

TUGAS AKHIR
EVALUASI UMUR GUNA BENDUNGAN BATUJAI DENGAN METODE
KAPASITAS TAMPUNGAN MATI (DEAD STORAGE)

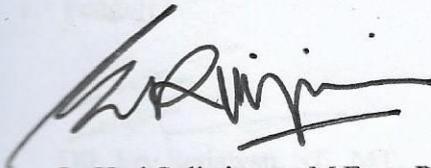
Oleh.

Mustamiuddin Rasyidi

F1A 012 106

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

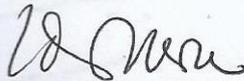
1. Pembimbing Utama



Ir. Heri Sulistiyono, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19651113 199403 1 001

Tanggal: Mei 2018

2. Pembimbing Pendamping



Humairo Saidah, ST., MT.
NIP.19720609 199703 2 001

Tanggal: Mei 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D.
NIP. 19740607 199802 1 001

Tugas Akhir

**EVALUASI UMUR GUNA BENDUNGAN BATUJAI DENGAN METODE
KAPASITAS TAMPUNGAN MATI (DEAD STORAGE)**

Oleh.

Mustamiuddin Rasyidi
F1A 012 106

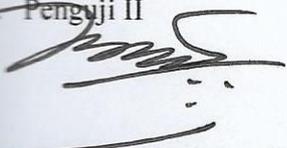
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 18 April 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji :

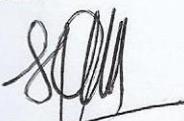
1. Penguji I


DR. Ery Setiawan, ST., MT.
NIP. 1971 1227 199903 1 003

2. Penguji II


M. Bagus Budiarto, ST., MT.
NIP. 1970 1206 199803 1 006

3. Penguji III


Syamsul Hidayat, ST., MT. WRM
NIP. 19750321 199903 1 002



Mataram, Mei 2018
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram

Akmaluddin, ST., MSc(Eng)., Ph.D.
NIP. 19681231 199412 1 001

EVALUASI SISA UMUR BENDUNGAN BATUJAI MENGGUNAKAN METODE KAPASITAS TAMPUNGAN MATI (*DEAD STORAGE*)

Mustamiuddin Rasyidi¹, Ir. Heri Sulistiyono, M.Eng., Ph.D.², Humairo Saidah, ST., MT²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Bendungan Batujai yang terletak di kabupaten Lombok Tengah merupakan bangunan air yang manfaatnya sangat dirasakan oleh masyarakat Lombok Tengah sebagai tempat penyimpanan air untuk irigasi, pembangkit listrik, mata pencaharian nelayan, pariwisata dan sebagainya. Namun adanya sedimentasi pada bendungan Batujai dapat mempengaruhi kapasitas tampungan serta umur bendungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sisa umur guna bendungan Batujai untuk mengetahui volume sedimentasi, perubahan kapasitas tampungan dan sisa umur bendungan Batujai di masa yang akan datang akibat sedimentasi sehingga dapat memberikan informasi bagi pihak terkait dalam usaha pemeliharaan pengelolaan bendungan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Metode Kapasitas Tampungan Mati (*Dead Storage*) yang memperkirakan umur bendungan berdasarkan besarnya sedimen yang mengendap pada tampungan bendungan pada berbagai umur bendungan diantaranya umur 35 tahun dan umur 50 tahun dengan menggunakan data perencanaan tahun 1982, data pengukuran sedimen tahun 2005, 2015 dan 2017.

Berdasarkan data teknis bendungan Batujai, besar kapasitas tampungan mati bendungan Batujai adalah 1.400.000 m³. Hasil pengukuran sedimen yang mengendap pada bendungan Batujai tahun 2005 (umur 23 tahun) adalah sebesar 1.200.000 m³, sedangkan hasil pengukuran pada tahun 2017 (umur 35 tahun) adalah sebesar 1.279.600 m³. Perkiraan jumlah sedimen bendungan Batujai menggunakan *Dead Storage Method* pada tahun 2027 (umur 45 tahun) adalah sebesar 1.409.705 m³ dan pada tahun 2032 (umur 50 tahun) adalah sebesar 1.669.765 m³. Berdasarkan hasil analisis perkiraan usia guna bendungan Batujai dengan menggunakan metode kapasitas tampungan mati akan penuh pada tahun 2022 dengan tangkapan sedimen sebesar 1.409.655 m³.

Kata kunci : Sedimentasi, *dead storage*, laju sedimen, umur guna bendungan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Berdasarkan data Kementerian Pekerjaan Umum (2013), Bendungan Batujai merupakan salah satu realisasi dari pemanfaatan potensi air yang tersedia, yaitu potensi DAS Dodokan. Bendungan Batujai merupakan bendungan multifungsi yang dimanfaatkan untuk irigasi seluas 3.000 ha,

pembangkit listrik *microhydro* dengan daya maksimum terpasang sebesar 150 KW, pengendali banjir, penyedia air baku dan pariwisata di Daerah Praya Kabupaten Lombok Tengah.

Bendungan harus dioperasikan sesuai dengan fungsinya berdasarkan pedoman yang telah disusun pada saat pembangunan. Sesuai dengan umur bendungan, volume tampungan bendungan dapat berkurang dikarenakan adanya

sedimentasi pada daerah genangan. Apabila perubahan volume bendungan cukup besar maka pola operasi bendungan perlu dievaluasi kembali dan hal ini akan berpengaruh terhadap fungsi bendungan tersebut. (Anonim, 2009)

Salah satu bendungan yang bermasalah dengan sedimentasi adalah bendungan Batujai. Berdasarkan hasil pengukuran *echo-sounding* yang dilakukan oleh kantor Operasi dan Pemeliharaan dua (OP II) Praya tahun 2017 kedalaman sedimen dari elevasi muka intake mencapai 1 meter. Ini menunjukkan kapasitas tampungan bendungan Batujai sudah sangat minim.

Mengingat sangat pentingnya peran bendungan Batujai, maka sangat diperlukan studi yang mengkaji tentang sejauh mana laju sedimentasi yang terjadi di bendungan Batujai dan besarnya kapasitas tampungan mati bendungan Batujai yang masih tersedia.

Terkait dengan permasalahan di atas, maka peneliti mengambil judul penelitian “**Evaluasi Sisa Umur Guna Bendungan Batujai Menggunakan Metode Kapasitas Tampungan Mati (Dead Storage)**” sebagai upaya untuk mengetahui perubahan kapasitas tampungan akibat sedimentasi dan memprediksi umur guna Bendungan Batujai.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa besar volume sedimentasi yang terjadi di Bendungan Batujai sampai tahun 2017 berdasarkan metode *dead storage*?
2. Berapa perubahan kapasitas tampungan yang terjadi di Bendungan Batujai akibat terjadinya proses sedimentasi sampai dengan tahun 2017?

3. Berapa sisa umur guna Bendungan Batujai berdasarkan metode *dead storage*?
4. Bagaimana perbandingan hasil hitungan sisa umur guna bendungan Batujai menggunakan metode *dead storage* dan prediksi berdasarkan hasil penukuran ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun hal-hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Laju sedimen diasumsikan tetap setiap tahunnya.
2. Data yang digunakan adalah data sekunder dari hasil pengukuran dinas PU dan dari studi terdahulu.
3. Perhitungan hanya difokuskan pada analisis volume sedimen.
4. Metode yang digunakan untuk memprediksi sisa umur guna Bendungan Batujai adalah Kapasitas Tampungan Mati (*dead storage*).

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui volume sedimentasi yang mengendap di Bendungan Batujai tahun 2017 dengan metode *dead storage*.
2. Untuk mengetahui perubahan kapasitas tampungan yang terjadi di Bendungan Batujai akibat terjadinya proses sedimentasi sampai dengan tahun 2017.
3. Untuk mengetahui sisa umur guna Bendungan Batujai dengan metode *dead storage* akibat terjadinya peningkatan sedimentasi.
4. Untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan sisa umur guna bendungan Batujai menggunakan metode *dead storage* dan prediksi berdasarkan hasil pengukuran.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai referensi bagi mahasiswa dalam penelitian-penelitian sejenis.

2. Dapat menjadi salah satu referensi bagi instansi terkait dalam usaha pengelolaan dan pemeliharaan Bendungan Batujai.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material atau kelanjutan dari peristiwa erosi atau terkikisnya permukaan tanah akibat air hujan. Tanah tersebut mengalir melalui cekungan-cekungan, saluran-saluran air kemudian masuk ke sungai. Sungai selain berfungsi sebagai sarana mengalirkan air juga berfungsi sebagai sarana pengangkut material yang berupa sedimen (Qohar, 2002).

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai dan bendungan. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung di dalam bendungan atau waduk (Asdak, 2010).

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Sedimentasi

Sedimen yang sering dijumpai di dalam sungai, baik terlarut atau tidak terlarut merupakan produk dari pelapukan batuan induk yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama perubahan iklim. Hasil pelapukan batuan induk tersebut kita kenal sebagai partikel-partikel tanah. Pengaruh tenaga kinetis air hujan dan aliran air permukaan (untuk kasus di daerah tropis), partikel-partikel tanah tersebut dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah untuk kemudian masuk ke dalam sungai dan dikenal sebagai sedimen. Oleh adanya transpor sedimen

dari tempat yang lebih tinggi ke daerah hilir dapat menyebabkan pendangkalan waduk, sungai, saluran irigasi, dan terbentuknya tanah-tanah baru di pinggir-pinggir sungai (Asdak, 2010).

Eksplorasi lahan secara besar-besaran yang dilakukan di daerah tangkapan air dan mengabaikan aspek konservasi lahan dapat menjadi penyebab terjadinya erosi tanah yang menjadi sumber material sedimen yang akhirnya akan terbawa oleh aliran air sampai di suatu lokasi, sehingga terjadinya sedimentasi tidak sesuai dengan tata guna lahan yang seharusnya (Suripin, 2004). Adapun faktor yang mempengaruhi volume sedimen yang masuk ke bendungan di tinjau dari 2 (dua) aspek yaitu (Kironoto, 2003):

- a. Produksi sedimen dari lahan
- b. Transport sedimen pada alur sungai

2.2.2 Bendungan

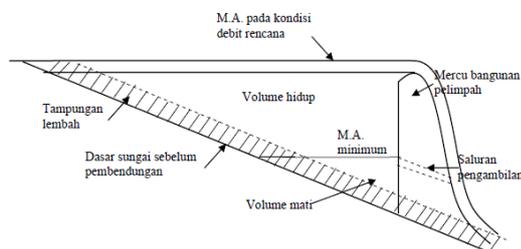
Bendungan merupakan suatu bangunan air yang dilengkapi dengan tampungan yang bisa dimanfaatkan baik itu bersifat *multi purpose* maupun *single purpose*. Suatu bendungan dibangun dengan cara menimbun bahan-bahan seperti batu, krakal, kerikil, pasir dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi sebagai pengangkat permukaan air yang terdapat didalam waduk di hulu disebut bendungan tipe urugan. Berdasarkan ukuran butiran dari bahan timbunan yang digunakan secara umum dapat dibedakan menjadi dua tipe bendungan urugan yaitu bendungan urugan batu (*rock fill dam*) dan bendungan urugan tanah (*earth fill dam*). Selain kedua jenis tersebut terdapat pula bendungan urugan campuran, terdiri dari timbunan batu dibagian hilirnya yang berfungsi sebagai penyangga sedangkan bagian udiknya terdiri dari timbunan tanah yang juga berfungsi sebagai penyangga tambahan serta tirai kedap air (Sosrodarsono, 2002).

Menurut Kasiro *et al.*,(2003), kapasitas bendungan secara umum dibedakan menjadi tiga yaitu:

- a. Kapasitas Mati (*Dead Storage*)

- b. Kapasitas pelayanan (*Active Storage*)
- c. Kapasitas total

Keandalan suatu bendungan didefinisikan oleh Linsley (2005) sebagai besarnya peluang bahwa bendungan tersebut mampu memenuhi kebutuhan yang direncanakan sesuai dengan usia layannya tanpa adanya kekurangan. Usia layan bendungan dapat diperhitungkan dengan menetapkan seluruh jumlah waktu yang diperlukan oleh sedimen untuk mengisi volume tampungan matinya. Volume mati bersama-sama dengan volume hidup, tinggi muka air minimum, tinggi mercu pelimpah, dan tinggi muka air maksimum merupakan bagian-bagian pokok karakter fisik suatu bendungan yang akan membentuk zona-zona volume suatu bendungan seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Zona-zona Volume Suatu Bendungan
(Sumber : Widalia, 2014)

Seiring berjalannya waktu pengoperasian bendungan, terjadi sedimentasi di area genangan sehingga menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan. Deskripsi berkurangnya kapasitas bendungan ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Endapan tersebut terdiri dari empat lapisan yaitu:

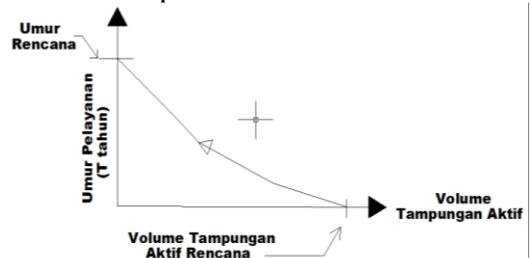
- a. *Top set beds*
- b. *Fore set beds*
- c. *Bottom sed beds dan*
- d. *Densiti current sed beds*

(Sumber : Mays et al.,2004)

Top sed beds dan *fore set beds* adalah yang disebut “delta “ dan dibentuk oleh partikel yang relatif kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai. Di antara lapisan tersebut, *fore sed beds* dibentuk oleh *bed load* yang diendapkan tepat

setelah bagian hilir dari bagian atas delta dan pengendapan dari pada *suspended load* dan *wash load*. Keadaan slopenya relatif curam. *Bottom set beds*, adalah bagian endapan dari *suspended load* dan *wash load*. *Density current sed beds*, adalah lapisan dengan partikel-partikel halus yang diangkat sepanjang dasar sungai dan di endapkan dekat bendungan.

Umur pelayanan bendungan merupakan fungsi dari volume tampungan aktif (Ilyas et al., dalam Kurnia, 2015). Semakin menyusut volume tampungan aktif menandakan semakin pendek umur pelayanan bendungan. Penyusutan volume tampungan aktif lebih banyak disebabkan karena bertambahnya volume sedimen yang masuk ke dalam bendungan. Hubungan antara umur pelayanan dengan volume tampungan aktif dalam m^3 dapat digambarkan pada Gambar 2.5. Pada awal umur pelayanan diperoleh volume tampungan aktif rencana, saat tampungan aktif habis didapat umur rencana waduk.



Gambar 2.4 Hubungan antara Umur Pelayanan dan Volume Tampungan Aktif
(Sumber : Mays et al., 2004)

2.2.3 Perkiraan Usia Guna (*Useful Life*) Bendungan berdasarkan kapasitas tampungan mati (*dead storage*)

Perhitungan ini berdasarkan pada berapa waktu yang dibutuhkan oleh sedimen untuk mengisi kapasitas tampungan mati. Dengan diketahui besarnya kapasitas tampungan mati dan besarnya kecepatan laju sedimen yang mengendap, maka akan diketahui waktu yang dibutuhkan sedimen untuk mengisi pada daerah tampungan mati. Semakin bertambah umur maka semakin berkurang kapasitas tampungan matinya, yang

kemudian akan mengganggu pelaksanaan operasional bendungan. Sehingga hal ini merupakan acuan untuk memprediksikan kapan kapasitas tampungan mati tersebut akan penuh. Sisa umur bendungan dihitung melalui besarnya rata-rata masukan sedimen ke bendungan dikurangi pengeluaran sedimen dalam satu tahun, kemudian dikalikan jumlah tahun operasi bendungan sehingga diketahui volume *sediment yield* saat ini. Setelah itu hubungkan dengan rencana umur bendungan yang diperkirakan ketika akan membangun bendungan. Dari hasil perhitungan data-data itu kita akan memperoleh perkiraan sisa umur bendungan dengan mengetahui besar kapasitas volume tampungan mati bendungan dengan volume sedimen yang masuk ke tampungan mati bendungan dalam satu tahun.

Secara umum pada sebuah waduk sudah ditentukan daerah tampungan sedimen dengan volume tertentu. Hal utama yang berkaitan dengan pengendapan sedimen pada bendungan adalah berat volume kering (*unit dry weight*) dan *trap efficiency* (Qohar, 2002). Berat volume kering merupakan massa sedimen kering dalam satuan volume.

Distribusi endapan sedimen di dalam bendungan dipengaruhi oleh beberapa faktor :

1. Cara pengoperasian waduk
2. Tekstur atau ukuran partikel sedimen
3. Bentuk bendungan
4. Volume sedimen yang diendapkan di dalam bendungan

Dari empat faktor di atas, faktor bentuk bendungan dianggap sebagai faktor yang paling penting dalam menentukan distribusi endapan sedimen dalam bendungan. Bentuk bendungan ditetapkan berdasarkan hubungan antara parameter *m* seperti diperlihatkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi bendungan berdasarkan nilai *m*

Tipe Waduk	Klasifikasi	<i>m</i>
1	Lake	3,5 – 4,5
2	Flood plain foot hill	2,5 – 3,5
3	Hill	1,5 – 2,5
4	Normally Empty	1,0 – 1,5

Sumber : Borland and Miller (1953) dalam USBR (1973)

Setelah nilai *m* didapat maka selanjutnya akan digunakan untuk menentukan klasifikasi waduk yang akan digunakan untuk memperoleh besarnya nilai berat volume dan konstanta dalam perhitungan berat volume kering.

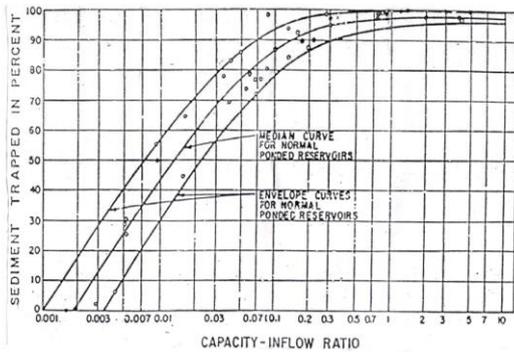
Perhitungan sedimen pada waduk dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut :

1. Efisiensi tangkapan sedimen (*trap efficiency*)

Jumlah sedimen yang tertahan atau mengendap di dalam bendungan dapat dihitung dengan mencari *trap efficiency* yang didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah sedimen yang mengendap di bendungan dengan total angkutan sedimen yang masuk ke dalam bendungan (Brune (1953) dalam USBR (1973)). Dalam menggunakan metode ini dapat diperkirakan besarnya *trap efficiency* secara empiris didasarkan pada pengukuran endapan sedimen di beberapa bendungan besar (Gunner, Brume 1953), bahwa besarnya *trap efficiency* tergantung dari perbandingan antara kapasitas tampang bendungan dan jumlah air yang masuk ke bendungan dalam satu tahun.

Dalam menentukan besarnya *trap efficiency* terlebih dahulu ditentukan perbandingan antara kapasitas tampungan dengan inflow aliran tahunan. Setelah diperoleh nilai perbandingan antara *C/L*, maka besarnya *trap efficiency* dapat dicari dengan menggunakan grafik (Brune, 1953), hubungan

antara *ratio of reservoir capacity to annual inflow* (sumbu x) dengan *sediment trapped percent* (sumbu y), dapat dilihat pada gambar 2.6. Nilai *trap efficiency* akan berkurang sejalan dengan operasional bendungan karena kapasitas bendungan akan terus berkurang akibat sedimen.



Gambar 2.5 Grafik *Trap Efficiency-Ratio of capacity to annual inflow*

2. Berat Volume Kering

Banyaknya angkutan sedimen yang masuk ke dalam waduk yang dinyatakan dalam satuan waktu dikonversikan ke dalam satuan volume per-satuan waktu. Berat volume sendiri adalah massa sedimen yang kering dalam satuan volume. Menurut Lane dan Kozler (1946) dalam USBR (1973) bahwa jenis dari pengoperasian waduk diklarifikasikan pada tabel 2.2.

Menurut Miller (USBR, 1973) bahwa suatu rumus integral pendekatan pada persamaan 2.1 untuk menentukan berat volume kering rata-rata dari semua sedimen yang mengendap di dalam waduk selama T tahun beroperasi dapat ditentukan sebagai berikut :

$$WT = W_1 + 0,4343 K_1 \left\{ \frac{T}{T-1} (LnT) - 1 \right\}$$

2.1

Keterangan :

WT = berat volume kering rata-rata setelah T tahun operasi waduk (kg/m^3)

W_1 = berat volume kering awal (kg/m^3)

K_1 = konstanta yang tergantung pada operasi waduk dan jenis material sedimen

$$= K_c P_c + K_m P_m + K_s P_s$$

K_c, K_m, K_s = konstanta konsolidasi lempung, lumpur, pasir

P_c, P_m, P_s = Persentase lempung, lumpur, pasir

Nilai K_c, K_m, K_s untuk masing-masing tipe waduk dapat dilihat dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Koefisien K_1 untuk berbagai tipe waduk

Tipe Waduk	K_c	K_m	K_s
1	256	91	0
2	135	29	0
3	0	0	0

Sumber : Miller (1953) dalam USBR (1973)

Berat volume kering awal menurut Lara dan Pemberton dalam (Malik, D.J, 2006) dapat diestimasi dengan persamaan :

$$K_1 = K_c P_c + K_m P_m + K_s P_s$$

Keterangan :

W_1 = berat kering mula-mula setelah 1 tahun konsolidai (kg/m^3)

P_c, P_m, P_s = Persentase lempung ($<0,005$ mm), lumpur ($0,005 - 0,0625$), pasir ($0,0625-2,00$ mm)

W_c, W_m, W_s = konstanta berat volume kering untuk lempung, lumpur, dan pasir yang nilainya tergantung dari bentuk waduk yang nilainya seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Koefisien Untuk Penentuan Berat Volume Kering

Tipe Waduk	W_c	W_m	W_s
1	416	1120	1550
2	561	1140	1550
3	641	1150	1550
4	961	1170	1550

Sumber : Lara Pemberton (1965) dalam USBR (1973)

Besarnya nilai WT pada persamaan 2.2 di atas digunakan untuk mengkonversikan berat sedimen ke dalam sedimen setelah waktu T tahun. Sedangkan menurut Strand (1974) dalam USBR menyatakan bahwa dalam menentukan berat volume kering rata-rata semua sedimen yang mengendap dalam waduk

selama waktu T tahun menggunakan persamaan berikut :

$$WT = W_1 + 06,9566 K_2 \left\{ \frac{T}{T_1} (\ln T) - 1 \right\}$$

2.2

Keterangan :

WT = berat volume kering rata-rata setelah T tahun operasi waduk (kg/m^3)

W1 = berat volume kering awal (kg/m^3)

K2 = konstanta yang tergantung pada operasi waduk dan jenis material sedimen
 $= K_c P_c + K_m P_m + K_s P_s$

Tabel 2.5 Koefisien K2 untuk berbagai tipe waduk

Tipe Waduk	Kc	Km	Ks
1	16	5,7	0
2	8,4	1,8	0
3	0	0	0

Sumber : Strand (1973) dalam USBR (1973)

Strand dalam (Dicky, J.M. 2006) juga menentukan berat volume kering awal dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W1 = 16,01794 (y_c * P_c + y_m * P_m + y_s * P_s)$$

Keterangan :

W1 = berat volume kering awal (kg/m^3)

Pc = Persentase lempung ($<0,004 \text{ mm}$)

Pm = Persentase lumpur ($0,004 - 0,0625 \text{ mm}$)

Ps = Persentase pasir ($0,0625 - 2,00 \text{ mm}$)

yc = konstanta berat volume kering untuk lempung

ym = konstanta berat volume kering untuk lumpur

ys = konstanta berat volume kering untuk pasir

Tabel 2.6 Koefisien untuk penentuan berat volume kering

Tipe Waduk	yc	ym	ys
1	26	70	97
2	35	71	97
3	40	72	97
4	60	73	97

Sumber : Strand dalam USBR (1973)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di kawasan Bendungan Batujai. Bendungan Batujai selesai dibangun pada tahun 1982 di aliran sungai Penujak yang memiliki daerah aliran sungai seluas 169 km^2 dan secara administrasi terletak di Desa Batujai, Kecamatan Praya Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Adapun lokasi Bendungan Batujai dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Bendungan Batujai

(Sumber : Dinas Kimprawil, 2015)

3.2 Pengumpulan Data

Salah satu aspek yang sangat penting dalam melakukan analisis adalah ketersediaan data. Secara umum, pengumpulan data dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung pada tahap pekerjaan, yang meliputi hasil pengamatan, pencatatan, pengukuran dan wawancara langsung pada sumber-sumber yang relevan dan data sekunder adalah segala informasi yang diperoleh secara tidak langsung atau diperoleh dari pihak lain. Data sekunder dapat berupa catatan, hasil pengukuran, hasil analisis yang diperoleh oleh suatu instansi atau tim studi, juga buku-buku laporan proyek dan peraturan kebijaksanaan daerah. Realisasi untuk mendapatkan data tersebut adalah melalui survei/pengukuran lapangan. Pada penelitian ini data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data

primer meliputi data hasil wawancara dan data hasil pengamatan di lapangan. Sedangkan data sekunder meliputi data yang diperoleh dari instansi/pihak terkait khususnya BWS NT 1 dan kantor OP II Praya.

3.3 Pengolahan Data

Hasil yang diperoleh pada pengolahan data yang ada adalah keluaran berupa perubahan luas dan kapasitas bendungan akibat endapan sedimen setelah T tahun dan perkiraan umur bendungan. Untuk itu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Perkiraan volume sedimen
Data yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini untuk menentukan besarnya volume sedimen dengan cara pengukuran langsung dengan *echo-sounding* tahun 2017 yang dilakukann oleh kantor operzasional dan pemeliharaan II Praya.
- b. Penentuan tipe bendungan
Data kapasitas bendungan pada tahun 2017 digunakan untuk menentukan tipe bendungan yang diklasifikasikan menurut Borland dan Miller (USBR dalam Widalia, 2014). Langkah perhitungannya yaitu data hubungan elevasi dengan volume bendungan pada tahun 2015 diplotkan pada grafik logaritmik sehingga membentuk kemiringan (*slope*) dengan suatu persamaan *linier* yang menunjukkan nilai sebagai parameter m berdasarkan Tabel 2.2.
- c. Perkiraan luas dan kapasitas tampungan bendungan setelah T tahun beroperasi berdasarkan *dead storage method*.

Perkiraan dengan menggunakan metode *dead storage* ini didasarkan pada penentuan tipe waduk kemudian berat volume keringnya dianalisis berdasarkan formula Miller (1953) dalam USBR (1973) pada Persamaan 2.1., dan Strand (1974) pada Persamaan 2.2

setelah pengolahan data persentase *bed load material*.

Perkiraan umur layanan waduk ini menggunakan berat volume kering yang terbesar berdasarkan analisis kedua formula tersebut, selanjutnya dengan laju sedimen dianggap tetap dan akumulasi pengurangan (sisa) kapasitas waduk dari awal tahun 1982 sampai memenuhi kapasitas tampungan mati (*dead storage*).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Inflow Aliran Tahunan

Data inflow tahunan didapat langsung dari kantor O&P II Praya. Berikut disajikan contoh data inflow bendungan Batujai tahun 2016.

Tabel 4.1 Rekap Inflow Tahunan Bendungan Batujai Tahun 1982-2017

Tahun	Inflow (m ³ /tahun)	Tahun	Inflow (m ³ /tahun)
1982	79,339,608	2000	410,289,452
1983	78,852,954	2001	137,574,271
1984	224,202,962	2002	109,437,737
1985	140,760,726	2003	157,097,340
1986	-	2004	94,056,241
1987	40,611,948	2005	107,961,219
1988	-	2006	126,826,707
1989	104,518,724	2007	102,146,355
1990	136,632,937	2008	156,814,487
1991	71,642,414	2009	156,523,881
1992	42,455,440	2010	299,035,078
1993	119,143,419	2011	130,690,264
1994	179,813,745	2012	186,127,791
1995	-	2013	137,176,203
1996	140,480,902	2014	103,193,730.60
1997	159,063,840	2015	104,465,172.00
1998	179,020,720	2016	390.045.201
1999	296,749,982	2017	356,581,401

(Sumber: Kantor OP II Praya, 2017)

Dari data di atas, didapatkan data inflow total dalam satu tahun pada tahun 2017 sebesar 356.581.401,00 m³. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2 Lengkung Kapasitas Bendungan

Berdasarkan data hubungan antara elevasi, kapasitas dan luas genangan Bendungan Batujai pada tahun 1982 (data awal) sampai dengan tahun 2017 (selama bendungan beroperasi) terjadi perubahan kapasitas dari tampungan bendungan Batujai. Hal tersebut menunjukkan adanya pengurangan kapasitas karena proses sedimentasi.

Berdasarkan gambar 4.1 menjelaskan bahwa volume genangan bendungan Batujai semakin berkurang dari tahun ke tahun dikarenakan bertambahnya volume sedimen yang berpengaruh terhadap perubahan volume bendungan Batujai dari awal perencanaan pada tahun 1982 sampai tahun 2017.

4.3 Perhitungan Volume Endapan Sedimen di Dasar Bendungan

Besarnya volume sedimen pertahun dan sisa kapasitas tampungan mati yang masih tersedia digunakan sebagai acuan untuk memperkirakan umur bendungan dengan menggunakan metode *Dead Storage*.

Adapun perhitungan besarnya volume endapan sedimen selama umur rencana sebagai berikut.

Data teknis bendungan :

Kapasitas *dead storage*
 $= 1.400.000 \text{ m}^3$

Volume sedimen pada tahun 2005
 $= 1.200.000 \text{ m}^3$ (berdasarkan hasil pengukuran *echo-sounding*)

Kapasitas *dead storage* yang tersisa tahun 2005.

$=$ Kapasitas tampunagn mati awal-volume sedimen
 $= 1.400.000 - 1.200.000$
 $= 200.000 \text{ m}^3$

Kapasitas *dead storage* yang tersisa pada tahun 2017 (hasil *echo-sounding*)
 $= 120.400 \text{ m}^3$ (pada elevasi +87.00)

a) Volume sedimen selama 35 tahun :

$V =$ Volume tampungan tahun 1982–volume tampungan tahun 2017

$$V = 1.400.000 - 120.400$$

$$V = 1.279.600 \text{ m}^3$$

b) Pertambahan volume sedimen dari hasil pengukuran *echo-sounding* tahun 2005 dan 2017 pada tampungan mati.

$V =$ Volume sedimen tahun 2017–volume sedimen tahun 2005

$$V = 1.279.600 - 1.200.000$$

$$V = 79.600 \text{ m}^3$$

c) Debit sedimen pertahun :

Volume sedimen selama 35 tahun /

35

$$Q = \frac{1.279.600}{35} = 36.560 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

4.5 Menghitung kapasitas Rasio Inflow tahunan

Kapasitas Rasio inflow adalah perbandingan antara kapsitas (C) dengan inflow aliran (I) yang selanjutnya nilai tersebut akan digunakan dalam menentukan besarnya nilai sedimen yang terperangkap pada tampungan mati bendungan dengan menggunakan grafik Gunner Brune yang dapat dilihat pada gambar 2.7. Kapasitas tampungan mati yang digunakan sebesar $1.400.000 \text{ m}^3$ pada tahun 1982 dan $1.279.600 \text{ m}^3$ pada tahun 2017 yang dapat dilihat dari data lengkung kapasitas bendungan Batujai pada gambar 4.1.

Tahun 1982

$$= \frac{\text{Kapasitas tampungan (C)}}{\text{Inflow aliran (I)}}$$

$$= \frac{1.400.000}{79.339.608,00}$$

$$= 0,0176$$

Tahun 2017

$$= \frac{\text{Kapasitas tampungan (C)}}{\text{Inflow aliran (I)}}$$

$$= \frac{1.200.000}{356.581.401}$$

$$= 0,0003$$

Rata-rata inflow tahunan (C/I)

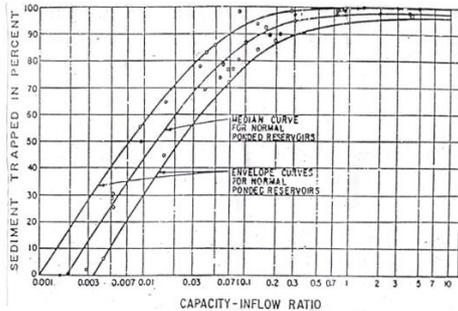
$$= \frac{\text{Tahun 1982} + \text{Tahun 2017}}{2}$$

$$= \frac{0,0176 + 0,0003}{2}$$

$$=$$

= 0,0090

Berdasarkan hasil perhitungan volume endapan sedimen selama 35 tahun yaitu mulai dari data kapasitas awal bendungan tahun 1982 sampai dengan data kapasitas bendungan tahun 2017 diperoleh volume endapan sedimen sebesar 1.279.600 m³ dengan volume endapan pertahun sebesar 36.560 m³.



Gambar 4.2 Grafik Trap Efficiency Bendungan Batujai

Dengan memasukkan nilai perbandingan C/I pada grafik Gunner Brune, maka diperoleh nilai sedimen yang terperangkap sebesar 83%. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa sedimen yang masuk kedalam tampungan bendungan sebesar 83% dari sedimen yang dibawa oleh aliran sungai.

4.6 Menentukan Klasifikasi Tipe Bendungan

Penentuan klasifikasi tipe bendungan dapat ditentukan dengan membuat hubungan antara kapasitas dengan kedalaman bendungan dengan persamaan linier. Persamaan tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai slope (*m*) sehingga dapat ditentukan klasifikasi bendungan tersebut berdasarkan nilai (*m*) pada tabel 2.1.

Data yang digunakan adalah perbandingan antara volume kumulatif dengan elevasi hasil pengukuran pada tahun 2017.

Tabel 4.6 Data elevasi dan kapasitas tampungan bendungan Batujai tahun 2017

NO	ELEVASI. (m)	KAPASITAS TAMPUNGAN (10 ⁶ . m ³)
	Y	x
1	84,74	0.000
2	85,00	0.0003
3	85,50	0.0059
4	86,00	0.0198
5	86,50	0.0500
6	87,00	0.1204
7	87,50	0.2903
8	88,00	0.6865
9	88,50	1.3834
10	89,00	1.9889
11	89,50	3.0371
12	90,00	4.6812
13	90,50	6.6291
14	91,00	9.1109
15	91,50	12.6774

Penentuan klasifikasi bendungan Batujai berdasarkan dengan nilai slope (*m*) ditentukan sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Kapasitas dengan Kedalaman Bendungan Batujai

Penentuan klasifikasi bendungan dapat ditentukan dengan membuat hubungan antara kapasitas dengan kedalaman Bendungan Batujai yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 dengan

persamaan yang dibentuk oleh garis regresi yaitu $y = 1,799x + 85,82$ yang merupakan persamaan linear, dimana pada persamaan tersebut didapatkan nilai *slope* (m) sebesar 1,799, dimana berdasarkan Tabel 2.2 maka bendungan dengan *slope* (m) 1,799 termasuk tipe bendungan III yaitu *hill* (bukit) dengan nilai m diantara 1,5 - 2,5.

4.7 Menghitung Berat Volume Kering

Besarnya berat volume kering sedimen dipengaruhi oleh persentase bed material yang terdiri dari lempung (*clay*), lumpur (*mud*), dan pasir (*sand*) yang mengendap di dasar waduk. Besarnya berat volume kering merupakan pengendapan sedimen akibat terjadinya konsolidasi dan pemadatan sedimen. Penentuan berat volume kering dapat diketahui seiring waktu yang bertambah dari umur operasional waduk. Nilai berat volume kering dapat diperoleh berdasarkan analisis berat volume kering dengan menggunakan formula Miller dan Strand. Untuk lebih jelasnya berikut perhitungan analisa berat volume kering.

Data-data yang dibutuhkan :

Tahun operasi bendungan

$$= 35 \text{ tahun}$$

Tahun perencanaan bendungan

$$= 50 \text{ tahun}$$

Konstanta berat volume lempung (W_c)

$$= 641 \text{ kg/m}^3$$

Konstanta berat volume kering lumpur (W_m)

$$= 1150 \text{ kg/m}^3$$

Konstanta berat volume kering pasir (W_s)

$$= 1550 \text{ kg/m}^3$$

Konstanta berat volume kering lumpur (γ_m)

$$= 72 \text{ kg/m}^3$$

Konstanta berat volume kering lempung (γ_c)

$$= 40 \text{ kg/m}^3$$

Konstanta berat volume kering pasir (γ_s)

$$= 97 \text{ kg/m}^3$$

Persentase lempung (P_c)

$$= 60\%$$

Persentase lumpur (P_m)

$$= 25\%$$

Persentase pasir (P_s)

$$= 15\%$$

Nilai K1

Konstanta konsolidasi pasir (K_s)

$$= 0$$

Konstanta konsolidasi lempung (K_c)

$$= 0$$

Konstanta konsolidasi lumpur (K_m)

$$= 0$$

Nilai K2

Konstanta konsolidasi pasir (K_s)

$$= 0$$

Konstanta konsolidasi lempung (K_c)

$$= 0$$

Konstanta konsolidasi lumpur (K_m)

$$= 0$$

Keterangan :

Untuk nilai W_c , W_m , dan W_s dapat dilihat pada tabel 2.4 sesuai dengan klasifikasi tipe bendungan.

Untuk nilai K1 (K_c , K_m , dan K_s) dapat dilihat pada tabel 2.3 sesuai dengan klasifikasi tipe bendungan

Untuk nilai K2 (K_s , K_c , K_m) dapat dilihat pada tabel 2.5 sesuai dengan klasifikasi tipe bendungan

Untuk nilai γ_c , γ_m , dan γ_s dapat dilihat pada tabel 2.6 sesuai dengan klasifikasi tipe bendungan.

Untuk nilai P_c , P_s , dan P_m didapatkan dari data hasil pengujian persentase sedimen yang dilakukan oleh kantor operasi dan pemeliharaan II Praya.

Nilai persentase *clay*, *silt*, dan *sand*

a. Clay = 60%

b. Silt = 85%-60%

$$= 25\%$$

c. Sand = 100%-85%

$$= 15\%$$

Total = 100%

(Sumber : Kantor OP II Praya)

4.7.1 Penentuan Berat Volume kering menurut Miller

a. Menentukan berat volume kering awal ($W1$)

$$W1 = W_c.P_c + W_m.P_m + W_s.P_s$$

$$= 641 \times 0,6 + 1150 \times 0,25 +$$

$$1550 \times 0,15$$

$$= 1082,75 \text{ kg/m}^3$$

b. Menentukan faktor K1

$$\begin{aligned}
 K1 &= K_c.P_c + K_m.P_m + K_s.P_s \\
 &= 0 \times 0,6 + 0 \times 0,25 + 0 \times \\
 0,15 & \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

c. Menghitung berat volume kering rata-rata

$$\begin{aligned}
 &\text{Untuk } T = 35 \text{ tahun} \\
 WT &= W_1 + 0,4343 K_1 \\
 &\left\{ \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1 \right\} \\
 WT &= 1082,75 + 0,4343 \times 0 \\
 &\left\{ \frac{35}{35-1} (\ln 35) - 1 \right\} \\
 WT &= 1082,75 \text{ kg/m}^3 \\
 &\text{Untuk } T = 50 \text{ tahun} \\
 WT &= W_1 + 0,4343 K_1 \\
 &\left\{ \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1 \right\} \\
 WT &= 1082,75 + 0,4343 \times 0 \\
 &\left\{ \frac{50}{50-1} (\ln 50) - 1 \right\} \\
 WT &= 1082,75 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

4.7.2 Penentuan berat volume kering menurut Strand

a. Menentukan berat volume kering awal (W1)

$$\begin{aligned}
 W1 &= 16,01794 \times (\gamma_c.P_c + \gamma_m.P_m \\
 &+ \gamma_s.P_s) \\
 &= 16,01794 \times (40 \times 0,6 + 72 \\
 &\times 0,25 + 97 \times 0,15) \\
 &= 1085,2154 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Menentukan faktor K2

$$\begin{aligned}
 K2 &= K_c.P_c + K_m.P_m + K_s.P_s \\
 &= 0 \times 0,6 + 0 \times 0,25 + 0 \times \\
 0,15 & \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

c. Menghitung berat volume rata-rata

$$\begin{aligned}
 &\text{Untuk } T = 23 \text{ tahun} \\
 WT &= W_1 + 6,9566 K_2 \\
 &\left\{ \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1 \right\} \\
 WT &= 1085,22 + 6,9566 \times 0 \\
 &\left\{ \frac{35}{35-1} (\ln 35) - 1 \right\} \\
 WT &= 1085,22 \text{ kg/m}^3 \\
 &\text{Untuk } T = 50 \text{ tahun} \\
 WT &= W_1 + 6,9566 K_2 \\
 &\left\{ \frac{T}{T-1} (\ln T) - 1 \right\} \\
 WT &= 1085,22 + 6,9566 \times 0 \\
 &\left\{ \frac{50}{50-1} (\ln 50) - 1 \right\} \\
 WT &= 1085,22 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Berikut ditabelkan hasil dari perhitungan berat volume kering menurut Miller dan Strand untuk waktu operasional waduk selama 35 tahun dan 50 tahun.

Tabel 4.7 Berat volume kering berdasarkan rumus Miller dan Strand

No.	Waktu T	WT Rumus Miller	WT Rumus Strand
	(tahun)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
1	35	1082,75	1085,22
2	50	1082,75	1085,22

Berdasarkan tabel di atas, digunakan T 35 tahun sebagai patokan lamanya operasional yang ditinjau. Sedangkan T 50 tahun merupakan umur rencana dari bendungan Batujai. Berdasarkan hasil analisa tersebut digunakan berat volume kering menurut Strand (1973) yaitu 1085,22 Kg/m³ untuk T 35 tahun dan T 50 tahun.

Berat volume kering yang digunakan adalah berat volume kering berdasarkan Strand karena memiliki nilai yang lebih besar yang akan menyebabkan asumsi pengendapan *bed load* akan semakin cepat, sehingga volume tampungan mati akan lebih cepat terisi sedimen.

4.8 Menghitung Sisa Umur Guna Bendungan

Untuk menentukan sisa umur guna bendungan Batujai maka terlebih dahulu ditentukan besarnya inflow sedimen pertahunnya. Kemudian untuk mendapatkan besarnya inflow sedimen tersebut maka berat sedimen dalam ton dikonversi terlebih dahulu menjadi satuan volume (m³) yaitu dengan cara membaginya dengan berat jenis sedimen tersebut. Berikut data berat jenis sedimen.

Berat jenis pasir = 1922 Kg/m³ = 1,92 t/m³
 Berat jenis lempung = 2000 Kg/m³ = 2 t/m³
 Berat jenis lumpur = 721 Kg/m³ = 0,72 t/m³

Kemudian berat jenis dari sedimen dikalikan dengan persentase kandungan sedimen pada bendungan Batujai.

$$\begin{aligned} \text{Clay} &= 60\% \times 2000 &= 1200 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Mud} &= 25\% \times 721 &= 180,5 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Sand} &= 15\% \times 1922 &= 288,3 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Total} &= 1668,55 \text{ kg/m}^3 &= 1,67 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Setelah itu dihitung besarnya inflow sedimen tahunan yang masuk ke dalam tampungan bendungan Batujai dari awal beroperasi tahun 1982 hingga tahun 2017.

a. Menghitung inflow sedimen tahunan

$$\begin{aligned} &= \text{Volume sedimen pertahun} \times \text{berat volume kering} \\ &= 36.560 \text{ m}^3 \times 1085,22 \text{ kg/m}^3 \\ &= 39.675.643 \text{ kg} \\ &= 39.675 \text{ ton} \end{aligned}$$

Laju sedimen pertahun dikalikan dengan berat volume kering menurut Strand untuk memperoleh besarnya volume sedimen yang mengendap dalam kondisi telah terpadatkan selama bendungan beroperasi di dalam tampungan mati dengan mengkonversi sedimen inflow ke dalam satuan volume (m^3) dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{39.675 \text{ t}}{1,67 \text{ t/m}^3} \\ &= 23.757,87 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka volume inflow sedimen tahunan adalah $23.757,87 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

b. Perhitungan sisa umur guna bendungan Batujai

Dengan melihat data elevasi hasil pengukuran echosounding pada tahun 2005 tabel 4.3 pada elevasi $\pm 87 \text{ m}$ dapat diketahui bahwa sisa volume pada tampungan mati adalah sebesar 120.400 m^3 , maka dapat dihitung sisa dari umur bendungan seperti berikut :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Sisa volume efektif tampungan mati}}{\text{trap efficiency} \times \text{sedimen inflow}} \\ &= \frac{120.400 \text{ m}^3}{83\% \times 23.757,87 \text{ m}^3/\text{tahun}} \\ &= 6,10 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Maka sisa umur guna bendungan Batujai adalah 6 tahun dari tahun 2017 atau akan habis pada tahun 2023 jika perhitungan didasarkan pada data echo sounding tahun 2017.

Hasil perhitungan berdasarkan data tahun 2017 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Volume Sedimen dan Tampungan Mati Berdasarkan Hasil Perhitungan

No	Tahun	Volume Sedimen (m^3)	Volume Tampungan Mati (m^3)
1	2017	1.279.600	120.400
2	2018	1.303.357	96.643
3	2019	1.327.114	72.886
4	2020	1.350.871	49.129
5	2021	1.374.628	25.372
6	2022	1.398.385	1.615
7	2023	1.422.142	0
8	2024	1.445.899	0
9	2025	1.469.656	0
10	2026	1.493.413	0
11	2027	1.517.170	0
12	2028	1.540.927	0
13	2029	1.564.684	0
14	2030	1.588.441	0
15	2031	1.612.198	0
16	2032	1.635.955	0

4.9 Evaluasi Metode *Dead Storage*

Untuk mengevaluasi akurasi dan tingkat kesalahan dari penerapan metode *dead storage* pada bendungan batujai,

digunakan perbandingan antara hasil perhitungan tampungan sedimen bendungan batujai menggunakan metode *dead storage* dengan hasil pengukuran sedimen di lapangan.

Besarnya inflow sedimen tahunan dihitung berdasarkan data pengukuran *echo sounding* pada tahun 2005. Data hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil perhitungan sedimen dengan metode *dead storage* berdasarkan data *echo-sounding* tahun 2017

No	Tahun	Volume Sedimen (m ³)
1	2017	1.279.600
2	2018	1.303.357
3	2019	1.327.114
4	2020	1.350.871
5	2021	1.374.628
6	2022	1.398.385
7	2023	1.422.142
8	2024	1.445.899
9	2025	1.469.656
10	2026	1.493.413
11	2027	1.517.170
12	2028	1.540.927
13	2029	1.564.684
14	2030	1.588.441
15	2031	1.612.198
16	2032	1.635.955

Berdasarkan data yang diperoleh dari kantor OP II Praya pihak pengelola bendungan batujai telah melakukan *dredging* sedimen pada tahun 2015. Akan tetapi, data volume sedimen yang diangkut tidak ada sehingga tidak dapat diperkirakan jumlahnya. Kemudian telah dilakukan pengukuran *echo sounding* kembali dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.10 Volume sedimen berdasarkan hasil pengukuran *echo sounding*

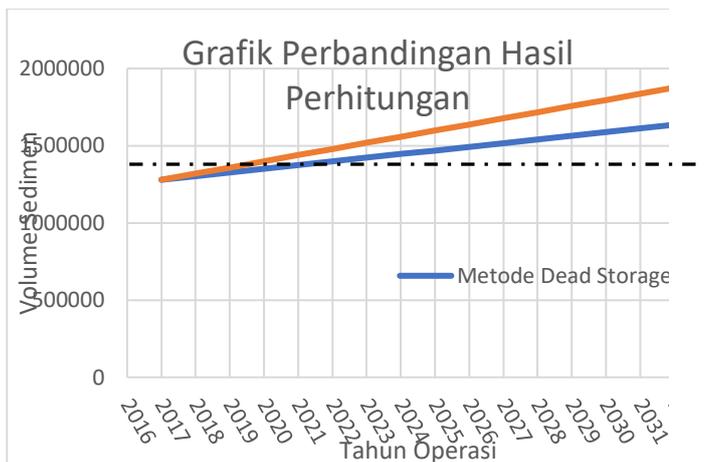
No	Tahun	Volume sedimen (m ³)
1	2015	1.200.000
2	2017	1.279.600

Berdasarkan data diatas, dapat diketahui bahwa penambahan volume sedimen bendungan batujai selama 2 tahun adalah 79.600 m³ atau sebesar 39.800 m³ per tahun. Maka dapat diprediksikan penambahan volume sedimen bendungan Batujai sebagai berikut :

Tabel 4.11 Volume sedimen berdasarkan prediksi

No	Tahun	Volume Sedimen (m ³)
1	2017	1.279.600
2	2018	1.319.400
3	2019	1.359.200
4	2020	1.399.000
5	2021	1.438.800
6	2022	1.478.600
7	2023	1.518.400
8	2024	1.558.200
9	2025	1.598.000
10	2026	1.637.800
11	2027	1.677.600
12	2028	1.717.400
13	2029	1.757.200
14	2030	1.797.000
15	2031	1.836.800
16	2032	1.876.600

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat diketahui perbedaan hasil dan selisih dari metode *Dead Storage* dan prediksi dengan perhitungan matematis berdasarkan hasil pengukuran *echo sounding* tahun 2015 dan 2017.



Gambar 4.4. grafik perbandingan hasil perhitungan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirumuskan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode kapasitas tampungan mati (*dead storage*) besar volume sedimen yang mengendap pada bendungan Batujai dari tahun 1982 hingga tahun 2017 adalah 1.279.600 m³.
2. Perubahan kapasitas tampungan mati bendungan Batujai setelah beroperasi dalam jangka waktu 35 tahun mengalami perubahan dari kapasitas tampungan awal tahun beroperasi (tahun 1982) sebesar 1.400.000 m³ menjadi 120.400 m³ pada tahun 2017.
3. Berdasarkan hasil perhitungan metode kapasitas tampungan mati (*dead storage*) sisa umur guna bendungan Batujai adalah 6 tahun dari tahun 2017 atau akan habis pada tahun 2023 dengan volume sedimen pada tampungan mati sebesar 1.422.142 m³. Dengan demikian umur guna bendungan Batujai hanya dapat mencapai umur 41 tahun dari awal dibangun tahun 1982 hingga tahun 2017.

4. Hasil perhitungan sisa umur guna bendungan berdasarkan metode *dead storage* menunjukkan hasil sisa umur guna yang lebih lama dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan pengukuran.

1.2 Saran

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan jenis dan asal material sedimentasi.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang besarnya sedimen yang terbuang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Bendungan Batujai*. <http://www.pu.go.id> diunduh pukul 14.00 WITA, pada tanggal 28 Mei 2017.
- Anonim. 2015. *Data Teknis Bendungan Batujai 1982-2005*. Mataram : CV. Karya Utama Jaya.
- Anonim. 2015. *Echo-Sounding*. Di unduh di <http://www.wikipedia/echo-sounding/pukul-21.00/12-11-2017>.
- Anonim. 2015. *Peta Daerah Aliran Sungai Sub SWS Lombok*. Mataram : CV. Duta Perdana.
- Anonim. 2015. *Waduk Jatigede : Dampak Sosial dan Lingkungan Bendungan Raksasa*. Di unduh di <http://www.wikipedia/waduk-jatigede/Goldsmith-1993/pukul-11.04/21-10-2015>.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Dicky, J. M. 2006. *Perkiraan Umur Layanan Waduk Mrica Banjarnegara Jawa Tengah dengan Metode Kapasitas Tampungan Mati (Dead Storage) dan Distribusi Sedimen (The Empirical Area Reduction)*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil.

- Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- Hardiyatmo, C. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta : UGM Press.
- Hariawan, Samsul. 2015. *Evaluasi Sisa Umur Guna Bendungan Batujai Menggunakan The Empirical Area Reduction Method*. Skripsi : Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Kasiro, Ibnur - Adidharma, Wanny - Rusli, Bhre Susantini - Nugroho, CL – Sunarlo. 2003. *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Kironoto, B.A. 2001. *Kajian Angkutan Sedimen pada Saluran Curam dengan Material Dasar Halus*. Forum Teknik Sipil No. X, pp 13 – 21. Yogyakarta :Jurusan Teknik Sipil FT UGM.
- Kironoto, B.A. 2003. *Diktat Hidraulika Transpor Sedimen*. Yogyakarta : Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Kristanto, Agus., 2006. *Analisis Sedimentasi Terhadap Usia Guna Waduk Sempor Kabupaten Kebumen*. Tugas Akhir Fakultas Teknik. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Kurnia, Abdullah Arif. 2015. *Pola Perubahan Ketersediaan Air Waduk Menggunakan Citra Landsat*. Malang : IPB.
- Kusuma, Fredy Pradana. 2014. *Analisis Sedimentasi dan Perkiraan Sisa Umur Guna Bendungan Pengga Dengan Metode Kapasitas Tampungan Mati (Dead Storage)*. Skripsi : Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Nugroho, Aryo. 2005. *Tinjauan Solusi Pemodelan dengan Analisa Regresi dan Jaringan Saraf Tiruan*. Surabaya : Universitas Narotama.
- Qohar, Abdul. 2002. *Prediksi Umur Layanan Waduk Kedungombo Akibat Sedimen*. Tugas Akhir. Purwokerto : Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman.
- Rouf, A. 2004. *Metode Pengukuran Sediment Transport Dan Analisa Sedimen Di Laboratorium*. Semarang : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Saud, Ismail. 2008. *Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya*. Surabaya : Jurnal Aplikasi ITS.
- Sosrodarsono, Suyono. 2002. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta : PT. Pradnya Pramita.
- Suhudi. 2008. *Kajian Hidrolisi Penurunan Elevasi Dasar Sungai terhadap Bendung Karet Jatimlerek Kabupaten Jombang*. Malang : Universitas Trubhuwana Tunggadewi.
- Suripin. 2004. *Konservasi Tanah dan Air*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Suroso, dkk. 2007. *Studi Pengaruh Sedimentasi Kali Brantas terhadap Kapasitas dan Usia Rencana Waduk Sutami Malang*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Susanti, Triana dan Muh. Henrdie S. 2006. *Evaluasi Sedimen di Waduk Selorejo dan Alternatif Penanganannya*. Malang : Universitas Diponegoro.
- Widalia, Baiq Utami. 2014. *Analisis Sedimentasi terhadap Umur Guna Bendungan Pengga Kabupaten Lombok Tengah*. Skripsi : Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Zainuddin, M., dan Kironoto, BA. 2003. *Distribusi Sedimen Suspensi pada Aliran Seragam dengan dan Tanpa Angkutan Sedimen Dasar*. Journal Teknosains, Jilid 16, No.1, Januari, Berkala Penelitian Pascasarjana. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.