

Pemetaan batimetri dan pemodelan morfologi dasar danau serta analisa daya tampung genangan Danau Patenggang

Adithya Kresna Sumaamijaya*, Fazel Karly, Nandra Ramira Ar, Haikal Muhammad Ihsan

Program Studi Sains Informasi Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding authors: sumaamijaya31@upi.edu

Submitted: 25 July 2024, Revised: 20 May 2025, Accepted: 30 May 2025

ABSTRACT: This research aims to map the bathymetry and model the bottom morphology of Patenggang Lake and analyze the lake's inundation capacity. This mapping is important because detailed spatial and morphometric data is not yet available as a basis for planning the management and sustainable use of water resources in the area. The research was conducted through mechanical depth measurement, using a measuring stick for shallow areas and a weighted measuring tape for the middle of the lake. The depth data collected was then processed using the topo to raster interpolation method in ArcGIS software to produce a hydrologically accurate digital elevation model (DEM). The DEM became the basis for analyzing the shape and topographic structure of the lake bed. The results show that Patenggang Lake has a basic morphology in the form of a bowl-like basin, with a maximum depth of 12.5 meters in the northwest and a minimum depth of 3 meters in the northeast. The topographic characteristics of the bottom vary: the northwest is relatively gentle, the northeast is moderately gentle, the southeast is moderately steep, and the northwest is very steep. The storage capacity analysis showed that the surface area and water volume increased linearly with elevation, but at different rates of increase. These main results show that elevation changes greatly affect the lake's storage capacity and have implications for the stability of its hydrological functions. This research provides scientific contributions in the form of basic morphometric data and the latest bathymetry model that can be used in lake ecosystem management. Practically, these results can serve as the basis for technical planning of Lake Patenggang water resources management, especially to support conservation, water quality control, irrigation, and development of tourism potential based on accurate spatial data.

KEYWORDS: bathymetry; GIS; lake morphology; Patenggang Lake.

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk memetakan batimetri dan memodelkan morfologi dasar Danau Patenggang serta menganalisis daya tampung genangan danau. Pemetaan ini menjadi penting karena belum tersedia data spasial dan morfometri yang detail sebagai dasar perencanaan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air secara berkelanjutan di kawasan tersebut. Penelitian dilakukan melalui pengukuran kedalaman secara mekanik, yaitu dengan menggunakan tongkat rambu ukur untuk area dangkal dan tali dengan pemberat untuk area tengah danau. Data kedalaman yang dikumpulkan selanjutnya diproses menggunakan metode interpolasi topo to raster pada perangkat lunak ArcGIS untuk menghasilkan model elevasi digital (DEM) yang akurat secara hidrologis. DEM tersebut menjadi dasar dalam menganalisis bentuk dan struktur topografi dasar danau. Hasil menunjukkan bahwa Danau Patenggang memiliki morfologi dasar berupa cekungan menyerupai mangkuk, dengan kedalaman maksimum 12.5 meter di bagian barat laut dan kedalaman minimum 3 meter di timur laut. Karakteristik topografi dasar bervariasi: bagian barat laut relatif landai, timur laut agak landai, tenggara cukup curam, dan barat laut sangat curam. Analisis daya tampung menunjukkan bahwa luas permukaan dan volume air meningkat secara linier terhadap elevasi, namun dengan laju kenaikan yang berbeda. Hasil utama ini menunjukkan bahwa perubahan elevasi sangat mempengaruhi kapasitas tampung danau serta berimplikasi terhadap kestabilan fungsi hidrologisnya. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa data dasar morfometri dan model batimetri terkini yang dapat digunakan dalam pengelolaan ekosistem danau. Secara praktis, hasil ini dapat menjadi dasar perencanaan teknis pengelolaan sumber daya air Danau Patenggang, khususnya untuk mendukung konservasi, pengendalian kualitas air, irigasi, serta pengembangan potensi pariwisata berbasis data spasial yang akurat.

KATA KUNCI: batimetri; SIG; morfologi dasar danau; Danau Patenggang.

© The Author(s) 2025. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Danau merupakan salah satu objek penting sebagai bahan analisa. Hal tersebut berkaitan fungsi danau yang memberikan segudang manfaat bagi manusia. Secara definitif, dalam KBBI, danau merupakan area genangan air yang luas dan dikelilingi

oleh daratan. Danau sering kali dimanfaatkan manusia sebagai sumber dasar air baku untuk keperluan rumah tangga, pertanian, pariwisata dan bentuk lainnya (Saputro et al., 2023). Berdasarkan data (BPS, 2024) menyatakan bahwa jumlah penyaluran air bersih di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Agar danau dapat terus berfungsi dan dimanfaatkan oleh

manusia maka perlu dikelola dengan benar. Bentuk pengelolaan danau untuk menjamin ketersediaan air adalah penjagaan kuantitas serta kualitas air danau (Pamudjianto & Sutiono, 2018).

Selain kebutuhan air bersih, danau juga memiliki fungsi detensi (Le et al., 2023). Dalam hal ini, danau berfungsi juga terhadap penurunan debit puncak yang terjadi akibat curah hujan tinggi (Sartimbul et al., 2015). Aliran debit limpasan yang tinggi akibat curah hujan tinggi akan mengalami reduksi saat melewati suatu genangan (dalam hal ini danau). Hubungan analisa daya tampung danau dengan penurunan debit puncak juga dipengaruhi oleh fungsi retensi danau (Sun et al., 2020). Di mana, dalam hal ini fungsi retensi berpengaruh bahwa suatu debit akan tertahan akibat morfologi suatu danau (Sartimbul et al., 2015). Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan morfologi dasar danau Patenggang serta analisa daya tampung danau Patenggang.

Danau Patenggang secara administratif terletak di Kecamatan Rancabali, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Danau ini berada pada koordinat 7.1638° LS dan 107.35902° BT dan berada pada ketinggian sekitar 1600 – 1700 mdpl (Akbar et al., 2022). Kawasan Danau Patenggang diperkirakan memiliki luas 60.79 ha dimana 49.50 ha merupakan luas danau dan 11.29 ha merupakan area taman wisata (Amanta et al., 2012). Danau ini termasuk ke dalam klasifikasi danau dataran tinggi yang dicirikan berada pada ketinggian di atas 800 mdpl, memiliki kondisi lingkungan suhu rendah, tekanan udara rendah, dan ketersediaan nutrisi yang terbatas (Nurcahyanto et al., 2023).

Di era sekarang, teknologi semakin berkembang salah satunya sistem informasi geografi (SIG). Teknik pengolahan data terintegrasi spasial mampu membuat suatu model dari data hasil pengamatan di lapangan. Penggunaan SIG dapat menganalisis dan memodelkan suatu sebaran sampel yang memuat nilai tertentu. Analisa interpolasi pada SIG dapat memperkirakan suatu area yang tidak tersampelkan menyerupai data sampel terdekat daripada yang terjauh (Rohman et al., 2018). Dalam hal ini, pemodelan batimetri dasar danau dapat dimodelkan berdasarkan sebaran sampel pengambilan data kedalaman pada setiap titik di Danau Patenggang. Lebih jauh lagi, penggunaan SIG dapat memodelkan kondisi morfologi dasar Danau Patenggang dalam model 3 dimensi (Zhu et al., 2019). Selain itu, penggunaan SIG juga dapat menghitung suatu luas serta volume dari suatu genangan.

Penelitian ini merupakan studi pertama yang secara khusus melakukan pemetaan batimetri, pemodelan morfologi dasar danau, serta analisa daya tampung genangan di Danau Patenggang. Padahal, danau memiliki peran penting baik dari aspek lingkungan maupun aspek sosial ekonomi manusia, sehingga diperlukan pengelolaan yang berbasis data dan informasi yang akurat. Pengelolaan danau yang baik sangat bergantung pada ketersediaan data spasial

yang menggambarkan karakteristik fisik dan kapasitas daya tampung genangannya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan peta batimetri, model morfologi dasar danau, serta analisa daya tampung genangan Danau Patenggang dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode interpolasi yang dipilih adalah *topo to raster* yang merupakan teknik interpolasi yang secara khusus dirancang untuk menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan akurasi hidrologis yang tinggi (ESRI). Metode ini bekerja dengan menginterpolasikan data vektor berupa titik-titik elevasi menjadi data raster, sehingga mampu merepresentasikan permukaan dasar danau secara lebih realistis dan sesuai dengan karakteristik aliran air (Fazilova & Magdiev, 2018).

Informasi spasial yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi data dasar yang bermanfaat bagi upaya pengelolaan danau secara berkelanjutan, sekaligus menjadi referensi penting bagi para pemangku kepentingan di bidang pengelolaan sumber daya air (Nygrén, 2019). Melihat berbagai potensi ancaman yang dihadapi, seperti sedimentasi, degradasi kualitas lingkungan, serta tekanan akibat perubahan tata guna lahan di sekitar kawasan Danau Patenggang, diperlukan data spasial yang akurat. Hasil penelitian ini juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai aspek pengelolaan wilayah, seperti perencanaan konservasi, dasar perencanaan teknis pengelolaan sumber daya air Danau Patenggang, khususnya untuk mendukung konservasi, pengendalian kualitas air, irigasi, serta pengembangan potensi pariwisata berbasis data spasial yang akurat.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada objek berupa Danau Patenggang, yang berlokasi di Rancabali, Kabupaten Bandung. Visualisasi peta dari Danau Patenggang akan disajikan pada Gambar 1.



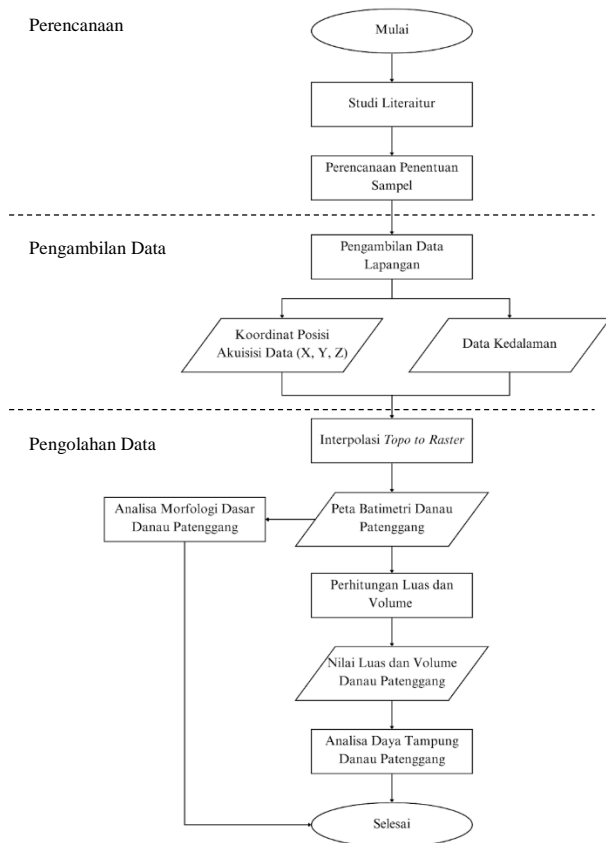
Gambar 1. AOI lokasi penelitian

Danau Patenggang dikelilingi oleh perbukitan dan pegunungan, diantaranya Gunung Patuha yang terletak

di sebelah timur Danau Patenggang dan Gunung Wayang yang terletak di sebelah barat Danau Patenggang (Kastolani, 2016).

2.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun alur dari penelitian ini terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu tahap perencanaan sampel pengambilan data, pengambilan data, dan pengolahan data. Gambar 2 akan menyajikan alur penelitian dalam bentuk diagram alir.

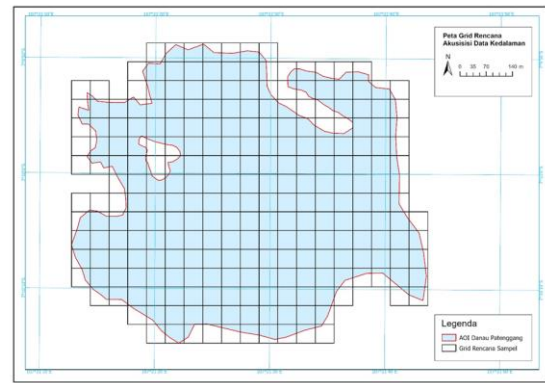


Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.3 Tahap Perencanaan

2.3.1 Grid Rencana Pegambilan Data

Teknik sampling yang digunakan adalah dengan grid sampling. Dilakukan akuisisi data kedalaman pada setiap titik yang telah direncanakan sebelumnya dalam grid. Grid yang dibuat memiliki interval 50 meter. Grid tersebut juga digunakan sebagai acuan wahana perahu dalam menentukan jalurnya. Penentuan metode grid dilakukan agar sampel tersebar secara merata pada wilayah kajian Danau Patenggang (Ben-Jemaa et al., 1995). Gambar 3 menyajikan visualisasi grid yang dibuat sebagai rencana akuisisi data.

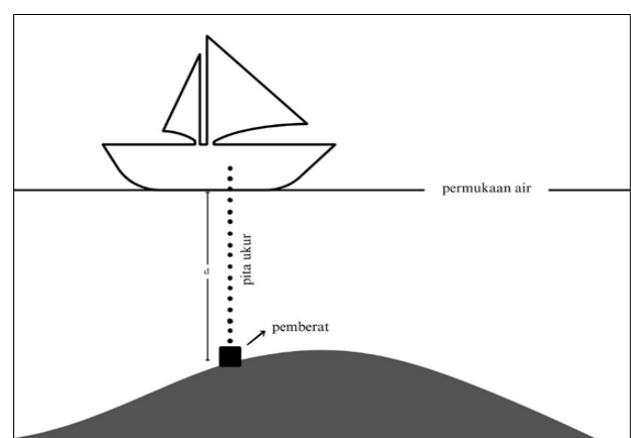


Gambar 3. Peta grid rencana akuisisi data kedalaman

2.4 Tahap Pengambilan Data

2.4.1 Pengambilan Data Kedalaman Metode Mekanik

Proses pengambilan data kedalaman danau dilakukan dengan metode mekanik. Metode mekanik dalam survei hidrografi merupakan metode paling awal yang pernah dilakukan manusia untuk melakukan pengukuran kedalaman (Al Kautsar et al., 2013). Teknik pengambilan data di lapangan terbagi menjadi dua cara. Di area dangkal, dilakukan pengukuran kedalaman menggunakan alat berupa tongkat rambu ukur, serta di area tengah danau dilakukan pengukuran menggunakan pita ukur yang diberi pemberat. Pemberat yang digunakan perlu dipastikan memiliki berat yang cukup tinggi agar menghindari efek arus yang terdapat di dalam perairan danau (Wu et al., 2013). Metode ini dilakukan karena objek kajian Danau Patenggang memiliki luas yang relatif kecil jika dibandingkan dengan danau lainnya. Oleh karena itu, metode mekanik akan lebih efektif dan efisien jika dilakukan di Danau Patenggang (Sahalan et al., 2016). Gambar 4 merupakan visualisasi pengukuran kedalaman menggunakan metode mekanik.



Gambar 4. Pengukuran kedalaman metode mekanik

Di area tengah danau, Proses pengukuran dilakukan pada wahana berupa perahu. Pengukuran kedalaman dilakukan dengan cara menenggelamkan

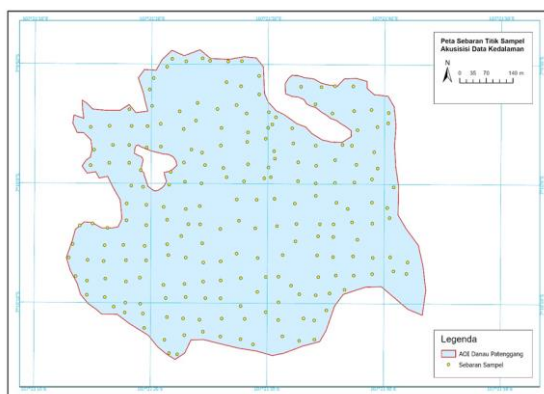
pemberat yang diikat pada pita ukur hingga menyentuh dasar danau. Kedudukan alat harus tegak lurus secara vertikal dengan titik posisi pengambilan data (Al Kautsar et al., 2013). Selain dilakukan akuisisi data kedalaman, dilakukan juga akuisisi data horizontal titik posisi pengambilan data. Penentuan posisi horizontal dilakukan dengan GPS yang terdapat pada gawai.



Gambar 5. Foto lapangan proses akuisisi data kedalaman

2.4.2 Sebaran Sampel Pengambilan Data

Setelah pembuatan grid rencana akuisisi seperti pada Gambar 5, selanjutnya dilakukan akuisisi data lapangan. Akuisisi data dilakukan pada setiap perpotongan garis grid rencana. Gambar 6 akan menyajikan sebaran titik akuisisi data kedalaman.



Gambar 6. Peta sebaran titik sampel akuisisi data kedalaman

Berdasarkan pengamatan dilakukan akuisisi kedalaman pada total 214 titik. sebaran titik sampel pada hasil pengamatan menunjukkan pola yang tidak persis sempurna berdasarkan grid. Salah satu faktor yang memengaruhi persebaran titik sampel adalah wahana perahu yang sulit dikendalikan akibat adanya arus yang ditimbulkan oleh angin (Rueda et al., 2005). Akan tetapi, data hasil pengamatan tersebut masih dapat diolah dan dimodelkan untuk dilakukan interpolasi.

2.5 Tahap Pengolahan Data

2.5.1 Interpolasi Metode *Topo to Raster*

Teknik interpolasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *topo to raster* yang tersedia di ArcGIS. *Topo to raster* adalah metode interpolasi yang memang dirancang khusus untuk pembuatan *digital elevation model* (DEM) yang akurat secara hidrologis (ESRI). Metode ini menginterpolasikan data vektor berupa titik yang memiliki nilai ketinggian menjadi data raster (Fazilova & Magdiev, 2018). Metode ini merupakan gabungan dari teknik interpolasi lainnya dengan tujuan untuk mengoptimalkan efisiensi komputasi. *Topo to raster* pada dasarnya adalah teknik *spline* pelat tipis yang terdistraksi (Wabha, 1990) dimana hukuman kekasaran telah dimodifikasi untuk memungkinkan DEM diperhalus pada perubahan nilai secara mendadak pada medan seperti punggung atau bukit. Oleh karena itu, *topo to raster* merupakan metode paling cocok dalam melakukan analisis pemodelan batimetri.

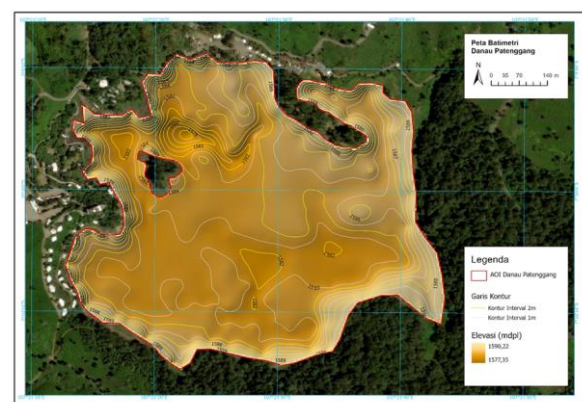
2.5.2 Analisa Perhitungan Luas dan Volume

Proses perhitungan luas dan volume dilakukan secara geometri menggunakan ArcGIS. Data vektor poligon dapat diturunkan untuk menghitung luas suatu area 2 dimensi. Sedangkan data DEM hasil interpolasi sebelumnya dapat dilakukan untuk perhitungan volume (Khasanov, 2020). Proses perhitungan tersebut bertujuan untuk memperoleh hubungan antara luas dan volume Danau Patenggang yang selanjutnya digunakan untuk menganalisis daya tampung Danau Patenggang (Hakanson, 2012).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Peta Batimetri Danau Patenggang

Gambar 7 merupakan peta batimetri Danau Patenggang yang menggambarkan kondisi dan keadaan topografi dari dasar Danau Patenggang.



Gambar 7. Peta batimetri Danau Patenggang

Gambar 8 merupakan peta kontur dasar Danau Patenggang yang menggambarkan keadaan kontur dari dasar Danau Patenggang.

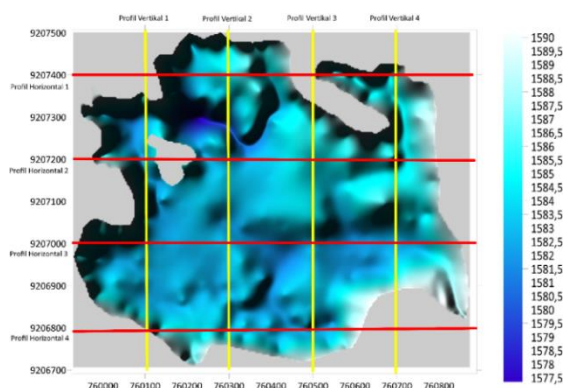


Gambar 8. Peta kontur Danau Patenggang

Dari kedua peta tersebut, dapat diketahui bahwa titik terdalam Danau Patenggang memiliki kedalaman sebesar 12.5 m. Titik terdalam ini terletak di bagian barat laut dari danau ini. Sedangkan bagian dasar danau yang relatif dangkal adalah bagian timur laut dari Danau Patenggang dengan kedalaman berkisar antara 6-3 meter. Permukaan dasar dari danau ini berbentuk cekungan menyerupai mangkuk dengan permukaan dasar bagian tepinya relatif lebih curam dibandingkan dengan permukaan dasar di bagian tengah (Beletsky et al., 2012). Bagian selatan dari Danau Patenggang memiliki topografi dasar yang relatif landai dan halus dengan rentang perbedaan kedalaman hanya sebesar 2 meter. Sedangkan bagian utara dari Danau Patenggang memiliki topografi dasar yang relatif curam dan kasar dengan rentang perbedaan kedalaman hingga sebesar 6 meter. Tidak hanya itu, di bagian utara Danau Patenggang juga terdapat sebuah pulau dan bagian daratan yang menjorok ke arah danau sehingga topografinya cenderung lebih kasar daripada bagian selatan.

3.2 Profil Horizontal dan Vertikal Danau Patenggang

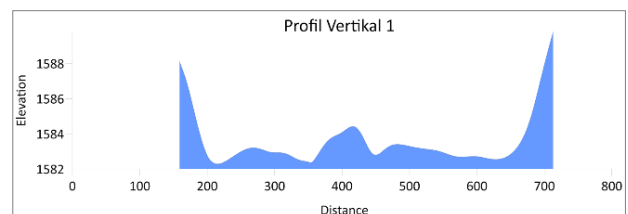
Gambar 9 menyajikan pembagian dalam penarikan garis untuk profil vertikal dan horizontal Danau Patenggang.



Gambar 9. Penarikan garis untuk profil horizontal dan vertikal Danau Patenggang

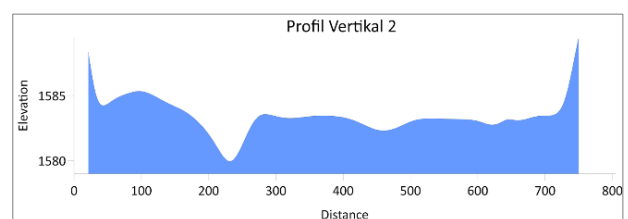
Terdapat sebanyak 8 garis profil dengan 4 darinya merupakan garis profil vertikal dan 4 lainnya

merupakan garis profil horizontal. Garis profil vertikal memanjang dengan arah utara-selatan sedangkan garis profil horizontal memanjang dengan arah timur-barat. Keseluruhan garis profil tersebut tersebar dengan merata. Setiap garis tersebar dengan interval 200 meter antar satu sama lain. Garis profil vertikal dan garis profil horizontal saling memotong tegak lurus di sebanyak 16 titik perpotongan. Seluruh garis profil vertikal dan garis profil horizontal dinamai dengan menggunakan angka dengan urutan penamaan garis profil vertikal adalah dari barat ke timur urutan penamaan garis profil horizontal adalah dari utara ke selatan. Jarak dari garis profil vertikal ditarik dari arah utara ke selatan dan jarak garis profil horizontal ditarik dari arah barat ke timur. Garis profil vertikal memiliki rentang jarak sebesar 800 meter sedangkan garis profil horizontal memiliki rentang jarak sebesar 1,000 meter. Gambar 10, 11, 12, dan 13 merupakan visualisasi profil vertikal Danau Patenggang.



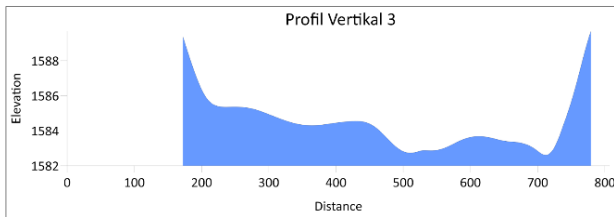
Gambar 10. Profil vertikal 1 Danau Patenggang

Garis profil vertikal 1 merupakan garis profil vertikal yang paling barat dan memanjang pada *easting* 760100 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman hampir sebesar 8 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 5 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil relatif dalam dengan besar 7 meter. Topografi dasar pada garis profil ini relatif landai dan halus.



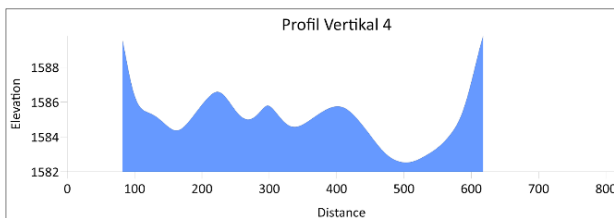
Gambar 11. Profil vertikal 2 Danau Patenggang

Garis profil vertikal 2 merupakan garis profil vertikal barat-tengah dan memanjang pada *easting* 760300 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 10 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 5 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil ini adalah sebesar 6 meter. Topografi dasar pada garis profil ini relatif landai dan halus, meskipun terdapat sebagian kecil dari topografi yang curam pada jarak 200-250 meter.



Gambar 12. Profil vertikal 3 Danau Patenggang

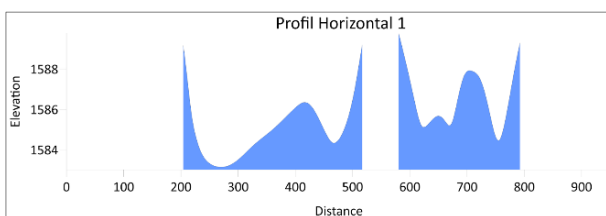
Garis profil vertikal 3 merupakan garis profil vertikal timur-tengah dan memanjang pada *easting* 760500 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 7.5 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 5 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil ini adalah sebesar 6 meter. Topografi dasar pada garis profil ini relatif agak landai dan relatif agak kasar.



Gambar 13. Profil vertikal 4 Danau Patenggang

Garis profil vertikal 4 merupakan garis profil vertikal yang paling timur dan memanjang pada *easting* 760700 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 7.5 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 3 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil ini adalah sebesar 5 meter. Topografi dasar pada garis profil ini curam dan kasar.

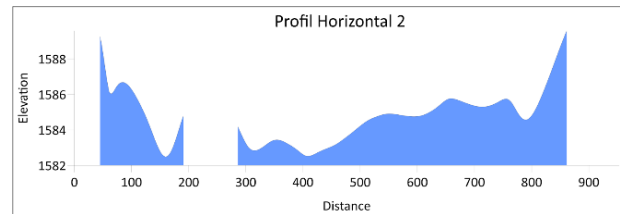
Gambar 14, 15, 16, dan 17 merupakan visualisasi profil horizontal Danau Patenggang.



Gambar 14. Profil horizontal 1 Danau Patenggang

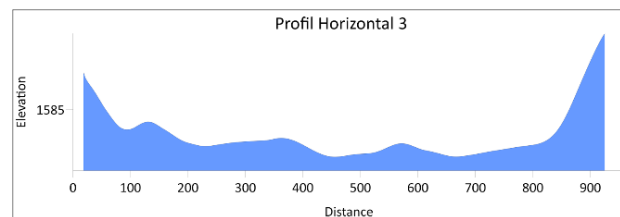
Garis profil horizontal 1 merupakan garis profil horizontal yang paling utara dan memanjang pada *northing* 92007400 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 8 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 2 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada

garis profil ini cukup dangkal dengan besar 4 meter. Topografi dasar pada garis profil ini sangat curam dan sangat kasar. Terdapat bagian yang tidak terendam air melainkan merupakan daratan, yakni pada rentang jarak 520-590 meter.



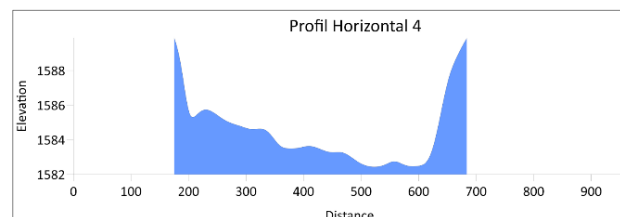
Gambar 15. Profil horizontal 2 Danau Patenggang

Garis profil horizontal 2 merupakan garis profil horizontal utara-tengah dan memanjang pada *northing* 92007200 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 7.5 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 3.5 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil ini adalah sebesar 5 meter. Topografi dasar pada garis profil ini sangat curam dan kasar. Terdapat bagian yang tidak terendam air melainkan merupakan daratan berupa pulau, yakni pada rentang jarak 195-290 meter.



Gambar 16. Profil horizontal 3 Danau Patenggang

Garis profil horizontal 3 merupakan garis profil horizontal selatan-tengah dan memanjang pada *northing* 92007000 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 8 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 6 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil ini adalah sebesar 7 meter. Topografi dasar pada garis profil ini landai dan halus.



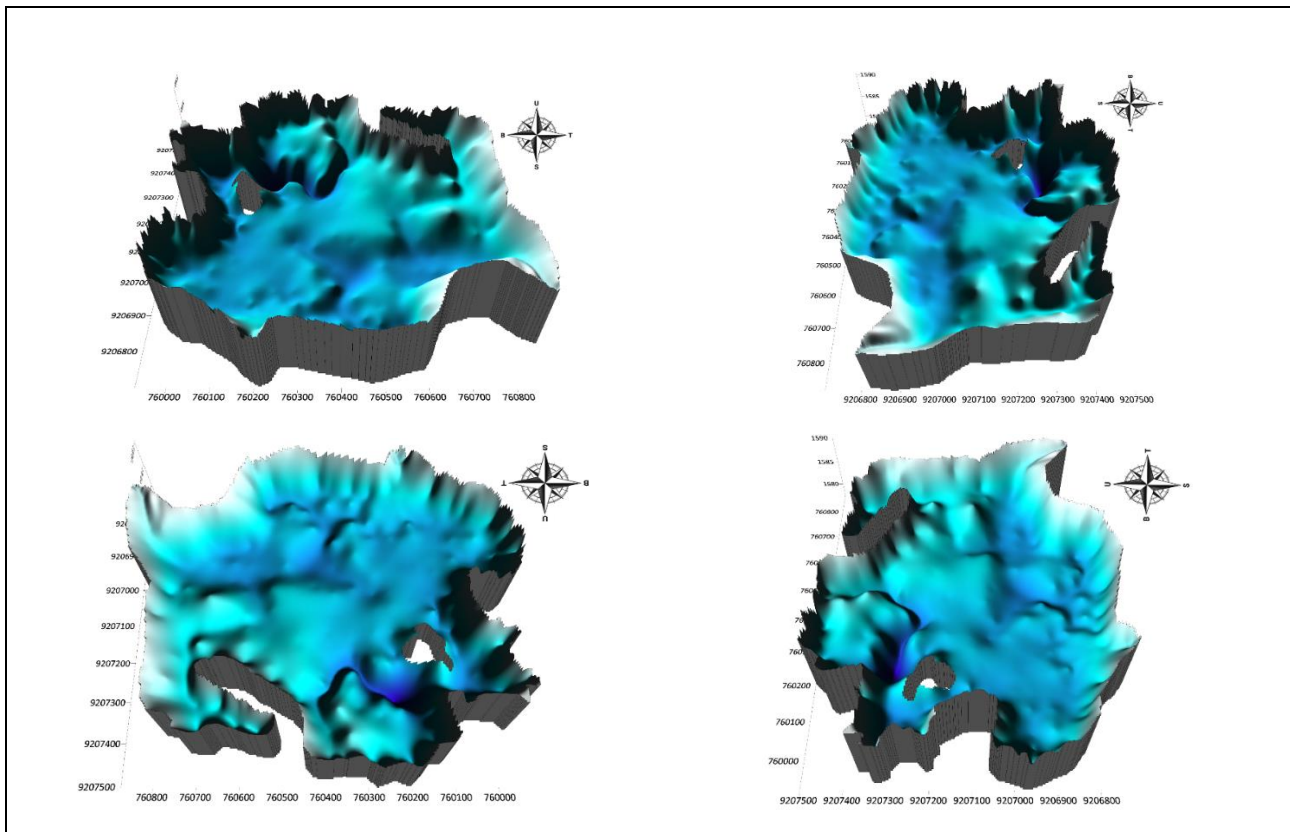
Gambar 17. Profil horizontal 4 Danau Patenggang

Garis Profil Horizontal 4 merupakan garis profil horizontal yang paling selatan dan memanjang pada

northing 92006800 UTM. Pada garis profil ini, permukaan dasar terdalam memiliki kedalaman sebesar 7 meter dengan permukaan dasar terdangkalnya memiliki kedalaman sebesar 5 meter. Kedalaman permukaan dasar rata-rata pada garis profil ini adalah sebesar 6 meter. Topografi dasar pada garis profil ini agak curam dan cukup halus.

3.3 Pemodelan 3D Morfologi Dasar Danau Patenggang

Gambar 18 merupakan model 3D morfologi dasar Danau Patenggang.



Gambar 18. Model 3D morfologi dasar Danau Patenggang

Gambar tersebut terdiri dari 4 model 3D morfologi dasar Danau Patenggang. Masing-masing model 3D memiliki orientasi yang berbeda, yakni utara, selatan, barat, dan timur. Terdapat perbedaan skala antara sumbu x dan y dengan sumbu z sehingga terdapat perbedaan skala antara luas dengan ketinggian. Perbandingan skala antara sumbu z dengan sumbu x dan y adalah 1:20, sehingga perubahan jarak vertikal sebesar 5 meter di peta setara dengan perubahan jarak horizontal sebesar 100 meter di peta. Perbedaan skala ini disebut dengan *vertical exaggeration*, dengan nilai *vertical exaggeration* (*ve*)nya adalah 20. *Vertical exaggeration* hal ini dilakukan agar perubahan elevasi yang sangat kecil dapat divisualisasikan dengan baik (Patterson, 1999).

Dari model 3D tersebut, dapat dilihat bahwa bagian barat laut dari Danau Patenggang memiliki topografi dasar yang relatif landai, bagian timur laut memiliki topografi dasar agak landai, bagian tenggara memiliki topografi dasar yang cukup curam, dan bagian barat laut memiliki topografi dasar yang sangat curam. Bagian barat daya dari Danau Patenggang

memiliki topografi dasar yang relatif halus, bagian tenggara dan timur laut memiliki topografi dasar yang kasar, dan bagian barat daya memiliki topografi dasar yang sangat kasar. Terdapat daratan yang menjorok ke danau yang menyerupai *headland* pada pesisir di bagian timur laut Danau Patenggang dengan arah ke Tenggara. Terdapat juga sebuah pulau di bagian barat laut danau ini. Di sebelah timur laut dari pulau ini, terdapat sebuah depresi sempit dengan kedalaman 7 hingga 12 meter. Di depresi ini lah titik terdalam Danau Patenggang berada.

3.4 Analisa Daya Tampung Danau Patenggang

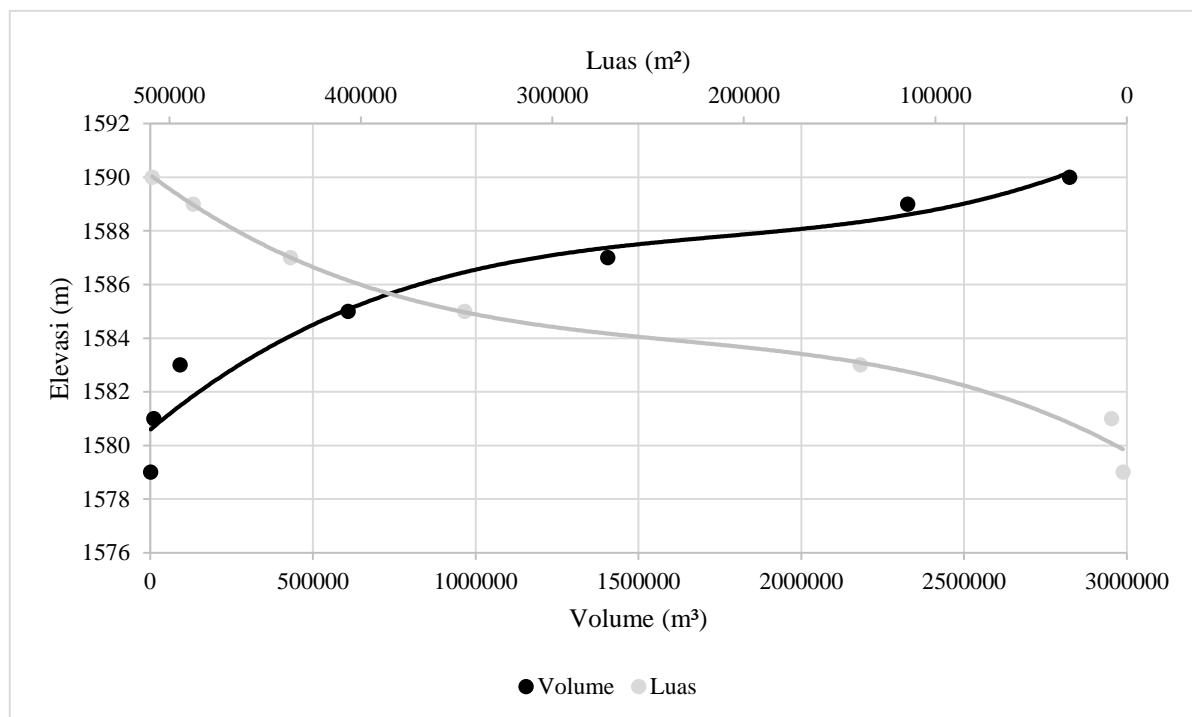
Tabel 1 memuat data tentang luas (dalam satuan m²) dan volume (dalam satuan m³) per elevasi (dalam satuan m). Terdapat sebanyak 8 kelas elevasi dengan elevasi terendah 1,577.35 m, elevasi tertinggi 1,590 m, dan interval ideal per kelas elevasinya 2 m. Tabel 1 ini mengandung informasi tentang kaitan antara luas dan volume dengan nilai elevasinya. Informasi yang terdapat dalam tabel ini dapat divisualisasikan menjadi suatu grafik untuk mempermudah proses analisis

dengan menggambarkan hubungan antara luas dan volume dengan nilai elevasinya. Grafik yang digunakan untuk memvisualisasikan informasi tersebut adalah grafik kelengkungan elevasi-volume-area yang tersaji pada Gambar 19.

Tabel 1. Nilai luas dan volume pada elevasi tertentu

Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
1590	508,930.541	2,824,581.948
1589	487,538.723	2,326,221.389
1587	436,825.447	1,405,073.596
1585	345,786.678	607,637.059
1583	139,153.214	91,629.275
1581	7,917.183	10,409.292
1579	2,018.862	1,369.517
1577,35	0	0

Dari data dalam tabel terlihat bahwa seiring dengan peningkatan elevasi, baik luas genangan maupun volume air mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Namun, peningkatan ini tidak bersifat linier sempurna, melainkan menunjukkan laju perubahan yang bervariasi di setiap interval elevasi. Misalnya, antara elevasi 1,585 m dan 1,587 m, terjadi lonjakan volume dari sekitar 607,637 m³ menjadi 1,405,073 m³, yang menunjukkan laju peningkatan volume yang lebih tinggi dibandingkan interval elevasi sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan bentuk morfologi dasar danau pada elevasi tertentu memiliki pengaruh besar terhadap kapasitas tampung air. Grafik kelengkungan elevasi-volume-area dapat memperjelas titik-titik perubahan tersebut, serta membantu dalam mengidentifikasi elevasi kritis yang memengaruhi kinerja hidrologis danau.



Gambar 19. Grafik hubungan luas dan volume Danau Patenggang

Grafik kelengkungan elevasi-volume-area merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara elevasi, volume air, dan luas permukaan (Li et al., 2021). Dalam grafik ini, sumbu y menggambarkan nilai elevasi sedangkan sumbu x menggambarkan nilai volume air dan juga luas permukaan. Pada sumbu x, posisi nilai terendah dan tertinggi antara nilai volume air dan luas permukaan berada di posisi yang berlawanan. Sehingga, semakin mengarah ke kanan, maka nilai volume airnya semakin besar sedangkan nilai luas permukaannya semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Grafik kelengkungan ini dibuat dengan memasukkan titik-titik yang mewakili nilai volume air dan luas permukaan beserta hubungannya terhadap

elevasi. Titik-titik tersebut kemudian dihubungkan dengan menggunakan garis tren polinomial (Zhou & Ye, 2016).

Hubungan antara kenaikan luas permukaan dengan elevasi berbanding lurus. Semakin tinggi elevasi permukaan air danau, maka semakin luas juga permukaan dananya. Pada elevasi 1,579-1,583 m, terjadi peningkatan luas permukaan sebesar 137,134 m² atau 24,035 m² per kenaikan elevasi sebesar 1 m. Pada elevasi 1,583-1,587 m, terjadi peningkatan luas permukaan sebesar 297,672 m² atau 74,418 m² per kenaikan elevasi sebesar 1 m. Pada elevasi 1,587-1,590 m, terjadi peningkatan luas permukaan sebesar 72,105

m² atau 24,035 m² per kenaikan elevasi sebesar 1 m. Laju kenaikan luas permukaan pada elevasi 1,579-1,583 m hanya setengahnya dari elevasi 1,583-1,587 m. Kenaikan luas permukaan tercepat terjadi pada elevasi 1,583-1,587 m dan mulai menurun setelah melebihi elevasi tersebut.

Hubungan antara kenaikan volume air dengan elevasi berbanding lurus. Semakin tinggi elevasi permukaan air danau, maka semakin besar juga volume air dananya. Pada elevasi 1,579-1,583 m, terjadi peningkatan luas permukaan sebesar 90,260 m³ atau 22,565 m³ per kenaikan elevasi sebesar 1 m. Pada elevasi 1,583-1,587 m, terjadi peningkatan luas permukaan sebesar 1,313,444 m³ atau 328,361 m³ per kenaikan elevasi sebesar 1 m. Pada elevasi 1,587-1,590 m, terjadi peningkatan luas permukaan sebesar 1,419,508 m³ atau 473,169 m³ per kenaikan elevasi sebesar 1 m. Laju kenaikan volume air pada elevasi 1,579-1,583 m merupakan laju kenaikan yang paling lambat. Laju kenaikan volume air semakin meningkat. Pada elevasi 1,583-1,587 m, laju kenaikan volume airnya sebesar hampir 15 kali lipat dari laju kenaikan pada elevasi 1,579-1,583 m. Laju kenaikan volume air tercepat terjadi pada elevasi 1,587-1,590 m.

Hubungan antara luas permukaan dengan volume air berbanding lurus. Luas permukaan akan bertambah seiring dengan bertambahnya volume air. Meski demikian, laju kenaikannya tidak sama. Pada elevasi 1,579-1,583 m, laju kenaikan luas permukaan dan volume airnya sama-sama sangat rendah. Pada elevasi 1,583-1,587 m, laju kenaikan luas permukaan dan volume airnya sama-sama sangat tinggi. Pada elevasi 1,587-1,590 m, laju kenaikan luas permukaan menurun dan merupakan elevasi dengan laju kenaikan luas permukaan yang terendah. Pada saat yang sama, laju kenaikan volume airnya bertambah tinggi dan merupakan elevasi dengan laju kenaikan volume air yang tertinggi.

3.5 Perbandingan Studi

Penelitian ini dibandingkan dengan beberapa studi sejenis yang membahas pemodelan batimetri danau, dan ditemukan sejumlah perbedaan mendasar baik dari sisi data, metode, maupun tingkat akurasi. Studi oleh Vázquez et al. (2024) berjudul *Bathymetric Modelling of High Mountain Tropical Lakes of Southern Ecuador* menggunakan model digital elevasi (DEM) dan kontur dari orthophoto sebagai batas kedalaman nol dalam proses interpolasi, sedangkan penelitian ini tidak menggunakan *orthophoto* dan hanya mengandalkan data titik batimetri langsung. Studi tersebut juga menggunakan metode interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighting*), berbeda dengan penelitian ini yang mengadopsi metode *Topo to Raster* yang lebih sesuai untuk merepresentasikan permukaan topografi berkelanjutan secara hidrologis.

Dari sisi validasi model, studi Vázquez et al. (2024) membagi data menjadi 80% untuk pelatihan dan

20% untuk evaluasi, sedangkan penelitian ini belum memiliki titik evaluasi independen. Selain itu, kurva yang dihasilkan dalam studi tersebut terbatas pada kurva hipsometrik, sedangkan penelitian ini membangun kurva batimetri penuh berdasarkan data elevasi dan kedalaman aktual.

Perbandingan juga dilakukan dengan studi oleh Martinsen et al. (2023) berjudul *Predicting Lake Bathymetry from the Topography of the Surrounding Terrain using Deep Learning*. Studi tersebut melakukan prediksi batimetri berdasarkan kontur topografi sekitar menggunakan model pembelajaran mesin, yang walaupun inovatif, memiliki keterbatasan akurasi karena tidak menggunakan data batimetri langsung. Sebaliknya, penelitian ini menggunakan data survei kedalaman secara langsung sehingga memberikan hasil yang lebih akurat.

Sementara itu, studi oleh Moningkey et al. (2022) dalam *Study of Bathymetry and Sedimentation in Tondano Lake* mengandalkan data historis dan citra satelit untuk menganalisis perubahan luas dan volume danau dari waktu ke waktu. Penelitian ini belum menggunakan data historis tersebut dan belum memodelkan perubahan volume danau secara progresif. Namun, dalam hal pengumpulan data, studi Tondano menggunakan *echo-sounder* dan GPS diferensial, sedangkan penelitian ini menggunakan GPS kinematik/mobile.

Sebagai tambahan, studi global seperti (Zhu et al., 2024) dalam *Exploring the topographical pattern beneath the water surface: Global bathymetric volume-area-height curves (BVAH) of inland surface water bodies* menggunakan *dataset* raster dari berbagai sumber untuk membentuk kurva BVAH (hubungan A, V, dan H) dengan fungsi pangkat. Penelitian ini berbeda karena data A dan V yang digunakan menunjukkan perbedaan ekstrem, sehingga pendekatan fungsi pangkat tidak cocok. Sebaliknya, distribusi data dalam penelitian ini cenderung lebih sesuai untuk dimodelkan dengan fungsi eksponensial atau logistik.

4. KESIMPULAN

Danau Patenggang memiliki morfologi permukaan dasar yang berbentuk cekungan menyerupai mangkuk dengan permukaan dasar bagian tepinya relatif lebih curam dibandingkan dengan permukaan dasar di bagian tengah. Danau Patenggang memiliki kedalaman rata-rata sebesar 5.75 meter. Permukaan dasar dari Danau Patenggang memiliki topografi dasar sebagai berikut: bagian barat laut relatif landai, bagian timur laut agak landai, bagian tenggara cukup curam, dan bagian barat laut sangat curam. Bagian barat daya dari Danau Patenggang memiliki topografi dasar yang relatif halus, bagian tenggara dan timur laut kasar, sedangkan bagian barat daya sangat kasar. Terdapat daratan yang menjorok ke danau yang menyerupai *headland* di bagian timur laut Danau Patenggang dan mengarah ke tenggara. Terdapat juga

sebuah pulau di bagian barat laut danau. Di sebelah timur laut dari pulau ini, terdapat sebuah depresi sempit dengan kedalaman 7 hingga 12.5 meter. Di dalam depresi ini, terdapat titik terdalam Danau Patenggang dengan kedalaman sebesar 12.5 m.

Hubungan antara kenaikan luas permukaan dan kenaikan volume air dengan elevasi berbanding lurus. Meski demikian, laju kenaikan luas permukaan dan volume air tidak sama. Pada sepertiga terdalam danau, laju kenaikan luas permukaan dan volume airnya sama-sama sangat rendah. Pada sepertiga tengah danau, laju kenaikan luas permukaan dan volume airnya sama-sama sangat tinggi. Namun, pada sepertiga terdalam danau, di saat laju kenaikan luas permukaan mengecil dan mengalami laju kenaikan luas permukaan yang terendah dari seluruh elevasi, laju kenaikan volume airnya malah bertambah tinggi dan merupakan laju kenaikan volume air yang tertinggi dari seluruh elevasi.

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa kekurangan yang dapat diperbaiki atau ditingkatkan. Kekurangan pertama adalah belum digunakannya data historis dalam memahami dinamika danau. Oleh karena itu, disarankan untuk memanfaatkan data historis seperti citra satelit untuk menganalisis perubahan luas dan volume danau dari waktu ke waktu, sebagai bentuk pengembangan analisis perubahan dinamis danau dan memungkinkan pemodelan tren jangka panjang. Kedua, kurangnya evaluasi model dengan menggunakan titik data independen atau subset data untuk validasi. Evaluasi model dapat dilakukan dengan membagi data menjadi set pelatihan (80%) dan evaluasi (20%).

Beberapa metode interpolasi yang menghasilkan model berbeda juga mendorong perlunya penggunaan beberapa metode seperti *IDW* dan *Kriging* untuk dapat dibandingkan kesesuaian dan akurasi hasilnya. Terakhir, distribusi data penelitian ini mungkin tidak cocok dengan fungsi pangkat sederhana, sehingga dapat dipertimbangkan penggunaan fungsi eksponensial atau logistik untuk memodelkan hubungan antara area, volume, dan tinggi permukaan air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh mahasiswa sains informasi geografi angkatan 2022 yang turut andil dalam proses akuisisi data kedalaman menggunakan metode mekanik. Juga kepada Prof. Dr. Ir. Dede Rohmat, M.T. yang telah membina dan membimbing peneliti dan kontributor mahasiswa dalam proses akuisisi data maupun pengolahan data serta penulisan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, R. T. M., Setiyowati, Y., Widian, A., & Cahyanto, T. (2022). Keanekaragaman dan Kelimpahan Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air di Situ Patengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

BIOSAIN TROPIS (BIOSCIENCE-TROPIC), 8(1), 74–86. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v8i1.509>

- Al Kautsar, M., Sasmito, B., & Hani'ah, H. (2013). Aplikasi Echosounder Hi-Target Hd 370 Untuk Pemeruman Di Perairan Dangkal (Studi Kasus : Perairan Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 222–238. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jgundip.2013.3706>
- Amanta, R., Hasan, Z., & Rosidah. (2012). Struktur Komunitas Plankton Di Situ Patengan Kabupaten Bandung, Jawa Barat. . *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Unpad*, 3(3).
- Beletsky, D., Hawley, N., Rao, Y. R., Vanderploeg, H. A., Beletsky, R., Schwab, D. J., & Ruberg, S. A. (2012). Summer thermal structure and anticyclonic circulation of Lake Erie. *Geophysical Research Letters*, 39(6). <https://doi.org/10.1029/2012GL051002>
- Ben-Jemaa, F., Mariño, M. A., & Loaigiga, H. A. (1995). Sampling Design for Contaminant Distribution in Lake Sediments. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 121(1), 71–79. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1995\)121:1\(71\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1995)121:1(71))
- BPS. (2024). *Jumlah Air Bersih yang Disalurkan Perusahaan Air Bersih 2020-2022*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Fazilova, D., & Magdiev, H. (2018). Comparative study of interpolation methods in development of local geoid. *International Journal of Geoinformatics*, 14(1), 29–33.
- Hakanson, L. (2012). *A manual of lake morphometry*. Springer Science & Business Media.
- Kastolani, W. (2016). *Chapter The development of mountain tourism based on disaster mitigation in ring of fire areas. Heritage, Culture and Society: Research Agenda and Best Practices in the Hospitality and Tourism Industry*.
- Khasanov, K. (2020). Evaluation of ASTER DEM and SRTM DEM data for determining the area and volume of the water reservoir. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 883(1), 012063. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012063>
- Le, L. C. P., Nguyen, S. H., Nguyen, Q. T., & Pham, Q. B. (2023). Detention lakes and urban flood mitigation problem in Hue Imperial City, Vietnam. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(6), 362. <https://doi.org/10.1007/s12517-023-11432-y>
- Li, Y., Gao, H., Allen, G. H., & Zhang, Z. (2021). Constructing Reservoir Area–Volume–Elevation Curve from TanDEM-X DEM Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 2249–2257. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3051103>
- Martinsen, K. T., Sand-Jensen, K., & Selvan, R. (2023). Predicting lake bathymetry from the topography of the surrounding terrain using deep learning. *Limnology and Oceanography: Methods*, 21(10), 625–636. <https://doi.org/10.1002/lom3.10573>
- Moningkey, A. T., Rampengan, M. M. F., Tumengkol, A. A., & Kumaat, J. C. (2022). Study of bathymetry and sedimentation in Tondano Lake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012038>
- Nurcahyanto, A., Krisanti, M., & Kurnia, R. (2023). Biodiversity of benthic macroinvertebrates family and its relationship with environmental condition in high altitude lake: A case study of Situ Patengan. *Habitus Aquatica*, 4(1). <https://doi.org/10.29244/HAJ.4.1.34>
- Nygrén, N. A. (2019). Scenario workshops as a tool for participatory planning in a case of lake management.

- Futures*, 107, 29–44.
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.10.004>
- Pamudjianto, A., & Sutiono, W. (2018). *Pemanfaatan air danau sebagai sumber air untuk irigasi*.
- Patterson, T. (1999). Designing 3D Landscapes. In *Multimedia Cartography* (pp. 217–229). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-03784-3_21
- Rohman, A., Aryati, R. W., & Rejeki, S. (2018). Penentuan Kesesuaian Wilayah Pesisir Muara Gembong, Kabupaten Bekasi Untuk Lokasi Pengembangan Budidaya Rumput Laut Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Sains Akuakultur Tropis : Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 2(1), 73–82.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/sat.v2i1.2562>
- Rueda, F. J., Schladow, S. G., Monismith, S. G., & Stacey, M. T. (2005). On the effects of topography on wind and the generation of currents in a large multi-basin lake. *Hydrobiologia*, 532(1–3), 139–151.
<https://doi.org/10.1007/s10750-004-9522-4>
- Sahalan, M. I., Idris, M. H. M., Abidin, Z. Z., & Che Kamarudin, M. A. A. (2016). Tilt compensated mechanical measurement mechanism for very shallow water USV bathymetry. *2016 IEEE International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS)*, 48–54.
<https://doi.org/10.1109/USYS.2016.7893933>
- Saputro, D. N., Hermanto, N. I. S., Hermanto, N. I. S., & Susanto, H. (2023). Pemetaan Bathimetri Dan Pemodelan Dasar Danau Menggunakan Single Beam Echosounder. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1–10.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v9i1.11412>
- Sartimbul, A., Mujiadi, M., Hartanto, H., Prabowo, S. S., & Suryono, A. (2015). Analisis kapasitas tampungan danau sentani untuk mengetahui fungsi detensi dan retensi tampungan. *Limnotek: Perairan Darat Tropis Di Indonesia*, 22(1).
- Sun, Z., Huang, Q., & Lotz, T. (2020). Evolution of Flood Regulation Capacity for a Large Shallow Retention Lake: Characterization, Mechanism, and Impacts. *Water*, 12(10), 2853. <https://doi.org/10.3390/w12102853>
- Vázquez, R. F., Mosquera, P. V., & Hampel, H. (2024). Bathymetric Modelling of High Mountain Tropical Lakes of Southern Ecuador. *Water*, 16(8), 1142. <https://doi.org/10.3390/w16081142>
- Wabha, G. (1990). *Spline models for observational data*.
- Wu, T., Qin, B., Zhu, G., Zhu, M., Li, W., & Luan, C. (2013). Modeling of turbidity dynamics caused by wind-induced waves and current in the Taihu Lake. *International Journal of Sediment Research*, 28(2), 139–148.
[https://doi.org/10.1016/S1001-6279\(13\)60026-8](https://doi.org/10.1016/S1001-6279(13)60026-8)
- Zhou, B., & Ye, H. (2016). A study of polynomial fit-based methods for qualitative trend analysis. *Journal of Process Control*, 37, 21–33.
<https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2015.11.003>
- Zhu, S., Liu, B., Wan, W., Xie, H., Fang, Y., Chen, X., Li, H., Fang, W., Zhang, G., Tao, M., & Hong, Y. (2019). A New Digital Lake Bathymetry Model Using the Step-Wise Water Recession Method to Generate 3D Lake Bathymetric Maps Based on DEMs. *Water*, 11(6), 1151. <https://doi.org/10.3390/w11061151>
- Zhu, S., Wan, W., Zhang, G., Yao, Z., Xu, Y., Liu, B., Guo, Z., Luo, Z., Xiong, W., Ji, R., Ji, Q., He, Y., Lv, F., Fang, W., Tan, X., Huang, Q., Xiao, L., & Li, H. (2024). Exploring the topographical pattern beneath the water surface: Global bathymetric volume-area-height curves (BVAH) of inland surface water bodies. *Geodesy and*