

EVALUASI UMUR LAYANAN DANAU MENJER YANG BERFUNGSI SEBAGAI PLTA GARUNG DI KABUPATEN WONOSOBO PROVINSI JAWA TENGAH

Dwi Yanti Amalia
dwiyantiamalia@gmail.com

Sudarmadji
sudarmadji@geo.ugm.ac.id

Abstract

Menjer lake was functioned as water reservoir for Garung Hydropower. The main problems affecting the sustainability of Garung hydropower sedimentation in Menjer Lake. The purpose of this research are (1) analyzing the erosion in Menjer water catchment, (2) evaluating the useful life of Menjer lake which was functioned as hydropower Garung. The data used for this research is data primer and secondary. The erosion in Menjer's water catchment was calculated by using USLE model. The deposit sediment was divided with volume death storage as method for useful life of Menjer lake. The total erosion occurred in Menjer's water catchment was assumed to 27,994.49 ton/year. The highest factor which was affected of erosion is land cover. The evaluation useful life of Menjer lake is comparing with the previous prediction shows that the lake could be operated until 2255. This is show that there is an acceleration around 65 years.

Keywords: Erosion, Sedimentation, and Evaluation useful life of Menjer lake

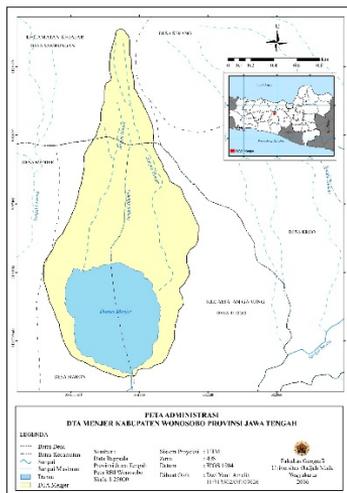
Abstrak

Danau Menjer merupakan tampungan air bagi PLTA Garung. Permasalahan utama yang mempengaruhi keberlanjutan PLTA Garung adalah sedimentasi di Danau Menjer. Tujuan penelitian ini adalah (1) menganalisis erosi yang terjadi di DTA Menjer, (2) mengevaluasi umur layanan Danau Menjer yang berfungsi sebagai PLTA Garung. Data yang digunakan untuk penelitian ini terdiri data primer dan sekunder. Erosi yang terjadi di DAS Menjer dihitung dengan menggunakan model USLE. Sedimen yang mengendap dibagi dengan volume kapasitas mati untuk memperoleh umur layanan Danau Menjer saat ini. Total Erosi yang terjadi di DTA Menjer diasumsikan sebesar 27.994,49 ton/tahun. Faktor pengaruh erosi paling besar adalah penutup lahan. Evaluasi umur layanan Danau Menjer menunjukkan Danau Menjer masih dapat beroperasi sampai tahun 2255. Hal ini menunjukkan terjadi percepatan selama 65 tahun.

Kata kunci: Erosi, Sedimentasi, dan Evaluasi umur layanan Danau Menjer

PENDAHULUAN

Danau merupakan cekungan di permukaan bumi yang terisi air dan berupa ekosistem perairan tawar yang tergenang dengan ukuran yang lebih besar dari kolam (Soeprbowati, 2012). Danau Menjer terletak di dalam Daerah Tangkapan Air (DTA) Menjer. DTA Menjer terletak di Desa Tlogo, Desa Maron, dan Desa Sambungan, Kecamatan Garung dan Kecamatan Kejajar, Provinsi Jawa Tengah. Luas DTA Menjer adalah 2,27 km² sedangkan luas Danau Menjer adalah 0.61 km².



Gambar 1. Peta Administrasi (Hasil Olah data, 2016)

Danau Menjer memiliki fungsi sebagai tampungan air bagi PLTA Garung. PLTA Garung menghasilkan listrik rata-rata sebesar 48 GWh setiap tahunnya. Listrik yang dihasilkan PLTA Garung setara dengan pemakaian listrik 3 jam untuk daerah Jawa dan Bali. Permasalahan utama yang ditemui di Danau Menjer adalah permasalahan sedimentasi. O'Sullivan

dan Reynolds (2004) menjelaskan bahwa sedimentasi danau dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada tahun 1982 menunjukkan bahwa umur layanan Danau Menjer dapat bertahan sampai 388 tahun (Tim Teknik Pengendalian Hidro, 1997). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kembali umur layanan Danau Menjer yang berfungsi sebagai PLTA Garung, sehingga pengelolaan yang dilakukan dapat optimal. Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis erosi yang terjadi di DTA Menjer.
2. Mengevaluasi umur layanan Danau Menjer yang berfungsi sebagai PLTA Garung.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data struktur tanah, premeabilitas tanah, tekstur tanah, c-organik, berat jenis, debit sungai, kedalaman danau, dan TMA. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan dan data PLTA Garung.

Pengolahan Data

Erosi yang terjadi di DAS Menjer ditentukan dengan menggunakan model USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Dimana :

A = Laju erosi (ton/ha/tahun)

- R =Erosivitas hujan
 $(6,199 (Hb)^{1,21} (HH)^{-0,47} (H24)^{0,53})$
- K =Erodibilitas tanah
 $\frac{2,713 M^{1,14} (10^{-4}) (12-a)}{(+3,25 (b-2) + 2,5 (c-3))}$
- LS =Panjang dan kemiringan lereng
 $(\sqrt{x} (0,0138 + 0,00965s + 0,00138s^2))$
- C =Vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman
- P =Tindakan khusus konservasi tanah

Erosi di DAS Menjer tidak semuanya masuk ke dalam danau, tetapi ada beberapa yang mengendap selama proses transportasi hasil erosi. Perkiraan akumulasi erosi yang masuk ke dalam Danau Menjer menggunakan SDR (*Sediment Delivery Ratio*). Vanomi (1975) dalam Lim (2005) menggunakan data dari 300 DAS di seluruh dunia untuk mengembangkan model fungsi pangkat. Model ini dianggap sebagai salah satu model umum untuk memperkirakan SDR. Persamaan SDR sebagai berikut :

$$SDR = 0,4724 A^{-0,125}$$

Dimana :

A =Luas DAS (km²)

Persamaan perkiraan akumulasi volume sedimen yang masuk Danau Menjer sebagai berikut (Soewarno, 1991) :

Total erosi (ton/tahun)

= Laju erosi x Luas DAS

Total sedimen (ton)

= Nilai SDR x Total erosi x 33

$$Volume\ sedimen\ (m^3) = \frac{Total\ sedimen}{Berat\ jenis}$$

Data kedalaman danau dari hasil *sounding* diinterpolasi untuk menghitung volume Danau Menjer. Interpolasi adalah proses memprediksi

nilai dari titik-titik disekitarnya yang merupakan sampel (Burrough dan McDonnell, 1998 dalam Sudarmadji, dkk., 2014). Hasil interpolasi titik kedalaman danau yang berupa garis kontur terlebih dahulu dihitung luasnya di perangkat lunak *ArcGIS 10.1* kemudian menghitung volume Danau Menjer dengan menggunakan rumus menurut Welch (1984) sebagai berikut :

$$Volume\ danau\ (m^3) = \frac{Luas\ kontur\ 1 + Luas\ kontur\ 2}{2} \times interval\ kontur$$

Tahapan berikutnya adalah menghitung efisiensi tangkapan sedimen dan kemudian menghitung umur danau. Perhitungan efisiensi tangkapan sedimen menggunakan metode Churchill yang telah di modifikasi oleh Susilo (2001) sebagai berikut :

$$Te = 100 - (1297 k^{-0,16} - 11,22)$$

Dimana :

Te = Efisiensi tangkapan sedimen (%)

k = Konstanta sedimen

Nilai dari efisiensi tangkapan sedimen digunakan untuk mengetahui umur layanan danau saat ini dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 2013) :

Volume sedimen di danau (m³)

= volume sedimen yang masuk x Te

$$Sisa\ umur = \frac{kapasitas\ mati}{volume\ sedimen\ di\ danau}$$

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan grafis. Analisis deskriptif pada berbagai faktor yang mempengaruhi umur Danau Menjer

seperti faktor-faktor yang menyebabkan erosi, volume danau, efisiensi tangkapan sedimen, dan keberlanjutan dari PLTA Garung. Analisis grafis yaitu menampilkan hasil olahan data dalam bentuk tabel, gambar, dan peta sehingga lebih mudah untuk dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Faktor R

Data hujan yang digunakan berasal dari stasuin garung dengan jarak ±2 km dari DAS Menjer. Data hujan tahun 2004-2013 dianalisis frekuensi menggunakan uji kecocokan Smirnov Kolmogorov setiap bulannya. Berdasarkan Tabel 1 tinggi rendahnya nilai faktor erosivitas (R) dipengaruhi oleh karakteristik hujan. Jumlah hujan yang tinggi tidak selalu menyebabkan erosi yang tinggi jika intensitasnya rendah dan sebaliknya. Jika jumlah hujan dan intensitas tinggi maka kemungkinan erosi yang terjadi juga tinggi.

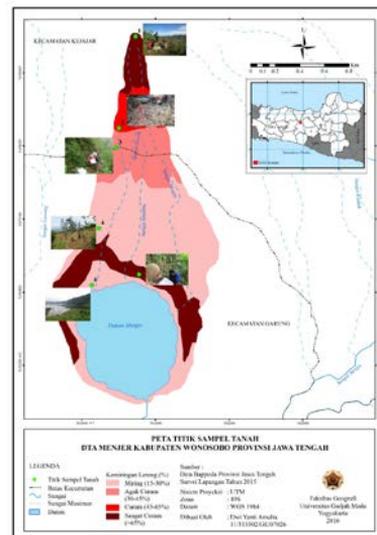
Tabel 1. Faktor R

| Bulan | CH | HH | H24 | R |
|-------|------|----|-----|------|
| Jan | 43,1 | 21 | 5,1 | 5,95 |
| Feb | 39,3 | 23 | 4,9 | 5,06 |
| Mar | 49,3 | 21 | 5,9 | 7,55 |
| Apr | 41,2 | 22 | 6,0 | 5,97 |
| Mei | 21,1 | 14 | 4,7 | 2,95 |
| Jun | 10,3 | 7 | 2,6 | 1,21 |
| Jul | 1,90 | 4 | 0,9 | 0,12 |
| Ags | 0,30 | 1 | 0,5 | 0,01 |
| Sep | 2,30 | 5 | 1,3 | 0,17 |
| Okt | 18,7 | 14 | 4,0 | 2,32 |
| Nov | 32,2 | 18 | 4,6 | 4,25 |
| Des | 46,8 | 24 | 7,0 | 7,30 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

2. Faktor K

Mudah tidaknya suatu tanah tererosi disebut dengan faktor erodibilitas (K). Pengambilan sampel tanah yang di lapangan berdasarkan perubahan lereng di DTA Menjer. Berdasarkan Gambar 2 sampel tanah yang diambil sebanyak enam titik sampel. Faktor erodibilitas dipengaruhi oleh parameter ukuran butir, bahan organik, struktur tanah, dan permeabilitas tanah. Berdasarkan Tabel 2 nilai faktor erodibilitas yang tinggi terdapat pada titik sampel 1 sedangkan yang terendah terdapat pada titik sampel 2.



Gambar 2. Peta Titik Sampel Tanah (Hasil Olah Data, 2016)

Tabel 2. Faktor K

| No | M | a | b | c | K |
|----|---------|------|---|---|-------|
| 1 | 2122,42 | 3,88 | 3 | 1 | 0,119 |
| 2 | 751,69 | 2,15 | 1 | 5 | 0,068 |
| 3 | 1507,82 | 1,74 | 2 | 2 | 0,092 |
| 4 | 1990,53 | 4,89 | 2 | 2 | 0,086 |
| 5 | 1507,90 | 3,58 | 3 | 1 | 0,078 |
| 6 | 1671,08 | 3,72 | 2 | 2 | 0,081 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

3. Faktor LS

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) merupakan faktor topografi yang paling berpengaruh terhadap erosi. Faktor LS tertinggi terdapat pada titik sampel 1 disebabkan oleh panjang lereng dan kemiringan lereng yang tinggi. Titik sampel 5 memiliki tingkat kecuraman yang sama dengan titik sampel 1 namun titik sampel 5 memiliki panjang lereng yang paling pendek diantara semua sampel sehingga akumulasi aliran saat terjadi erosi menjadi kecil. Faktor LS terendah terdapat pada titik sampel 6.

Tabel 3. Faktor LS

| Sampel | x | s | | LS rata-rata |
|--------|-----|------|------|--------------|
| | | Maks | Min | |
| 1 | 450 | 1,00 | 0,65 | 5,12 |
| 2 | 310 | 0,65 | 0,45 | 3,03 |
| 3 | 440 | 0,45 | 0,30 | 3,88 |
| 4 | 610 | 0,30 | 0,14 | 4,88 |
| 5 | 130 | 1,00 | 0,65 | 1,48 |
| 6 | 170 | 0,30 | 0,14 | 1,36 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

4. Faktor CP

Faktor CP merupakan Faktor vegetasi penutup dan Pengelolaan Tanaman (C) dan Faktor Tindakan Khusus Konservasi (P). Tabel 4 menunjukkan nilai faktor C dan P pada masing-masing titik sampel yang diambil di lapangan. Titik sampel 1 dan 2 menunjukkan nilai komposit CP sangat kecil jika dibandingkan dengan titik sampel 3, 4, 5, dan 6.

Nilai faktor untuk titik sampel 1 adalah 0,01 dan titik sampel 2 adalah 1,95. kondisi wilayah titik sampel 1 dan 2 adalah semak/belukar

dan hutan campuran walaupun tanpa ada tindakan konservasi, air yang jatuh tidak langsung mengerosi tanah namun tertahan terlebih dahulu di daun dan batang semak. Kondisi wilayah untuk titik sampel 3,4,5,6 didominasi oleh pertanian intensif dengan tindakan konservasi yang telah dilakukan berupa teras bangku konstruksi sedang hingga buruk.

Tabel 4. Faktor C dan P

| Sampel | Nilai Faktor C | Nilai Faktor P | CxP |
|--------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,01 | 1,00 | 0,01 |
| 2 | 0,65 | 3,00 | 1,95 |
| 3 | 6,50 | 9,85 | 64,06 |
| 4 | 6,41 | 10,40 | 66,66 |
| 5 | 5,43 | 6,60 | 35,84 |
| 6 | 6,63 | 10,90 | 72,27 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

5. Total Erosi di DAS Menjer

Berdasarkan Tabel 5. total erosi yang terjadi di DTA Menjer menunjukkan erosi yang terjadi diasumsikan sebesar 27.994,49 ton/tahun. Erosi yang terjadi pada wilayah sampel menunjukkan sampel 4 memiliki erosi yang paling tinggi dengan 3.377,43 ton/tahun sedangkan pada sampel 1 memiliki erosi yang paling rendah dengan 7.36 ton/tahun.

Tinggi rendahnya total erosi yang terjadi di wilayah sampel yang diambil dipengaruhi oleh luasan wilayahnya. Semakin luas suatu wilayah namun apabila memiliki laju erosi yang rendah akan menyebabkan total erosi yang dihasilkan tidak begitu tinggi dan sebaliknya. Semakin luas suatu wilayah dan tinggi laju erosinya maka total erosi yang dihasilkan juga tinggi.

Tabel 5. Erosi di DTA Menjer

| Sampel | A | Luas | Total Erosi |
|--------|--------|--------|-------------|
| 1 | 0,26 | 28,19 | 7,36 |
| 2 | 5,74 | 10,54 | 60,51 |
| 3 | 43,29 | 24,27 | 1.050,73 |
| 4 | 47,03 | 71,81 | 3.377,43 |
| 5 | 7,28 | 7,6 | 55,34 |
| 6 | 17,93 | 0,23 | 412,37 |
| Total | 123,54 | 226,61 | 27.994,49 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

6. Sediment Delevery (SDR)

Erosi yang terjadi di DAS Menjer tidak semuanya masuk ke dalam Danau Menjer. Erosi yang masuk ke dalam Danau Menjer dapat dihitung dengan metode SDR. Berdasarkan Tabel 6 nilai SDR DAS Menjer adalah 0,34. sedimen yang masuk ke dalam danau adalah sebesar 43% dari total erosi yang terjadi di DAS. Berdasarkan Tabel 7 apabila rata-rata berat jenis sedimen adalah 2,40 ton/m³ maka volume sedimen yang akan masuk ke dalam Danau Menjer adalah sebesar 164162,97 m³.

Tabel 6. Nilai SDR

| Luas DAS (ha) | Luas DAS (km ²) | Nilai SDR |
|---------------|-----------------------------|-----------|
| 226,61 | 2,27 | 0,43 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

Tabel 7. Volume Sedimen di danau

| Nilai SDR | Total Sedimen yang masuk | Berat Jenis | Volume Sedimen |
|-----------|--------------------------|-------------|----------------|
| 0,43 | 393991,12 | 2,40 | 164162,97 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

7. Volume Danau Menjer

Volume Danau dihitung menggunakan hasil pengukuran kedalaman danau dengan

echosounding (Gambar 3) dan data TMA lalu diubah menjadi elevasi. Data elevasi Danau Menjer di interpolasi menggunakan metode *kriging*. Metode *Kriging* merupakan metode estimasi statistik yang menggunakan kombinasi *linear* dari *weight* untuk memperkirakan nilai antara sampel data (Ctech Development Corporation, 2004 dalam Pramono, 2008).

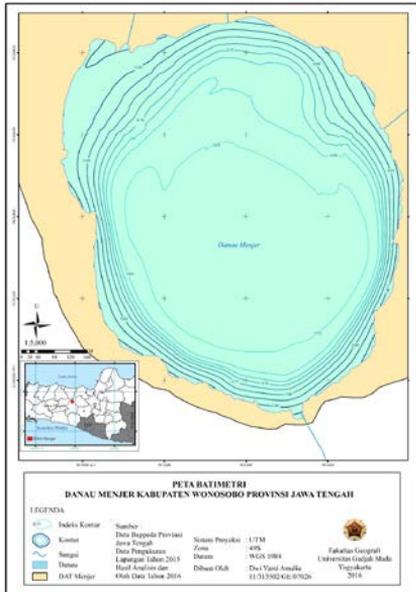


Gambar 3. Seperangkat Alat Sounding (Dokumen Pribadi, 2014)

Hasil interpolasi dengan metode *Kriging* kemudian diubah ke raster, setelah itu dijadikan kontur untuk menghitung volume. Volume Danau Menjer dibagi menjadi beberapa elevasi dengan interval kontur lima meter. Elevasi 1.174 mdpl merupakan elevasi kapasitas mati sehingga perlu dihitung walaupun terdapat perbedaan interval kontur. Hasil perhitungan volume total Danau Menjer adalah 18776497,88 m³ sedangkan volume kapasitas mati adalah 8053172,75 m³.

Berdasarkan Gambar 4 peta batimetri Danau Menjer menunjukkan sebaran kedalaman. Semakin terang garis konturnya menunjukkan kedalaman yang lebih besar. Bentuk vertikal Danau Menjer yang seperti kawah menunjukkan perubahan kedalaman yang teratur dimana garis

kontur yang terbentuk melingkar dari elevasi tertinggi ke terendah.



Gambar 4. Peta Batimetri Danau Menjer (Hasil Olah Data, 2016)

8. Efisiensi Tangkapan Danau Menjer

Sedimen yang masuk ke dalam Danau Menjer tidak semua akan mengendap tapi akan ada beberapa yang keluar melalui saluran air menuju turbin dan pelimpah. Efisiensi tangkapan sedimen (T_e) menyatakan presentasi sedimen yang mengendap di dalam danau terhadap sedimen yang masuk ke dalamnya sehingga dapat ditentukan berdasarkan jumlah sedimen yang masuk dan mengendap di dalam danau (Susilo, 2001).

Berdasarkan Tabel 8 Efisiensi tangkapan sedimen nilainya 100% apabila sedimen yang masuk dalam Danau Menjer semuanya mengendap tanpa ada yang lolos. Efisiensi tangkapan sedimen akan semakin kecil

sejalan dengan berkurangnya kapasitas waduk yang disebabkan oleh akumulasi sedimen. Hasil perhitungan menunjukkan efisiensi tangkapan sedimen Danau Menjer memiliki nilai 0,73 sampai 0,88 yang artinya presentasi kemungkinan sedimen yang mengendap di dalam danau bisa mencapai 88%.

Tabel 8. Perhitungan T_e

| Elevasi (mdpl) | Konstanta Sedimen | T_e |
|----------------|-------------------|-------|
| 1155-1160 | 4116697286 | 0,73 |
| 1160-1165 | 18815537213 | 0,81 |
| 1165-1170 | 47998555655 | 0,85 |
| 1170-1174 | 89889394999 | 0,88 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

9. Evaluasi Umur Layanan Danau Menjer

Prediksi umur layanan danau dihitung dengan menghitung laju sedimentasi dalam mengisi kapasitas mati sehingga diketahui waktu yang diperlukan sedimen untuk mengisi kapasitas mati. Seiring bertambahnya umur danau maka kapasitas tampungan mati juga semakin berkurang sehingga akan mengganggu pelaksanaan operasional danau.

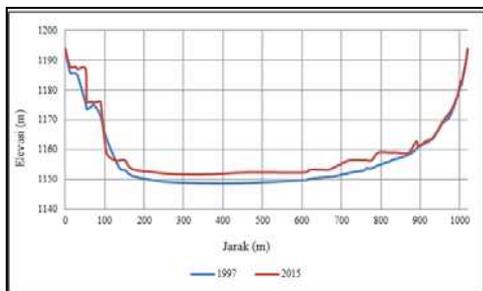
Berdasarkan Tabel 9 hasil umur layanan Danau Menjer masih dapat beroperasi sampai tahun 2255. Berdasarkan prediksi sebelumnya tahun 1982 umur layanan Danau Menjer seharusnya masih dapat berfungsi sampai tahun 2320. Hal ini menunjukkan telah terjadi percepatan sebanyak 65 tahun.

Tabel 9. Umur Danau Menjer

| Elevasi (mdpl) | Te | Sedimen yang Mengendap | Lama Terisi |
|---------------------------|------|------------------------|-------------|
| 1155-1160 | 0,73 | 121794,05 | 66,88 |
| 1160-1165 | 0,81 | 134914,48 | 60,17 |
| 1165-1170 | 0,85 | 141547,55 | 57,27 |
| 1170-1174 | 0,88 | 145466,81 | 55,68 |
| Lama waktu Terisi (Tahun) | | | 240 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

Percepatan sebanyak 65 tahun dibuktikan dengan Gambar 5 yang menunjukkan terjadi peningkatan sedimentasi di dasar danau dari tahun 1997-2015. Peningkatan sedimentasi dapat dipengaruhi oleh meningkatnya jumlah erosi yang ada di DTA Menjer. Peningkatan laju erosi dapat disebabkan oleh alih fungsi lahan di DTA Menjer.



Gambar 5. Grafik Sedimentasi (Hasil Olah Data, 2016)

Berdasarkan Tabel 9 perbedaan nilai faktor C tahun 2000 dengan tahun 2015 terlihat terjadi peningkatan. Peningkatan yang terjadi disebabkan oleh perubahan penutup lahan sawah tadah hujan yang memiliki nilai faktor C yaitu 0,01. Penutup Lahan sawah tadah hujan sulit untuk mengalami erosi jika dibandingkan dengan penutup lahan berupa ladang yang memiliki nilai

faktor C 0,4. Berdasarkan kondisi di wilayah sampel maka kondisi wilayah sampel yang paling rentan untuk mudah tererosi terdapat pada sampel 5 pada tahun 2000 yang memiliki keragaman penutup lahan sedangkan sampel 6 pada tahun 2015 disebabkan oleh penutup lahan berupa ladang.

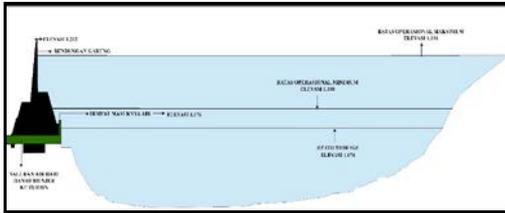
Tabel 9. Umur Danau Menjer

| Sampel | Faktor C | |
|--------|----------|------|
| | 2000 | 2015 |
| 1 | 0,01 | 0,01 |
| 2 | 0,01 | 0,65 |
| 3 | 1,09 | 6,50 |
| 4 | 2,06 | 6,41 |
| 5 | 2,39 | 5,43 |
| 6 | 1,56 | 6,63 |

Sumber : Hasil Olah Data, 2016

10. Pengelolaan Danau Menjer

Pengelolaan Danau Menjer yang memiliki fungsi utama sebagai penampung air bagi PLTA Garung sangat penting dilakukan secara optimal. Pengelolaan yang dilakukan berupa pengendalian sedimentasi Danau Menjer dan pengelolaan debit air yang masuk dan keluar Danau Menjer. Berdasarkan Gambar 4.14 penampang melintang Danau Menjer yang dimulai dari Bendungan Garung ditarik lurus sampai daratan di sebelah utara bendungan. Penampang melintang memiliki informasi batas operasional maksimum terdapat pada elevasi 1.196 mdpl, batas operasional minimum pada elevasi 1.180 mdpl, tinggi saluran masuknya air menuju turbin pada elevasi 1.176 mdpl, dan batas kapasitas mati (*death storage*) pada elevasi 1.174 mdpl.



Gambar 5. Grafik Sedimentasi
(Sumber : Tim Teknik Pengendalian Hidro, 1997)

PLTA Garung telah melakukan perencanaan pembangunan yang tepat namun tindakan antisipasi harus tetap dilakukan sehingga umur layanan Danau Menjer dapat bertahan lama. Konstruksi bak penampung sebaiknya dilakukan penggerukan sedimen secara berkala sehingga tampungannya tidak berkurang.

Sedimen yang berasal dari DTA Menjer terbesar berada pada wilayah sampel 3 dan sampel 4 yang didominasi oleh pertanian intensif. Tindakan konservasi di wilayah sampel 3 dan sampel 4 sangat penting untuk dilakukan. Tindakan konservasi yang dapat dilakukan dengan menggabungkan metode mekanik dan vegetative yaitu tanaman argoforestri yang lahannya telah dibuat teras bangku konstruksi baik dengan dilengkapi saluran penahan sedimen. Sedimen yang telah mengendap di dalam Danau Menjer sebaiknya dilakukan pengawasan secara berkala seperti pemetaan batimetri sehingga sedimen yang masuk tidak melebihi *death storage* yang berada di elevasi 1.174 mdpl. Apabila sedimen hampir mendekati elevasi 1.174 mdpl maka disarankan untuk melakukan penggerukan sedimen di dalam Danau Menjer.

Batas minimum operasional Danau Menjer terdapat pada elevasi 1.180 mdpl dengan volume air sebesar 13.096.668 m³. Pengeoptimalan operasional PLTA Garung berkaitan volume air dapat dilakukan dengan menjaga debit air yang masuk dan keluar Danau Menjer. Air Danau Menjer hanya digunakan saat PLTA Garung melakukan pengoperasian turbin yaitu antara empat sampai enam jam dalam sehari.

waktu operasional yang optimal dalam seminggu adalah 38 jam 57 menit 16 detik. Debit yang tersisa dari proses pengoperasian turbin adalah sebanyak 4,24 m³ yang diasumsikan akan hilang karena proses penguapan dalam seminggu. Apabila dalam setahun terdapat 52 minggu dan setiap jamnya menghasilkan 26,4 MW maka listrik yang dapat dihasilkan PLTA Garung dalam setahun adalah sebanyak 53.476 MW.

KESIMPULAN

1. Total Erosi yang terjadi di DTA Menjer diasumsikan sebesar 27.994,49 ton/tahun dengan pengaruh erosi paling besar adalah penutup lahan yang berupa ladang 22,99% dari luas DTA Menjer.
2. Evaluasi umur layanan Danau Menjer menunjukkan Danau Menjer masih dapat beroperasi sampai tahun 2255. Jika dibandingkan dengan prediksi awalnya pada tahun 1982 umur layanan Danau Menjer masih dapat beroperasi sampai tahun 2320. Hal ini menunjukkan telah terjadi percepatan selama 65 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Lim, K.J., Myung, S., Bernard, A.E., Zhenxu, T., Joongdae, C., dan Ki-Sung, K. (2005). GIS-Based Sediment Assessment Tool. *Catena* Vol 64 (1) : 61-80
- O'Sullivan, P.E. dan Reynolds, C.S. (2004). *The Lakes Handbook : Volume 1 Limnology and Limnetic Ecology*. Australia : Blackwell Publishing Company
- Pramono, G.H. (2008). Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi. *Forum Geografi*. Vol 22 (1) : 97 -110
- Soeprbowati, T.R. (2012). Peta Batimetri Danau Rawapening. *Bioma*. Vol 14 (2) : 75-78
- Soewarno. (1991). *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung : Nova
- Soewarno. (2013). *Hidrometri dan Aplikasi Teknosabo dalam Pengelolaan Sumberdaya Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Susilo, E. (2001). Kajian Efisiensi Tangkapan Sedimen pada Beberapa Waduk di Jawa. *Tesis*. Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang
- Tim Teknik Pengendalian Hidro. (1997). *Laporan Pelaksanaan Penyelidikan Sedimentasi Telaga Menjer – Sub Unit PLTA Garung*. Banjarnegara : PT PLN Pembangkit Listrik Jawa-Bali 1, Unit Pembangkit Mrica
- Triatmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset
- Welch, P.S. (1948). *Limnological Methods*. New York : McGraw-Hill