

DAMPAK LONGSORAN KALDERA TERHADAP TINGKAT SEDIMENTASI DI WADUK BILI-BILI PROVINSI SULAWESI SELATAN

(ANALYSIS OF CALDERA LANDSLIDE DUE TO THE
SEDIMENTATION LEVEL IN BILI-BILI RESERVOIR
SOUTH SULAWESI PROVINCE)

Ahmad Rifqi Asrib¹, Yanuar J. Purwanto², Sukandi S.², Erizal²

ABSTRACT

This research aimed to study impact of caldera landslide at Jeneberang sub watershed to sedimentation rates in the Bili-Bili dam. The research was conducted based on field survey, caldera landslide at upstream and sedimentation rate in the Bili-Bili dam. The Result Showed that Jeneberang sub watershed dominated by steep areas topography is 10.080 ha (26.22%) and the closure of forested land is 12.250 ha (31.87%). Caldera landslide in 2004 caused sediment flow from upstream of Jeneberang watershed was 45,027,954 m³. Sabo dam as a sediment control along the Jeneberang upstream has function effectively. It was seen from the volume flow of sediment that can be controlled up to the year 2008 is 1,915,671 m³. Sedimentation rate before the event of landslide caldera, sediment deposited in Bili-Bili dam cumulatively is 8.376 million m³ (April 2001). Five years after the landslide sediment volume has reached 60.959 million m³ in 2008. Based on Trap efficiency showed that efficiency of Bili-Bili dam was decrease from 90.81% in 1997 to 73.34% in 2005, and then increased in 2007 (92.57%) and in 2008 decrease become 89.79%.

Key words: *caldera landslide, sedimentation, reservoir, trap efficiency.*

PENDAHULUAN

Pada dasarnya Waduk atau bendungan berfungsi sebagai penampung air dan tanah hanyut akibat erosi yang berasal dari daerah diatasnya untuk mengamankan daerah dibawahnya dari banjir dan erosi. Suatu waduk penampung atau waduk konservasi dapat menahan air kelebihan pada masa-masa aliran air

tinggi untuk digunakan selama masa-masa kekeringan (Sukartaatmadja, 2004). Waduk dan bendungan juga bermanfaat sebagai konservasi air. Namun demikian, terkait dengan ancaman keberlanjutan fungsi waduk, sumber sedimen pada umumnya diakibatkan oleh tingginya tingkat erosi yang terjadi di hulu, akibat maraknya pengalihan fungsi lahan hutan menjadi lahan pemukiman atau

¹ Mahasiswa Program Doktor Mayor Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PSL), IPB
² Staf Pengajar Sekolah Pascasarjana (SPs) IPB, Bogor.

areal pertanian baru. Penyebab utama pengurangan kapasitas tampungan bendungan-bendungan di Indonesia adalah ingginya laju sedimentasi (Azdan *et all*, 2008). Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (2008) disebutkan pula beberapa waduk yang mengalami tingkat sedimentasi tinggi yaitu Sengguruh dan Karangates di DAS Kalibrantas Hulu, Waduk Wonogiri di DAS Bengawan Solo, Waduk Mrica di DAS Serayu, Waduk Saguling dan Cirata di DAS Citarum Tengah, termasuk Waduk Bili-Bili di DAS Jeneberang Sulawesi Selatan.

Waduk Bili-Bili yang merupakan salah satu waduk terbesar di Propinsi Sulawesi Selatan terletak di bagian tengah DAS Jeneberang mulai diresmikan penggunaannya pada tahun 1999. Waduk ini merupakan waduk serbaguna yang dibangun dengan tujuan untuk pengendalian banjir, pemenuhan kebutuhan air irigasi, suplai air baku dan pembangkit listrik tenaga air. Waduk Bili-Bili memiliki luas tangkapan air sebesar 384,4 km² dengan perencanaan umur operasi 50 tahun (JRBDP, 2004). Waduk serbaguna Bili-Bili yang dibangun

dengan maksud untuk pengendalian daya rusak, mengoptimalkan pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya air yang ada pada bagian hulu DAS Jeneberang. Namun, dalam perkembangan terakhir terjadi penurunan pemanfaatan fungsi layanan waduk akibat adanya perubahan kondisi daerah tangkapan waduk karena adanya erosi akibat perubahan pemanfaatan lahan (Tangkaisari, R. 1987) dan juga terjadinya longsoran dinding kaldera pada tahun 2004 yang merupakan hulu DAS Jeneberang (LPM UNHAS. 2004).

Potensi sedimen akibat longsoran yang cukup besar akan mengalir ke hilir bila intensitas hujan tinggi sehingga rawan terjadi aliran debris dengan konsentrasi tinggi. Kondisi sungai Jeneberang yang masih kontinyu mengalirkan sedimen pada saat terjadi banjir dan mengendap di sepanjang alur sungai sampai ke Waduk Bili-Bili menyebabkan peningkatan sedimentasi di waduk Bili-Bili sehingga menyebabkan pendangkalan waduk yang pada akhirnya akan mengurangi umur operasi waduk dan mengancam keberlanjutan fungsi

waduk. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan suatu kajian model pengendalian yang menyentuh semua aspek kehidupan masyarakat di daerah aliran waduk. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakteristik Daerah Tangkapan Waduk, menganalisis tingkat longsoran yang terjadi pada wilayah sub DAS Jeneberang, dan menganalisis tingkat sedimentasi di Waduk Bili-Bili akibat terjadinya longsoran dari sub DAS Jeneberang.

METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan di Waduk Bili-Bili di Kab. Gowa Sulawesi Selatan. Lokasi tersebut berada di Sub Das Jeneberang yang secara fisik berpengaruh langsung kepada waduk Bili-Bili. Pengambilan data primer berupa sedimentasi waduk diperoleh berdasarkan hasil pengukuran *echosounding* di waduk, dan data sekunder berupa karakteristik DAS dan waduk Bili-Bili berdasarkan hasil dari survei lapangan. Metode analisis data meliputi:

1. uraian deskriptif melalui peta digital kontur dan data sekunder untuk mengetahui keadaan

karakteristik daerah tangkapan waduk.

2. data hidrologi dan data hasil pengukuran lapangan untuk menganalisis longsoran kaldera.
3. data hasil pengukuran lapangan (*echosounding*) untuk menganalisis tingkat sedimentasi di waduk Bili-Bili.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Karakteristik Daerah Tangkapan Waduk Bili-Bili

Geografi dan Topografi

Secara geografis, daerah tangkapan waduk Bili-Bili yang berada di wilayah sub DAS Jeneberang terletak antara 5°11'8"–5°20'41" LS dan 119°34'30"–119°56'54" BT. Daerah tangkapan waduk berada pada hulu DAS Jeneberang dengan luas 384,4 km² (38.440 Ha). Berdasarkan hasil pengolahan peta topografi skala 1:50000, wilayah DAS Jeneberang Hulu mempunyai topografi bervariasi mulai dari datar hingga sangat curam. Dari keseluruhan sub DAS Jeneberang didominasi oleh wilayah yang bertopografi curam dengan luas 10.080 Ha (26,22%) dan terletak pada ketinggian 75 – 5000 mdpl. Secara lebih jelas luas areal dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kelas Lereng Wilayah sub DAS Jeneberang

Kemiringan Lereng (%)	Bentuk Wilayah	Luas	
		Ha	%
0 - 8	datar	6.170	16,05
8 - 15	landai	5.550	14,44
15 - 25	agak curam	9.620	25,03
25 - 40	curam	10.080	26,22
> 40	sangat curam	7.020	18,26
Jumlah		38.440	100,00

Tabel 2. Ketinggian Elevasi Wilayah sub DAS Jeneberang

Ketinggian (mdpl)	Luas	
	Ha	%
<250	6.605	17,18
250 - 500	7.638	19,87
500 - 750	7.406	19,27
750 - 1000	5.728	14,90
1000 - 1250	4.201	10,93
1250 - 1500	2.838	7,38
1500 - 1750	1.899	4,94
1750 - 2000	1.287	3,35
2000 - 2250	526	1,37
2250 - 2500	224	0,58
>2500	88	0,23
Jumlah	38.440	100,00

Penutupan Lahan dan Jenis Tanah

Dari hasil analisis peta penggunaan lahan wilayah sub DAS Jeneberang sebagian besar wilayahnya didominasi oleh hutan dengan luas 12.250 Ha (31,87%) kemudian ladang/tegalan seluas 9.348 Ha (24,32%). Selanjutnya untuk jenis tanah yang terdapat di wilayah sub DAS Jeneberang didominasi oleh Haplortoxs (Latosol coklat kemerahan) seluas 8.070 Ha (20,99%)

dan Humitropepts (Latosol coklat kekuningan) seluas 7.965 Ha (20,73%). Untuk lebih jelasnya luas areal berdasarkan penggunaan lahan dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Penggunaan Lahan Wilayah sub DAS Jeneberang

No	Penggunaan Lahan	Luas	
		Ha	%
1	Hutan	12.250	31,87
2	Ladang/Tegalan	9.348	24,32
3	Pemukiman	107	0,28
4	Sawah	10.455	27,17
5	Semak Belukar	6.290	16,36
Jumlah		38.440	100,00

Tabel 4. Jenis Tanah Wilayah sub DAS Jeneberang

No	Jenis Tanah	Luas	
		Ha	%
1	Dystrandeps (Andosol)	5.036	13,10
2	Haplortoxs (Latosol)	8.070	20,99
3	Humitropepts (Latosol)	7.965	20,73
4	Tropofluvents (Aluvial) Tropohumults	3.548	9,22
5	(Mediteran)	7.347	19,11
6	Tropudalfs (Mediteran)	3.004	7,82
7	Tropudults (Podsolik)	3.470	9,03
Jumlah		38.440	100,00

Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan harian rata-rata 7 tahun di wilayah hulu DAS Jeneberang menurut klasifikasi iklim Schmith dan Ferguson termasuk tipe iklim B dengan rata-rata jumlah bulan basah 9 bulan, bulan lembab 1 bulan dan bulan kering 2 bulan. Musim hujan terjadi pada bulan Oktober sampai bulan Mei

Tabel 5. Curah hujan bulanan Daerah Aliran Waduk Bili-Bili (2001-2007)

Lokasi Stasiun	Curah Hujan Rata-Rata Bulanan (mm)												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
Bili-Bili Dam	539	491	386	181	97	61	14	0	5	132	233	519	2658
Jonggoa	712	533	452	212	64	84	24	20	9	148	335	623	3216
Malino	645	624	479	267	126	125	25	15	3	131	276	690	3406
Rata-rata	632,0	549,3	439,0	220,0	95,7	90,0	21,0	11,7	5,7	137,0	281,3	610,7	3093,3

dan puncak hujan terjadi antara bulan Desember dan Januari. Musim kemarau berlangsung pada bulan Juni sampai Oktober. Curah hujan rata-rata dari tiga lokasi stasiun curah hujan 3093,3 mm/tahun (Tabel 5). Curah hujan maksimum sebesar 690 mm/bulan dan rata-rata bulanan sebesar 257,78 mm/bulan. Untuk data curah hujan untuk Daerah Aliran Waduk Bili-Bili diambil dari 3 stasiun curah hujan, yaitu Bili-Bili Dam, Jonggoa dan Malino (JICA,2005).

Gambaran Umum Waduk Bili-Bili

Waduk Bili-Bili merupakan waduk yang memiliki bendungan utama tipe urugan batu dengan tinggi 76 m. Luas daerah tangkapannya adalah 384,4 km² dengan luas genangan 18,5 km² dan kedalaman efektif 36,6 m. Adapun volume tampungan total waduk Bili-Bili yang dapat dibendung adalah sebesar 375.000.000 m³ dengan volume tampungan efektif sebesar

346.000.000 m³ dan volume tampungan mati sebesar 29.000.000 m³. Bendungan Bili-Bili memiliki elevasi puncak EL. + 106,0 m dimana untuk elevasi muka air normal (NWL) berada pada EL. + 99,5 m dan untuk elevasi muka air rendah adalah EL. + 65,0 m (JICA,2005).

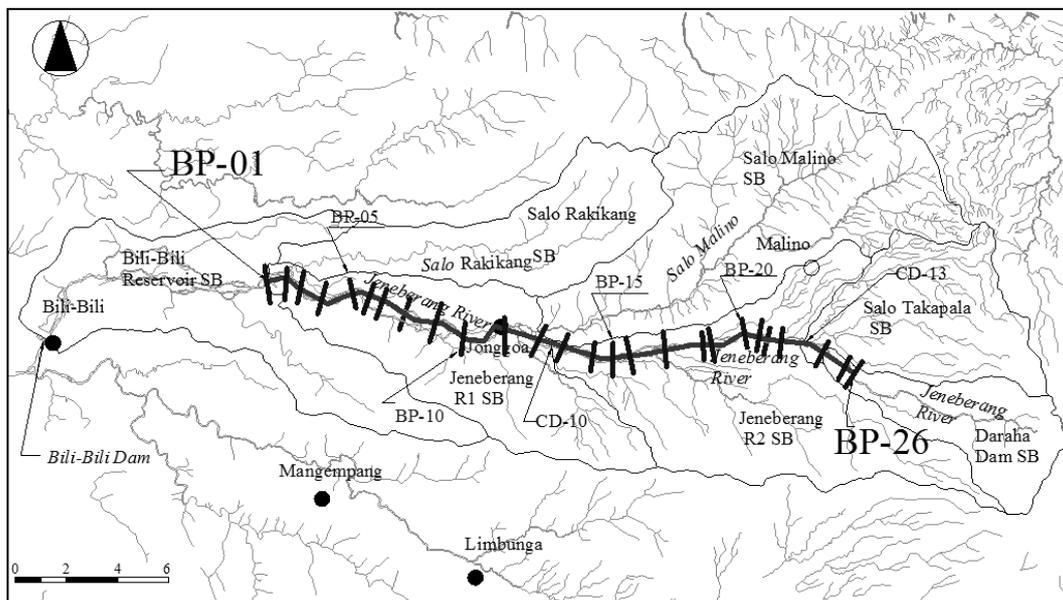
Kajian Longsoran Kaldera di sub DAS Jeneberang

Longsoran Kaldera Bawakaraeng yang terjadi tahun 2004 menyebabkan sedimentasi di sepanjang sungai Jeneberang. Hasil analisis sedimentasi akibat longsoran dilakukan berdasarkan hasil survey pengukuran lapangan (2004-2008) dengan 26 titik potongan melintang (BP01-BP26) di sepanjang sungai Jeneberang bagian hulu Waduk Bili-Bili seperti terlihat pada Gambar 1.

Dari setiap titik *cross section* tersebut dilakukan pengukuran elevasi endapan. Berdasarkan data yang ada diperoleh bahwa total endapan sejak

tahun 2004 sampai dengan 2008 adalah 83.865.060 m³. Adapun total volume erosi adalah 18.212.962 m³ sehingga total volume aliran sedimen yang terjadi pada saat itu telah mencapai 65.652.098 m³. Hal ini menunjukkan telah terjadi peningkatan

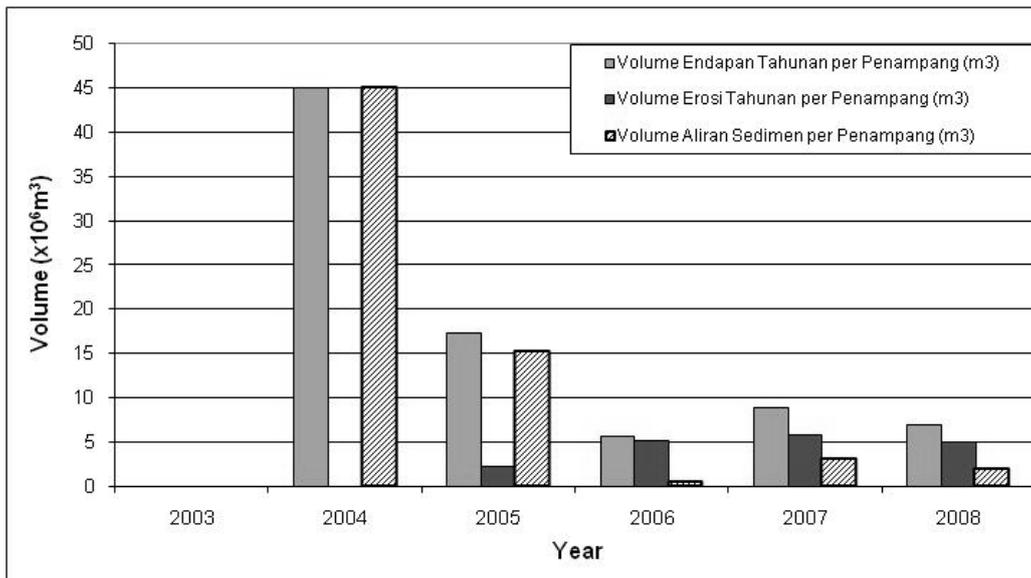
jumlah sedimen secara total terutama pada saat terjadinya longsor kaldera pada tahun 2004 yang menyebabkan volume endapan sebesar 45.027.954 m³. Secara rinci dapat diperhatikan pada Tabel 8 dan Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 1. Lokasi survey *cross section* sepanjang S. Jeneberang bagian hulu Waduk Bili-Bili

Tabel 8. Volume Aliran Sedimen per Tahun berdasarkan penampang melintang

Year	Volume Endapan Tahunan per Penampang (m ³)	Volume Erosi Tahunan per Penampang (m ³)	Volume Aliran Sedimen per Penampang (m ³)
2003	0	0	0
2004	45.027.954	0	45.027.954
2005	17.391.167	2.192.642	15.198.525
2006	5.598.149	5.147.673	450.477
2007	8.893.869	5.834.397	3.059.472
2008	6.953.921	5.038.250	1.915.671
Total	83.865.060	18.212.962	65.652.098



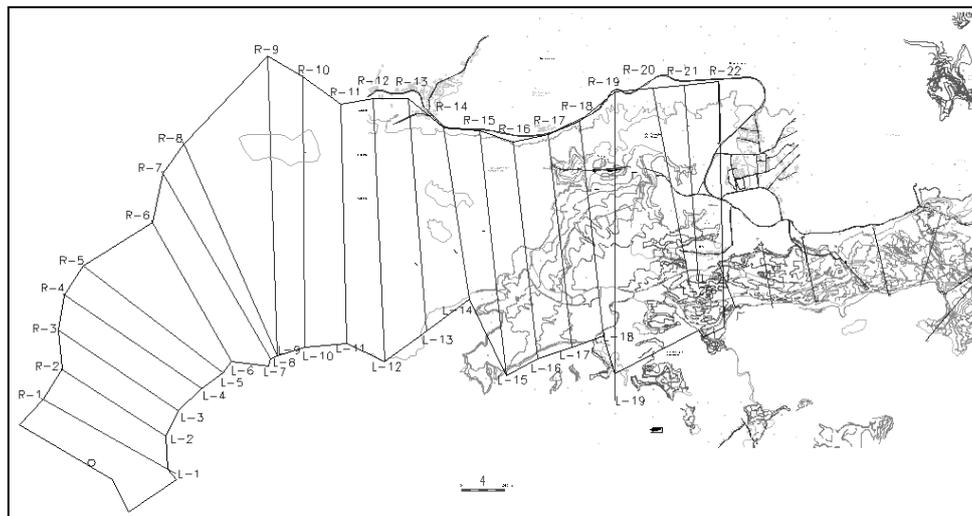
Gambar 2. Grafik Volume aliran Sedimen dari tahun 2004 – 2008

Perubahan volume aliran sedimen setiap tahun ternyata dapat dikendalikan. Hal ini terlihat dari volume aliran sedimen sampai pada tahun 2008 telah berkurang menjadi 1.915.671 m³. Bangunan sabo dam sebagai pengendali sedimen yang dibangun sepanjang hulu sungai Jeneberang telah berfungsi efektif. Bangunan pengendali sedimen tersebut adalah berupa Sabo dam (SD) sebagai pengendali sedimen utama yang mampu menahan pergerakan sedimen dari kaldera dibangun tujuh buah terletak di bagian hulu. kemudian Konsolidasi dam (KD) sebagai pengendali aliran debris dan angkutan sedimen dibangun di bagian tengah sebanyak 6 buah serta bangunan

penangkap pasir/*sand pocket* (SP) untuk meminimalkan masuknya sedimen ke waduk Bili-Bili dibangun sebanyak 5 buah di bagian bawah dekat outlet waduk Bili-Bili. SP dibangun selain untuk pengendali sedimen juga dapat berfungsi untuk penampungan pasir sehingga dapat ditambang oleh penduduk setempat.

Kajian Tingkat Sedimentasi di Waduk Bili-Bili

Tingkat sedimentasi di waduk Bili-Bili dianalisis dengan menggunakan data pengukuran *echosounding* yang diambil berdasarkan 22 titik *cross section* di sepanjang area waduk Bili-Bili (Gambar 3).

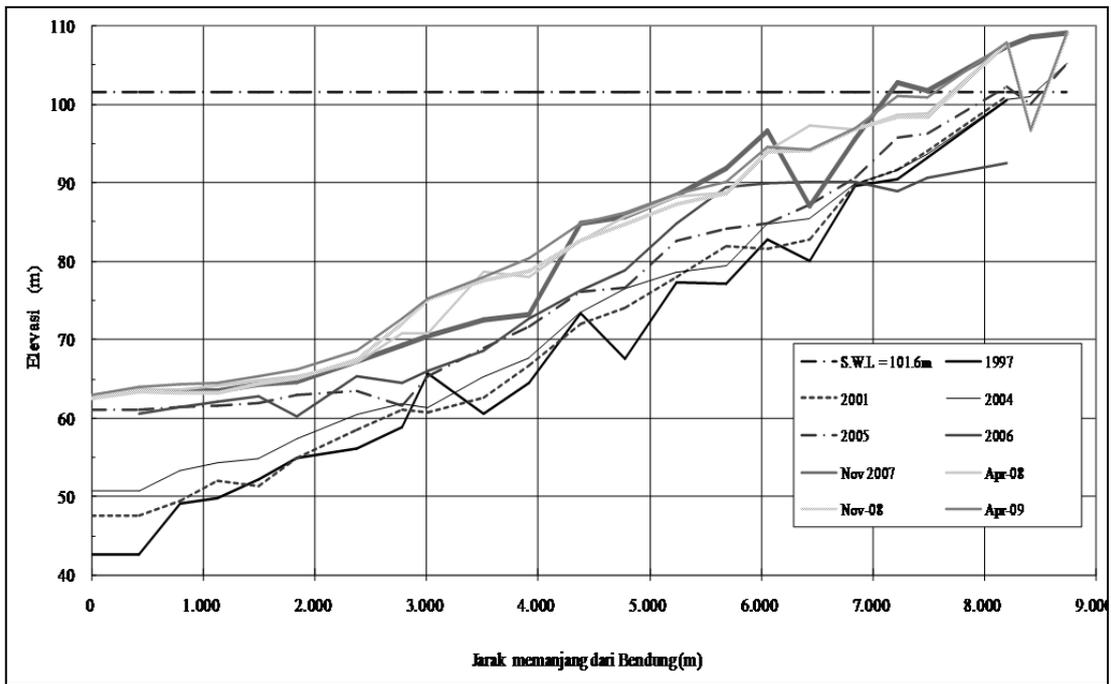


Gambar 3. Lokasi 22 titik *cross section* Waduk Bili-Bili

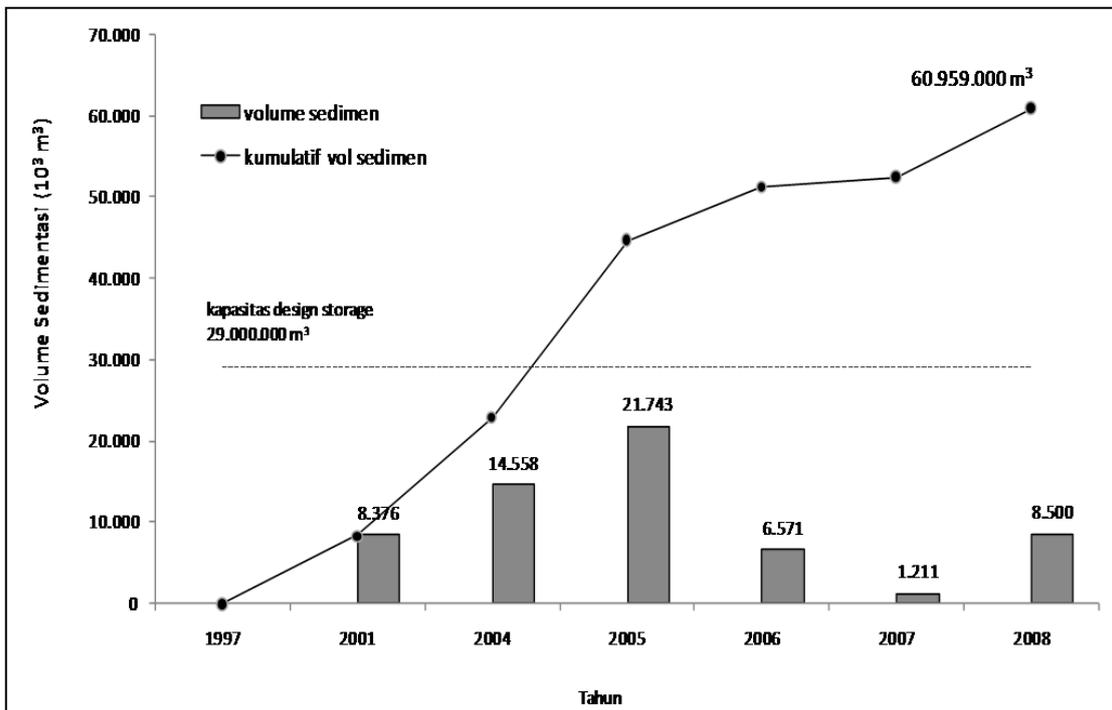
Berdasarkan data dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2009 menunjukkan adanya peningkatan sedimentasi yang terjadi di waduk Bili-Bili. Peningkatan sedimentasi tersebut terutama pada tahun 2005 telah mencapai elevasi diatas 60 m (pada jarak kurang dari 1 km dari bendung). Jika dibandingkan pada tahun 2004 yang masih di elevasi 50 m. Hal ini menunjukkan telah terjadi peningkatan sedimentasi sekitar 10 m hanya dalam kurun waktu 1 tahun. Peristiwa longsoran kaldera pada tahun 2004 merupakan penyebab terjadinya peningkatan sedimentasi tersebut, namun selanjutnya tingkat sedimentasi di waduk Bili-Bili dapat dikendalikan dengan berkurangnya prosentase peningkatan sedimentasi untuk tahun 2006 sampai dengan

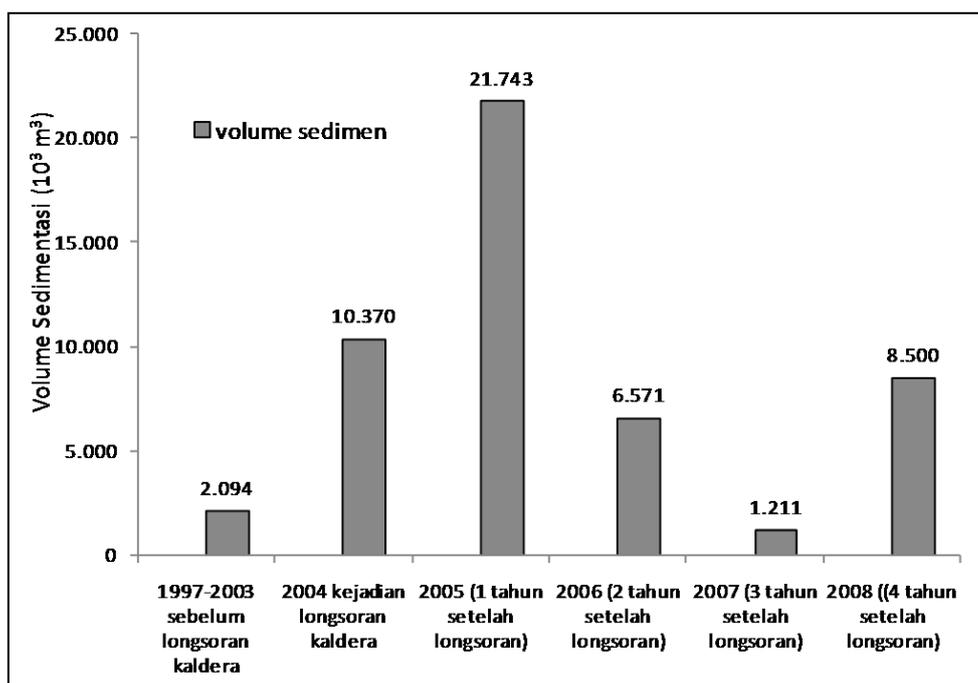
2009. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Volume sedimentasi waduk yang setiap tahun diukur berdasarkan data *echosounding* selanjutnya dianalisis dengan luas penampang untuk setiap titik. Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh bahwa tingkat sedimentasi sebelum kejadian longsor Kaldera, sedimentasi yang tertampung di waduk Bili-Bili secara kumulatif adalah sebesar 8.376.000 m³ (April 2001). Lima tahun setelah kejadian longsor tersebut (2008) volume sedimen telah mencapai 60.959.000 m³ (Gambar 5). Dari gambar tersebut nampak bahwa akumulasi tingkat sedimentasi waduk paling tinggi adalah pada saat setelah kejadian longsoran kaldera tahun 2004, namun kemudian dapat



Gambar 4. Elevasi sedimentasi di waduk Bili-Bili Tahun 1997-2009





Gambar 5. Akumulasi Tingkat Sedimentasi di Waduk Bili-Bili 2001-2008

dikendalikan pada tahun berikutnya sampai tahun 2008.

Efisiensi tangkapan sedimen (*trap efficiency*)

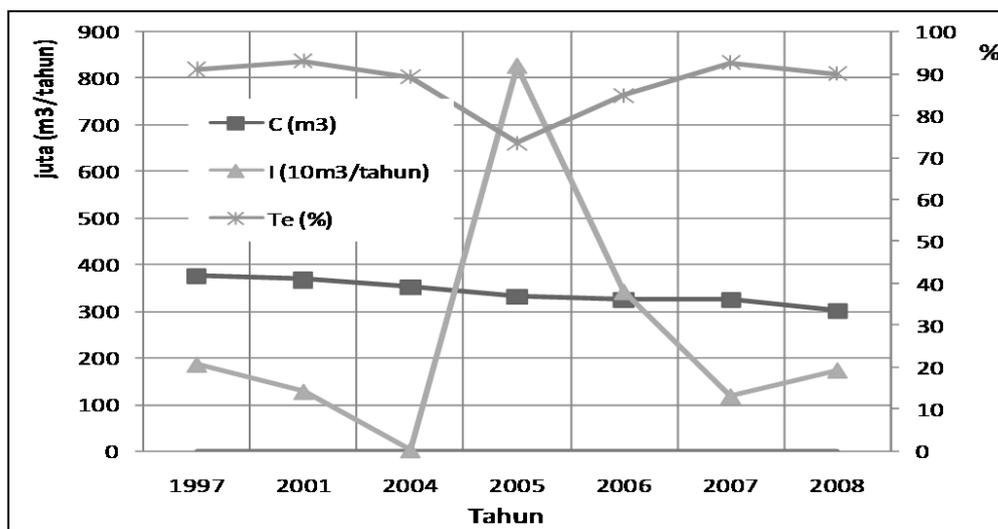
Efisiensi tangkapan sedimen (*trap efficiency*) dari waduk didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya sedimen yang mengendap di dalam waduk dengan aliran sedimen yang masuk ke dalam waduk. Metode yang digunakan untuk mengestimasi efisiensi tangkapan sedimen (*trap efficiency*) adalah metode yang diusulkan oleh Brune.

Metode Brune didasarkan pada data pengukuran sejumlah waduk yang ada di banyak negara. Dari data lapangan ini didapatkan suatu set kurva untuk

menentukan besarnya sedimen yang mengendap di dalam waduk, yaitu dengan menggunakan kurva Brune (EM.1995) yaitu data masukan berupa perbandingan antara kapasitas waduk (C) dengan aliran air rata-rata yang masuk ke dalam waduk tiap tahun (I). Hasil perhitungan yang diperoleh berdasarkan data kapasitas waduk dan aliran inflow disajikan pada Tabel 9 dan Gambar 12. Efisiensi Tangkapan Sedimen berkurang dari 90,81% (1997) menjadi 73,34% (2005), namun kemudian meningkat kembali 92,57% pada tahun 2007 dan cenderung menurun kembali 89,79% pada tahun 2008.

Tabel 9. Efisiensi Tangkapan Sedimen 1997-2008

Tahun	C (m ³)	I (m ³ /tahun)	C/I	Te (%)
1997	375.000.000	1.854.040.558	0,2022	90,81
2001	366.623.987	1.270.118.181	0,2886	92,81
2004	352.065.882	2.236.983.017	0,1573	89,08
2005	330.322.479	8.242.750.015	0,0400	73,34
2006	323.750.993	3.406.095.492	0,0950	84,68
2007	322.540.303	1.172.011.222	0,2752	92,57
2008	299.945.000	1.727.769.509	0,1736	89,79



Gambar 6. Grafik Kapasitas waduk dan Efisiensi Tangkapan Sedimen di Waduk Bili-Bili

KESIMPULAN

1. Berdasarkan karakteristik sub DAS Jeneberang sebagai daerah tangkapan waduk Bili-Bili didominasi oleh wilayah yang memiliki topografi curam dengan luas 10.080 Ha (26,22%) dan dari penutupan lahan didominasi oleh hutan dengan luas 12.250 Ha (31,87%).
2. Volume aliran sedimen akibat longoran di hulu sungai Jeneberang sebesar 45.027.954 m³

terjadi pada tahun 2004. Bangunan sabo dam sebagai pengendali sedimen yang dibangun sepanjang hulu sungai Jeneberang berfungsi efektif pada tahun 2008 menjadi 1.915.671 m³.

3. Volume sedimentasi yang tertampung di waduk Bili-Bili secara kumulatif adalah sebesar 8.376.000 m³ (April 2001). Lima tahun setelah kejadian longsor tersebut (2008) volume sedimen telah mencapai 60.959.000 m³.

Trap Efficiency yang diperoleh berdasarkan kurva Brune menunjukkan data kapasitas waduk dan aliran inflow berkurang dari 90,81% (1997) menjadi 73,34% (2005), namun kemudian meningkat kembali 92,57% pada tahun 2007 dan cenderung menurun kembali 89,79% pada tahun 2008.

SARAN

Perlu adanya indentifikasi lebih jauh mengenai material sedimentasi di waduk yang dikaitkan dengan kapasitas waduk sehingga dapat diperoleh informasi efektifitas fungsi waduk Bili-Bili.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi kedua. IPB Press. Bogor.
- Asdak C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Cetakan ketiga. Yogyakarta.
- Azdan DM, Candra R, dan Samekto. 2008. *Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia*. Di dalam Seminar Komite Nasional Indonesia untuk Bendungan Besar (KNI-BB). Surabaya. 2-3 Juli 2008.
- EM. 1995. *Sedimentation Investigation of Rivers and Reservoirs*. Engineering Manual 1110-2-4000. US. Army Corps of Engineers. Washington.
- JICA. 2005. *The Study on Capacity Development for Jeneberang River Basin Management in the Republic of Indonesia*. Final Report. Volume 1. Japan International Cooperation Agency.
- JRBDP. 2004. *Country Report-Indonesia*. Jeneberang River Basin Development Project. Indonesia.
- LPM UNHAS. 2004. *Laporan Akhir ANDAL Pekerjaan Pengendalian Sedimen akibat Longsor Dinding Kaldera Gunung Bawakaraeng*. Lembaga Pengabdian pada Masyarakat Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Puslitbang SDA. 2008. *Pengelolaan Danau dan Waduk di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. Balai Lingkungan Keairan. Bandung.
- Sukartaatmadja S. 2004. *Perencanaan dan Pelaksanaan Teknis Bangunan Pencegah Erosi*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Tangkaisari R. 1987. *Tingkat Erosi di Sub DAS Jeneberang*. Bulletin Penelitian Universitas Hasanuddin. Ujung Pandang.