinya degradasi lahan. DAS Jeneberang sebagai salah satu DAS prioritas di Indonesia memiliki masalah erosi serius di daerah hulu (Sugiyanto, 2009). Berdasarkan pengukuran echosounder, dibuat peta kontur dasar Waduk Bili-Bili tahun 2019 yang dibandingkan dengan peta tahun 1997 untuk menghitung volume sedimen. Hasil penelitian menunjukkan total volume sedimen periode 1997–2019 sebesar 110,371 juta m^3 , sedangkan pada tahun 2017 sebesar 108,050 juta m^3 , sehingga laju sedimentasi tahun 2017–2019 mencapai 2,321 juta m^3 . (Sanjaya et al., 2020).

Longsoran tanah di daerah aliran sungai menghambat aliran alami akibat material sedimen yang terbawa. Perhitungan transpor sedimen menunjukkan metode Meyer-Peter-Müller menghasilkan nilai lebih besar ($0,0248 m^3/hari$) dibandingkan metode Van Rijn ($0,0156 m^3/hari$). Jarak perpindahan sedimen terbesar terjadi pada bukaan penuh sebesar 0,66 m, diikuti bukaan $\frac{3}{4}$ (0,59 m) dan bukaan $\frac{1}{2}$ (0,49 m). (Putra, 2022). Hasil Penelitian berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode pembobotan dan overlay peta menggunakan ArcGIS menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir terbagi menjadi lima kelas, yaitu sangat berbahaya, berbahaya, sedang, rendah, dan sangat rendah. (Arifin et al., 2023). Namun demikian, Laju sedimentasi di Sungai Jeneberang terus mengalami peningkatan sehingga memerlukan upaya pengendalian sedimen untuk mempertahankan efektifitas waduk agar tidak terus berkurang dan mengancam keberlanjutan fungsinya (Asrib, 2012). Salah satu sumber utama sedimen berasal dari Gunung Bawakaraeng, Khususnya pada bagian hulu sungai Jeneberang. Berdasarkan Uraian tersebut, penelitian ini dirumuskan ke dalam beberapa pertanyaan yaitu : beberapa besar potensi longsoran Gunung Bawakaraeng; seberapa besar pengaruh longsoran Gunung Bawakaraeng terhadap peningkatan sedimen di Sabo Dam 7-7, 7-6, dan 7-5; serta berapa laju sedimentasi yang masuk ke dalam waduk bili-bili.

Secara ilmiah dan praktis, penelitian ini memiliki manfaat memperdalam pemahaman tentang dinamika longsoran gunung serta proses sedimentasi di waduk, yang merupakan bagian dari ilmu geologi, hidrologi, dan teknik lingkungan. Data kuantitatif mengenai laju sedimentasi sebagai akibat longsoran gunung membantu pemerintah dalam merencanakan pengelolaan waduk serta mitigasi risiko bencana alam secara lebih efektif dan terukur. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis besar potensi longsoran Gunung Bawakaraeng; Seberapa Besar longsoran Gunung Bawakaraeng terhadap peningkatan sedimen di Sabo Dam 7-7, 7-6, dan 7-5; serta Menganalisis laju sedimentasi yang masuk ke dalam waduk bili-bili.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada aliran sungai yang berhulu di Gunung Bawakaraeng dan bermuara ke Waduk Bili-Bili Kab.Gowa, Pengambilan data bagian hulu berupa sedimentasi. Hasil dari survei lapangan waduk diperoleh berdasarkan hasil pengukuran echosounding di waduk, dan data sekunder berupa karakteristik DAS. Metode analisis data meliputi:

Analisis Erosi (Musle)

Menggunakan parameter limpasan permukaan, debit puncak, dan faktor lahan. Data dasar yang digunakan adalah data curah hujan (2009-2025), peta tanah, peta tutupan lahan, data digital elevation model (DEM), Citra satelit dalam penelitian (Panguriseng A, M. Altin, 2014), peta RTRW kabupaten Gowa, dan peta Kawasan Hutan wilayah DAS Jeneberang. Alat yang digunakan adalah seperangkat komputer dengan perangkat lunak ArcGis 10.8, Microsoft Office 2013, global positioning system (GPS), alat pengambilan sampel tanah, ring sample, dan peralatan laboratorium yang diperlukan untuk analisis tanah.

Menganalisis laju erosi dan sedimentasi menggunakan Metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*), Faktor erosivitas hujan digunakan nilai debit puncak (QP) dan nilai volume limpasan permukaan (VQ). Untuk menghitung debit puncak maka dilakukan analisis hidrologi dan data yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum tahunan, data yang menyangkut hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian ini dilakukan dengan tahap sebagai berikut: Banyaknya tanah yang tererosi (Lily Montarchi, 2009).

$$EA = SY/SDR \quad (1)$$

$$SY = a (VQ \times Qp)^b \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

Volume Aliran Permukaan (VQ) Metode SCS

$$VQ = \frac{(I-0,2 S)^2}{1+0,8 S} \quad \text{dan}$$

$$S = \frac{(25400)}{CN} - 254$$

Apabila Besarnya nilai (volume aliran permukaan) bisa diketahui setelah tinggi hujan dan luas DAS di satu sub kawasan diketahui terlebih dahulu, kemudian besarnya nilai bisa diketahui dengan rumus:

$$VQ = D \times A \times C \times P \quad (3)$$

Aliran Puncak (Qp) Hidrograf satuan sintetik Nakayasu

$$Qp = \frac{1}{3,6} \left[\frac{C \times A \times Ro}{(0,3 T_p + T_{0,3})} \right]$$

Angkutan Sedimen Dasar (Mayer-Peter)

Berdasarkan Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari lapangan atau hasil pengukuran sendiri, meliputi karakteristik hidraulik dan ukuran butir sedimen, Pengambilan Data lapangan berupa kecepatan aliran, Lebar sungai, Kemiringan, dan Sampel tanah yang lolos saringan D50) (Ramadhan & Wibowo, 2019)





Gambar 1. Sabo Dam 7-7

Gambar 2. Sabo Dam 7-6



Gambar 3. Sabo Dam 7-5

Data Debit AWLR

Pengumpulan data debit AWLR Laju sedimen hasil pengukuran lapangan (echosounding) untuk menganalisis tingkat sedimentasi di waduk Bili-Bili. Mengenai hubungan antara penambahan debit yang terjadi pada waduk dengan penambahan debit sedimen. Adapun perhitungan muatan sedimen layang dan muatan sedimen dasar Muatan sedimen layang (suspended load) dihitung dengan menggunakan persamaan (Achsan, A., Bisri, M., & Suhartanto, 2015):

$$Q_s = 0.0864 C \cdot Q_w \quad (4)$$

Dimana :

Q_s = Debit sedimen (ton/hari)

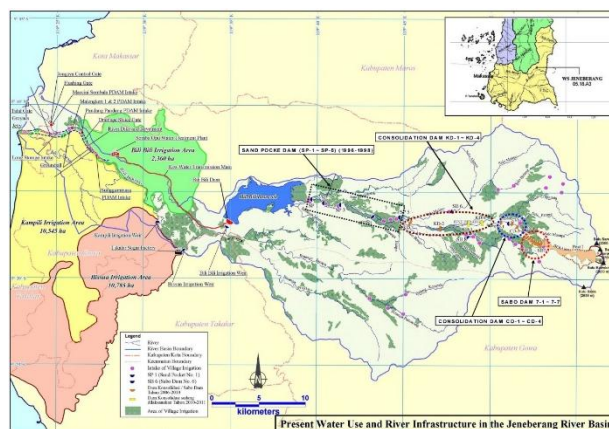
C = konsentrasi sedimen (mg/liter)

Q_w = debit aliran (m^3 /detik)

0,0864 adalah faktor perubahan unit Dari perhitungan dibuat lengkung aliran sedimen yang merupakan garis regresi antara angkutan sedimen dan debit air dengan persamaan

$$Q_s = a \cdot Q_w^b$$

Penelitian di lakukan pada bulan April 2026, Lokasi penelitian dapat di lihat pada gambar 1.



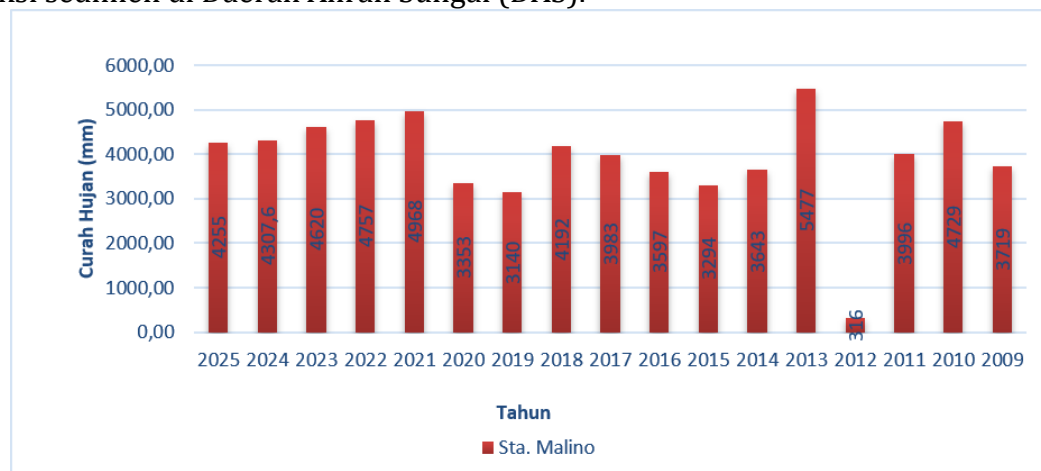
Gambar 1. Peta DAS Jeneberang (Sumber: BBWS Sungai Jeneberang)
HASIL DAN PEMBAHASAN (Cambria, size 12)

1. Potensi Longsor Gunung Bawakaraeng

Analisis dilakukan menggunakan Metode MUSLE. Pada metode MUSLE, faktor erosivitas hujan (R) dimodifikasi menjadi faktor limpasan permukaan (R_w). Metode ini memperhitungkan erosi dan pergerakan sedimen pada Daerah Aliran Sungai berdasarkan kejadian hujan Tunggal.

a. Analisa Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan pada kegiatan ini adalah data curah hujan Sta.Malino dengan panjang data 17 tahun terakhir dari Tahun 2009 sampai dengan Tahun 2025. Tingginya curah hujan di wilayah Malino sebagai daerah hulu DAS Jeneberang merupakan salah satu faktor utama yang memicu terjadinya erosi dan longsor lahan. Kondisi ini berpengaruh terhadap peningkatan laju sedimentasi yang masuk ke Waduk Bili-Bili, sehingga analisis curah hujan menjadi parameter penting dalam mengevaluasi dampak longsor Kaldera Gunung Bawakaraeng terhadap perubahan sedimentasi di DAS Jeneberang. Fluktuasi curah hujan yang terjadi menunjukkan adanya variasi kondisi iklim tahunan yang berpotensi memengaruhi besarnya limpasan permukaan, tingkat erosi, dan produksi sedimen di Daerah Aliran Sungai (DAS).



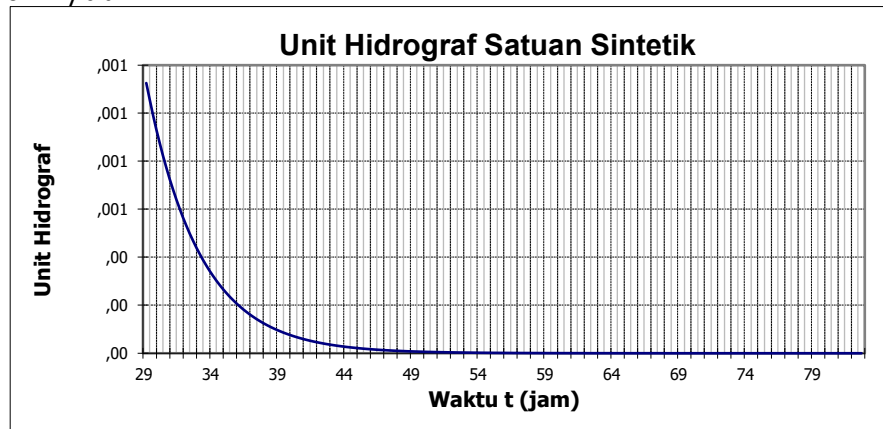
Gambar 2. Curah Hujan Tahunan Sta Malino (Sumber : Hasil Perhitungan)



Pada periode 2009 – 2011, curah hujan berkisar antara 3.719 – 4.729 mm/tahun, kemudian mengalami penurunan drastis pada tahun 2012 sebelum meningkat tajam pada tahun 2013. Setelah itu, curah hujan kembali berfluktuasi dengan nilai antara 3.294 – 4.192 mm/tahun selama periode 2014 – 2020. Pada tahun 2021 – 2023 terjadi peningkatan bertahap dari 4.968 mm/tahun menjadi 4.620 mm/tahun, sedangkan pada tahun 2024 dan 2025 curah hujan tercatat masing-masing sebesar 4.307,6 mm/tahun dan 4.255 mm/tahun. Grafik menunjukkan bahwa curah hujan tahunan di DAS Jeneberang (Stasiun Malino) mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Nilai curah hujan cenderung berada pada kisaran 3.000 – 5.500 mm/tahun, dengan puncak tertinggi terjadi sekitar tahun 2013, sedangkan nilai terendah terjadi sekitar tahun 2012 (Hasnawir, 2012). Secara umum, pola ini menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki curah hujan yang tinggi dan tidak stabil, yang berpotensi meningkatkan limpasan permukaan, erosi, dan longsor, terutama pada daerah dengan kemiringan lereng curam. Dalam analisis hidrograf satuan sintetis (HSS Nakayasu) dapat dilihat sebagai berikut.

DATA

Luas DAS (Km ²)	= 26.29 Km ²
Panjang Sungai Utama (Km)	= 12.08 Km
Unit Hujan Efektif, Ro(mm)	= 1.000 mm
Parameter Hidrograf (a)	= 2.000
TIME LAG, tg	= 1.202 jam
Tr = (0,5 sd. 1,0) tg. 0,75	= 0.901 jam
Tp = tg + 0,8 × tg	= 1.923 jam
T 0,3 = a	= 2.403 jam
0,5 T0,3	= 1.202 jam
1,5 × T0,3	= 3.605 jam
2 × T0,3	= 4.806 jam
Tp + T0,3	= 4.326 jam
Tp + T0,3 + 1,5T0,3	= 7.931 jam
Qp = CA × Ro / (3,6 × (0,3 × Tp + T0,3))	= 2.450 m ³ /dt
Qp	= 2.450 m ³ /dt



Gambar 3. Grafik Unit Hidrograf Satuan Sintetik (Sumber : Hasil perhitungan, 2026)

Berdasarkan data tersebut, diperoleh parameter hidrologi seperti Nilai-nilai ini menunjukkan respon DAS terhadap hujan yang relatif cepat, yang dipengaruhi oleh luas DAS 26,29 km² Hasil debit puncak akhirnya adalah:

$$Q_p = 2,450 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

b. Analisa Erosivitas Metode MUSLE

Analisa indeks erosivitas limpasan permukaan (Limantara & Wahyuni, 2022)

$$q_b = 1.5 \text{ Mg/m}^3$$

$$MS = 8\% = 0.08$$

$$Et/E_o = 0.9$$

$$RD = 0.1$$

Untuk mendapatkan hasil volume limpasan permukaan dapat menghitung kapasitas penyimpanan lengas tanah terdahulu :

$$\begin{aligned} R_c &= 1000 \times MS \times q_b \times RD \times \left(\frac{Et}{E_o}\right)^{0.5} \\ &= 1000 \times 0.008 \times 1.5 \text{ Mg/m}^3 \times (0.9)^{0.5} \\ &= 11.38419 \end{aligned}$$

$$R = 3902.7411 \text{ mm}$$

$$R_n = 165.8823$$

$$\begin{aligned} R_o &= \left(\frac{R}{R_n}\right) R_o = 23.5271 \\ &= -0.4838 \end{aligned}$$

Hasil dari volume limpasan permukaan dapat di lihat sebagai berikut :

$$V_o = R \cdot \left(\frac{-R_c}{R_o}\right)$$

$$V_o = 2405.612 \text{ m}^3$$

Dengan demikian erosivitas limpasan permukaan Adalah :

$$R_w = 1169.805 \text{ kJ/ha}$$

Tabel 1. Hasil Erosivitas Limpasan Permukaan pada DAS Hulu

Titik Hulu	DAS	Qp (m ³ /dtk)	Vo (m ³)	Rw (Kj/ha)
	2,628.81	2.450	2,405.61	1,169.81

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai total erosivitas sebesar 1169.805 KJ/ha. Pada pengolahan peta topografi skala 1:200.000, wilayah DAS Jeneberang Hulu mempunyai topografi bervariasi mulai dari datar hingga sangat curam (Yamakoshi et al., 2008). Dari keseluruhan sub DAS Jeneberang didominasi oleh wilayah yang bertopografi Sangat curam dengan luas 12743,098 Ha. Peta Penggunaan Lahan wilayah sub DAS Jeneberang sebagian besar wilayahnya didominasi oleh hutan dengan luas 16455,766 Ha (42,746%). Kemudian untuk jenis tanah yang terdapat di wilayah sub DAS Jeneberang didominasi oleh tanah Kambisol dengan Luas 22325,308 Ha dengan presentase (57,9%) Secara lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Nilai LS dari Kelas Kemiringan Lereng

No	Lereng (%)	Kelas	Luas (ha)	LS
1	0 - 8	Datar	4990.693	0.4
2	8 - 15	Landai	4306.987	1.4



3	15 - 25	Agak Curam	6910.966	3.1
4	25 - 40	Curam	9452.192	6.8
5	>40	Sangat Curam	12743.098	9.5
Jumlah			38496.477	

Tabel 3. Nilai C dari kelas Tata Guna Lahan

No	Tata Guna Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)	Nilai C
1	Badan Air	1576.775	4.096	0.001
2	Hutan	16455.766	42.746	0.05
3	Kebun	418.024	1.086	0.20
4	Pemukiman	410.480	1.066	0.60
5	Sawah	5756.090	14.952	0.01
6	Semak Belukar	9244.803	24.015	0.30
7	Tegalan	3814.171	9.908	0.70
8	Lahan Terbuka	820.368	2.131	1.00
Jumlah		38496.477	100	

Tabel 4. Nilai K dari Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Luas (ha)	Persentase (%)	K
1	Alluvial	1873.489	4.867	0.315
2	Andosol	10502.803	27.283	0.140
3	Gleisol	892.871	2.319	0.243
4	Kambisol	22325.308	57.993	0.14
5	Regosol	2902.007	7.538	0.346
Jumlah		38496.477	100.000	

Tabel 5. Tabel kelas TBE (Tingkat Bahaya Erosi)

Kelas TBE	Laju Erosi (ton/ha/th)	Keterangan
I	< 15	Sangat Ringan
II	16 - 60	Ringan
III	60 -180	Sedang
IV	18 - 480	Berat
V	> 480	Sangat Berat

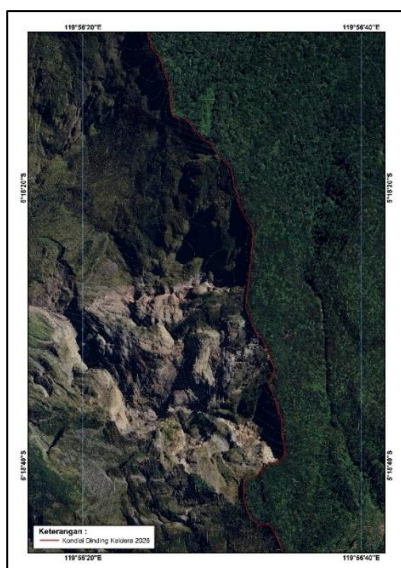
Tabel 6. Hasil Perhitungan

Keterangan	Dinding Kaldera	Sabo Dam 7.7	Sabo Dam 7.6	Sabo Dam 7.5	Total Sub DAS Hulu
Luas DAS (ha)	2,028.63	2.24	1.33	0.88	2,628.81
Total Erosi (ton/ha/tahun)	3,365,775	306.72	186	58	3,711,805
Laju Erosi	1,270,104	115.74	70.11	21.70	1,400,681



(ton/th)					
SDR	0.230	0.300	0.429	0.429	0.224
Laju Sedimentasi (ton/th)	291,760	35	30	9	313,349
Laju Sedimentasi (m ³ /th)	773,165	92	80	25	830,375

Berdasarkan hasil analisis Geospasial data dan citra satelit imagery menggunakan ArcMap diperoleh potensi longsor sebesar 313,349.10 ton/th atau 830,375 m³/th nilai tersebut menunjukkan besarnya material tanah yang berpotensi terlepas akibat proses longsor. Berdasarkan hasil analisis MUSLE yang menunjukkan laju erosi sebesar 1.400.681,216 ton/tahun, maka tingkat bahaya erosi pada kawasan penelitian termasuk dalam Kelas V (Sangat Berat). Nilai tersebut jauh melebihi batas maksimum klasifikasi TBE (>480 ton/ha/tahun), sehingga menunjukkan bahwa wilayah DAS Jeneberang, khususnya kawasan yang terdampak longsor Kaldera Gunung Bawakaraeng, memiliki tingkat kerentanan erosi yang sangat tinggi. Kondisi ini berkontribusi terhadap meningkatnya angkutan sedimen menuju Waduk Bili-Bili dan mempercepat proses pendangkalan waduk. Oleh karena itu, diperlukan upaya konservasi dan pengendalian erosi secara berkelanjutan untuk mengurangi dampak sedimentasi di masa mendatang. Tingginya potensi longsor dipengaruhi oleh kondisi kemiringan lereng yang curam, curah hujan yang tinggi, serta minimnya vegetasi penutup lahan. Dinding Kaldera Gunung Bawakaraeng merupakan penyumbang utama erosi dan sedimentasi dengan kontribusi lebih dari 90% terhadap total sedimen yang dihasilkan. Hasil ini menegaskan bahwa area longsor kaldera masih menjadi sumber material dominan yang memengaruhi kondisi hidrologi DAS Jeneberang dan laju sedimentasi menuju Waduk Bili-Bili. Oleh karena itu, pengelolaan kawasan hulu dan optimalisasi fungsi sabo dam menjadi langkah penting dalam mengurangi dampak sedimentasi di masa mendatang. Melalui interpretasi data foto udara tahun 2009 dan data *imagery google earth* tahun 2020, nampak perubahan pergerakan geometrik pada dinding kaldera yang meliputi perubahan posisi, bentuk dan dimensi. Garis area (shading merah) memperjelas adanya area runtuh baru hasil pengamatan studi ini, Kondisi dinding kaldera pada tahun 2026 dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Tahun 2026

2. Pengaruh Longsoran Terhadap Sedimen di Sabo Dam 7-7, 7-6 dan 7-5.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Meyer-Peter Müller (MPM) (Anjasmara, 2019), diperoleh nilai angkutan sedimen dasar (bed load) pada Sabo Dam 7-7, 7-6, dan 7-5 dengan parameter hidraulik dan karakteristik sedimen yang telah ditentukan.

Untuk menghitung laju sedimen dilakukan pengambilan data langsung di lapangan, pengambilan data dilakukan di bulan Maret 2026. Berikut adalah hasil pengumpulan data lapangan:

Tabel 7. Hasil Pengumpulan data Lapangan

Data	Sabo dam 7.7	Sabo Dam 7.6	Sabo Dam 7.5
Kemiringan (%)	0.014	0.00187	0.000036
Kecepatan (m/s)	0.14	0.05	0.07
Lebar Sungai (m)	124	92	85
Tinggi Air (h)	0.50	0.50	0.50
D50 (mm)	0.50	0.50	0.6
Q (m ³ /s)	8.68	2.30	2.98
Jari-Jari Hidrolis	0.50	0.49	0.49
Laju Sedimen(m ³ /thn)	97.93	72.66	34.25

Pengaruh longsoran terhadap sedimen di Sabo Dam 7-7, 7-6, dan 7-5. Longsoran memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan angkutan sedimen, khususnya di bagian hulu (Savitri, 2024). Berdasarkan metode Meyer-Peter Müller, diperoleh nilai Sabo Dam 7-7: 97.93 m³/tahun, Sabo Dam 7-6 : 72.66 m³/tahun dan Sabo Dam 7-5 : 34.25 m³/tahun Hasil ini menunjukkan bahwa sedimen terbesar terjadi di Sabo Dam 7-7 (hulu), kemudian mengalami penurunan ke arah hilir akibat proses pengendapan bertahap. Dengan



demikian, sabo dam berfungsi efektif sebagai pengendali sedimen, namun distribusi sedimen masih sangat dipengaruhi oleh longsor dari hulu.

Laju Sedimentasi Yang Masuk Ke dalam Waduk Bili-Bili

Berdasarkan hasil analisis, sedimen yang masuk ke waduk merupakan sedimen yang lolos dari bangunan sabo dam. Sedimentasi waduk merupakan parameter penting dalam perencanaan maupun pengelolaan waduk karena sebagian volume yang tersedia akan terisi oleh endapan sedimen sehingga volume efektifnya akan berkurang. Selain itu sedimen dapat mengendap di depan intake sehingga akan mengganggu operasi waduk (Asrib et al., 2011).

3. Perhitungan Debit Sedimen Melayang

Kurva frekuensi lama aliran (flow duration curve) merupakan frekuensi kumulatif yang menunjukkan persen waktu dari kelas debit yang mempunyai nilai sama atau terlampaui selama periode yang diberikan. Untuk mendapatkan lengkung durasi aliran dipergunakan data debit harian dari AWLR Bili-Bili. Data yang dipakai adalah data periode tahun 2011 sampai dengan tahun 2025 Untuk perhitungan debit sedimen tahun 2025 dapat dilihat pada Tabel 8.



Gambar 5. Kuva Frekuensi Lama Aliran

Tabel 8. Perhitungan Sedimen Melayang Inflow Waduk Tahun 2025

Batas (%)	Interval	Ordinat Tengah	Q (m³/det)	Qs (ton/hari)	(2 x 4) /100	(2 x 5) /100
1	2	3	4	5	6	7
0.00 - 1.00	1.00	0.5	462.01	11490.25	4.62	114.90
1.00 - 2.00	2.00	1.5	206.08	4347.41	4.12	86.95
2.00 - 5.00	3.00	3.5	114.46	2141.68	3.43	64.25
5.00 - 8.00	3.00	6.5	110.90	2061.78	3.33	61.85
8.00 - 10.00	2.00	9	57.98	944.44	1.16	18.89
10.00 - 13.00	3.00	11.5	104.97	1929.78	3.15	57.89
13.00 - 16.00	3.00	14.5	101.41	1851.30	3.04	55.54
16.00 - 20.00	4.00	18	97.26	1760.45	3.89	70.42

20.00 - 25.00	5.00	22.5	91.92	1644.80	4.60	82.24
25.00 - 30.00	5.00	27.5	85.99	1517.90	4.30	75.90
30.00 - 35.00	5.00	32.5	80.06	1392.78	4.00	69.64
35.00 - 40.00	5.00	37.5	74.13	1269.53	3.71	63.48
40.00 - 45.00	5.00	42.5	68.20	1148.28	3.41	57.41
45.00 - 55.00	10.00	50	59.30	970.45	5.93	97.04
55.00 - 65.00	10.00	60	47.44	741.83	4.74	74.18
65.00 - 75.00	10.00	70	35.58	524.67	3.56	52.47
75.00 - 85.00	10.00	80	23.72	322.03	2.37	32.20
85.00 - 88.00	3.00	86.5	16.01	200.63	0.48	6.02
88.00 - 90.00	2.00	89	13.05	156.79	0.26	3.14
90.00 - 94.00	4.00	92	9.49	106.86	0.38	4.27
94.00 - 97.00	3.00	95.5	5.34	53.45	0.16	1.60
97.00 - 100.00	3.00	98.5	1.78	14.24	0.05	0.43
Total					64.70	1150.72

$$\begin{aligned}
 \text{Volume aliran rata-rata} &= 64.70 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 64.70 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \\
 &= 2.040.343.997,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit sedimen melayang rata-rata} &= 1150.72 \text{ ton.hari} \times 365 \\
 &= 420,011.31 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

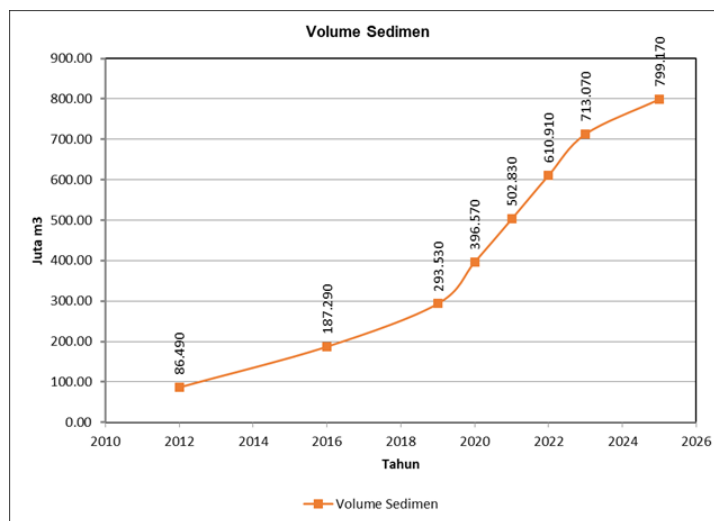
Pada tahun 2008 laju sedimentasi di Waduk Bili-Bili mengalami peningkatan di akibatkan 3 (tiga) bangunan pengendali sedimen (Sabo Dam) yang telah selesai dibangun pasca longsor Gunung Bawakaraeng telah terisi penuh dengan sedimen. Pada tahun 2011 laju sedimentasi kembali mengalami penurunan karena berfungsinya 10 (sepuluh) bangunan pengendali sedimen (Sabo Dam) yang dibangun dan selesai pada tahun 2011. Berdasarkan data hasil pengukuran echosounding, volume sedimen tahunan yang masuk dan mengendap di Waduk Bili-Bili hingga tahun 2025 sebesar 799.170.000 m³, seperti yang terlihat pada Tabel. 9:

**Tabel 9. Volume dan Laju Sedimentasi Waduk Bili-Bili
(Data Echosounding dan Perhitungan)**

Tahun	Tahun Operasi	Sedimen Tahunan 10 ⁶ m ³	Kumulatif Sedimen 10 ⁶ m ³	Laju Sedimentasi 10 ⁶ m ³ /Tahun
1997	-	0.000	0.000	0.000
2012	14	86.490	86.490	21.623
2016	18	100.800	187.290	33.600
2019	21	106.240	293.530	106.240
2020	22	103.040	396.570	103.040
2021	23	106.260	502.830	106.260



2022	24	108.080	610.910	108.080
2023	25	102.160	713.070	102.160
2025	27	86.100	799.170	86.100



Gambar 6. Kurva Volume Kumulatif Sedimentasi Aktual Waduk Bili – Bili

Nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak seluruh material hasil longsoran mencapai waduk, karena sebagian telah tertahan di sabo dam maupun mengendap di sepanjang aliran sungai. Meskipun demikian, sedimen yang masuk tetap memberikan dampak terhadap penurunan kapasitas tampung waduk akibat proses pendangkalan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Potensi longsoran Gunung Bawakaraeng tergolong sangat tinggi berdasarkan metode MUSLE, dengan laju erosi sebesar 1.400.681,216 ton/tahun dan 830.375 m³/tahun, sehingga termasuk kategori sangat berat.

Longsoran berpengaruh signifikan terhadap peningkatan angkutan sedimen pada Sabo Dam 7-7 = 787.171 m³/tahun, Sabo Dam 7-6 = 753.491, dan 7-5 = 228.439. Sedimen terbesar terjadi di bagian hulu dan menurun ke arah hilir akibat proses pengendapan, sehingga sabo dam berfungsi cukup efektif sebagai pengendali sedimen.

Sedimen yang tidak tertahan oleh sabo dam tetap masuk ke Waduk Bili-Bili dengan Laju sedimen hingga tahun 2025 mencapai 86.100.000 m³/tahun, yang menyebabkan potensi pendangkalan dan penurunan kapasitas tampung waduk.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Terimakasih kepada BBWS Pompean Jeneberang atas perizinan dan pemberian data selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Achsan, A., Bisri, M., & Suhartanto, E. (2015). Analisis kecenderungan sedimentasi waduk bili-bili dalam upaya keberlanjutan usia guna waduk.

- Anjasmara, N. (2019). Analisis Laju Sedimen Melayang Pada Sungai Saddang.
- Arifin, F., Muhibuddin, A., & Saleh, H. (2023). Mitigasi Kawasan Rawan Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Urban and Regional Studies Journal*, 6(1), 71–82.
- Asrib, A. R. (2012). Model Pengendalian Sedimentasi Waduk Akibat Erosi Lahan Dan Longsoran Di Waduk Bili-Bili Sulawesi Selatan.
- Asrib, A. R., Purwanto, Y. J., & Sukandi, S. (2011). Dampak Longsoran Kaldera Terhadap Tingkat Sedimentasi Di Waduk Bili-Bili Provinsi Sulawesi Selatan. 2, 135–146.
- Hasnawir. (2012). Ambang Batas Curah Hujan Untuk Bencana Sedimen Di Kaldera Bawakaraeng, Sulawesi Selatan. c, 14–24.
- Lily Montarcih, L. (2009). Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi kasus di sebagian DAS Di Indonesia) *Jurnal Rekayasa*. Volume.
- Limantara, L. M., & Wahyuni, S. (2022). Analisis Volume Limpasan Permukaan dan Erosi Tanah dengan Model Soil Conservation Service (SCS) dan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Menggunakan Alat Rainfall Simulator. 2(1), 410–423.
- Mansida, A., Mut, L., & Irmawati, I. (2018). Pengaruh Variasi Panjang Pipa Isap Flushing Couduit Terhadap Volume Penggelontoran Sedimen di Waduk (Uji Eksperimental). *Teknik Hidro*, 11(2), 26–37.
- Maulana, A. K., Musa, R., & Ashad, H. (2024). Evaluasi Fungsi Bangunan Pengendali Sedimen Sungai Jeneberang Bagian Hulu Waduk Bili-Bili Kab. Gowa (Studi Kasus pada Jebolnya SP. 1 dan SP. 2). *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(2), 300–307.
- Panguriseng A, M. Altin, P. (2014). Analisis Sedimentasi Sungai Jeneberang Menggunakan Citra SPOT-4. 126–130.
- Putra, F. D. I. (2022). Analisis Angkutan Sedimen Dari Tanah Longsoran Tebing Akibat Perubahan Debit Yang Terjadi Pada Saluran Tilting Flume. *Rekayasa Teknik Sipil*, 10(2).
- Ramadhan, M., & Wibowo, H. (2019). (Studi Kasus Dusun Lintang Batang Kecamatan Sungai Ambawang). 1–9.
- Sanjaya, E. T., Lukman, M., Tanan, B., Program, M., Teknik, S., Kristen, U., & Paulus, I. (2020). Analisis Volume Sedimen Berdasarkan Hasil Pengukuran Dengan Echosounder Dalam Waduk Bili-bili Kabupaten Gowa. 2(3), 192–196.
- Savitri, F. A. (2024). Studi Pengendalian Sedimentasi di Sungai Bangga Palu Watershed Central Sulawesi. August 2023. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.2.3>
- Sugiyanto, D. (2009). Pemetaan potensi ancaman gerakan tanah longsor di provinsi sumatera utara. 7, 1–14.
- Wahyuningrum, C. A. (2025). Strategi Penanganan Sedimentasi Waduk Melalui Reduksi Yil Sedimen Pada Daerah Tangkapan Air Waduk Bili-Bili Kabupaten Gowa.
- Yamakoshi, T., Shimizu, Y., Osanai, N., & Sasahara, K. (2008). Proses Erosi Massa Runtuh Akibat Longsor Raksasa Gunung Bawakaraeng, Sulawesi, Indonesia Tahun 2004 yang Terungkap oleh Citra Satelit Multi-Temporal E-4 Proses erosi massa runtuh longsor raksasa Gunung Bawakaraeng, Sulawesi, Indonesia pada tahun 2004 yang terungkap melalui citra satelit multitempora. November.