

## Analisa Sebaran Sedimentasi di Waduk Selorejo dengan menggunakan *Data Single Beam Echosounder*

*Analysis of Sedimentation Distribution in the Selorejo Reservoir using Single Beam Echosounder Data*

**Khomsin<sup>\*</sup>, Danar Guruh Pratomo, Teguh Hariyanto, Cheri Bekti Pribadi, Aditya Nugraha**

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

\*Korespondensi penulis: khomsin@geodesy.its.ac.id

Diterima: 03022023; Diperbaiki: 07022023; Disetujui: 09022023; Dipublikasi: 28022023

**Abstrak:** Waduk Selorejo sebagai salah satu waduk destinasi wisata dari Perum Jasa Tirta I serta salah satu sumber air bagi masyarakat Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Dari waktu ke waktu, sungai-sungai yang berada di sekitar waduk membawa material sedimen (lumpur, pasir, kerikil, dan lainnya) yang menyebabkan pendangkalan (sedimentasi). Maka dari itu perlu dilakukan penelitian berupa pemetaan batimetri Waduk Selorejo yang diharapkan dapat menjadi acuan dan pertimbangan bagi pihak Perum Jasa Tirta I terkait untuk perlindungan dan pemeliharaan area sekitar Waduk Selorejo. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Data yang digunakan diambil secara langsung menggunakan *SBES (Singlebeam Echosounder) HD-370* yang dihubungkan dengan *GNSS Hi-Target V60*. Setelah dilakukan koreksi kedalaman, diketahui bahwa Waduk Selorejo saat proses pemeruman memiliki kedalaman minimum -9 m dan kedalaman maksimum -29 m dengan luas 86,40 ha. Fitur bawah air yang ada pada Waduk Selorejo adalah gundukan pertama yang terletak pada koordinat *Easting* dan *Northing* berturut-turut 649798,65 m; 9129962,53 m dengan ketinggian 6 m kemiringan 10,96°, serta gundukan kedua yang terletak pada koordinat *Easting* dan *Northing* berturut-turut 649915,00 m; 9129792,61 m serta memiliki ketinggian 18,51 m, kemiringan 19,13° pada bagian atas dan kemiringan 8,28° pada bagian bawah. Selain itu juga dilakukan pengambilan sedimen menggunakan *grab sampler*. Berdasarkan uji lab terhadap 20 sampel sedimen yang telah diambil, diketahui Waduk Selorejo didominasi oleh tipe sedimen *silt* (lanau, sebuah sedimen yang diendapkan oleh air) dengan nilai rata-rata 72,90%. Jenis sedimen lain yang terdeteksi yakni sand (pasir) dengan nilai rata-rata 18,05% dan clay (tanah liat) dengan nilai rata-rata 9,04%. Diketahui juga Waduk Selorejo mampu menampung air dengan volume maksimum 13.731.709,38 m<sup>3</sup> pada kedalaman maksimum 50 m.

Copyright © 2023 Geoid. All rights reserved.

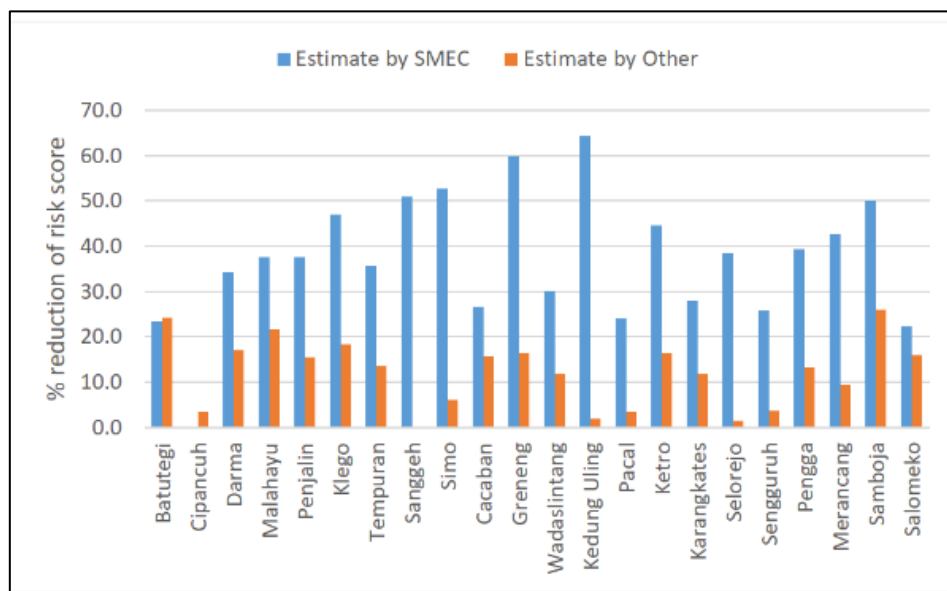
**Abstract:** The Selorejo Reservoir is one of the tourist destination reservoirs of Perum Jasa Tirta I and a source of water for the people of Pandansari Village, Ngantang District, Malang Regency. From time to time, the rivers around the reservoir carry sedimentary material (mud, sand, gravel, etc.) which causes siltation (sedimentation). Therefore it is necessary to carry out research in the form of bathymetric mapping of the Selorejo Reservoir which is expected to be a reference and consideration for Perum Jasa Tirta I regarding the protection and maintenance of the area around the Selorejo Reservoir. The research method used is a quantitative method. The data used was taken directly using the *SBES (Singlebeam Echosounder) HD-370* connected to the *V60 Hi-Target GPS*. After depth correction, it is known that the Selorejo Reservoir during the sounding process had a minimum depth of -9 m and a maximum depth of -29 m with an area of 86.40 ha. The underwater features in the Selorejo Reservoir are the first mound which is located at the coordinates *Easting* and *Northing* respectively 649798.65 m; 9129962.53 m with a height of 6 m with a slope of 10.96°, and the second mound which is located at the coordinates *Easting* and *Northing* respectively also 649915.00 m; 9129792.61 m and has a height of 18.51 m, a slope of 19.13° at the top and a slope of 8.28° at the bottom. In addition, sediment collection was also carried out using a *grab sampler*. Based on lab tests on 20 sediment samples that have been taken, it is known that the Selorejo Reservoir is dominated by silt sediment types (silt, a sediment deposited by water) with an average value of 72.90%. Other types of sediment detected were sand with an average value of 18.05% and clay with an average value of 9.04%. It is also known that the Selorejo Reservoir can hold water with a maximum volume of 13,731,709.38 m<sup>3</sup> at a maximum depth of 50 m.

Kata kunci: Batimetri, *Singlebeam Echosounder*, Sedimentasi

Cara untuk sitasi: Khomsin, Pratomo, D.G., Hariyanto, T., Pribadi, C.B., Nugraha, A. (2023). Analisa Sebaran Sedimentasi di Waduk Selorejo dengan menggunakan Data Single Beam Echosounder. *Geoid*, 18(2), 302-310.

## Pendahuluan

Berdiri sejak tahun 1978, Waduk Selorejo yang dikelola oleh Perum Jasatirta I ini merupakan daerah aliran sungai besar dari Kali Konto, Lahar Kletak, Kali Kwayangan, dan beberapa sungai kecil yang terletak di kaki Gunung Kelud dengan ketinggian 600 mdpl (meter di atas permukaan laut) (Adhistana, 2017). Waduk yang beroperasi selama 44 tahun ini menurut laporan *World Bank* mengenai penilaian terhadap kapasitas eksisting volume tampungan bendungan, ketinggian bendungan, persyaratan evakuasi terhadap kerusakan bendungan, potensi kerusakan daerah hulu, catatan historis terhadap jadwal pemeliharaan bendungan, kapasitas jagaan banjir, dan stabilitas struktur bendungan terhadap potensi gempa bumi yang terjadi dihasilkan, prosentase penurunan skor penilaian resiko Waduk Selorejo dari kondisi awal pra-proyek menjadi pasca-kondisi pelaksanaan proyek yakni 40%. Dalam analisa yang dilakukan, laju kegagalan waduk diasumsikan menjadi 1,3% per tahun (Herawati, 2017).



Gambar 1. Rangkuman Skor Kajian Risiko Bendungan (Herawati, 2017)

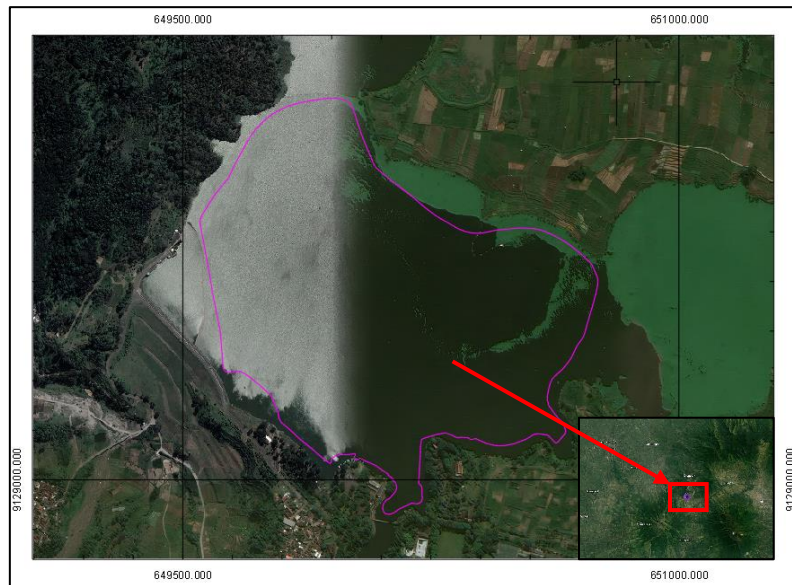
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yudiarto *et al.* (2014) diketahui bahwa Waduk Selorejo memiliki intensitas erosi 0,0004766 m/tahun dan volume sedimen rata-rata yang masuk ke waduk adalah 112219,39 m<sup>3</sup>/tahun. Dengan banyaknya material sedimen yang masuk ke waduk dari waktu ke waktu akan menyebabkan waduk menjadi dangkal, sehingga daya tampung air waduk dari waktu ke waktu juga akan berkurang. Berdasarkan permasalahan ini, maka dibutuhkan kajian khusus guna mengetahui kondisi terkini mengenai kondisi topografi dasar perairan Waduk Selorejo sehingga nantinya bisa dilakukan upaya penanggulangan.

Data kedalaman melalui survei hidrografi menjadi salah satu data acuan dalam mengetahui kondisi topografi dasar perairan. Hasil dari survei hidrografi yakni peta batimetri sangatlah penting karena memberikan informasi karakteristik dasar perairan dan penentuan posisi di perairan. *Echosounder* merupakan salah satu alat dari teknologi hidroakustik. Teknologi ini memanfaatkan perambatan gelombang suara untuk mendeteksi objek yang berada di kolom dan dasar perairan. Amplitudo dari sinyal pantul (*echo*) dapat memberikan beberapa informasi yakni mengenai dasar suatu perairan maupun target dasar perairan lainnya yang kemudian diterima oleh *transceiver* (Simmonds dan Maclennan, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai

batimetri yang lebih detail serta sebaran jenis sedimen di Waduk Selorejo.

## Data dan Metode

Penelitian ini terletak di Waduk Selorejo yang berada sekitar 43 km dari arah barat kota Malang pada koordinat  $7^{\circ}52'43.17''$  LS s.d.  $7^{\circ}51'57.26''$  LS dan  $112^{\circ}21'22.18''$  BT s.d.  $112^{\circ}22'6.30''$  BT. Gambar 2 menunjukkan lokasi penelitian ini.



Gambar 2. Lokasi Penelitian (Penulis, 2022)

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pemeruman menggunakan instrumen *SBES* (*Singlebeam Echosounder*) HD370 dengan frekuensi 200 kHz yang dipasang 50 cm dari permukaan perairan dan *GNSS Hi-Target V60* sebagai penentuan posisi horizontal. Poerbondono dan Djunarsjah (2005) menjelaskan bahwa pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Lintasan survei atau *tracking* kapal untuk pengambilan data akustik di lapangan, perlu dilakukan perhitungan panjang lintasan survei. Panjang lintasan didefinisikan menurut Johannesson dan Mitson (1983).

$$V \times te \times d = (Np \times Lp) + (Np - 1) = k \quad (1)$$

diasumsikan bahwa:

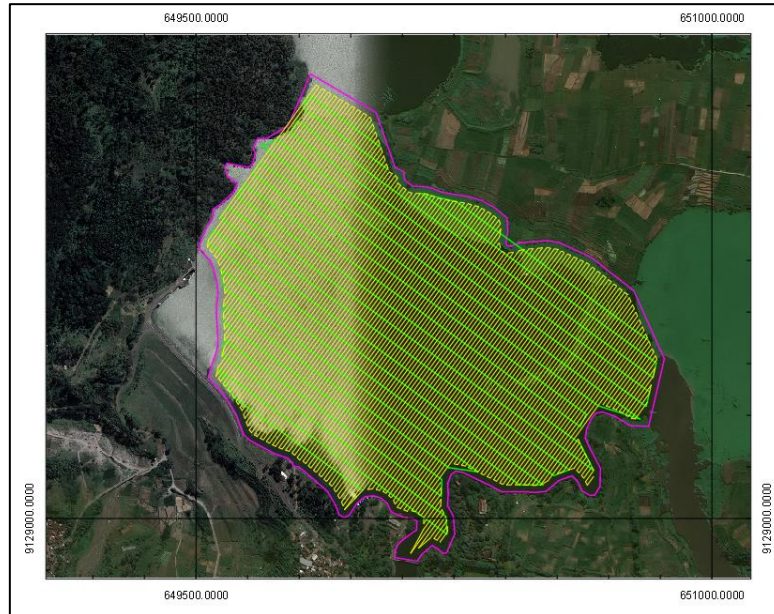
$$\begin{aligned} Np - 1 &= Np, \text{ maka} \\ (Np + Lp) \times (Np \times S) &= K \times (Np \times S) = L, \text{ atau} \\ Np &= LS, \text{ maka} \\ K &= L \times (l + Lps) \end{aligned}$$

keterangan:

- $V$  = kecepatan kapal
- $te$  = waktu layer actual kapal pada kecepatan  $v$
- $d$  = lama hari survei
- $Np$  = jumlah *parallel track*
- $L$  = Panjang empat persegi area survei (*nautical miles*)
- $S$  = jarak spasi *track* (*nautical miles*)

$L_p$  = panjang *track parallel* (nautical miles)  
 $K$  = panjang dari titik awal hingga titik akhir

Pengukuran atau pengambilan data *sounding* mengikuti lintasan yang sudah diperhitungkan terlebih dahulu, berupa lintasan utama dengan spasi 10 m serta lintasan silang dengan spasi 40 m, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rencana Jalur Perum Utama (Kuning) dan Jalur Perum Silang (Hijau) (Penulis, 2022)

Pemeruman dilakukan pada tanggal 13-17 Juni 2022. Sebelum pemeruman dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat *echosounder* menggunakan *barcheck*, yaitu membandingkan suatu nilai kedalaman yang diukur dengan manual dengan nilai kedalaman yang diukur dengan *echosounder* (Dewi *et al*, 2015). Pengamatan pasang surut dilaksanakan bersamaan dengan pemeruman dengan interval pengamatan pasang surut adalah 10 menit menggunakan alat rambu ukur. . Dalam survei batimetri juga dilakukan pengambilan sampel sedimen dasar Waduk Selorejo menggunakan alat grab sampler. Dalam proses pengambilan sampel sedimen akan dilakukan sesuai gambar di bawah ini.



Gambar 4. Sebaran Titik Sedimen di Dekat Dermaga (Kiri) dan di Tengah Waduk (Kanan)

Selain pemeruman, juga dilakukan pengukuran topografi. Pengukuran topografi terdiri dari 2 pekerjaan. Yang pertama adalah pengukuran beda tinggi menggunakan alat waterpass dari BM acuan terhadap rambu pasang surut. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai ketinggian/vertikal yang sudah tereferensi. Yang kedua



adalah pengukuran statik menggunakan alat GPS Geodetik. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai horizontal yang sudah tereferensi dengan sistem koordinat WGS84 UTM Zona 49S.

Hasil dari pengukuran beda tinggi menggunakan *waterpass* pada saat proses pembacaan benang tidak boleh melebihi toleransi 2 mm menggunakan rumus berikut (Ghilani dan Wolf, 2010)

$$2BT = BA - BB, \quad BT < 2 \text{ mm} \quad (2)$$

dimana:

$BT$  = Benang Tengah (m)

$BA$  = Benang Atas (m)

$BB$  = Benang Bawah (m)

Apabila toleransi tersebut sudah memenuhi, maka nilai elevasi dapat diketahui menggunakan rumus beda tinggi berikut ini (Ghilani dan Wolf, 2010).

$$h = BT_B - BT_M \quad (3)$$

dimana:

$h$  = beda tinggi antara 2 titik (m)

$BT_B$  = Benang Tengah Belakang (m)

$BT_M$  = Benang Tengah Muka (m)

Lalu untuk hasil pengukuran GPS Geodetik dengan metode statik *file raw data* dimasukkan ke web BIG ([nrtk.big.go.id](http://nrtk.big.go.id)). Di *web* ini akan secara otomatis mengolah hasil pengamatan menggunakan 5 titik *CORS* terdekat. Dari kelima hasil tersebut akan dipilih 1 koordinat dengan nilai RMSE terkecil.

Kedalaman yang disajikan oleh *echosounder* merupakan kedalaman tidak langsung, yang merupakan fungsi dari waktu tempuh gelombang suara dari dan ke *transducers* dan cepat rambat gelombang suara dalam air. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi kedalaman dengan rumus sebagai berikut.

$$D_s = y + h_t - h_p \pm CD \quad (4)$$

dimana:

$D_s$  = kedalaman sebenarnya

$y$  = kedalaman terkoreksi *barcheck*

$h_t$  = *draft transducer*

$h_p$  = bacaan pasang surut

$CD$  = nilai *chart datum*/referensi titik acuan

Dimana nilai kedalaman ukuran juga perlu dikoreksi dengan hasil regresi linear koreksi *barcheck* dengan rumus sebagai berikut.

$$y = aD_U + b \quad (5)$$

dimana:

$y$  = kedalaman terkoreksi *barcheck*

$a$  = koefisien regresi

$D_U$  = kedalaman ukuran

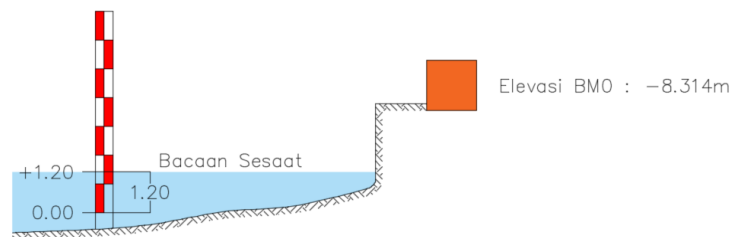
$b$  = *random error*

Hasil dari pengambilan sedimen dasar Waduk Selorejo menggunakan *grab sampler* akan dilakukan uji lab untuk menentukan jenis sedimen dari masing-masing titik pengambilan. Lalu juga akan dilakukan analisa

volume air yang dapat ditampung oleh Waduk Selorejo menggunakan metode *surface-to-surface* menggunakan perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*.

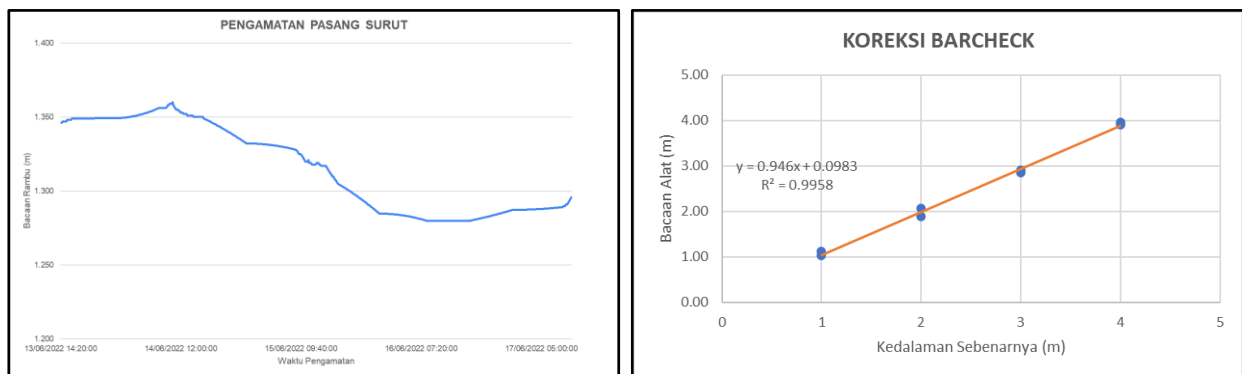
## Hasil dan Pembahasan

Sebagai titik referensi, pada penelitian ini menggunakan titik BM (*Benchmark*) dari Jasa Tirta yang dianggap memiliki ketinggian 0 m, BM ini diberi nama BM0. Dilakukan pengukuran beda tinggi menggunakan alat waterpass dari BM0 ke titik peletakan rambu pasang surut. Didapatkan nilai beda tingginya yaitu -8,314 m seperti yang digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Beda Tinggi BM0 ke Rambu Pasut

Pasang surut dilakukan pengamatan selama 5 hari dari tanggal 13 sampai 17 Juni 2022 dengan interval 10 menit selama pengukuran SBES berlangsung. Selain itu, dilakukan juga pengukuran *barcheck* yang berguna untuk mengoreksi kedalaman bacaan alat SBES. Dari hasil pengukuran *barcheck* tersebut kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk membentuk model atau hubungan antara variabel bebas kedalaman dengan variabel respon bacaan naik dan turun. Berikut merupakan hasil dari pengamatan pasang surut dan koreksi *barcheck*.

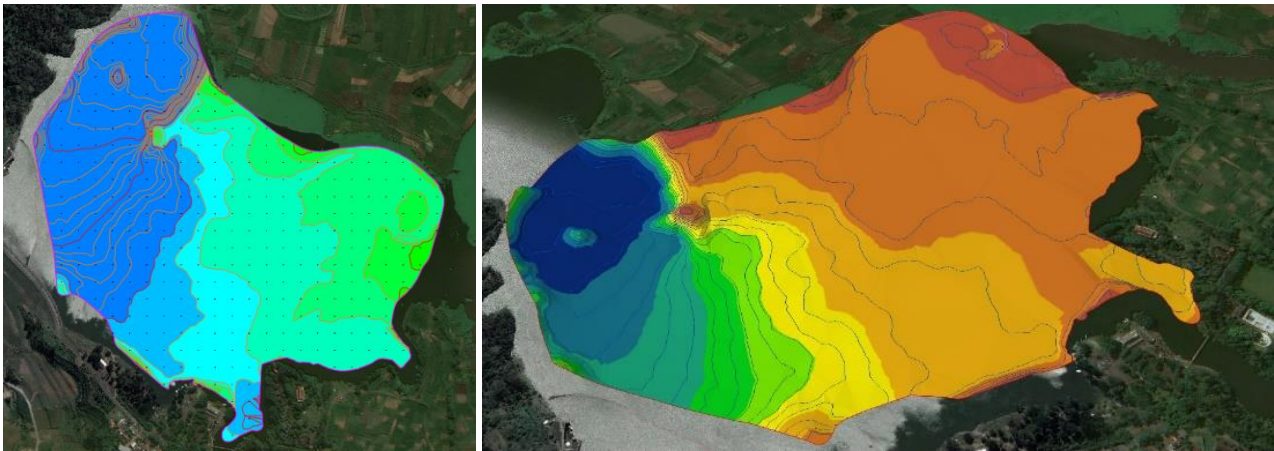


Gambar 6. Hasil Pengamatan Pasang Surut (Kiri) dan Hasil Koreksi *Barcheck* (Kanan)

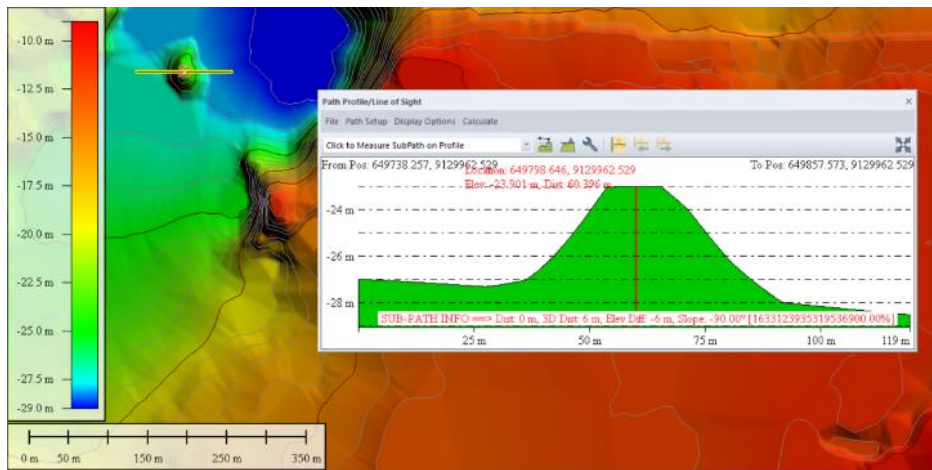
Setelah dilakukan koreksi kedalaman terhadap pasang surut dan *barcheck*, hasil survei batimetri pada Waduk Selorejo didapatkan area yang dapat disurvei memiliki luas 86,40 ha, kedalaman minimum -9 m, kedalaman maksimum -29 m, dan kedalaman rata-rata -15,90 m. Acuan referensi yang digunakan yakni BM0.

Melalui Gambar 7, dapat terlihat bahwa pada Waduk Selorejo memiliki dasar yang rata dan dangkal pada bagian Timur dan dasar yang kemudian dalam pada bagian Barat. Hal ini dikarenakan pada bagian Barat Waduk Selorejo terdapat bendungan air dan pada saat survei batimetri terdapat aktivitas pengerukan oleh pihak PT Jasa Tirta. Selain itu terdapat 2 gundukan bawah air yang terdapat pada Waduk Selorejo. Gundukan pertama terletak pada koordinat *Easting* dan *Northing* berturut-turut 649798,65 m; 9129962,53 m serta memiliki ketinggian 6 m dan kemiringan 10,96°. Gundukan kedua terletak pada koordinat *Easting* dan *Northing* berturut-turut 649915,00 m; 9129792,61 m serta memiliki ketinggian 18,51 m, kemiringan 19,13°

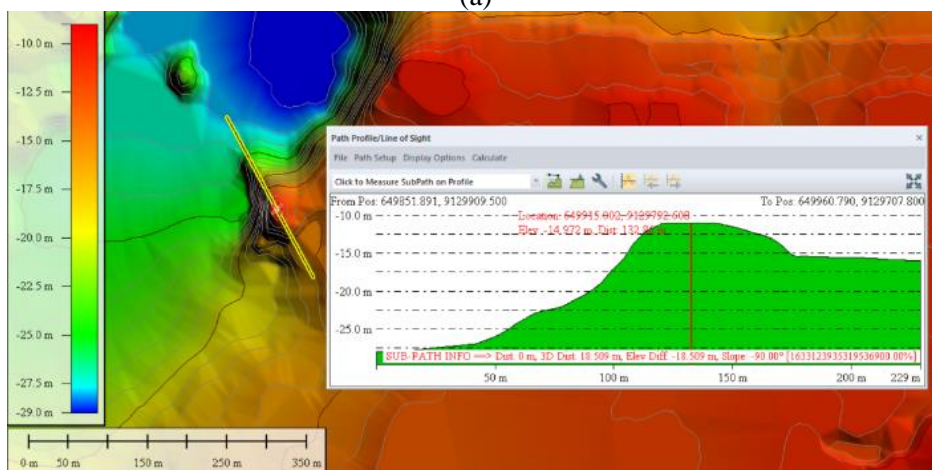
pada bagian atas dan kemiringan 8,28° pada bagian bawah. Ilustrasi dari kedua gundukan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Hasil 2D (Kiri) dan 3D (Kanan) Waduk Selorejo



(a)



(b)

Gambar 8. Penampang Melintang Gundukan Pertama (Atas) dan Gundukan Kedua (Bawah) pada Waduk Selorejo

Kandungan sedimen yang ada pada Waduk Selorejo yakni dominan *silt* (lanau), sebuah sedimen yang diendapkan oleh air, dengan nilai rata-rata 72,90%. Jenis sedimen lain yang terdeteksi yakni *sand* (pasir) dengan nilai rata-rata 18,05% dan *clay* (tanah liat) dengan nilai rata-rata 9,04%. Selain itu, Waduk Selorejo sendiri bisa menampung kedalaman air hingga 50 m di bawah BM0. Sehingga dapat dilakukan perhitungan sedimentasi pada area Dermaga dan Tengah yang direferensikan terhadap kedalaman 50 m, yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Volume Sedimentasi pada Area Dermaga dan Tengah

Area	Luas (ha)	Volume Sedimentasi (m <sup>3</sup> )
Dermaga	0,20	74.680,68
Tengah	5,28	1.206.803,31

Dari kedalaman maksimum 50 m terhadap BM0, dapat dihitung volume air yang dapat ditampung oleh Waduk Selorejo. Dalam perhitungan volume air ini menggunakan interval kedalaman 5 m, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan

Referensi Kedalaman (m)	Luas (ha)	Volume Air (m <sup>3</sup> )
0	86,40	13.731.709,38
-5	86,40	9.411.713,35
-10	85,75	5.092.133,67
-15	29,12	2.180.617,26
-20	18,88	1.027.951,05

## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, melalui peta batimetri berdasarkan acuan BM0 Waduk Selorejo dengan luas 86,40 ha memiliki kedalaman minimum -9 m dan kedalaman maksimum -29 m, kedalaman rata-ratanya -15,90 m. Fitur dasar air Waduk Selorejo yang menonjol yakni terdapat dua gundukan. Gundukan pertama terletak pada koordinat Easting dan Northing berturut-turut 649798,65 m;9129962,53 m serta memiliki ketinggian 6 m dan kemiringan 10,96°. Gundukan kedua terletak pada koordinat Easting dan Northing berturut-turut 649915,00 m;9129792,61 m serta memiliki ketinggian 18,51 m, kemiringan 19,13° pada bagian atas dan kemiringan 8,28° pada bagian bawah.

Hasil uji lab sedimentasi yang ada pada Waduk Selorejo yakni dominan *silt* (lanau), sebuah sedimen yang diendapkan oleh air, dengan nilai rata-rata 72,90%. Jenis sedimen lain yang terdeteksi yakni *sand* (pasir) dengan nilai rata-rata 18,05% dan *clay* (tanah liat) dengan nilai rata-rata 9,04%. Diketahui juga Waduk Selorejo mampu menampung air dengan volume maksimum 13.731.709,38 m<sup>3</sup> pada kedalaman maksimum 50 m.

## Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Perum Jasa Tirta I yang telah memberikan kesempatan bagi mahasiswa dan dosen dari Departemen Teknik Geomatika ITS dalam penyelenggaraan kegiatan Kemah Kerja dan Survei Hidrografi di Waduk Selorejo pada tahun 2022.



---

**Daftar Pustaka**

- Adhistana, D. D. (2017). Rencana Pengoperasian yang Optimum pada Potensi Air Waduk Selorejo untuk Pembangkit Listrik dan Irigasi (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Dewi, L. S., Ismanto, A., & Indrayanti, E. (2015). Pemetaan batimetri menggunakan singlebeam echosounder di perairan Lembar, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. *Journal of Oceanography*, 4(1), 10-17.
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2010). *Elementary surveying*. Prentice hall.
- Herawati, N. (2017). Indonesia-Second Phase of the Dam Operational Improvement And Safety Project: environmental assessment: Environmental and social management framework.
- Johannesson, K. A. (1983). Fisheries acoustics-a practical manual for aquatic biomass estimation. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 240, 1-249.
- Poerbandono, D. E., & Djunarsjah, E. (2005). *Survei hidrografi*. Refika Aditama. Bandung, 166.
- Simmonds, J., & MacLennan, D. N. (2008). *Fisheries acoustics: theory and practice*. John Wiley & Sons.
- Yudiarso, R. A., Suhartanto, E., & Soetopo, W. (2014). Upaya konservasi waduk Selorejo berdasarkan perkembangan peta penggunaan lahan dalam kurun waktu tahun 2000–2011. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 5(1), 1-8.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).