

# EFEKTIVITAS KEGIATAN Pengerukan SEDIMEN WADUK BILI-BILI DITINJAU DARI NILAI EKONOMI

Wahyu Sejati<sup>1</sup>, Pitojo Tri Juwono<sup>2</sup>, Runi Asmaranto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia;

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia  
Wahyu.sejati03@gmail.com

**Abstrak :** Waduk Bili-Bili direncanakan dengan usia guna efektif 50 tahun. Saat ini masih tersisa umur efektif 31 tahun berdasarkan kapasitas tampungan mati. Pada studi ini dilakukan beberapa analisis, yaitu analisis sedimentasi waduk, analisis penanganan sedimen, analisis manfaat ekonomi air waduk yang berupa manfaat dari air baku, PLTA, dan irigasi, analisis ekonomi serta analisis efektifitas kegiatan pengerukan berdasarkan empat simulasi alternatif waktu pengerukan sedimen dan penggunaan kapal keruk yang direncanakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif eksisting dapat meningkatkan usia guna 5 tahun menjadi 36 tahun, dengan nilai IRR 12,460 sedangkan alternatif 1 dapat meningkatkan usia guna 6 tahun menjadi 37 tahun dengan nilai IRR 11,667, sedangkan alternatif 2 dapat meningkatkan usia guna 10 tahun menjadi 41 tahun dengan nilai IRR 9,836 sedangkan alternatif 3 dapat meningkatkan usia guna 15 tahun menjadi 46 tahun dengan nilai IRR sebesar 9,236%.

Kata Kunci : Waduk Bili-Bili, Sedimentasi Waduk, Pengerukan Sedimen, Analisis Ekonomi.

**Abstract:** *Bili-Bili reservoirs was planned effective life design for 50 years. In this study made several analysis, that are the analysis of reservoir sedimentation, sediment handling, economic benefits of water reservoirs, benefits from hydropower, irrigation, and the effectiveness of dredging. The activities of dredging was planned simulation time and dredger addition. The analysis showed that the existing alternative can increase the life design of reservoir up to 5 years being 36 years and it's have 12,460 IRR value, the first alternative can increase the useful life of reservoir up to 6 years being 37 years and it's have 11,667 IRR value, the second alternative can increase the useful life of reservoir up to 10 years being 41 years and it's have 9,836 IRR value, the third alternative can increase the useful life of reservoir up to 15 years being 46 years and it's have 9,236 IRR value.*

**Keywords:** *Bili-Bili Reservoir, Sedimentation of Reservoir, Dredging Sediment, Reservoir economic analysis.*

Waduk merupakan suatu bangunan air yang berfungsi untuk menampung air, sayangnya debit air yang masuk ke waduk tidak hanya berupa aliran air tetapi membawa kandungan sedimen. Dengan kata lain tidak ada satupun waduk yang bebas dari sedimentasi. Waduk Bili-Bili yang merupakan salah satu waduk terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan terletak ± 30 km di sebelah timur Kota Makasar 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 diresmikan penggunaannya pada tahun 1999 (Achsani:2015). Waduk ini merupakan waduk serbaguna yang dibangun dengan tujuan untuk pengendalian banjir, pemenuhan kebutuhan air irigasi, suplai air baku dan pembangkit listrik tenaga air. Bendungan dibangun dengan tipe urugan batu, tinggi bendungan utama 73 m dan panjang 750 m. Luas daerah tangkapan waduk sebesar 384,40 km<sup>2</sup> dengan kapasitas tampungan total waduk sebesar 375 juta m<sup>3</sup>. 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 material vulkanis pada dinding kaldera gunung Bawakaraeng pada tahun 2004 yang merupakan hulu DAS Jeneberang.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Bendungan Bili-Bili terletak 30 km sebelah timur Kota Makassar pada jalan poros Makassar - Malino. Posisi geografis Waduk Bili-bili terletak pada 5°15' LS dan 119 ° 37' BT. Bendungan Bili-Bili ini membendung pada sungai Jeneberang di Desa Bili-Bili, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun manfaat dari dibangunnya Bendungan Bili-Bili adalah untuk penyediaan air minum dan air untuk industri sampai kebutuhan tahun 2005 untuk Kota Makassar sebesar 3.300 ltr/det, dan penyediaan air untuk irigasi di daerah irigasi Bili-Bili. Disamping itu untuk pembangkit listrik tenaga air sebesar 16.30 MW. (Sumber:Ahcsan, 2015)



Gambar 1. Waduk Bili-Bili

Sumber:(<https://www.google.co.id/search?q=PLTA+waduk+bili-bili>)

### Pengumpulan Data

1. Peta :
  - a. Peta lokasi Studi
2. Data Operasi dan Pemeliharaan
  - a. Data Teknis Bendungan
  - b. Data Operasional Waduk
  - c. Data Echosounding Waduk
  - d. Data Penanganan Sedimen
  - e. Data Spesifikasi Kapal Keruk
  - f. Data Biaya Penanganan Sedimen
3. Data Pemanfaatan Air Waduk
  - a. Data Pengendalian Banjir
  - b. Data Produksi Listrik Waduk
  - c. Data Produksi Pertanian
4. Data Tarif Biaya Jasa Pengelolaan Sumberdaya Air (BPJSDA)

5. Asumsi nilai ekonomi dasar yang digunakan

Data *echo sounding* diperlukan untuk mengetahui kondisi dasar dari permukaan sedimen di waduk setelah waduk beroperasi. Dari hasil data pengukuran *echo sounding*, dapat dilakukan perhitungan sedimen untuk menentukan total volume tampungan kotor, total volume tampungan efektif, dan total volume tampungan mati waduk, sehingga dapat dilakukan analisis sedimentasi yang masuk ke waduk. *Echo Sounding* dilakukan oleh BBWS Pompengan Jeneberang, yang dimulai pada tahun 2001, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.

### Metode

Analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah membandingkan kondisi pada saat penanganan sedimen dengan pengerukan/*dredging* yang dilakukan seperti kondisi saat ini dan pengerukan sedimen dengan menggunakan beberapa metode simulasi alternatif. Kemudian dari kegiatan tersebut akan dihitung usia guna waduk dan analisis ekonominya, serta dapat dihitung persentase efektivitasnya ditinjau dari usia guna waduk dan nilai manfaat ekonomi.

#### a. Analisis 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 untuk mendapatkan debit sedimen yang terjadi. Sedangkan untuk mengukur debit sedimen dasar (*bedload*) pada Waduk Bili-Bili digunakan perbandingan berdasarkan tabel Borland dan Maddock.

#### b. Menghitung Trap Efficiency Waduk

Dalam tahap ini dilakukan untuk mengetahui besarnya sedimen yang mengendap dan menjadi tampungan mati pada waduk, karena tidak semua sedimen yang sampai ke waduk mengendap di waduk. Dalam perhitungan ini akan dianalisa besarnya sedimen yang masuk dan mengendap kedalam tampungan waduk Bili-Bili.

#### c. Analisis Sedimentasi Waduk Bili-Bili

Analisis sedimentasi ini berdasarkan studi terdahulu dan data pengukuran *echo sounding* yang dilakukan hamper tiap tahun oleh BBWS

Pompengan Jeneberang sehingga nantinya akan diketahui kondisi tampungan waduk dan *trap efficiency* waduk saat ini. Dalam analisis ini juga akan didapat volume sedimentasi yang terjadi setiap tahunnya, sehingga dapat digunakan untuk menentukan volume penanganan yang akan dilakukan.

#### **d. Simulasi Alternatif Pengerukan.**

Dalam analisis ini akan dibuat 4 simulasi alternatif pengerukan. Volume pengerukan yang dilakukan berdasarkan ketersediaan *spoil bank* yang sudah ada, diambil volume pengerukan tahun terakhir adalah 82.000 m<sup>3</sup>.

Simulasi alternatif pengerukan sedimen (*dredger*) rencananya akan dibagi menjadi 4 (tiga) alternatif, yaitu:

##### **1. Alternatif Eksisting**

Alternatif eksisting yaitu volume pengerukan yang dilakukan berdasarkan ketersediaan *spoil bank* yang sudah ada. Dengan jumlah pengerukan 82.000 m<sup>3</sup> per tahun.

##### **2. Alternatif 1**

Alternatif 1 yaitu volume pengerukan yang dilakukan berdasarkan ketersediaan *spoil bank* yang sudah ada. Dengan jumlah pengerukan 100.000 m<sup>3</sup> per tahun.

##### **3. Alternatif 2**

Alternatif 2 yaitu volume pengerukan yang dilakukan berdasarkan ketersediaan *spoil bank* yang sudah ada. Pada alternatif ini direncanakan dengan volume pengerukan sebesar 150.000 m<sup>3</sup> per tahun.

##### **4. Alternatif 3**

Alternatif 3 yaitu volume pengerukan yang dilakukan berdasarkan ketersediaan *spoil bank* yang sudah ada. Pada alternatif ini direncanakan dengan volume pengerukan sebesar 200.000 m<sup>3</sup> per tahun.

#### **e. Analisis Biaya Penanganan Sedimen**

Setelah dibuat 4 simulasi alternatif pengerukan, maka akan dihitung biaya yang digunakan. Perkiraan biaya pengerukan sedimen mengacu pada analisis harga satuan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, namun standar biaya yang digunakan disesuaikan berdasarkan data dari Perum Jasa Tirta I.

#### **f. Analisis Ekonomi**

Pada tahapan analisis ekonomi ini, komponen biaya kegiatan pengerukan untuk beberapa

alternatif waktu pengerukan dan penambahan kapal keruk (*dredger*) disimulasikan dengan manfaat yang bisa diperoleh sehingga dapat menentukan parameter *Net Benefit* (B-C), *Benefit Cost* (B/C) *Ratio*, dan *Internal Rate of Return* (IRR). Manfaat yang diperoleh adalah nilai ekonomis dari keuntungan apabila tidak terjadi banjir, nilai ekonomis dari energi yang dapat dibangkitkan dari PLTA pada Waduk Bili-Bili seiring dengan volume air yang digunakan intake PLTA untuk membangkitkan energi listrik, serta nilai ekonomis manfaat irigasi yang berasal dari produksi pertanian Daerah Irigasi. Nilai manfaat tersebut akan dikaitkan dengan penambahan usia guna waduk yang diperoleh dari kegiatan pengerukan. Nilai manfaat dari PLTA yang menggunakan tarif Biaya Jasa Pengelolaan Sumberdaya Air (BJPSDA) sesuai dengan peraturan yang berlaku saat ini. Sedangkan nilai biaya diperoleh dari perhitungan biaya total rencana kegiatan pengerukan. Nantinya dari hasil analisis ekonomi ini akan dapat ditentukan alternatif yang paling tepat dan paling layak secara ekonomi.

#### **g. Efektifitas Kegiatan Pengerukan**

Perhitungan efektifitas dari rencana kegiatan pengerukan yang ada sekarang dilakukan dengan membandingkan nilai manfaat ekonomi kegiatan pengerukan sedimentasi Waduk Bili-Bili saat ini dengan setelah dilakukan beberapa rencana alternatif waktu pengerukan dan penambahan kapal keruk (*dredger*). Kriteria efektifitas dilihat dari dua faktor, yaitu faktor ekonomi dan faktor teknis. Faktor ekonomi yaitu apabila nilai B/C > 1, IRR > suku bunga yang diinginkan, dan memiliki nilai B-C (*Net Benefit*) paling tinggi (Rispingtati:2009). Sedangkan faktor teknis dilihat berdasarkan alternatif yang dapat meningkatkan usia guna waduk paling panjang.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **a. Sedimen Waduk Bili-Bili Berdasarkan Echosounding**

Sedimentasi Waduk Bili-Bili tersebar pada beberapa titik pengukuran. Terdapat 22 titik pengukuran echosounding pada Waduk Bili-Bili. Waduk Bili-Bili beroperasi pada tahun 1997 dan dimulai pengukuran echosounding pada tahun 2001. Tiap jalur pengukuran echosounding memiliki volume sedimentasi

yang berbeda. Volume sedimentasi terbesar berada pada jalur pengukuran L12 – L13 yaitu sebesar 8.086.037 m<sup>3</sup>. Titik ini berada di tengah Waduk Bili-Bili. Selain itu juga pada jalur L11 - L12 memiliki sedimentasi yang cukup besar yaitu 7.332.319 m<sup>3</sup>. Sedangkan pada jalur pengukuran L13 – L14 memiliki volume sedimentasi sebesar 5.689.970 m<sup>3</sup>.

Tabel 1. Rekapitulasi Sedimen di Tampungan Mati

	Tahun Operasi	Sedimen Tahunan
	Tahun	m <sup>3</sup>
1997	-	-
2001	4	585.560,00
2004	7	4.951.896,00
2005	8	295.740,00
2006	9	496.132,00
2007	10	622.599,00
2008	11	632.880,00
2009	12	329.092,00
2010	13	259.961,00
2011	14	306.949,00

Sumber: Pengukuran *Echosounding* Oleh BBWS Pompeangan Jeneberang

### b. Laju Sedimentasi Waduk Bili-Bili Berdasarkan *Echosounding*

Sedimentasi di Waduk Bili-Bili menjadi luar biasa karena adanya longsoran besar di gunung Bawakaraeng yang terjadi pada tahun 2004. Laju sedimentasi di Waduk Bili-Bili dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Laju Sedimentasi Berdasarkan Hasil *Echosounding*

Tahun	Tahun Operasi	Kumulatif Sedimen m <sup>3</sup>	Laju Sedimentasi m <sup>3</sup> /th
	Tahun		
1997	0	-	0
2001	4	585.560,00	146.390,00
2004	7	5.537.456,00	791.065,14
2005	8	5.833.196,00	729.149,50
2006	9	6.329.328,00	703.258,67
2007	10	6.951.927,00	695.192,70
2008	11	7.584.807,00	689.527,91
2009	12	7.913.899,00	659.491,58
2010	13	8.173.860,00	628.758,46
2011	14	8.480.809,00	605.772,07

Sumber: Hasil Perhitungan

### c. Perhitungan Debit Sedimen Melayang

Debit sedimen layang ( $Q_s$ ) berdasarkan lengkung debit sedimen dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Q_s = 0,0864 C \cdot Q_w$$

Adapun titik yang digunakan dalam perhitungan adalah AWLR Bili-Bili Data debit AWLR Bili-Bili pada tahun 2011. Setelah mendapatkan debit air pada titik pengukuran, maka selanjutnya dilakukan perhitungan mengenai debit sedimen yang masuk kedalam Waduk menggunakan persamaan (persamaan  $Q_s = 0,0864 C \cdot Q_w$ ). Persamaan debit sedimen menggunakan data debit *inflow* harian dan hasil pengukuran *sampling* muatan sedimen melayang (*suspended load*).

### d. Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar

Pengukuran sedimen dasar (*bed load*) dan peralatan yang digunakan masih dalam taraf perkembangan, tidak ada satu metode atau peralatan yang cocok untuk semua kondisi lapangan. Pengukuran sedimen dasar (*bed load*) dilakukan dengan pengambilan sampel dengan alas penangkap sedimen. Bila pengukuran sedimen dasar (*bed load*) tidak dilakukan, besarnya sedimen tersebut dapat diperkirakan dengan menggunakan tabel Borland dan Maddock (1951) yang besarnya tergantung pada konsentrasi dan gradasi butiran sedimen layang (*suspended load*) berupa lempung, silt dan pasir.

Tabel 3. Perkiraan Mutan Sedimen Dasar Terhadap Sedimen Melayang

Konsentrasi Sedimen Melayang (ppm)	Komposisi Dasar Sungai	Komposisi Sedimen Melayang	Perbandingan
Kurang 1000	Pasir	Sama dengan dasar	0,25 - 1,50
	Kerikil terikat liat (Clay)	Jumlah Pasir Sedikit	0,05 - 0,12
1000 - 7500	Pasir	Sama dengan dasar	0,10 - 0,35
	Kerikil terikat dengan liat (Clay)	25 % pasir atau kurang	0,05 - 0,12
lebih dari 7500	Pasir	Sama dengan dasar	0,05 - 0,15
	Kerikil terikat dengan liat (Clay)	25 % pasir atau kurang	0,02 - 0,08

Sumber: Soewarno, 1991

Berdasarkan hasil komposisi dasar sungai Jeneberang yang merupakan hulu sungai dari Waduk Bili-Bili dan hasil pengukuran konsentrasi sedimen kurang 1000 ppm, maka diambil komposisi sedimen dasar (*bed load*) 10% terhadap jumlah sedimen melayang.

Tabel 4. Rekapitulasi Inflow Sedimen

NO	Tahun	Debit Sedimen Melayang Ton/Tahun	Debit Sedimen Dasar Ton/Tahun	Total Inflow Sedimen Ton/Tahun
1	1999	899,032.29	89,903.23	988,935.52
2	2000	3,621,141.63	362,114.16	3,983,255.79
3	2001	2,747,870.76	274,787.08	3,022,657.84
4	2002	515,465.53	51,546.55	567,012.08
5	2003	1,077,812.11	107,781.21	1,185,593.32
6	2004	1,765,376.20	176,537.62	1,941,913.82
7	2005	634,937.47	63,493.75	698,431.22
8	2006	623,033.21	62,303.32	685,336.53
9	2007	531,246.30	53,124.63	584,370.93
10	2008	512,969.02	51,296.90	564,265.92
11	2009	499,816.24	49,981.62	549,797.86
12	2010	694,556.70	69,455.67	764,012.37
13	2011	560,774.05	56,077.41	616,851.46
Rata-rata		1,129,540.89	112,954.09	1,242,494.97

Sumber: Hasil Perhitungan

**e. Trap Efficiency**

**1. Metode Brune**

Metode Brune digunakan untuk mengetahui seberapa besar sedimen yang tertangkap di Waduk Bili-Bili. Metode untuk perhitungan *trap efficiency* menggunakan Metode Brune dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan nomogram dan numeris. Pada penelitian ini akan digunakan perhitungan *trap efficiency* secara numeris dengan persamaan: (sumber:Brune,1993)

$$Y = 100(1 - \frac{1}{1 + ax}) \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- Y = efektifitas tangkapan
- x = perbandingan kapasitas waduk dengan debit masukan
- a = konstanta

**2. Metode Churchill**

Churchill (1948) mengembangkan hubungan antara efisiensi sedimen yang keluar (*relesase*) dan indeks sedimentasi waduk, didefinisikan sebagai rasio dari periode retensi untuk kecepatan aliran rerata yang melalui reservoir. Adapun batasan yang digunakan di dalam penggunaan kurva Churchill adalah:

- Kapasitas : kapasitas waduk pada operasi rata-rata untuk periode yang dianalisis.

- *Retention Period* : kapasitas dibagi rata-rata inflow, kapasitas dalam (m<sup>3</sup>) dan inflow dalam (m<sup>3</sup>) per detik.
- Panjang : panjang waduk (m) pada permukaan operasi rata-rata.
- Kecepatan : kecepatan rata-rata (m/detik) yang datang dengan membagi inflow dengan rata-rata luas potongan melintang (m/detik). Rata-rata luas potongan melintang dapat ditentukan dari kapasitas dibagi panjangnya.
- Indeks sedimentasi : *retention period* dibagi kecepatan.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil *Trap Efficiency*

Tahun	Persentase Brune (%)	Persentase Churchill (%)
2001	90,284	96,6
2004	95,430	96,9
2005	93,123	97,0
2006	92,633	97,0
2007	94,918	97,0
2008	94,100	97,0
2009	94,260	97,0
2010	93,876	96,8
2011	93,724	97,0

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 6. Debit Sedimen Titik Pengukuran AWLR tahun 1997 - 2011

Tahun	Sedimen Melayang	Sedimen Dasar	Trap Efficiency	Sedimen Mengendap Tahunan	Berat Endapan Sedimen	Volume Sedimen
	Ton/tahun	Ton/tahun	%	Ton/tahun	Ton/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	2	3	7	8 = (2+3) x 7	9	10 = (8/9)
1997	0,0	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
2001	1.129.540,9	112.954,09	0,966	1.200.250,13	1,098	1.092.648,28
2004	1,129.540,9	112.954,09	0,969	1.203.977,61	1,109	1.085.905,55
2005	1.129.540,9	112.954,09	0,970	1.205.220,11	1,110	1.085.369,78
2006	1.129.540,9	112.954,09	0,970	1.205.220,11	1,112	1.084.018,07
2007	1.129.540,9	112.954,09	0,970	1.205.220,11	1,113	1.082.875,48
2008	1.129.540,9	112.954,09	0,970	1.205.220,11	1,114	1.081.885,19
2009	1.129.540,9	112.954,09	0,970	1.205.220,11	1,115	1.081.010,78
2010	1.129.540,9	112.954,09	0,968	1.202.735,12	1,116	1.078.000,26
2011	1.129.540,9	112.954,09	0,970	1.205.220,11	1,116	1.079.517,91

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Laju Sedimentasi Berdasarkan Inflow Sedimen

Tahun Pengukuran	Tahun Operasi (Th)	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Laju Sedimentasi m <sup>3</sup>
1997	0	0	0
2001	4	1,092,648.28	273,162.07
2004	7	2,178,553.82	311,221.97
2005	8	3,263,923.60	407,990.45
2006	9	4,347,941.68	483,104.63
2007	10	5,430,817.16	543,081.72
2008	11	6,512,702.36	592,063.85
2009	12	7,593,713.14	632,809.43
2010	13	8,671,713.40	667,054.88
2011	14	9,751,231.31	696,516.52

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8. Estimasi Yang Tertampung Di Upstream

Tahun	Volume Sedimen		Estimasi Yang Tertampung Di Upstream
	Echosounding (m <sup>3</sup> )	Inflow Sedimen (m <sup>3</sup> )	%
2001	585,560.00	1,092,648.28	(86.60)
2004	5,537,456.00	2,178,553.82	60.66
2005	5,833,196.00	3,263,923.60	44.05
2006	6,329,328.00	4,347,941.68	31.30
2007	6,951,927.00	5,430,817.16	21.88
2008	7,584,807.00	6,512,702.36	14.13
2009	7,913,899.00	7,593,713.14	4.05
2010	8,173,860.00	8,671,713.40	(6.09)
2011	8,480,809.00	9,751,231.31	(14.98)

Sumber: Hasil Perhitungan

**f. Estimasi Volume dan Laju Sedimentasi**

Data yang digunakan untuk estimasi volume dan laju sedimentasi ke depan adalah data dari pengukuran echosounding.

Tabel 9. Estimasi Volume dan Laju Sedimentaasi

Tahun	Tahun Operasi Th	Volume Sedimen 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Laju Sedimentasi 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1997	0	0	0
2001	4	0.59	0.15
2004	7	5.54	0.79
2005	8	5.83	0.73
2006	9	6.33	0.70
2007	10	6.95	0.70
2008	11	7.58	0.69
2009	12	7.91	0.66
2010	13	8.17	0.63
2011	14	8.48	0.61
2012	15	12.45	0.83
2013	16	16.74	1.05
2014	17	20.77	1.22
2015	18	24.57	1.37
2016	19	28.17	1.48
2017	20	31.58	1.58
2018	21	34.82	1.66
2019	22	37.92	1.72
2020	23	40.87	1.78
2021	24	43.70	1.82
2022	25	46.42	1.86
2023	26	49.02	1.89
2024	27	51.53	1.91
2025	28	53.95	1.93

Sumber: Hasil Perhitungan

**g. Usia Guna Waduk Bili-Bili**

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

Contoh Perhitungan:

Volume Tampungan Mati 1997

$$= 29.000.000,00 \text{ m}^3$$

Volume Sedimen *Echounding*

$$= 8.480.809,00 \text{ m}^3$$

Tahun operasi = 14 tahun

Laju Sedimentasi

$$= 8,480,809.00 \text{ m}^3 / 14 \text{ th}$$

$$= 605,772 \text{ m}^3 / \text{th}$$

Total Pengerukan eksisting

$$= 643.711 \text{ m}^3$$

Volume Tampungan Mati yang terisi

Sampai tahun 2015

$$= 605.772 \text{ m}^3 / \text{th} \times 18 \text{ tahun}$$

$$= 10.903.896 \text{ m}^3$$

Sisa Tampungan Mati

$$= 29,000,000.00 \text{ m}^3 - 10.903.896 \text{ m}^3 + 643.711 \text{ m}^3$$

$$= 18.739.815 \text{ m}^3$$

Sisa Usia Guna Waduk

$$= 18.739.815 \text{ m}^3 / 605.772 \text{ m}^3 / \text{th}$$

$$= 31 \text{ tahun}$$

**Tabel 10. Rekapitulasi Usia Guna Waduk**

Keterangan	Satuan	Sebelum Alternatif Pengerukan	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Volume Pengerukan	m <sup>3</sup>	-	82000	100000	150000	200000
Tahun terakhir	tahun	2046	2051	2052	2056	2061
Sisa Usia Guna (Mulai Penambahan Usia Guna	tahun	31	36	37	41	46
	tahun	0	5	6	10	15

Sumber: Hasil Perhitungan

**h. Analisis Ekonomi**

Arus Uang pada pengerukan sedimen Waduk Bili-Bili yang berupa arus uang keluar adalah pada pengerukan eksisting sebesar Rp. 2.435.400.000.,pengerukan alternatif 1 sebesar Rp 2.970.000.00.,alternatif 2 sebesar Rp 4.455.000.000 dan alternatif 3 sebesar Rp 5.940.000.000 sedangkan pada arus uang masuk yaitu berupa manfaat irigasi sebesar Rp. 30.379.100.000 dan manfaat PLTA sebesar Rp. 490.564.506,98 dan manfaat Air Baku sebesar Rp 1.419.120.000

**Tabel 11. Rekapitulasi Biaya Pengerukan**

Keterangan		Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Pengerukan	m <sup>3</sup>	82,000	100,000	150,000	200,000
Harga Satuan Pengerukan	Rp	29,700	29,700	29,700	29,700
Harga Satuan Spoil Bank	Rp	15,700	15,700	15,700	15,700
Biaya Pengerukan	Rp	2,435,400,000	2,970,000,000	4,455,000,000	5,940,000,000
Biaya Spoil Bank	Rp	1,287,400,000	1,570,000,000	2,355,000,000	3,140,000,000

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 12. Rekapitulasi Manfaat Ekonomi**

No	Uraian	Satuan	Jumlah
1	Manfaat Air Baku	Rp	1.419.120.000
2	Manfaat Irigasi	Rp	Rp. 30.379.100.000
3	Manfaat PLTA	Rp	490.564.506,98

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 13. Rekapitulasi Nilai B/C**

Suku Bunga	Nilai B/C			
	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
7	9.897	7.632	3.964	3.029
8	6.364	4.856	2.418	1.840
9	4.136	3.124	1.494	1.132
10	2.715	2.030	0.933	0.705
11	1.798	1.332	0.589	0.444
12	1.202	0.881	0.375	0.283
12.5	0.985	0.719	0.301	0.226

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 14. Rekapitulasi Nilai IRR**

Pengerukan	IRR
Eksisting	12.460
Alternatif 1	11.667
Alternatif 2	9.836
Alternatif 3	9.236

Sumber: Hasil Perhitungan

**i. Efektivitas Kegiatan Pengerukan**

Analisis efektivitas merupakan persentase efektivitas kegiatan pengerukan yang disimulasikan dalam berbagai alternatif, dalam penelitian ini analisis efektivitas ditinjau berdasarkan usia guna wadu. Tolak ukur yang digunakan dalam menentukan efektivitas adalah pengerukan eksisting, karena pengerukan eksisting merupakan gambaran dari kondisi pengerukan yang telah dilakukan selama ini.

Contoh Perhitungan:

Usia Guna Eksisting – Usia Guna Sebelum pengerukan

$$= 36 \text{ th} - 31 \text{ th} = 5 \text{ tahun}$$

Efektivitas Usia Guna

$$= 100 \% \times (5/31)$$

$$= 16 \%$$

Tabel 15. Analisis Efektivitas Pengerukan

Keterangan		Sebelum Alternatif Pengerukan	Eksisting	alternatif 1	alternatif 2	alternatif 3
Sisa Usia Guna Waduk	tahun	31	36	37	41	46
Usia Guna	tahun	0	5	6	10	15
Guna	%	0	16	19	32	48

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan analisis efektifitas, dapat diketahui bahwa alternatif 3 memiliki nilai efektifitas yang paling besar jika ditinjau dari usia guna waduknya, yaitu dapat meningkatkan usia guna waduk 48% lebih besar daripada alternatif yang lainnya.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan *echosounding* kondisi dasar Waduk Bili-Bili tahun 1999 - 2011 laju sedimentasi yang terjadi adalah sebesar 605.772 m<sup>3</sup> per tahun.
2. Berdasarkan hasil perhitungan, kondisi eksisting pengerukan dan kondisi alternatif pengerukan seperti berikut:
  - a. Alternatif pengerukan eksisting yaitu berdasarkan kondisi penanganan saat ini, dengan volume pengerukan 82.000 m<sup>3</sup> yang dilakukan tiap tahun, maka sisa usia guna waduk adalah 36 tahun.
  - b. Alternatif 1, direncanakan dengan volume pengerukan 100.000 m<sup>3</sup> yang dilakukan tiap tahun, maka sisa usia guna waduk adalah 37 tahun.
  - c. Alternatif 2, direncanakan dengan volume pengerukan 150.000 m<sup>3</sup> yang dilakukan tiap tahun, maka sisa usia guna waduk adalah 41 tahun.
  - d. Alternatif 3, direncanakan dengan volume pengerukan 200.000 m<sup>3</sup> yang dilakukan tiap tahun, maka sisa usia guna waduk adalah 46 tahun.
3. Manfaat yang diperoleh berasal dari Air Baku, PLTA, dan Irigasi, selanjutnya nilai manfaat tersebut dikaitkan dengan penambahan usia guna Waduk Bili-Bili yang diperoleh dari berbagai simulasi

alternatif dan diperoleh hasil sebagai berikut:

- a. Pengerukan eksisting usia guna waduk bertambah 5 tahun menjadi 36 tahun, Pada suku bunga 7% memiliki nilai B/C 9,879 dan nilai IRR sebesar 12,460
  - b. Pengerukan alternatif 1 usia guna waduk bertambah 6 tahun menjadi 37 tahun, pada suku bunga 7% memiliki nilai B/C 7,632 dan nilai IRR sebesar 11,667
  - c. Pengerukan alternatif 2 usia guna waduk bertambah 10 tahun menjadi 41 tahun, pada suku bunga 9% memiliki nilai B/C 1,494 dan memiliki nilai IRR sebesar 9,836
  - d. Pengerukan alternatif 3 usia guna waduk bertambah 15 tahun menjadi 46 tahun, pada suku bunga 9% memiliki nilai B/C 1,132 memiliki nilai IRR sebesar 9,236
4. Dari tiga alternatif yang telah dibuat maka dapat diketahui bahwa alternatif yang paling layak secara ekonomi adalah alternatif 1 yang memiliki nilai IRR 12,460 sedangkan alternatif yang paling efektif dilihat dari usia guna adalah alternatif 3, karena dapat meningkatkan usia guna waduk hingga 46 tahun dan presentase efektifitasnya adalah 48%.

## SARAN

Dari hasil pembahasan, maka beberapa saran yang dapat dilakukan untuk menindaklanjuti penelitian ini adalah:

- 1) Kegiatan pengerukan sedimen di muaramuara sungai perlu dilaksanakan secara rutin untuk pemeliharaan Waduk Bili-Bili, agar sedimen yang masuk ke Waduk Bili-Bili dapat berkurang.
- 2) Karena terbatasnya kapasitas dan lokasi spoilbank yang ada, maka perlu dilakukan penelitian tentang kualitas material hasil pengerukan, agar nantinya material dari hasil pengerukan dapat dimanfaatkan, sehingga *spoilbank* yang ada saat ini tetap dapat dipertahankan, dan selain itu akan dapat menambah nilai manfaat ekonominya.
- 3) Untuk penanganan selanjutnya perlu dilakukan penelitian tentang dampak teknis dari pengerukan sedimen, agar dapat diperoleh kegiatan pengerukan yang lebih tepat dan efektif.

Perlu adanya sosialisasi lebih baik dengan masyarakat di daerah hulu agar tidak melakukan kegiatan pertanian di daerah dengan kemiringan lahan curam, sehingga konservasi di daerah hulu dapat ditingkatkan dan erosi lahan berkurang.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Achsan. (2015). Analisis Kecenderungan Sedimentasi di Waduk Bili-Bili dalam Upaya Keberlanjutan Usia Guna Waduk, *Tesis*, Malang: Program Studi Magister Teknik Pengairan Malang. (Tidak untuk dipublikasikan).
- BBWS Pompengan Jeneberang. (2012). *Buku Pengukuran Echosounding*, Makassar: Tamalatte Press.
- Brune, G. M. (1993). *Trap Efficiency of Reservoirs, Transaction of The American Geophysical Union*, Vol. 34, No. 3, pp. 407-418.
- Google. (2016). *Bendungan Bili-Bili*. Diakses pada tanggal 6 Januari 2016) (<https://www.google.co.id/search?q=PLTA+waduk+bili-bili>)
- Rispiningtati. (2009). *Ekonomi Teknik*. Malang: CV.Asrori.
- Soewarno. (1991). *Hidrologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung : Nova