



Analisis sedimentasi terhadap umur guna Waduk Bili-Bili

Muh. Fachriadam^{1✉}, Ratna Musa², Mas'ud Sar²

Fakultas Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia, Makassar⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.41099

✉ Corresponding author:

[muh.fachriadam@umi.ac.id]

Article Info	Abstrak
<i>Kata kunci:</i> <i>Sedimentasi;</i> <i>Umur Guna;</i> <i>Pengelolaan Sedimentasi;</i> <i>Konservasi Lahan;</i> <i>Kapasitas Tampungan</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat sedimentasi yang terjadi dan dampaknya terhadap kapasitas tampungan waduk. Data yang digunakan mencakup pengukuran bathimetri tahun 2023, debit sedimen melayang dan dasar, serta data historis inflow sedimen. Analisis dilakukan untuk menghitung volume sedimen, laju sedimentasi, dan perubahan kapasitas waduk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Waduk Bili-Bili mengalami penurunan kapasitas tampungan yang signifikan sejak tahun 1997 hingga 2023. Total sedimentasi yang terjadi mencapai 50 juta meter kubik, mengurangi kapasitas tampungan dari 375 juta meter kubik menjadi 325 juta meter kubik. Laju sedimentasi aktual sebesar 1,5 mm per tahun melebihi perencanaan awal. Kondisi ini menyebabkan umur guna waduk yang semula dirancang selama 50 tahun, diperkirakan hanya mampu bertahan hingga 19 tahun dari sisa umur waduk yang ada, yang Dimana lebih cepat dari umur rencana desain, Dampak ini tidak hanya mengurangi kapasitas pengendalian banjir tetapi juga menurunkan efektivitas penyediaan air baku bagi masyarakat.
<i>Keywords:</i> <i>Sedimentation;</i> <i>Useful Age;</i> <i>Sedimentation Management;</i> <i>Land Conservation;</i> <i>Storage Capacity</i>	Abstract This research aims to evaluate the level of sedimentation that occurs and its impact on the reservoir capacity. The data used includes bathymetry measurements in 2023, drift and bottom sediment discharge, as well as historical sediment inflow data. Analysis was carried out to calculate sediment volume, sedimentation rate, and changes in reservoir capacity. The research results show that the Bili-Bili Reservoir experienced a significant reduction in storage capacity from 1997 to 2023. The total sedimentation that occurred reached 50 million cubic meters, reducing the storage capacity from 375 million cubic meters to 325 million cubic meters. The actual sedimentation rate of 1.5 mm per year exceeds the initial plan. This condition means that the useful life of the reservoir, which was originally designed for 50 years, is estimated to only be able to last up to 19 years of the remaining life of the existing reservoir, which is faster than the design plan life.

This impact not only reduces flood control capacity but also reduces the effectiveness of water supply. standard for society.

1. INTRODUCTION

Bendungan Bili – Bili adalah bendungan terbesar di Sulawesi Selatan, yang terletak di Kabupaten Gowa, sekitar 30 kilometer ke arah timur Kota Makassar dan ± 31 km dari muara Sungai Jeneberang dengan posisi geografis $50^{\circ}15'$ LS dan $119^{\circ}37'$ BT. Bendungan bili – bili membendung Sungai Jeneberang di Desa Bili - bili, Kecamatan Bontomarannu dan juga menggenangi sebagian Desa Moncongloe Kecamatan Manuju serta Kelurahan Bontoparang Kecamatan Parangloe, di mana semua kecamatan tersebut di atas berada di Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Manfaat Sumber Air Baku, Pengendali Banjir, Irigasi dan PLTA Kapasitas 16.3 KVA. Air Operasi dan pemeliharaan suatu bendungan tidak pernah lepas dari rencana usia guna waduk, dalam tahap Operasi dan Pemeliharaan 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. Penyebab utama terjadinya masalah tersebut adalah karena proses sedimentasi yang berlebihan pada waduk. Selama waktu waduk beroperasi, penumpukan sedimen yang berasal dari daerah aliran dibagian hulu waduk akan terus terjadi.

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 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 ke waduk 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. Berdasar Laporan Bili-Bili Multipurpose Dam Project ^{^1}, CTI Engineering Co. LTD in assc. with PT. Indra Karya and PT. Exsa International, Februari (1988), angkutan sedimen untuk Bendungan Bili-Bili direncanakan sebesar 1500 m³/tahun yang setara dengan laju sedimentasi 1.5 mm/tahun. Total volume sedimen selama umur rencana waduk yaitu 50 tahun adalah 29 juta m³, kapasitas tampungan mati sebesar 12 juta m³ pada elevasi +65.00.

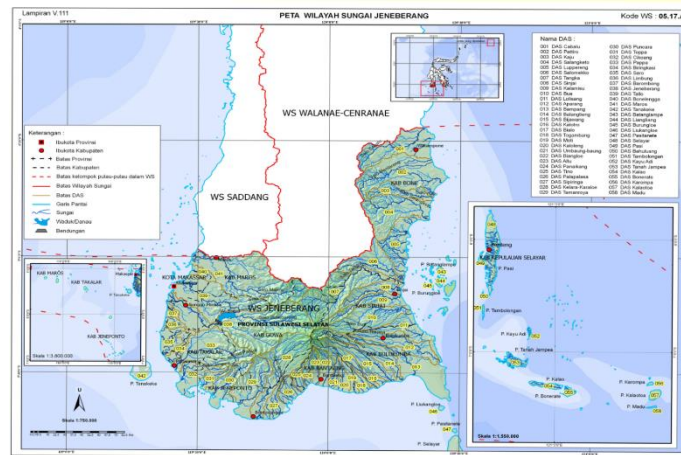
2. METHODS

Gambaran Umum Lokasi Studi

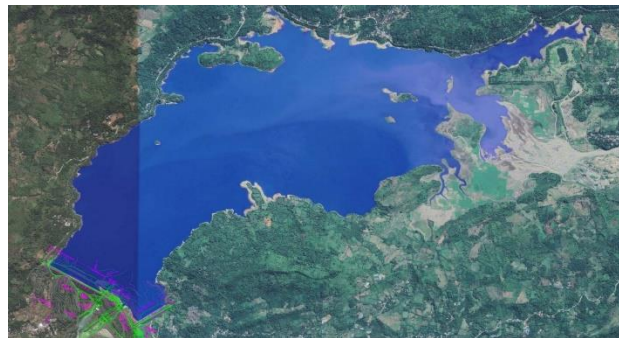
Bendungan Bili-Bili adalah bendungan terbesar di Sulawesi Selatan yang dibangun pada tahun 1995 Sampai dengan tahun 1998 dengan tujuan utama pembangunan adalah untuk pengendalian banjir Kota Makassar dan tujuan lainnya yaitu untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk Kota Makassar dan sekitarnya dan untuk supply air irigasi di Kab. Gowa dan Takalar. Pada awal perencanaan Bendungan ini, diperkirakan dapat menyuplai air selama 50 tahun sejak pembangunannya. Dam ini juga bermanfaat sebagai pembangkit listrik, tempat rekreasi, dan perikanan darat.

Pengelola Bendungan Bili-Bili adalah Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang, dimana Konsultan Perencana adalah CTIE, Exza Internasional, & Indra Karya sedangkan Kontraktor pelaksana adalah PT. Hazama – PT. Brantas Abipraya. Secara geografis Bendungan Bili-Bili terletak pada $50^{\circ}15'$ LS dan $119^{\circ}37'$ BT, secara administrasi Bendungan Bili-Bili terletak Kecamatan Bontomarannu, Parangloe, dan Manuju Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan, dengan jarak tempuh ± 30 km Arah Selatan Kota Makassar atau ± 31 km dari muara Sungai Jeneberang. Bendungan Bili-Bili terletak di Sungai Jeneberang, DAS Jeneberang, Wilayah Sungai (WS) Jeneberang dengan luas tangkapan (catchment area) 384,80 Km² sedangkan tampungan sesuai dengan perencanaan awal sebesar ± 375 juta m³, peta tangkapan dan area genangan dan dapat dilihat pada gambar berikut:

Peta lokasi Bendungan Bili-Bili dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 3.1 Lokasi Bendungan Bili – Bili



Gambar 3.2 Peta Genangan Waduk Bili – Bili

Data Teknis Bendungan

Data teknis merupakan data awal yang dipakai untuk mendapatkan gambaran umum tentang Bendungan Bili-Bili. Data teknis bersumber dari data hasil perencanaan yang disebutkan dalam laporan Pedoman Pengoperasian Bendungan Bili-Bili, CTI Engineering Co. LTD in ass. with PT. Indra Karya and PT. DDC Consultants, Desember 1999.

Data Teknis Bendungan Bili-Bili

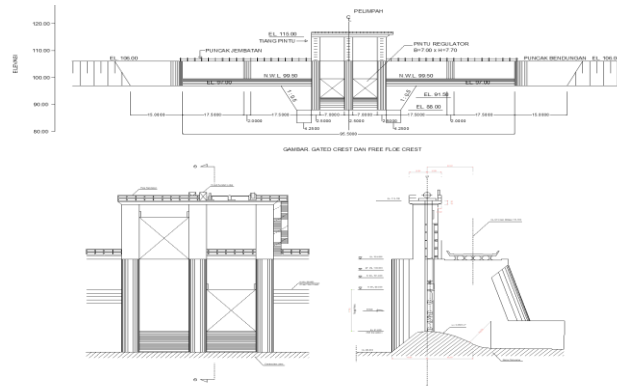
1. Umum

Pengelola Bendungan	: BBWS Pompengan Jeneberang
Konsultan Desain	: CTI Engineering Co. LTD in ass. with PT. Indra Karya and PT. DDC Consultants.
Kontraktor	: PT. Hazama – PT. Brantas Abipraya
Dibangun	: Tahun 1995 – 1998
Lokasi Bendungan	: Desa Bili-Bili, Kec. Bontomarannu, Kab. Gowa
Nama Sungai	: Sungai Jeneberang
Luas DAS/ Tangkapan	: 384,80 km ²
Fungsi utama	: - Pengendalian Banjir (2.200 m ³ /det • 1.200 m ³ /det) - Air Baku 3.300 lt/det - Pemenuhan irigasi 24.585 ha (DI. Bili-Bili, DI. Kampili, DI. Bissua) - PLTA kapasitas 20,10 MW

2. Bendungan

- a. Bendungan Utama
 1. Tipe bendungan : Urugan batu dengan inti tanah
 2. Tinggi dari dasar pondasi : 73 m
 3. Panjang puncak (Crest length) : 750 m
 4. Lebar puncak (Crest width) : 10 m

5. Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. +106,00 m
6. Volume timbunan : 2.760.000 m³
- b. Left Wing Dam
 1. Tinggi dasar dari pondasi : 42 m
 2. Panjang puncak (Crest length) : 646 m
 3. Lebar puncak (Crest width) : 10 m
 4. Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. +106,00 m
 5. Volume timbunan : 1.470.000 m³
- c. Right Wing Dam
 1. Tinggi dari dasar pondasi : 52 m
 2. Panjang puncak (Crest length) : 412 m
 3. Lebar puncak (Crest width) : 10 m
 4. Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. +106,00 m
 5. Volume timbunan : 1.060.000 m³
3. **Waduk**
 - a. Daerah tangkapan air : 384,4 km²
 - b. Elevasi air banjir rencana (DFWL) : EL. +103,00 m
 - c. Elevasi tampungan tambahan (SWL) : EL. +101,6 m
 - d. Elevasi muka air normal (NWL) : EL. +99,5 m
 - e. Elevasi muka air rendah (LWL) : EL. +65,0 m
 - f. Kedalaman air efektif (SWL-LWL): 36,6 m
 - g. Luas permukaan waduk pada SWL : 18,5 km²
 - h. Kapasitas tampungan total : 375 juta m³
 - i. Kapasitas tampungan efektif : 346 juta m³
 - j. Kapasitas pengendalian banjir : 41 juta m³
 - k. Kapasitas pemanfaatan air (Efektif) : 305 juta m³
 - l. Kapasitas air bersih : 35 juta m³
 - m. Kapasitas air irigasi : 270 juta m³
 - n. Kapasitas tampung endapan : 29 juta m³
4. **Pelimpah**
 - a. Tipe : Ogee dengan dan tanpa pintu
 - b. Banjir rencana
 1. QPMF : 3.800 m³/s
 2. Q50 : 2.200 m³/s
 - c. Debit rencana
 1. Bangunan pengendali : 2,000 m³/s (QPMF)
 2. Upper chuteaway : 2,000 m³/s (QPMF)
 3. Lower chuteaway : 1,300 m³/s (100 tahun)
 4. Kolam olak (Stilling basin) : 1,200 m³/s (50 tahun)
 - d. Pelimpah ambang bebas (Free flow crest)
 1. Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. +99,5 m
 2. Lebar puncak (Crest width) : 70 m
 - e. Pelimpah berpintu (Gated crest)
 1. Elevasi puncak (Crest elevation) : EL. 91,8 m
 2. Lebar puncak (Crest width) : 14 m
 3. Dimensi pintu : 7,0 m x 7,7 m x 2 unit
 4. Saluran peluncur (Chuteway) : 225 m
 5. Ruang olakan : panjang 65 m x lebar 75 m
 6. Saluran pembilas : lebar 100 m x panjang 400 m
 - f. Jembatan di atas pelimpah
 1. Jembatan beton (Precast) : panjang 8,8 m x lebar 5,5 m x 2 buah
 2. Jembatan beton (In situ) : panjang 19,4 m x lebar 5,5 m x 4 buah



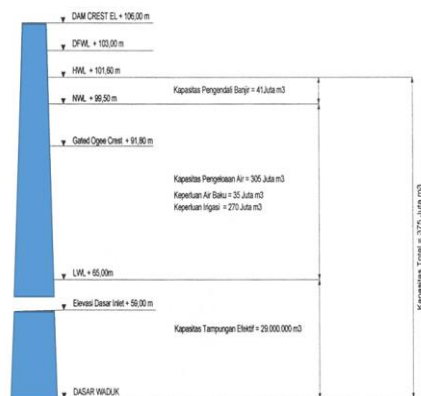
Gambar 3.16 Bangunan Pelimpah Tipe Pintu

5. Bangunan Pengeluaran

- a. Tipe : Konduit
- b. Debit rencana : 45 m³/s
- c. Bangunan pengambilan (Intake) : Pengambilan tipe lengkung, tinggi 51,5 m
- d. Pintu penyekat (Bulkhead gate) : Roller gate, lebar 3,7 m x tinggi 5,2 m
- e. Pipa pembawa (Steel conduit) : Panjang 285 m x diameter 3,7 m
- f. Bangunan pembilas
- g. Pintu kontrol (Control gate) : Pintu pancar (jet flow gate), diameter 2 m
- h. Pintu jagaan (Guard gate) : Pintu katup (gate valve), diameter 2 m
- i. Ruang peredam energi : lebar 4,0 m x panjang 74,1 m
- j. Debit rencana : 42,4 m³/s (tanpa hydropower)
- k. Bangunan bagi (Division works)
 - Air baku/industri : lebar 3 m x panjang 7,5 m dengan katup kontrol (dia 1,2 m) dan pipa pembawa/ steel conduit (dia 1,2 m)
 - Debit rencana : 3,3 m³/dtk
 - Irigasi/pemeliharaan sungai : lebar 17,0 m x panjang 56 m dengan bendung tetap (lebar 17 m)
 - Debit rencana : 39,1 m³/dtk

Peralatan Instrumentasi Pengamatan Bendungan

No.	Uraian	Jumlah Instrumen yang dipasang			
		MD	RWD	LWD	Total
1.	Pisometer didalam tubuh bendungan:				
	– Vibrating Wire Pisometer	22	11	7	40
	– Hydraulic Pisometer	4	0	0	4
2.	Pisometer didalam fondasi bendungan:				
	– Vibrating Wire Pisometer	5	5	5	15
	– Hydraulic Pisometer	2	0	0	2
3.	Pressure Cell	2	0	0	2
4.	Hydrostatic Settlement	5	0	0	5
5.	Vertical Settlement	2	1	1	4
6.	Strong Motion Accelerometer	2	0	0	2
7.	U/S Monument	10	7	10	27
8.	D/S Monument	18	7	14	39
9.	Crest Monument	7	4	6	17
10.	Bench Marks	-	-	-	30
11.	Groundwater Observation Holes	10	7	7	24
12.	Seepage Measuring Well	1	1	1	3



Gambar 3.17. Alokasi Kapasitas Waduk Bili – Bili

Jenis Penelitian

Penelitian deskriptif pada analisis sedimentasi terhadap umur guna Bendungan Bili-Bili bertujuan untuk menggambarkan secara rinci kondisi sedimentasi di bendungan tersebut, termasuk volume, distribusi, dan laju sedimentasi. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data lapangan melalui survei dan pengukuran langsung, pemetaan distribusi sedimen menggunakan teknologi GIS, serta analisis statistik deskriptif untuk mengidentifikasi tren dan faktor-faktor yang mempengaruhi sedimentasi. Hasil penelitian ini akan memberikan pemahaman menyeluruh tentang dampak sedimentasi terhadap kapasitas dan umur guna Bendungan Bili-Bili, yang penting untuk pengelolaan dan perencanaan masa depan bendungan.

Metode Pengumpulan Data

Rancangan hasil studi (output) yang diharapkan dari studi ini adalah prediksi besarnya sedimen yang masuk dan mengendap ke dalam waduk kedepan yang menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan di waduk BiliBili dalam kaitannya untuk menghitung prediksi sisa usia guna waduk dalam upaya keberlanjutan usia guna waduk, sehingga perlu dirumuskan langkahlangkah pengerjaan studi yang sistematis sebagai berikut : Pengumpulan data-data pendukung yang diperlukan pada studi ini terutama yang berhubungan dengan perhitungan kapasitas waduk, sedimentasi pada dasar waduk, pada daerah pengaliran dan kondisi daerah pengaliran waduk Bili-Bili.

Variabel yang diteliti

Untuk penyelesaian studi sehingga maksud dan tujuan yang diharapkan dapat tercapai, maka tahapan penyelesaian dan analisa yang dilakukan sebagai berikut :

1. Analisa transpor sedimen yang menuju ke Waduk.
Dari data debit inflow ke waduk dan data material yang tersuspended untuk mengetahui konsentrasi sedimen yang terjadi sehingga diperoleh debit sedimen melayang dan dilakukan perhitungan menggunakan metode lengkung debit sedimen untuk mendapatkan debit sedimen yang terjadi. Sedangkan untuk mengukur debit sedimen dasar (bed load) digunakan perbandingan berdasarkan tabel Borland dan Maddock.
2. Memprediksi Distribusi Sedimen Yang Mengendap di Waduk
Dalam tahap ini dilakukan perhitungan distribusi sedimen yang terjadi di waduk Bili-Bili dengan menggunakan metode penambahan luas (Area Increment Method) dan metode empiris pengurangan luas (Empirical Area Reduction Method) dan dibuat Kurva lengkung kapasitas waduk berdasarkan kedua metode prediksi sebaran sedimen tersebut, kemudian dibandingkan dengan kapasitas waduk berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran Echosounding.
3. Menghitung pengurangan kapasitas tampungan waduk
Dalam tahap ini dilakukan perhitungan pengurangan kapasitas tampungan waduk menggunakan nilai akumulasi sedimen yang terjadi di waduk. Dari analisa ini akan diketahui kondisi tampungan waduk, perubahan elevasi nol baru waduk yang terjadi serta volume sedimentasi yang akan terjadi setiap tahunnya. Data volume sedimentasi yang diperoleh selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar penentuan sisa usia guna waduk.
4. Analisa Prediksi Usia Guna Waduk
Dilakukan perhitungan prediksi sisa usia guna waduk untuk dapat beroperasi.

Analisis Data

1. Analisis Perhitungan Laju Sedimen Muatan Melayang (Suspended Load)
 - a) Pembuatan Lengkung Debit Air
 - b) Lengkung Debit Sedimen Melayang
 1. Perhitungan konsentrasi muatan sedimen melayang
 2. Perhitungan debit sedimen melayang berdasarkan Suripin
 - c) Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasarkan Lengkung
 - d) Perhitungan Total debit Sedimen Melayang Dalam Setahun
2. Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (Bed Load)
 - a) Persamaan Meyer-Peter dan Muller (MPM)
 1. Intensitas pengaliran
 2. Friction factor angkutan (C) dan friction factor intensif (C')
 3. Sedimen yang terangkut per meter persatuan
 - b) Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (Bed Load) dengan Persamaan Einstein
 1. Intensitas pengaliran
 2. Friction factor angkutan (C) dan friction factor intensif (C')

3. Sedimen yang terangkut permeter persatuan waktu
3. Analisa Perhitungan Volume Tampung Waduk

Dapat dihitung volume ruang dengan rumus limas terpancung sebagai berikut :

$$\text{Vol} = (A1 + A2 + (A1 \times A2)^{0.5}) \times H/3$$

Tampungan sedimen dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Sed}_t = \text{Sed}_{t-1} + (\text{TE} \times \text{SL} \times \text{A})$$

3. RESULT AND DISCUSSION

Hasil Pengukuran Bathimetri tahun 2023

Dari hasil analisa dan perhitungan kapasitas Waduk Bili-Bili yang mengacu pada hasil pengukuran bathimetri, pada elevasi +99,5 m luas genangan sebesar 1490.74 ha dengan volume tampungan sebesar 254,87 juta m3. sedangkan tampungan mati berada pada elevasi + 65,00 dengan luas 125.63 Ha mempunyai volume tampungan mati sebesar 1.71 Juta m3.

Adapun tabel dan grafik hubungan elevasi, luas dan volume Waduk Tahun 2023 adalah sebagai berikut.

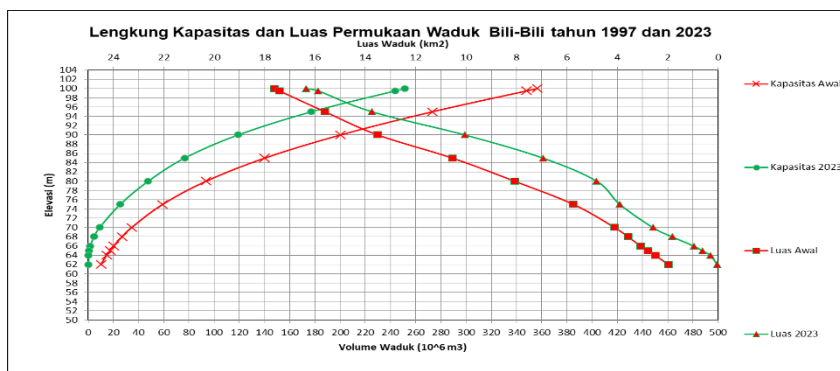
Tabel 4.16. Perbandingan Tampungan Waduk Bili – Bili

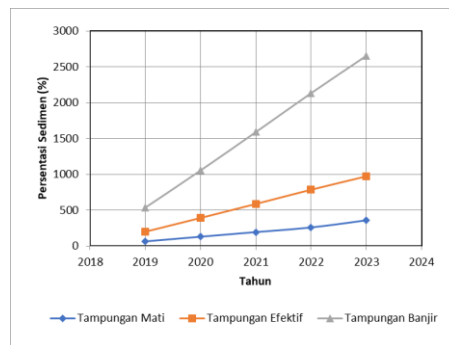
Elevasi MDPL	Tahun 2023		Tahun 1997	
	Luas Area (Ha)	Volume (Juta.m3)	Luas Area (Ha)	Volume (Juta.m3)
62	2.9	0.07	196.60	10.12
64	30.32	0.36	249.30	14.58
65	62.51	0.83	278.10	17.36
66	95.81	1.65	306.90	20.14
68	181.71	4.47	357.00	26.79
70	258.43	8.99	410.20	34.46
75	389.67	25.31	573.70	59.06
80	481.52	47.56	807.40	93.59
85	694.8	76.53	1054.60	140.14
90	1005.39	119.03	1351.20	200.28
95	1373.87	177.14	1560.40	273.07
99.5	1587.06	243.84	1741.20	347.81
100	1635.54	251.42	1761.30	356.57

Sumber: BBWS Pompengan Jeneberang

Dari hasil analisa dan perhitungan kapasitas Waduk Bili-Bili yang mengacu pada hasil pengukuran bathimetri 2023, pada elevasi +99,5 m luas genangan sebesar 1587.06 ha dengan volume tampungan sebesar 243.84 juta m3. sedangkan tampungan mati berada pada elevasi + 65,00 dengan luas 62.51 Ha mempunyai volume tampungan mati sebesar 0.83 Juta m3.

Adapun tabel dan grafik hubungan elevasi, luas dan volume Waduk Tahun 2023 adalah sebagai berikut.





Gambar 4.6. Gambar Kurva Tampung Bendungan Bili - Bili

Perubahan Akumulasi Sedimen Terhadap Kapasitas Aktual

Dari perkembangan pola distribusi waduk bili-Bili terhadap pengukuran 5 Tahun terakhir dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2023, persentase sedimen terhadap kapasitas masing-masing tampung dapat dilihat pada Tabel 4.17

No	Tahun	Tampung Mati				Tampung Efektif				Tampung 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	2019	29.00	12.48	16.52	56.98	305.00	-288.28	593.28	194.52	41.00	-179.12	220.12	536.89
2	2020	29.00	-4.11	33.11	114.16	305.00	-878.59	1183.59	388.06	41.00	-391.87	432.87	1055.78
3	2021	29.00	-20.57	49.57	170.93	305.00	-1476.71	1781.71	584.17	41.00	-611.42	652.42	1591.27
4	2022	29.00	-37.07	66.07	227.83	305.00	-2085.49	2390.49	783.77	41.00	-834.35	875.35	2134.99
5	2023	29.00	-53.60	82.60	284.84	305.00	-2657.99	2962.99	971.47	41.00	-1047.99	1088.99	2656.07

Gambar 4.7. Perkembangan Persentase Sedimen Waduk Bili – Bili

Pengamatan perkembangan persentase sedimen di tampung mati diperhitungkan terhadap volume kapasitas tampung mati awal sebesar 29 juta m³. Estimasi akumulasi sedimen yang mengendap didasarkan pada pengurangan volume tampung mati mula-mula dengan kapasitas tampung mati pada saat pengukuran. Persentase sedimen yang mengendap di tampung mati menunjukkan besar volume sedimen terhadap volume kapasitas tampung maksimum (29 Juta m³). Dengan cara yang sama dilakukan estimasi persentase sedimen yang mengendap pada area kapasitas efektif dan kapasitas tampung banjir dari jumlah sedimen terhadap masing-masing kapasitas tampung waduk.

Distribusi sedimen di Tampung Waduk

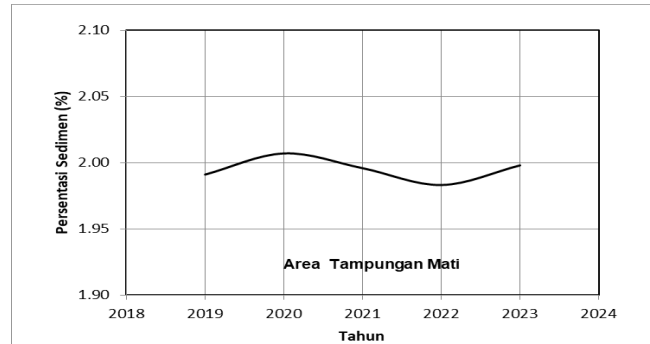
Distribusi sedimen diperhitungkan terhadap total volume sedimen yang mengendap di waduk dan diperhitungkan berdasarkan persentase dari total volume sedimen pada area kapasitas tampung mati, area kapasitas tampung efektif dan tampung banjir. Kapasitas aktual ditentukan dari hasil pengukuran lapangan pada tiap tahun pengukuran. Yang dapat dilihat pada table 4.21 Pengukuran Echosoundir Waduk Bili-Bili. Volume sedimen merupakan hasil pengurangan kapasitas aktual terhadap kapasitas area mula-mula. Perkembangan distribusi endapan sedimen di masing-masing kapasitas dapat di lihat pada Tabel 4.22.

Table 4.18 Pengukuran Echosoundir Waduk Bili-Bili

Elevasi MDPL	2023	2022	2021	2020	2019	KET.
	Sedimen (Juta m3)					
65	16.53	16.50	16.46	16.58	16.52	Kapasitas Mati
66	18.49	18.42	18.35	18.49	18.37	
68	22.32	22.38	22.28	22.49	22.11	
70	25.47	26.15	25.97	26.33	25.62	
75	33.75	37.39	36.31	37.16	35.70	
80	46.03	53.60	51.86	52.32	51.12	Kapasitas Efektif
85	63.61	71.28	69.43	68.16	68.39	
90	81.25	86.90	84.98	82.83	84.14	
95	179.43	184.60	182.69	179.51	181.60	
99.5	102.16	108.08	106.26	103.04	106.24	
100	105.15	110.60	108.84	105.54	108.81	Kapasitas Banjir
101	108.49	112.33	110.72	107.21	111.32	
Total	802.67	848.21	834.13	819.64	829.92	
Akumulasi	802.668	1650.88	2485.01	3304.65	4134.58	
Kumulatif	16.53	16.50	16.46	16.58	16.52	Kapasitas Mati
	572.50	608.79	598.12	590.32	593.28	Kapasitas Efektif
	213.64	222.92	219.55	212.74	220.12	Kapasitas Banjir

Tabel 4.19. Distrubusi sedimentasi pada kapasitas Tampungan Waduk Bili – Bili

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	2019	29.00	12.48	16.52	1.99	305.00	-288.28	593.28	71.49	41.00	-179.12	220.12	26.52
2	2020	29.00	-4.11	33.11	2.01	305.00	-878.59	1183.59	71.75	41.00	-391.87	432.87	26.24
3	2021	29.00	-20.57	49.57	2.00	305.00	-1476.71	1781.71	71.74	41.00	-611.42	652.42	26.27
4	2022	29.00	-37.07	66.07	1.98	305.00	-2085.49	2390.49	71.75	41.00	-834.35	875.35	26.27
5	2023	29.00	-53.60	82.60	2.00	305.00	-2657.99	2962.99	71.66	41.00	-1047.99	1088.99	26.34

**Gambar 4.8. Perkembangan Distrubusi sedimen pada kapasitas tampungan waduk bili - bili**

Usia Guna Waduk Bili – Bili

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 / Bathimetri tahun 2023, elevasi dasar terendah waduk disekitar intake adalah +62.00 m, sedangkan elevasi dasar intake adalah +59,00 m, sehingga secara teoritis sisa usia gunanya sudah tidak dapat dihitung lagi. beroperasi. Walaupun demikian, sampai saat ini waduk masih Umur pelayanan masih dapat diperpanjang dengan upaya pencegahan agar sedimen tidak masuk ke intake. Tingkat kenaikan sedimen yang terjadi dan terpenuhinya kapasitas tampungan mati sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan waduk.

a) Pendekatan Volume

Untuk mengetahui sisa usia guna Waduk Bili-Bili maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan pendekatan volume. Untuk perhitungan menggunakan pendekatan volume dapat dilihat sebagai berikut :

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

Volume tahun 2023 : 12.468.986.21 m³

Volume Tampungan sedimen : 29.000.000 m³

Volume tampungan mati telah terisi :

$$= 29.000.000,00 - 12.468.986,21 = 16.531.013,79 \text{ m}^3$$

Laju sedimen masuk pada tampungan mati:

$$= \frac{29.000.000,00 - 12.468.986,21}{25}$$

$$= 661.240,55 \text{ m}^3$$

Maka, sisa usia waduk Bili-Bili : $= \frac{12.468.986,21}{661.240,55}$

$$= 18.86 \text{ Tahun}$$

$$= 19 \text{ Tahun}$$

Perhitungan sisa usia guna waduk dengan pendekatan Volume menggunakan data hasil pengukuran echo sounding Waduk Bili-Bili pada elevasi +65,00 m. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Perhitungan Usia Guna Berdasarkan Volume Tampungan Mati

Tahun	Volume pada elevasi $\leq$ +65,00 m m^3	Tampungan Sedimen m^3	Tampungan Terisi Sedimen m^3	Pengerukan Sedimen m^3	T Operasi Tahun	Laju Sedimen m^3 /Tahun	Sisa Usia Waduk Tahun
2019	14,856,656.00	29,000,000.00	14,143,344.00	2,379,656.00	21.00	673,492.57	22
2020	13,385,511.00	29,000,000.00	15,614,489.00	968,511.00	22.00	709,749.50	19
2021	13,561,957.00	29,000,000.00	15,438,043.00	1,024,957.00	23.00	671,219.26	20
2022	13,600,464.00	29,000,000.00	15,399,536.00	1,103,464.00	24.00	641,647.33	21
2023	12,468,986.21	29,000,000.00	16,531,013.79	-	25.00	661,240.55	19

4. CONCLUSION

Dari analisis yang telah dilakukan diperoleh beberapa hasil antara lain sebagai berikut: 1). Kecenderungan sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-Bili mengendap pada area tampungan efektif, dimana persentase distribusi sedimen di area tampungan waduk berdasarkan total sedimen yang masuk ke waduk hingga tahun 2023 sebesar 102.160.000 m³ adalah sebagai berikut : a). Area Tampungan Banjir : 26.34 %, b). Area Tampungan Efektif : 71.66 %; c). Area Tampungan Mati : 2.00 %. Dimana persentase sedimentasi dari tahun 2019 sampai tahun 2023 di area tampungan efektif mengalami peningkatan dari 71.49% menjadi 71.66 %, sedangkan persentase endapan sedimen di area tampungan mati mengalami peningkatan dari 1.99 % menjadi 2.00 %. Berdasarkan distribusi sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-Bili pola pengendapan merupakan gabungan dari pola pengendapan delta deposits dan wedge-shaped deposits. 2). Sisa Usia Guna Waduk dengan menggunakan metode yaitu : a). Pendekatan Elevasi. 1). Berdasarkan hasil pengukuran echosounding / Bathimetri tahun 2023, elevasi dasar terendah waduk disekitar intake adalah +62.00 m, sedangkan elevasi dasar intake adalah +59,00 m, sehingga secara teoritis sisa usia gunanya sudah tidak dapat dihitung lagi. 2). Berdasarkan volume tampungan mati pada elevasi + 65,00 dengan kapasitas 29 juta m³ sisa usia guna Waduk adalah 19 Tahun , yang Dimana lebih cepat 6 tahun dari rencana Desain umur bendungan

5. ACKNOWLEDGMENTS

Penulis menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan dukungan dalam penelitian ini. Bantuan dan dorongan mereka sangat berharga untuk mewujudkan penelitian ini. Terima kasih atas waktu, saran, dan bimbingan yang diberikan. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat kepada semua pihak.

6. REFERENCES

- Achsan, A., Bisri, M., & Suhartanto, E. (2015). Analisis kecenderungan sedimentasi waduk bili-bili dalam upaya keberlanjutan usia guna waduk. *Jurnal Teknik Pengairan*, 6(1), 30-36.
- Achsan, A., Bisri, M., & Suhartanto, E. (2015). Analysis of Bili-Bili Reservoir Sedimentation Tendency in Efforts to Sustain Age for Reservoir(In Indonesian: Analisis Kecenderungan Sedimentasi Waduk Bili-Bili Dalam Upaya Keberlanjutan Usia Guna Waduk. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 6(1), 30-36.
- Asrib, A. R. (2012). Model Pengendalian Sedimentasi Waduk Akibat Erosi Lahan Dan Longsoran Di Waduk Bili-Bili Sulawesi Selatan. *Desertation. Institut Pertanian Bogor*.
- Asrib, A. R., Winarno, H., & Natsir, T. (2018). Dampak Aktifitas Penambangan terhadap Masyarakat sekitar Waduk Bili-Bili di Sungai Jeneberang.
- Auliafitri, N., Nasir, S. W., & Nanda, A. R. (2024). Evaluasi Pengoperasian dan Penelusuran Banjir Bendungan Bili-bili:(Studi Kasus Bendungan Bili-bili). *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(2), 476-483.
- Estimasi volume sedimentasi Waduk Sermo menggunakan metode RUSLE, batimetri dan angkutan sedimen. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(1), pp.39-48.
- Fitriana, I. R., Legono, D., & Waluyadi, H. (2021). analisa rezim sedimentasi waduk studi kasus: waduk kedungombo dan waduk sermo. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 80-87.
- Herol, H., Nurhamidah, N., & Andriani, A. (2022). Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Aliran Permukaan Dan Laju Sedimentasi Menggunakan ArcSWAT. *CIVED*, 9(1), 15-26.
- Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2017). Efektivitas Kegiatan Pengerukan Sedimen Waduk Bili-Bili ditinjau dari Nilai

- Ekonomi. *Jurnal Teknik Pengairan*, 7(2), 268-276.
- Kurniawan, V., Asriningsih, P. W., & Tiffanyputri, K. A. (2022). Comparison In Estimating Reservoir Lifetime by Universal Soil Loss Equation And Site Observation. *Geomate Journal*, 23(98), 92-99.
- Kusuma, F. P. (2015). Analisis Sedimentasi Dan Perkiraan Sisa Umur Guna Bendungan Pengga Dengan Metode Kapasitas Tampungan Mati (Dead Storage). Universitas Mataram.
- 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.
- Nasaruddin, N., Musa, R., & Ashad, H. (2022). Efektivitas Pengoperasian Bendungan dalam Pengendalian Banjir. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 7(1), 33-40.
- Ni'am, M. A., Noerhayati, E., & Warsito, W. (2022). Studi Alternatif Analisa Sedimentasi Terhadap Umur Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek Berbasis Arc Gis. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 12(2), 90-98.
- Rosyidi, A., Maricar, F., & Bakri, B. (2020). Analisa Distribusi Sedimen Untuk Manajemen Umur Layanan Waduk Ponre-Ponre. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(1), 81-86.
- Salehudin, S., Putra, I. G., & Widalia, B. Y. (2015). Analisis Sedimentasi Terhadap Umur Guna Bendungan Pengga Kabupaten Lombok Tengah: Sedimentation Analysis of the useful Life of Pengga Resservoir in Lombok Tengah Regency. *Spektrum Sipil*, 2(1), 71-81.
- Sanjaya, E. T., Lukman, M., & Tanan, B. (2020). Analisis Volume Sedimen Berdasarkan Hasil Pengukuran Dengan Echosounder Dalam Waduk Bili-bili Kabupaten Gowa. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(3), 192-196.
- Sukarna, S., Andin, A. M. R. Y. S., Side, S., Aswi, A., & Yusuf, S. (2023). The NADI Mathematical Model on the Danger Level of the Bili-Bili Dam. *Jurnal Varian*, 6(2), 187-198.
- Teguh, N. A., & Marginia, N. F. (2021). Analysis of Sedimentation Trends in Efforts for Sustainability at Wonorejo Reservoir. *Chimica Didactica Acta*, 9(2), 52-56.
- Waduk, U. K. U. G., Asrib, A. R., Purwanto, Y. J., & Sukandi, S. (2015). To The Sedimentation Level In Bili-Bili Reservoir South Sulawesi Province), 2, 135–146. *Jurnal Teknik Pengairan Universitas Brawijaya*, 6(1), 30-36.