

ANALISIS KECENDERUNGAN SEDIMENTASI WADUK BILI-BILI DALAM UPAYA KEBERLANJUTAN USIA GUNA WADUK

Achsan¹, Mohammad Bisri², Ery Suhartanto²

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia; achsan97@yahoo.com

²Dosen, Program Studi Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia

ABSTRAK : Waduk Bili-Bili merupakan salah satu waduk yang terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan yang dikelola oleh BBWS Pompengan Jeneberang. Waduk Bili-Bili direncanakan dengan usia efektif 50 tahun, hingga tahun 2011 (data terakhir sebagai acuan) waduk ini telah beroperasi selama 13 tahun. Longsoran Gunung Bawakaraeng tahun 2004 di hulu waduk menyebabkan sedimentasi di waduk sangat tinggi. Studi ini dilakukan untuk mengetahui persentase sedimen yang mengendap di area kapasitas tampungan waduk, sisa usia guna waduk, serta upaya yang perlu dilakukan untuk keberlangsungan fungsi waduk. Dalam studi ini dilakukan perhitungan distribusi sedimen berdasarkan pengukuran aktual dan metode empiris penambahan luas (*Area Increment Method*) dan pengurangan luas (*Area Reduction Method*). Usia guna waduk Bili-Bili dihitung menggunakan pendekatan volume dan pendekatan elevasi. Kecenderungan sedimentasi pada tahun 2011 sebesar 84,81 Juta m³ dengan persentase 79,17% pada area tampungan efektif, 18,14% pada area tampungan mati dan 2,69% pada area tampungan banjir. Hasil analisa sisa usia guna Waduk Bili-Bili dengan pendekatan elevasi +59,00, usia guna waduk Bili-Bili sudah habis dan dengan pendekatan volume memberikan hasil sisa usia guna waduk 11,5 tahun.

Kata Kunci : Waduk Bili-Bili, Sedimentasi, Kapasitas Tampungan, Usia Guna Waduk.

ABSTRACT: Bili-Bili Reservoir is one of the large reservoirs in Province of South Sulawesi which is regulated by BBWS Pompengan Jeneberang. Bili-Bili reservoir was planned effective for 50 years, recently in 2011 (the reference of latest data) the reservoir has been in operation for 13 years since was built. In 2004 there were landslides from the Mount Bawakaraeng in upstream reservoir sand causing high rates of sedimentation in the reservoir. This study was conducted to determine the percentage of sediment that settles in the reservoir storage capacity, the effectiveness of Reservoir remaining and also the efforts made to maintaining the effectiveness of reservoirs. In this study, the distribution sediments calculations based on the actual measurement and the enlargement Empirical Area Increment Method and Empirical Area Reduction Method. The effectiveness of use full life of Bili-Bili to the reservoir is calculated using volume approach and elevation approach. Trend Sedimentation tendency which was entering in 2011 was about 84.81 million m³ of total sediments with a percentage of 79.17% was in the effective storage area, 18.14% in the area of dead storage and 2.69% in the flood control pool. Based on the analysis of the effectiveness life of Bili-Bili by reservoir elevation approach of +59.00, the Bili-Bili reservoir has no longer the effectiveness, but by using the yield residual volume approach in reservoir has still effectiveness of 11.5 years.

Keywords: Bili-Bili Reservoir, Sedimentation, Storage Capacity, Reservoir useful life.

1. PENDAHULUAN

Perencanaan suatu bendungan tidak pernah lepas dari rencana usia guna waduk, dalam tahap perencanaan selalu diperhitungkan volume tampungan sedimen untuk menampung sedimen yang masuk ke waduk selama usia guna waduk. Namun pada realita yang ada, banyak waduk yang tampungan sedimennya hampir penuh sebelum

mencapai usia guna waduk tersebut. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya manfaat dan keuntungan yang diperoleh dari pengoperasian waduk tersebut.

Waduk Bili-Bili merupakan waduk serbaguna yang dibangun dengan tujuan untuk pengendalian banjir, pemenuhan kebutuhan air irigasi, suplai air baku dan pembangkit listrik

tenaga air. Daerah tangkapan air waduk Bili-Bili memiliki luas sebesar 384,40 km² dengan perencanaan umur operasi 50 tahun. Namun, dalam perkembangan terakhir terjadi penurunan pemanfaatan fungsi layanan waduk akibat adanya perubahan kondisi daerah tangkapan waduk karena adanya erosi akibat perubahan pemanfaatan lahan dan juga terjadinya longsoran dinding kaldera gunung Bawakaraeng pada tahun 2004 yang merupakan hulu DAS Jeneberang. 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 kewaduk Bili-Bili menyebabkan peningkatan sedimentasi di waduk Bili-Bili dan menyebabkan pendangkalan di waduk yang pada akhirnya akan mengurangi usia guna waduk dan mengancam keberlanjutan fungsi waduk.

Berdasarkan laporan studi tahun 2009 (Yachiyo Engineering CO., LTD, 2009) selama 11 tahun beroperasi jumlah sedimen yang masuk ke Waduk Bili-Bili sudah mencapai 62.744.000m³. Jumlah sedimen yang masuk tersebut melebihi kapasitas tampungan mati dari waduk yang direncanakan untuk 50 tahun sebesar 29.000.000 m³, tetapi hingga tahun 2014 waduk Bili-Bili tetap beroperasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut diatas maka dibutuhkan kajian secara khusus untuk mengetahui seberapa besar sedimentasi yang terjadi diwaduk dan estimasi endapan sedimen di waduk.

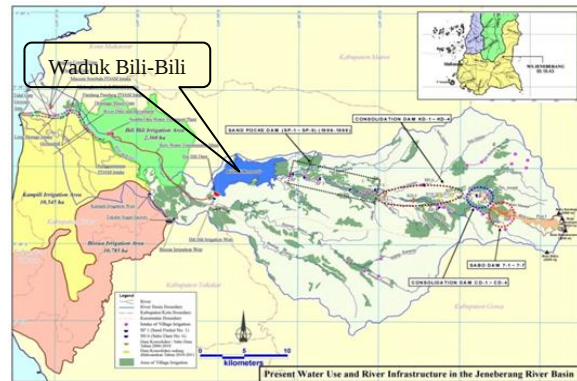
Adapun permasalahan khusus yang ditinjau dalam penelitian ini adalah :

1. Tinjauan mengenai kecenderungan distribusi endapan sedimen di area tampungan waduk dan tren penyusutan kapasitas waduk akibat sedimen yang terjadi pada Waduk Bili-Bili tahun 2012, tahun 2018, tahun 2028, tahun 2038 dan tahun 2048.
2. Sisa usia efektif waduk Bili-Bili setelah 13 tahun beroperasi.
3. Upaya yang perlu dilakukan untuk mempertahankan usia guna Waduk Bili-Bili

2. BAHAN DAN METODE

a. Bahan

Waduk Bili-Bili yang merupakan salah satu waduk terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan terletak ± 30 km di sebelah timur Kota Makassar dan berada pada bagian tengah DAS Jeneberang. Waduk ini membendung Sungai Jeneberang yang berada di Desa Bili-Bili Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa. Waduk Bili-Bili mulai dioperasikan pada tahun 1999.



Gambar 1. Peta Lokasi Waduk Bili-Bili

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data debit Inflow Waduk tahun 1999-2011
2. Data Suspended Load selama 3 tahun.
3. Data Hasil Pengujian Laboratorium Sedimen Waduk Bili-Bili
4. Data kapasitas dan luas genangan awal Waduk Bili-Bili
5. Data Echosounding 2007-2011
6. Data Teknis Waduk Bili-Bili

b. Metode

Analisa yang pertama adalah mengenai hubungan antara penambahan debit yang terjadi pada waduk dengan penambahan debit sedimen. Dalam menganalisa hal tersebut perlu dilakukan perhitungan muatan sedimen layang dan muatan sedimen dasar. Muatan sedimen layang (*suspended load*) dihitung dengan menggunakan persamaan (Suwarno, 1991:747) :

$$Q_s = 0.0864 C \cdot Q_w$$

Dimana :

Q_s = Debit sedimen (ton/hari)

C = konsentrasi sedimen (mg/liter)

Q_w = debit aliran (m³/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

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

Muatan sedimen dasar (*bed load*) perkiraan berdasarkan tabel Borland dan Maddok, di mana tabel tersebut memberikan data hubungan antara konsentrasi sedimen melayang, jenis material dan persentase muatan sedimen dasar dan muatan sedimen melayang.

Metode Empiris Penambahan Luas dan Pengurangan luas (*area Increment and area reduction method*) adalah metode untuk menduga distribusi sedimen di waduk. Kedua metode tersebut didalamnya mengandung perkiraan perubahan dari permukaan asli dasar waduk yang direfleksikan dengan berkurangnya luas permukaan akibat sedimentasi yang terjadi di waduk (Ilyas.dkk, 2002:231).

Metode Empiris penambahan luas dan pengurangan luas (*area Increment and area reduction method*) merupakan metode yang dikembangkan dari data pengamatan beberapa waduk di Amerika Serikat. Data tersebut menjelaskan bahwa akumulasi dan distribusi dari sedimen di setiap elevasi mempunyai hubungan yang spesifik dengan bentuk dari waduk.

Tabel 1. Klasifikasi Bentuk Waduk

Bentuk Waduk	Tipe waduk	Harga m
Lake (Danau)	I	3.5 - 4.5
Flood plain-foothill (dataran - kaki bukit)	II	2.5 - 3.5
Hill and Gorge (Bukit dan Jurang)	III	1.5 - 2.5
Gorge (Jurang)	IV	1.0 - 1.5

Sumber : Morris, 1997:10.36

Penentuan bentuk waduk di dasarkan dari nilai **m** yang diperoleh yang didefinisikan sebagai garis kemiringan yang diperoleh dari penggambaran data kedalaman awal dengan kapasitas waduk awal.

Persamaan dasar dari metode Empiris adalah (USBR,782):

$$S = \int_0^{Y_0} A dy + \int_{Y_0}^H K a dy$$

S = Total Sedimen yang mengendap di waduk

0 = Elevasi nol mula-mula di waduk

Y₀ = elevasi nol kapasitas baru pada waduk setelah periode sedimentasi

A = Luas Permukaan (genangan) waduk

dy = Penambahan kedalaman

H = Total kedalaman dari waduk pada muka air normal

K = nilai konstan berdasarkan perimbangan untuk luas sedimen relative yang telah mengalami perubahan

a = Luas sedimen relatif

Persamaan untuk menentukan luas sedimen relatif (Priantoro, 1987:89) adalah:

$$a_p = C p^m (1 - p)^n$$

Tabel 2. Nilai C, m, dan N dari tipe Waduk

Tipe Waduk	C	m	n
I	5,047	1,85	0,36
II	2,487	0,57	0,41
III	16,967	1,15	2,32
IV	1,486	-0,25	1,34

Sumber : Priantoro, 1987:89

Pendekatan yang digunakan dalam memperhitungkan usia guna waduk Bili-Bili adalah :

1. Pendekatan kenaikan elevasi
2. Pendekatan volume

Tahapan metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Menghitung volume sedimen yang mengendap di Waduk Bili-Bili berdasarkan data *echosounding*.
2. Estimasi volume dan laju sedimentasi Waduk. Estimasi volume sedimentasi dan laju sedimentasi di Waduk Bili-Bili dihitung berdasarkan volume sedimen dari hasil pengukuran *echosounding*.
3. Prediksi distribusi sedimentasi dengan menggunakan metode empiris :
 - Menentukan tipe waduk.
 - Menentukan elevasi nol baru dasar waduk.
 - Perhitungan distribusi sedimen mengendap di waduk.
4. Analisa mengenai usia guna waduk.
Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan selanjutnya dilakukan perhitungan usia guna waduk untuk dapat beroperasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Distribusi Sedimen Di Waduk

Sedimentasi di Waduk Bili-Bili menjadi luar biasa karena adanya bencana longsor Gunung Bawakaraeng yang terjadi pada tahun 2004 yang berada di hulu Waduk Bili-Bili. Volume dan laju sedimentasi periode tahun 1997-2011 berdasarkan

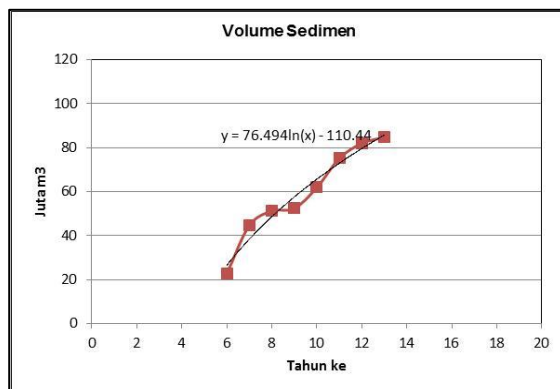
pengukuran *echosounding* yang dilakukan di Waduk Bili-Bili ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Volume dan Laju Sedimentasi

TAHUN	TAHUN OPERASI	SEDIMEN TAHUNAN 10^6 m^3	KOMULATIF SEDIMEN 10^6 m^3	LAJU SEDIMENTASI $10^6 \text{ m}^3 / \text{tahun}$
1997	-	0.000	0.000	0.000
2001	3	8.376	8.376	2.094
2004	6	14.558	22.934	4.853
2005	7	21.743	44.678	21.743
2006	8	6.571	51.249	6.571
2007	9	1.211	52.460	1.211
2008	10	9.509	61.968	9.509
2009	11	13.258	75.226	13.258
2010	12	6.788	82.015	6.788
2011	13	2.794	84.808	2.794

Sumber : Pengukuran *Echosounding*

Estimasi volume sedimentasi dan laju sedimentasi di Waduk Bili-Bili dapat dihitung berdasarkan volume sedimen dari hasil pengukuran. Estimasi volume dan laju sedimentasi ke depan dilakukan dengan cara menentukan bentuk kurva yang cocok dengan sebaran data volume sedimentasi yang dimulai pada periode setelah kejadian longsor pada tahun 2004 seperti yang ditampilkan pada grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik volumesedimentasi

Berdasarkan grafik pada Gambar.2 diatas diperoleh persamaan garis regresi :

$$y = 76,494 \ln(x) - 110,44$$

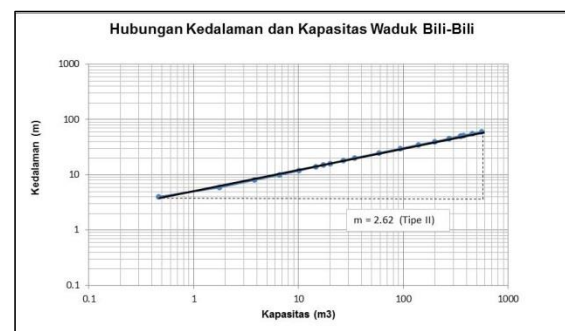
Prediksi volume sedimentasi Waduk Bili-Bili kedepan digunakan persaman tersebut.

Tabel 4. Prediksi Volume dan Laju sedimentasi Waduk Bili-Bili

TAHUN	TAHUN OPERASI	VOLUME SEDIMEN 10^6 m^3	LAJU SEDIMENTASI $10^6 \text{ m}^3 / \text{Tahun}$
1997	-	0.000	0.000
2001	3	8.376	2.094
2004	6	22.934	4.853
2005	7	44.678	21.743
2006	8	51.249	6.571
2007	9	52.460	1.211
2008	10	61.968	9.509
2009	11	75.226	13.258
2010	12	82.015	6.788
2011	13	84.808	2.794
2012	14	91.432	6.6239
2018	20	118.716	3.9236
2028	30	149.731	2.5933
2038	40	171.737	1.9367
2048	50	188.806	1.5454

Sumber : Hasil Perhitungan

Salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi endapan sedimen adalah bentuk waduk. Bentuk waduk ditentukan berdasarkan hubungan antara kedalaman mula-mula dan kapasitas waduk. Berdasarkan hal tersebut diatas diketahui bahwa Waduk Bili-Bili merupakan waduk tipe II



Gambar 3. Penentuan tipe Waduk Bili-Bili

Berdasarkan dari hasil perhitungan dengan Metode Empiris *Area Increment Method* dan *Area Reduction Method* diperoleh elevasi nol baru sedimen yang mengendap mengendap yang ditunjukkan pada Tabel 5.

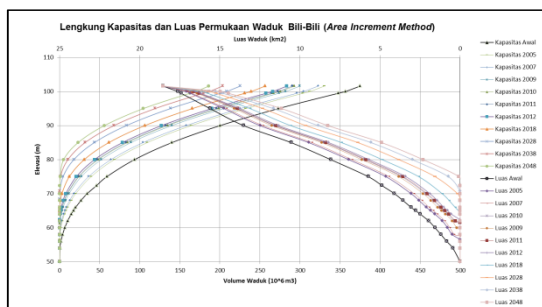
Tabel 5. Perbandingan elevasi nol Baru

Tahun	Elevasi (m)		
	Area Reduction	Area Increment	Aktual
2010	59.288	61.233	61.435
2011	60.062	61.589	61.637
2012	60.578	62.326	
2018	65.480	64.959	
2028	68.576	68.328	
2038	71.672	70.701	
2048	73.736	72.384	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5 menunjukkan bahwa elevasi nol baru dari sedimen yang mengendap diwaduk dengan menggunakan Metode Penambahan Luas (*Area Increment Method*) mendekati keadaan aktual pengukuran *echosounding*.

Hasil perhitungan distribusi sedimentasi menunjukkan terjadi perubahan kapasitas tampungan di Waduk yang digambarkan dalam grafik lengkung kapasitas dan luas genangan waduk baru sebagai akibat akumulasi sedimen yang mengendap di Waduk.



Gambar 4. Lengkung Kapasitas dan Luas Waduk

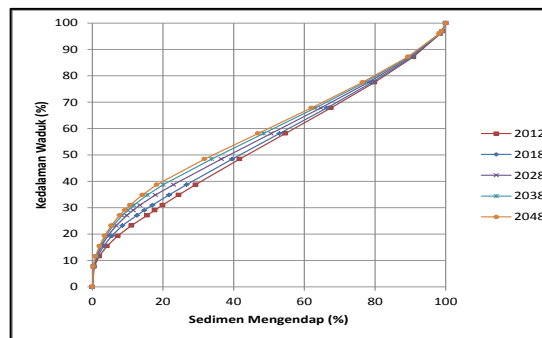
Gambar 4 diatas menggambarkan perubahan penyusutan kapasitas tampungan waduk dari awal operasi waduk hingga usia guna yang direncanakan di waduk Bili-Bili pada tahun 2048.

Adapun prediksi distribusi volume sedimen yang masuk pada Waduk Bili-Bili terjadi pada setiap elevasi tampungan waduk pada tahun 2012, 2018, 2028, 2038 sampai tahun 2048 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Prediksi Distribusi Sedimen Waduk Bili-Bili

Elevasi	Kedalaman	Sedimen 2012		Sedimen 2018		Sedimen 2028		Sedimen 2038		Sedimen 2048	
		Volume	Distribusi	Volume	Distribusi	Volume	Distribusi	Volume	Distribusi	Volume	Distribusi
	%	Juta m ³	%	Juta m ³	%	Juta m ³	%	Juta m ³	%	Juta m ³	%
101.6	100.00	91.43	100.00	118.72	100.00	149.73	100.00	171.74	100.00	188.81	100.00
100	96.90	90.55	99.04	117.53	99.00	148.17	98.95	169.86	98.91	186.68	98.88
99.5	95.93	89.97	98.41	116.75	98.35	147.13	98.27	168.63	98.19	185.28	98.14
95	87.21	83.07	90.85	107.46	90.52	134.83	90.05	153.90	89.61	168.61	89.30
90	77.52	73.00	79.85	93.90	79.10	116.89	78.07	132.43	77.11	144.30	76.43
85	67.83	61.72	67.50	78.70	66.30	96.78	64.63	108.34	63.09	117.03	61.98
80	58.14	49.91	54.59	62.81	52.90	75.74	50.58	83.16	48.42	88.51	46.88
75	48.45	38.09	41.66	46.90	39.50	54.68	36.52	57.95	33.74	59.97	31.76
70	38.76	26.71	29.21	31.57	26.59	34.40	22.97	34.46	20.06	34.46	18.25
68	34.88	22.36	24.45	25.71	21.66	26.79	17.88	26.79	15.60	26.79	14.19
66	31.01	18.18	19.88	20.08	16.92	20.14	13.45	20.14	11.73	20.14	10.67
65	29.07	16.16	17.67	17.36	14.62	17.36	11.60	17.36	10.11	17.36	9.20
64	27.13	14.19	15.52	14.58	12.28	14.58	9.74	14.58	8.49	14.58	7.72
62	23.26	10.12	11.07	10.12	8.53	10.12	6.76	10.12	5.89	10.12	5.36
60	19.38	6.58	7.20	6.58	5.55	6.58	4.40	6.58	3.83	6.58	3.49
58	15.50	3.81	4.17	3.81	3.21	3.81	2.55	3.81	2.22	3.81	2.02
56	11.63	1.77	1.93	1.77	1.49	1.77	1.18	1.77	1.03	1.77	0.94
54	7.75	0.46	0.51	0.46	0.39	0.46	0.31	0.46	0.27	0.46	0.24
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. Kurva Distribusi Sedimen waduk Bili-Bili

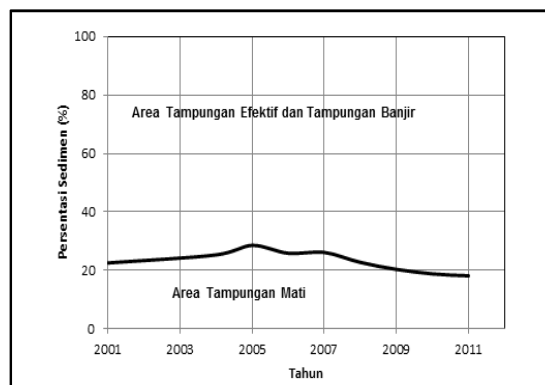
Tabel 7. Distribusi Sedimen pada Kapasitas Tampungan Waduk

No	Tahun	Tampungan Mati				Tampungan Efektif				Tampungan Banjir			
		Kapasitas Awal	Kapasitas Aktual	Sedimen	Persen	Kapasitas Awal	Kapasitas Aktual	Sedimen	Persen	Kapasitas Awal	Kapasitas Aktual	Sedimen	Persen
		Juta m ³	Juta m ³	Juta m ³	%	Juta m ³	Juta m ³	Juta m ³	%	Juta m ³	Juta m ³	Juta m ³	%
1	2001	29.00	27.11	1.89	22.54	305.00	298.50	6.50	77.55	41.00	41.01	-0.01	-0.09
2	2004	29.00	23.20	5.80	25.30	305.00	287.62	17.38	75.77	41.00	41.25	-0.25	-1.07
3	2005	29.00	16.23	12.77	28.58	305.00	273.70	31.30	70.05	41.00	40.39	0.61	1.37
4	2006	29.00	15.75	13.25	25.86	305.00	269.00	36.00	70.25	41.00	39.01	1.99	3.89
5	2007	29.00	15.29	13.71	26.14	305.00	268.07	36.93	70.40	41.00	39.19	1.81	3.46
6	2008	29.00	14.91	14.09	22.74	305.00	258.92	46.08	74.36	41.00	39.20	1.80	2.90
7	2009	29.00	13.69	15.31	20.36	305.00	247.55	57.45	76.36	41.00	38.53	2.47	3.28
8	2010	29.00	13.58	15.42	18.81	305.00	240.95	64.05	78.09	41.00	38.46	2.54	3.10
9	2011	29.00	13.62	15.38	18.14	305.00	237.86	67.14	79.17	41.00	38.72	2.28	2.89

Sumber : Data dan Perhitungan

Tabel 7 menunjukkan distribusi endapan sedimen pada area kapasitas tampungan mati terjadi penurunan yang semula pada tahun 2005 persentase yang mengendap sebesar 28,58% menjadi 18,14% pada tahun 2011.

Pada area kapasitas tampungan efektif persentase sedimen yang mengendap semakin meningkat yang semula 70,05% menjadi 79,17% pada tahun 2011. Hal tersebut mengindikasikan bahwa volume sedimen cenderung mengendap di kapasitas tampungan efektif waduk. Secara visual perkembangan distribusi sedimen dapat dilihat pada Gambar.6.



Gambar 6. Perkembangan distribusi sedimen pada area tampungan Waduk Bili-Bili

b. Usia guna

- Pendekatan Kenaikan Elevasi

Usia guna waduk umumnya dihitung berdasarkan elevasi sedimen di dasar intake. Bila endapan sedimen elevasinya telah mencapai elevasi dasar intake, maka pelayanan secara normal menjadi terganggu sehingga dianggap umur pelayanan telah selesai.

Berdasarkan hasil pengukuran *echosounding* tahun 2011, elevasi dasar terendah waduk disekitar intake adalah +61,637 m, sedangkan elevasi dasar ambang intake +59,00 m, secara teoritis usia guna Waduk Bili-Bili sudah habis.

Tabel 8. Perhitungan Usia Guna Berdasarkan Kenaikan Elevasi +65,00 m

Tahun	Elevasi Minimum (m)	Kenaikan Elevasi (m)	Periode (m)	D H pertahun (m)	Elevasi Kontrol (+65,00) (m)	Waktu mencapai Elevasi Kontrol (Tahun)
1997	42.50					
2007	61.06	18.56	9	1.69	3.94	2.335
2008	61.74	0.68	10	0.68	3.26	4.794
2009	61.56	-0.18	11	-0.18	3.44	-19.111
2010	61.44	-0.13	12	-0.13	3.57	-28.520
2011	61.64	0.20	13	0.20	3.36	16.649

Sumber : Hasil Perhitungan

- Pendekatan Volume

Volume terhadap elevasi kontrol (+65,00) di dapatkan (dari hasil pengukuran).

Volume tahun 2011 = 13.615.020,00 m³

Volume Tampungan sedimen = 29 Juta m³

Volume tampungan mati telah terisi

= 29.000.000,00 – 13.615.020,00

= 15,384,980.00 m³

Laju sedimen masuk pada tampungan mati

= $\frac{29.000.000,00 - 13.615.020,00}{13}$

= 1.183.460,00 m³/tahun

Maka sisa usia guna waduk Bili-Bili

= $\frac{13.615.020,00}{1.183.460,00}$

= 11,5 tahun.

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Usia Guna Berdasarkan Volume Tampungan Mati (Dead Storage)

Tahun	Volume pada elevasi ≤ +65,00 m m ³	Tampungan Sedimen m ³	Tampungan Terisi Sedimen m ³	T Operasi Tahun	Laju Sedimen m ³ /Tahun	Sisa Usia Waduk Tahun
2001	27,111,982.00	29,000,000.00	1,888,018.00	3.00	629,339.33	43.08
2004	23,197,556.00	29,000,000.00	5,802,444.00	6.00	967,074.00	23.99
2005	16,232,094.00	29,000,000.00	12,767,906.00	7.00	1,823,986.57	8.90
2006	15,745,962.00	29,000,000.00	13,254,038.00	8.00	1,656,754.75	9.50
2007	15,287,459.00	29,000,000.00	13,712,541.00	9.00	1,523,615.67	10.03
2008	14,907,273.00	29,000,000.00	14,092,727.00	10.00	1,409,272.70	10.58
2009	13,686,593.00	29,000,000.00	15,313,407.00	11.00	1,392,127.91	9.83
2010	13,575,646.00	29,000,000.00	15,424,354.00	12.00	1,285,362.83	10.56
2011	13,615,020.00	29,000,000.00	15,384,980.00	13.00	1,183,460.00	11.50

Sumber : Hasil Perhitungan

c. Upaya Penanganan Sedimentasi

Kondisi Waduk Bili-Bili yang sudah kritis, perlu diupayakan penanganan sedimentasi di waduk Bili-Bili untuk memperpanjang umur layanan waduk adalah sebagai berikut:

1. Pengerukan (*Dredging*)

- Pengerukan Pertama

Pengerukan Awal dilakukan dengan menyedot endapan sedimen di sekitar depan intake agar sedimen dasar tidak masuk ke Intake.

Pengerukan dilakukan didepan intake sebesar 34.645,60 m³

- Pengerukan tahunan

Pengerukan tahunan dengan tujuan menjaga agar ruang didepan intake tersedia seperti saat pengerukan awal sebesar 12.368,92 m³

2. Menaikkan ambang intake

Opsi menaikkan ambang intake diusulkan dengan mempertimbangkan kenaikan elevasi sedimen di depan intake berdasarkan elevasi nol baru distribusi sedimen di waduk.

Tabel 9. Peningkatan Elevasi Sedimen

Elevasi	Disamai Pada Tahun
61.589	2011
62.326	2012
64.959	2018
68.328	2028
70.701	2038
72.384	2048

Sumber : Hasil Perhitungan

4. KESIMPULAN

1. Kecenderungan sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-Bili mengendap pada area tampungan efektif. Persentase distribusi sedimen di area tampungan waduk berdasarkan total sedimen yang masuk ke waduk hingga

tahun 2011 sebesar 84,81 Juta m³ adalah sebagai berikut :

- Kapasitas Tampungan Banjir : 2,69%
- Kapasitas Tampungan Efektif: 79,1%
- Kapasitas Tampungan Mati : 18,1%

Persentase sedimentasi pasca longsor Gunung Bawakaraeng dari tahun 2005 sampai tahun 2011 di area tampungan efektif mengalami peningkatan dari 70,05% menjadi 79,17%, sedangkan persentase endapan sedimen di area tampungan mati mengalami penurunan dari 28,58% menjadi 18,14%.

Adapun prediksi trend penyusutan kapasitas tampungan Waduk Bili-Bili terhadap kapasitas tampungan awal waduk:

Tahun 2012 : 283,63 Juta m³ = 75,62%
tampungan awal waduk

Tahun 2018 : 236,35 Juta m³ = 68,35%
tampungan awal waduk

Tahun 2028 : 225,33 Juta m³ = 60,08%
tampungan awal waduk

Tahun 2048 : 186,260 Juta m³ = 49,66%
tampungan awal waduk

2. Sisa Usia Guna Waduk dengan menggunakan metode :

- Pendekatan Elevasi

Berdasarkan elevasi dasar Intake Waduk Bili-Bili usia guna sudah habis.

Berdasarkan elevasi Minimum Operation Level (MOL) +65,00 usia guna Waduk Bili-Bili masih tersisa 16,64 Tahun

- Pendekatan Volume

Berdasarkan volume tampungan mati pada elevasi + 65,00 dengan kapasitas 29 juta m³

sisa usia guna Waduk masih tersisa 11,5 tahun.

3. Upaya Penanganan yang perlu dilakukan untuk mempertahankan fungsi dari Waduk Bili-Bili adalah dengan pengerukan (*dredging*) dengan menyedot endapan sedimen disekitar intake Waduk atau dengan menaikkan ambang Intake pada elevasi +73,00 m agar umur layanan Waduk mencapai 50 tahun.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Ilyas, M. Arief. Budiarto, T. 2002. **Tinjauan Pengaruh Erosi-Sedimentasi dan upaya Konservasi Beberapa Waduk di Pulau Jawa.** Prosiding *Simposium Nasional Pencegahan Bencana Alam*. ISBN : 979-8763-04-1 hal. 227-236
2. Morris, G.L, Fan J. 1997. **Reservoir Sedimentation Handbook.** McGraw – Hill. Co. New York. USA.
3. Priyantoro, D. 1987. **Teknik Pengangkutan Sedimen.** Penerbit Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang.
4. Soewarno, 1991. **Hidrologi, Pengukuran dan pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri).** Penerbit Nova. Bandung.
5. USBR. 1974. **Design Of Small Dams.** Oxford & IBH Publishing CO, New Delhi India.
6. Yachiyo Engineering Co.,LTD. 2009. **Additional Consulting Services of Countermeasures For Sediment Problems on Bili-Bili Dam Under Urgent Disaster Reduction Project For MT. Bawakaraeng Annex No.1. Hydrological Study.** Kementerian Pekerjaan Umum.