

Studi Pendahuluan Karakteristik Hidromorfologi Danau Laut di Kawasan Karst Mawasangka Timur, Buton Tengah, Sulawesi Tenggara

Eko Haryono^{a,b}, Rakhmat Dwi Putra^a, Arief Abdurrahman Hakim^{a,c}, Aries Dwi Siswanto^a, Fahry Adhi Satrio^a, Indra Agus Riyanto^{a,c}, Ahmad Cahyadi^{a,b,c,1*}

^a Kelompok Studi Karst, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

^b Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

^c Program Doktor Ilmu Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

¹ ahmad.cahyadi@ugm.ac.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel	A B S T R A K
<i>Sejarah artikel</i> Diterima : 7 November 2024 Revisi : 17 Mei 2025 Dipublikasikan : 31 Mei 2025 Kata kunci: Danau Laut Morfometri Hidromorfologi Buton Tengah Karst	Danau laut memiliki keunikan baik secara morfometri dan proses terbentuknya. Penelitian ini bertujuan menganalisis hidromorfologi danau laut di Kawasan Karst Mawasangka Timur, Kabupaten Buton Tengah, Sulawesi Tenggara. Analisis hidromorfologi meliputi L Max, B max, B mean, SI, orientasi danau laut, elevasi dan jarak dari pantai. Analisis hidromorfologi dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan, pengukuran dengan <i>underwater drone</i>, dan pengukuran melalui data citra penginderaan jauh dan peta sekunder. Danau laut yang dikaji meliputi Oe Mamba Kecil, Oe Mamba Besar, Pasi Bungi, Air Wali, dan Wa Piho Piho. Hasil perhitungan L max danau laut di area kajian berkisar 39 – 1.028 m, B max (30 – 685 m), B mean (21 – 487 m), SI (155,62 – 2.951 m²), DI (0,381 – 0,425 m), Orientasi (NE-SW, N-S, dan E-W), elevasi (2 – 35 mdpal), jarak terhadap pantai (37 – 785 m) dan kedalaman maksimum (10 – 57,8 m). Nilai morfometri danau laut di Buton Tengah Sulawesi Tenggara memiliki rentang yang sama dengan danau laut tropis lain di Kalimantan, Papua, Filipina, dan Kroasia.
Keywords: Marine Lake Morphometry Hydromorphology Buton Tengah Karst	A B S T R A C T Marine lake has unique characteristics both in terms of morphometry and its formation processes. This research aims to analyze the hydromorphology of marine lakes in the East Mawasangka Karst Area, Central Buton Regency, Southeast Sulawesi. Hydromorphology analysis includes L Max, B max, B mean, SI, marine lake orientation, elevation and distance from shore line. Hydromorphology analysis was conducted by direct measurement in the field, measurement with underwater drones, and measurement through remote sensing image data and secondary maps. The lakes being studied are Oe Mamba Kecil, Oe Mamba Besar, Pasi Bungi, Air Wali, and Wa Piho Piho. The results of the calculations for L max marine lake in the study area range from 39 to 1,028 m, B max (30 to 685 m), B mean (21 to 487 m), SI (155.62 to 2,951 m²), DI (0.381 to 0.425 m), orientation (NE-SW, N-S, and E-W), elevation (2 to 35 m above sea level), distance from the coast (37 to 785 m), and maximum depth. (10 – 57,8 m). The morphometric values of the sea lake in Central Buton, Southeast Sulawesi, have a range similar to that of tropical marine lakes in Kalimantan, Papua, the Philippines, and Croatia.

Pendahuluan

Danau didefinisikan sebagai badan air yang mengisi cekungan dengan air asin atau tawar yang dikelilingi oleh daratan ([O'Sullivan & Reynolds, 2004](#)). Danau merupakan salah satu hasil dari siklus hidrologi yang berfungsi sebagai penampung air ([Hou et al., 2024](#)). Danau memiliki peranan sebagai salah satu sumber air bersih yang banyak dimanfaatkan oleh manusia di dunia ([Lehner & Doll, 2004](#); [Meyer et al., 2020](#)). Selain menjadi alternatif sumber air yang banyak digunakan karena kualitas air yang lebih baik dibandingkan air sungai ([Naderian et al., 2024](#)), danau juga memiliki peran sebagai sebuah ekosistem yang unik dan khas.

Kajian awal danau di dunia dimulai dari kajian tentang asal usul danau yang terdiri atas danau tektonik, vulkanik, longsor, glasial, pelarutan, fluvial, kepelepasiran, aeolian, organik, antropogenik, dan meteorit ([Hutchinson, 1957](#)). Kajian awal lainnya berupa karakteristik morfometri danau berupa luas, panjang, lebar, keliling, volume, dan kedalaman danau ([Wetzel & Linkens, 2000](#)). Selain itu, tema kajian awal lainnya tentang danau kebanyakan terkait dengan karakteristik biologi, kimia, dan fisika danau ([O'Sullivan & Reynolds, 2004](#)).

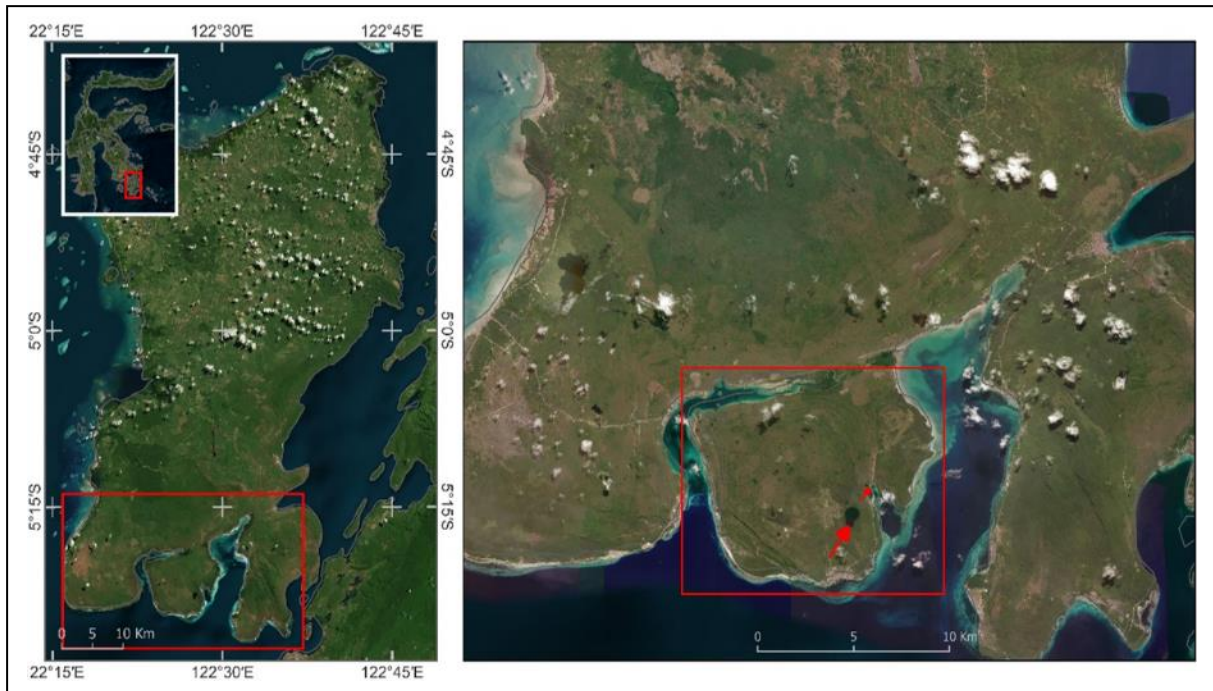
Saat ini, penelitian terkait dengan danau di dunia dominan mengarah pada pendangkalan danau, perubahan iklim, penurunan volume air danau, dan penurunan kualitas air danau ([Woolway et al., 2020](#); [Weyhenmeyer et al., 2023](#)). Permasalahan tersebut berdampak pada kerusakan ekosistem danau ([Han et al., 2024](#)). Kajian temporal Danau banyak dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik morfologi, kimia air, dan biologi danau. Penelitian basic danau terkait morfometri dan asal usul danau cukup jarang dilakukan saat ini.

Penelitian danau di Indonesia banyak dilakukan, tetapi masih sedikit penelitian terkait dengan danau laut di Indonesia. Danau laut merupakan salah satu sistem *anchialine*, sebuah istilah yang merujuk pada tubuh perairan (air asin atau payau) yang terisolasi dengan lingkungan laut dalam tingkatan tertentu, memiliki genangan air selevel dengan muka air laut, berupa cekungan, kawah, dan gua di batuan vulkanis atau

batugamping. Karakteristik marin-nya dikontrol oleh konektivitas bawah permukaan melalui terowongan/gua, atau rekahan batuan yang menghubungkannya dengan laut. Diperkirakan terdapat banyak danau laut di Indonesia, meskipun masih cukup sedikit penelitian tentangnya. Beberapa penelitian terkait dengan danau laut di Indonesia diantaranya adalah danau laut di Kepulauan Raja Ampat ([Becking et al., 2015](#); [Maas et al., 2020](#); [Purba et al., 2018](#); [2021](#)), Kepulauan Derawan ([Becking et al., 2011, 2016](#); [Setiadi, 2019](#)), dan Pulau Satonda ([Benzerara et al., 2010](#); [Cleary & Gomes, 2019](#); [Pisera et al., 2010](#)).

Sebagai ekosistem yang memiliki karakteristik yang unik dan lain dari danau air tawar secara umum, pengelolaan danau laut membutuhkan pendekatan khusus yang sangat terkait dengan karakteristik hidromorfologinya. Hidromorfologi danau mengacu pada karakteristik fisik termasuk hidrologi dan morfologi (geomorfologi) dari suatu danau ([Kemp & Sandin, 2022](#); [Carriere et al., 2023](#)). Istilah ini populer setelah dimandatkan pengukurannya oleh Uni Eropa melalui EU Water Framework Directive (WFD) ([Bonn et al., 2019](#)). Analisis hidromorfologi danau ini mutlak dilaksanakan sebelum melakukan berbagai kegiatan terkait dengan pengelolaan danau yang efektif, restorasi danau yang rusak, konservasi dan perlindungan air dan komunitas biologi di dalam danau ([Jusik & Maciol, 2014](#); [Poikane et al., 2019](#)).

Keberadaan danau laut di Indonesia cukup banyak termasuk di Kabupaten Buton Tengah. Namun demikian masih sedikit yang dianalisis hidromorfologinya. Kondisi ini jelas tidak menguntungkan karena pengelolaannya masih disamakan dengan danau air tawar yang lain. Oleh karenanya diperlukan penelitian yang menjadi *pilot project* dalam rangka memahami ekosistem khas dan unik dari danau laut di Indonesia, sehingga dapat memberikan pemahaman yang menyeluruh terkait dengan ekosistem danau, khususnya terkait dengan karakteristik hidromorfologi danau laut. Penelitian ini bertujuan melakukan studi pendahuluan tentang karakteristik hidromorfologi danau laut di Kawasan Karst Mawasangka Timur, Buton Tengah, Sulawesi Tenggara ([Gambar 1.](#))



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Dalam Kotak Merah) dan Contoh Danau Laut di Kawasan Karst Mawasangka Timur, Buton Tengah, Sulawesi Tenggara (Tanda Panah Merah)

Metode

Lokasi Penelitian

Secara administratif wilayah penelitian meliputi seluruh wilayah Kecamatan Mawasangka Timur, Kabupaten Buton Tengah, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kecamatan Mawasangka Timur memiliki luas 93,35 km² yang meliputi 8 desa yakni Desa Lasori, Batubanawa, Wantopi, Lagili, Bungi, Wambuloli, Bonemarambe dan Inulu. Wilayah kajian ini terletak pada bagian selatan Pulau Muna bagian tengah dengan batas bagian utara dengan Kecamatan Mawasangka Tengah dan Teluk Lasori, bagian timur berbatasan dengan Teluk Lasongko, bagian selatan berbatasan dengan Laut Flores dan bagian barat berbatasan dengan Teluk Losari.

Lokasi penelitian memiliki curah hujan rata-rata sebesar 2.126 mm/tahun, dengan curah hujan terendah berkisar antara 1.233 mm/tahun dan curah hujan tertinggi sampai dengan 3.020 mm/tahun. Aldrian (2001) dan Pradiko dkk. (2016) mengungkapkan bahwa lokasi kajian memiliki pola hujan muson yang sangat dipengaruhi oleh angin muson barat dan timur. Namun demikian, hasil analisis dari data curah hujan dari BPS (2023) menunjukkan bahwa pola hujan di lokasi kajian lebih mirip dengan pola equatorial. Pola hujan equatorial ditunjukkan dengan curah hujan yang cenderung tinggi sepanjang tahun dan

tidak banyak dipengaruhi oleh angin muson barat dan timur.

Geologi Pulau Muna setidaknya terdiri atas Formasi Mukito, Formasi Wapulaka dan endapan aluvial. Lokasi kajian secara keseluruhan terletak pada Formasi Wapulaka yang berumur Pleistosen dan menyusun sekitar 85% luas Pulau Muna. Formasi ini tersusun atas batugamping pasiran yang keras, chalk dan napal ([Brahmantyo, 2008](#)). Berdasarkan fasiesnya batugamping Formasi Wapulaka terdiri atas dua fasies, di mana pada bagian selatan Pulau Muna di lokasi kajian terdiri atas fasies batugamping terumbu, batu kapur dan batu gamping dolomit ([Sihman, 1994](#)).

Metode Pengambilan dan Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa peta Geologi skala 1 : 100.000, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1 : 25.000, dan referensi penelitian sebelumnya. Citra Satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra resolusi tinggi dari Bing Maps. Peta geologi digunakan untuk mengetahui kondisi geologi regional lokasi kajian, peta RBI digunakan untuk mengetahui batas administrasi dan lokasi kajian, serta penelitian sebelumnya digunakan untuk mendapatkan informasi kondisi lokasi kajian. Citra

satelit resolusi tinggi digunakan untuk mengukur morfometri danau laut.

Data yang diukur di lapangan berupa data lokasi dan ketinggian *marine lake* dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dan Peta RBI. Pengukuran bathimetri danau di lapangan dilakukan dengan menggunakan *underwater drone*. Pengolahan studio dilakukan untuk mengukur morfometri danau dengan menggunakan *ArcGIS*. Parameter yang diukur berupa bentuk fisik danau baik panjang, lebar, keliling, kedalaman, orientasi, elevasi, dan jarak terhadap pantai. Validasi yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan saat di lapangan berupa pengukuran langsung morfometri secara langsung menggunakan perahu, *underwater drone* dan GPS.

Parameter yang digunakan untuk menghitung morfometri danau terdiri atas panjang maksimum (Lmax), lebar maksimum (bmax), lebar rerata (bmean), kedalaman maksimum, luas (A), panjang garis pantai (SI), perkembangan garis pantai (DI) (Alcocer *et al.*, 2016). Parameter tersebut ditambahkan dengan orientasi danau, jarak danau dari pantai, pemanfaatan air danau, dan elevasi danau. Detail parameter tersebut dijelaskan pada [tabel 1](#).

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini dibatasi dengan membandingkan 5 danau yang terdapat pada lokasi kajian. Analisis yang dilakukan berupa perbandingan morfometri *marine lake* dan pengelompokannya berdasarkan karakteristik yang dimiliki. Hasil dari penelitian ini berupa peta danau, tabel perhitungan morfometri danau, dan grafik pengelompokan danau di Kabupaten Buton Tengah, khususnya di Kecamatan Mawasangka Timur. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi kajian awal penelitian lanjutan dan menjadi bahan untuk pembuat kebijakan pengelolaan danau khususnya danau laut atau *marine lake*.

Tabel 1. Penjelasan Parameter Morfometri Danau

No	Parameter	Keterangan
1	Lmax	Jarak terpanjang danau dari ujung satu ke ujung lainnya (diukur menggunakan <i>ArcGIS</i>)
2	B max	Lebar terpanjang dari lebar yang ada di

		danau (diukur menggunakan <i>ArcGIS</i>)
3	B mean	Lebar rerata danau dengan rumus luas/panjang maksimum
4	SI	Keliling danau (diukur menggunakan <i>ArcGIS</i>)
5	DI	$DI = L / (2 \sqrt{\pi \cdot \text{luas danau}})$
6	Orientasi Danau	Menggunakan arah mata angin dari panjang maksimum danau
7	Elevasi danau	Diukur menggunakan GPS kemudian di interpolasi dengan data elevasi pada RBI
8	Kedalaman Maksimum Danau	Diperoleh dari pengukuran lapangan menggunakan <i>underwater drone</i>
9	Jarak terhadap pantai	Diukur dari jarak terdekat dari danau (diukur menggunakan <i>ArcGIS</i>)

Hasil Penelitian

Perhitungan L max danau laut di area kajian menunjukkan bahwa danau-danau di lokasi kajian memiliki nilai yang berkisar antara 39 – 1.028 m ([Tabel 2](#)) ([Gambar 2](#)). Nilai Lmax terpanjang berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Air Wali. Nilai tersebut masih memiliki rentang yang sama dengan danau laut di wilayah tropis lainnya 95 – 575 m di Filipina (Gotoh *et al.*, 2011), Danau Kakaban Kalimantan 3.896 m (Cleary & Gomes, 2019), dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 147 m (Simonović *et al.*, 2023).

Analisis terhadap nilai B max danau laut di area kajian menghasilkan nilai yang berkisar 30 – 685 m ([Tabel 2](#)). Nilai B max terpanjang berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Air Wali. Nilai tersebut masih memiliki rentang yang sama dengan danau laut di wilayah tropis lainnya 45 – 290 m di Filipina (Gotoh *et al.*, 2011).

Danau Kakaban Kalimantan 2.988 m (Cleary & Gomes, 2019), dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 93 m (Simonović et al., 2023).

Hasil perhitungan B mean danau laut di area kajian berkisar 21 – 487 m (Tabel 2). Nilai B mean terpanjang berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Air Wali. Danau dengan B mean tertinggi ketiga terdapat pada Wa Piho Piho (60,58 m) dan tertinggi ke empat pada Oe Mamba Besar (57,14 m). Nilai tersebut masih memiliki rentang yang lebih kecil dibandingkan dengan danau laut di wilayah tropis lainnya di Danau Kakaban Kalimantan 1.590 m (Cleary & Gomes, 2019) dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 74,5 m (Simonović et al., 2023).

Faktor lebar dan panjang suatu danau sangat dapat dipengaruhi oleh struktur geologi (Alcocer et al., 2016), kondisi lingkungan seperti arah angin dominan, konektivitas dengan sungai (Laird et al., 2003) dan kemiringan danau (Yonnana et al., 2015) serta aktivitas antropogenik (Chen et al., 2020). Meskipun demikian, kondisi di lokasi kajian menunjukkan bahwa faktor geologi lebih berpengaruh terhadap faktor panjang dan lebar dari danau laut. Bentuk danau cenderung sejajar dengan *marine terrace* yang terbentuk di lokasi kajian. Hal tersebut juga didukung dengan fakta bahwa semua danau ini tidak memiliki *input* yang berasal dari sungai, serta sangat sedikit dampak yang berasal dari antropogenik.

Nilai SI danau laut di area kajian berkisar antara 155,62 – 2.951,00 m² (Tabel 2). Nilai SI terbesar berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Air Wali. Nilai tersebut masih memiliki rentang yang lebih kecil dibandingkan dengan danau laut di wilayah tropis lainnya 2.050 – 27.300 m² di Papua Waigeo dan Misool (Becking et al., 2024). Danau Kakaban Kalimantan 4.000.000 m² (Cleary & Gomes, 2019), dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 408 m² (Simonović et al., 2023).

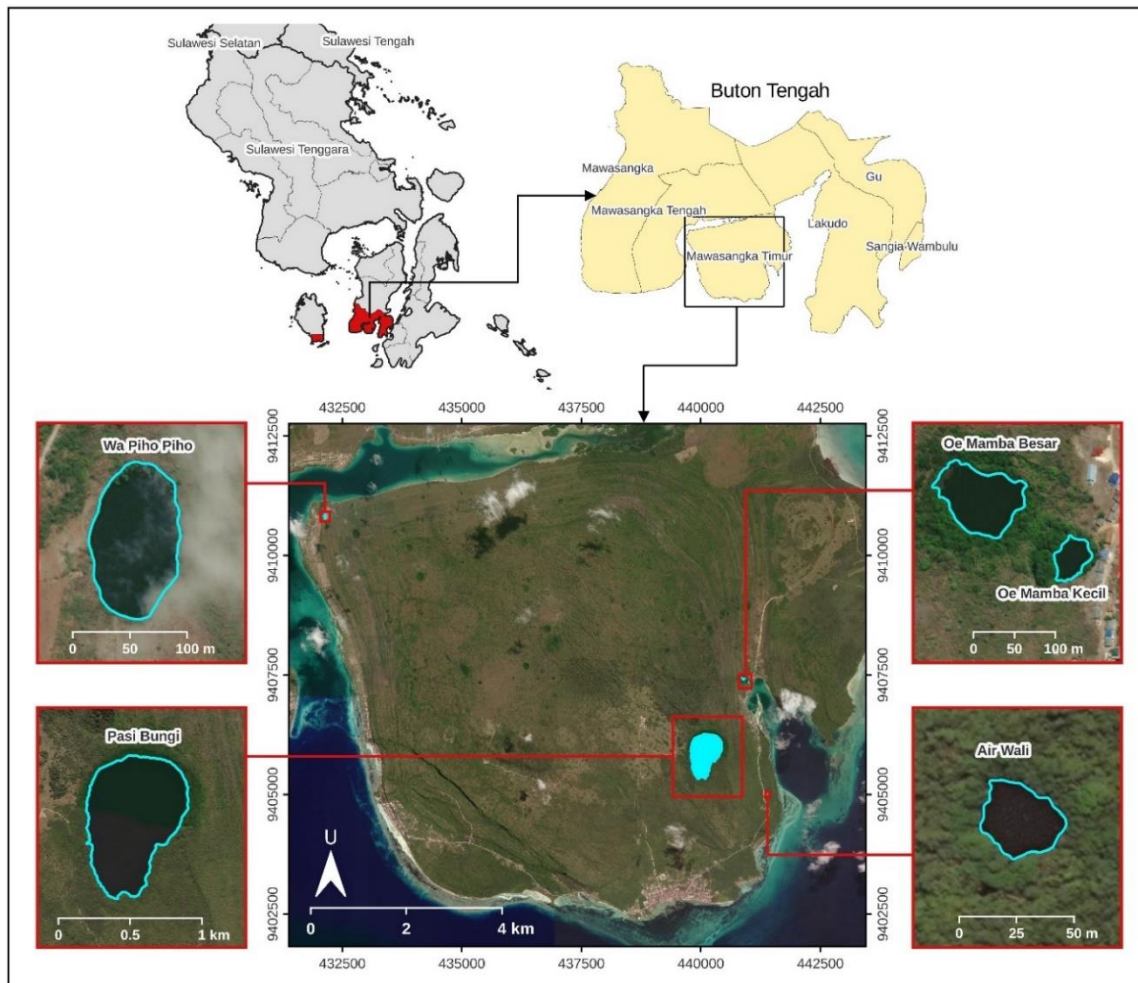
Hasil analisis terhadap nilai DI danau laut di area kajian menunjukkan nilai yang berkisar 0,381 – 0,425 m (Tabel 2). Nilai DI terbesar berada pada Danau Wa Piho Piho dan terendah pada Danau Air Wali. Danau dengan DI tertinggi ketiga terdapat pada Pasi Bungi (0,41 m) dan tertinggi ke empat pada Oe Mamba Besar (0,4 m). Nilai

tersebut masih memiliki rentang yang lebih tinggi dengan danau laut di wilayah tropis lainnya Danau Kakaban Kalimantan 0,174 m (Cleary & Gomes, 2019) dan lebih kecil dibandingkan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 2.053 m (Simonović et al., 2023).

Analisis terhadap Orientasi danau laut di area kajian memiliki 3 arah yaitu NE-SW, N-S, dan E-W (Tabel 2). Arah orientasi ini dikontrol oleh struktur geologi di lokasi kajian, di mana orientasi ini sejajar dengan *marine terrace*. Arah dari *marine terrace* yang berseri-seri di Pulau Muna dikontrol oleh tabrakan dari Pulau Buton yang bergerak ke Utara mengangkat bagian daratan di Mawasangka Timur ini. Hal ini membuat bentuknya seakan-akan meliuk-liuk dengan arah yang berubah-ubah.

Hasil perhitungan elevasi danau laut di area kajian berkisar 2 – 35 mdpal (Tabel 2). Nilai elevasi tertinggi berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Air Wali. Nilai tersebut masih memiliki rentang yang sama dengan danau laut di wilayah tropis lainnya seperti Danau Kakaban Kalimantan 30 mdpal (Cleary & Gomes, 2019) dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 5 mdpal (Simonović et al., 2023). Ketinggian ini juga mengikuti ketinggian *marine terrace* yang terbentuk di lokasi kajian. Semakin ke tengah *marine terrace* memiliki umur yang lebih tua. Hal ini juga mengindikasikan bahwa pembentukan danau sebagai hasil karstifikasi terjadi setelah *marine terrace* di lokasi kajian terbentuk.

Hasil analisis data jarak terhadap pantai danau laut di area kajian menunjukkan nilai yang berkisar antara 37 – 785 m (Tabel 2). Nilai jarak terhadap pantai terjauh berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Oe Mamba Kecil. Nilai tersebut masih memiliki rentang yang sama dengan danau laut di wilayah tropis lainnya 85 – 316 m di Filipina (Gotoh et al., 2011). Danau Kakaban Kalimantan 200 m (Cleary & Gomes, 2019), dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 23-117 m (Simonović et al., 2023). Nilai ini penting mengingat *marine lake* merupakan danau yang masih terkait dengan ekosistem pantai. Oleh karenanya, nilai ini dapat digunakan untuk memahami seberapa jauh ekosistem pantai masih dapat berpengaruh ke arah daratan pulau karbonat.



Gambar 2. Danau laut Oe Mamba Kecil, Oe Mamba Besar, Pasi Bungi, Air Wali, dan Wa Piho Piho di Lokasi Kajian

Tabel 2. Hasil Pengukuran Morfometri Danau

Keterangan	Oe Mamba Kecil	Oe Mamba Besar	Pasi Bungi	Air Wali	Wa Piho Piho
Longitude	122° 28' 2.957" E	122° 27' 59.334" E	122° 27' 33.092" E	122° 28' 15.825" E	122° 23' 15.047" E
Latitude	5° 21' 41.428" S	5° 21' 39.047" S	5° 22' 30.271" S	5° 22' 57.737" S	5° 19' 48.164" S
X	441001	440890	440084	441400	432137
Y	9407350	9407420	9405850	9405010	9410820
Luas (m²)	1.647,54	6.567,64	501.311,08	861,16	8.311,56
Jarak terhadap pantai (m)	37,9	132,2	785,8	199,9	246,5
Kedalaman maksimum (m)	21,2	25,3	57,8	10,8	32,2
L max (m)	59,99	114,94	1028,12	39,67	137,20
B max (m)	39,41	77,77	685,31	30,00	79,61
B mean	27,46	57,14	487,60	21,71	60,58
SI	166,91	341,99	2951,07	115,62	351,39
DI	0,417	0,400	0,410	0,381	0,425
Azimuth	36,4	101,9	21,9	137,3	179,5
Orientasi	NE-SW	E-W	N-S	SE-NW	N-S
Elevasi (mdpal)	1,00	3,00	35,00	2,00	6,00

Sumber : Hasil Analisis Data (2025)

Perhitungan kedalaman maksimum danau laut di area kajian dengan data *underwater drone* menunjukkan nilai yang berkisar antara 10 – 57,8 m (**Tabel 2**). Nilai kedalaman maksimum tertinggi berada pada Danau Pasi Bungi dan terendah pada Danau Air Wali. Nilai tersebut masih memiliki rentang yang sama dengan danau laut di wilayah tropis lainnya 4 - 30 m di Filipina ([Gotoh et al., 2011](#)). Danau Kakaban Kalimantan 11 m ([Cleary & Gomes, 2019](#)). Marine lake Papua Waigeo dan Misool 3,5-34 m ([Becking et al., 2024](#)), dan di Kroasia yakni Danau Rogoznica yaitu 14 m ([Simonović et al., 2023](#)). Nilai kedalaman maksimum ini sangat penting untuk merekonstruksi proses geologi masa lampau. Pulau Muna pernah terangkat tinggi, dan membentuk *sinkhole-sinkhole* yang terbentuk di kawasan karst. *Sinkhole* ini kemudian terendam dan membentuk danau laut yang saat ini ada akibat kenaikan muka air laut yang disebabkan mencairnya es pada Periode Glasial Terakhir (*Last Glacial Period*). Kedalaman maksimum dari marine lake saat ini menunjukkan letak daratan pada masa tersebut.

Pembahasan

Sulawesi Tenggara merupakan bagian dari kepingan benua bagian Timur Sulawesi (Surono, 1996). Geologi regional Sulawesi Tenggara terdiri atas 4 formasi batuan yaitu batuan alas benua, batuan alas ofiolit, satuan klastik Molasa Sulawesi, dan satuan karbonat Molasa Sulawesi (Surono, 2013). Geologi Pulau Muna termasuk dalam formasi batu gamping dengan litologi batu gamping berupa *rudstone-boundstone*, *rudstone*, *floatstone*, dan pasir (Satyana & Purwaningsih, 2011). Karst di Kabupaten Buton Tengah berasal dari endapan terumbu perairan dangkal pada *very narrow belts* dengan kombinasi gelombang laut yang normal-tinggi. Proses pengangkatan yang terjadi menyebabkan endapan terumbu muncul ke permukaan dan menjadi karst Pulau Muna.

Ditinjau dari sisi luasan, danau laut di lokasi kajian masuk dalam kategori danau kecil. Danau kecil (*small lake*) adalah danau yang memiliki luas kurang dari 1 km² atau 1.000.000 m² (Raj, 2023). Meskipun demikian, berdasarkan kedalamannya danau laut di lokasi kajian memiliki karakteristik yang seharusnya dimiliki oleh danau sedang (*medium lake*) dan bahkan danau besar (*large lake*). Raj (2023) mengungkapkan bahwa

umumnya danau kecil umumnya memiliki kedalaman maksimum 6 meter, danau sedang memiliki kedalaman maksimum 30 meter dan danau besar memiliki kedalaman maksimum 100 meter.

Keberadaan teras marin yang terdapat di semua sisi daratan Mawasangka Timur memengaruhi hidromorfologi danau laut. Teras marin yang luas memungkinkan perkembangan danau laut yang lebih luas seperti nampak pada Danau Pasi Bungi. Selain itu, elevasi dari teras marin berpengaruh pada kedalaman danau karena danau terbentuk mulai dari permukaan tanah sampai dengan elevasi muka air laut saat proses pelarutan berlangsung. Hal ini nampak dari kedalaman yang besar dari danau laut yang terletak lebih jauh dari garis pantai. Kondisi perbedaan kedalaman danau laut ini juga menjadi bukti lain dari berlangsungnya proses pengangkatan di lokasi kajian dan proses karstifikasi yang berlangsung menyertai proses pengangkatan.

Kedalaman maksimum danau laut di lokasi kajian memiliki nilai lebih dari 10 meter yang akan memungkinkan terjadinya stratifikasi suhu pada kolom air (Wetzel, 2001). Heiskary (1997) mengungkapkan bahwa dengan kedalaman lebih dari 10 meter, maka pertukaran massa air pada tubuh danau umumnya bersifat dimiktik, yaitu pertukaran yang berlangsung sebanyak dua kali yakni pada musim panas dan musim dingin.

Simpulan

Karakteristik Hidromorfologi Danau Laut di Kawasan Karst Mawasangka Timur, Buton Tengah, Sulawesi Tenggara memiliki nilai yang mirip pada keseluruhan parameter danau laut wilayah tropis lainnya baik di Filipina, Kalimantan, Papua, dan wilayah non tropis Kroasia. Struktur geologi wilayah kajian memiliki peranan yang besar dalam mempengaruhi hidromorfometri danau laut di lokasi kajian. Hasil kajian ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui seberapa jauh ekosistem laut berpengaruh ke arah daratan dan merekonstruksi kondisi daratan sebelum terjadinya pencairan es pasca periode glasial terakhir.

Sebagai penelitian pendahuluan, penelitian ini hanya mengkaji beberapa danau laut yang terdapat di Mawasangka Timur. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menginventarisasi secara lebih detail semua

danau laut di lokasi kajian. Tantangan penelitian pada lokasi kajian adalah kondisi di mana sebagian besar lokasi kajian berada jauh dari permukiman dan tidak memiliki akses atau jalan, sehingga cukup sulit diakses bahkan dengan berjalan kaki. Penelitian dengan peralatan yang berat dan besar seperti penggunaan kapal dan ecosounder akan sangat sulit di lakukan, sehingga pemanfaatan drone bawah air seperti dalam penelitian ini sangat disarankan untuk mempermudah pengambilan data di lapangan.

Pengakuan

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian yang didanai melalui hibah Penelitian Mandiri Dosen Tahun 2024 *Batch* 2 Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada dengan Judul "Karakterisasi Hidromorfologi Danau Laut pada Pulau Karbonat di Kabupaten Buton Tengah, Sulawesi Tenggara" berdasarkan pada Keputusan Dekan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Nomor 304/UN1/GE/KPT/2024.

Referensi

- Alcocer, J., Oseguera, L. A., Sánchez, G., González, C. G., Martínez, J. R., & González, R. (2016). Bathymetric and morphometric surveys of the Montebello Lakes, Chiapas. *Journal of Limnology*, 75(s1). <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2016.1343>
- and proven-potential petroleum plays, Proceedings, Indonesian Petroleum Association 35th Annual Convention & Exhibition.
- Aldrian, E. Pembagian Iklim Indonesia Berdasarkan Pola Curah Hujan dengan Metoda "Double Correlation". *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 2(1), 11-18.
- Becking, L. E., de Leeuw, C. A., Knegt, B., Maas, D. L., de Voogd, N. J., Abdunnur, Suyatna, I., & Peijnenburg, K. T. C. A. (2016). Highly divergent mussel lineages in isolated Indonesian marine lakes. *PeerJ*, 2016(10). <https://doi.org/10.7717/peerj.2496>
- Becking, L. E., de Leeuw, C., & Vogler, C. (2015). Newly discovered "jellyfish lakes" in Misool, Raja Ampat, Papua, Indonesia. *Marine Biodiversity*, 45(4), 597–598. <https://doi.org/10.1007/S12526-014-0268-6>
- Becking, L. E., Renema, W., Santodomingo, N. K., Hoeksema, B. W., Tuti, Y., & de Voogd, N. J. (2011). Recently discovered landlocked basins in Indonesia reveal high habitat diversity in anchialine systems. *Hydrobiologia*, 677(1), 89–105. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0742-0>
- Benzerara, K., Meibom, A., Gautier, Q., Kaźmierczak, J., Stolarski, J., Menguy, N., & Brown, G. E. (2010). Nanotextures of aragonite in stromatolites from the quasi-marine Satonda crater lake, Indonesia. *Geological Society Special Publication*, 336, 211–224. <https://doi.org/10.1144/SP336.10>
- Boon, P., Argillier, C., Boggero, A., Ciampittiello, M., England, J., Peterlin, M., Radulovic, S., Rowan, J., Soszka, H., & Urbanic, G. (2019). Developing a Standard Approach for Assessing the Hydromorphology of Lakes in Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 29(4), <https://doi.org/10.1002/aqc.3015>
- Brahmantyo, B., Ruswanto, Lastiadi, H. A. 2008. Geologi Kars Pulau Muna untuk Pengembangan Geoheritage dan Geowisata. Bandung: *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI ke-37*.
- Carriere, A., Reynaud, N., Gay, A., Baudoin, J.M., & Argillier, C. (2023). LHYMO: A new water framework directive-compliant multimetric index to assess lake hydromorphology and its application to French Lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 34(1), <https://doi.org/10.1002/aqc.4029>
- Chen, K., Liu, X., Chen, X., Guo, Y. & Dong, Y. 2020. Spatial Characteristics and Driving Forces of the Morphological Evolution of East Lake, Wuhan. *Journal of Geographical Sciences*, 30, 583 – 600. <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1744-5>
- Cleary, D. F. R., & Gomes, N. C. M. (2019). Baseline information on prokaryotic and microeukaryotic plankton communities inside and outside of Indonesian marine lakes. *Journal of Sea Research*, 148–149, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.04.001>
- Gotoh, R. O., Chiba, S. N., Goto, T. v., Tamate, H. B., & Hanzawa, N. (2011). Population genetic

- structure of the striped silverside, *atherinomorus endrachtensis* (atherinidae, atheriniformes, teleostei), inhabiting marine lakes and adjacent lagoons in Palau: Marine lakes are "Islands" for marine species. *Genes and Genetic Systems*, 86(5), 325–337. <https://doi.org/10.1266/ggs.86.325>
- Han, Y., Lin, Q., Huang, S., Du, C., Shen, J., & Zhang, K. (2024). Human Impacts Dominate Global Loss of Lake Ecosystem Resilience. *Geophysical Research Letters*, 51(11). <https://doi.org/10.1029/2024GL109298>
- Heiskary, S.A. 1997. Lake prioritization for protecting swimmable use: Series on Minnesota lake water quality assessment. Minnesota Pollution Control Agency, USA: Minnesota.
- Hou, J., van Dijk, A. I. J. M., Renzullo, L. J., & Larraondo, P. R. (2024). GloLakes: Water storage dynamics for 27000 lakes globally from 1984 to present derived from satellite altimetry and optical imaging. *Earth System Science Data*, 16(1), 201–218. <https://doi.org/10.5194/essd-16-201-2024>
- Hutchinson, G.E. 1957. *A Treatise on Limnology*. J. Wiley & Sons : New York.
- Jusik, S. & Maciol, A. (2014). The Influence of Hydromorphological Modifications of the Littoral zone in Lakes in macrophytes. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 43, 66–76.
- Kemp, J.L. & Sandin, L. (2022). Hydromorphology: Overview and Assessment Methods. In *Encyclopedia of Inland Waters*, page 84–97. Elsevier.
- Laird, N.F., Walsh, J.E. & Kristovich, D.A.R. 2003. Model Simulations Examining the Relationship of Lake-Effect Morphology to Lake Shape, Wind Direction, and Wind Speed. *Monthly weather Review*, 131, 9, 2102 – 2111.
- Lehner, B., & Döll, P. (2004). Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*, 296(1–4), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.028>
- Maas, D. L., Capriati, A., Ahmad, A., Erdmann, M. V., Lamers, M., de Leeuw, C. A., Prins, L., Purwanto, Putri, A. P., Tapilatu, R. F., & Becking, L. E. (2020). Recognizing peripheral ecosystems in marine protected areas: A case study of golden jellyfish lakes in Raja Ampat, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110700. <https://doi.org/10.1016/j.MARPOLBUL.2019.110700>
- Meyer, M. F., Labou, S. G., Cramer, A. N., Brousil, M. R., & Luff, B. T. (2020). The global lake area, climate, and population dataset. *Scientific Data*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0517-4>
- Naderian, D., Noori, R., Heggy, E., Bateni, S.M., Bhattarai, R., Nohegar, A., Sharma, S. (2024). A water quality database for global lakes. *Resources, Conservation and Recycling*, 202, 107401, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107401>.
- O'Sullivan, P.E & Reynolds, C.S. 2004. *The Lakes Handbook Volume 1 Limnology and Limnetic Ecology*. USA: Blackwell Publishing.
- Pisera, A., Rützler, K., Kaz'mierczak, J., & Kempe, S. (2010). Sponges in an extreme environment: suberitids from the quasi-marine Satonda Island crater lake (Sumbawa, Indonesia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(1), 203–212. <https://doi.org/10.1017/S0025315409990968>
- Poikane, S., Zohary, T., & Cantonati, M. (2019). Assessing the ecological effects of hydromorphological pressures on European lakes. *Inland Waters*, 10(2), <https://doi.org/10.1080/20442041.2019.1654800>
- Pradiko, I., Ginding, E.N., Darlan, N.H., Winarna and Siregar, H.H. 2016. Hubungan Pola Curah Hujan dan Performa Tanaman Kelapa Sawit di Pulau Sumatra dan Kalimantan Selama El Nino 2015. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 24(2), 87–96.
- Purba, G. Y. S., Haryono, E., Sunarto, S., Manan, J., Rumenta, L., Purwanto, P., & Becking, L. E. (2018). Jellyfish Lakes at Misool Islands, Raja Ampat, West Papua, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(1), 172–182. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190124>

- Purba, G. Y. S., Rumenta, L., Purwanto, P., Becking, L. E., & Haryono, E. (2021). Explanation Of Marine Lake Formation At Misool Raja Ampat West Papua, Indonesia. *Bulletin Of The Geological Society Of Malaysia*, 72, 151–163.
<https://doi.org/10.7186/bgsm72202112>
- Raj, P. 2023. Classification of Lakes. <https://www.clearias.com/classification-of-lakes/#classification-of-lakes-on-the-basis-of-size>
- Satyana, A.H dan Margaretha E.M. Purwaningsih., 2011, Collision of micro continents with eastern Sulawesi: records from uplifted reef terraces
- Setiadi, A. (2019). A new genus and two new species of sea stars (family asterinidae) from Indonesian marine lakes, with notes on habitat and feeding ecology. *Zootaxa*, 4712(3), 392–402.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4712.3.5>
- Sihwanto. 1994. Peranan Hidrogeologi dalam Pengembangan dan Konservasi Airtanah di Daerah Karst (Studi Kasus Daerah Pulau Muna, Sulawesi Tenggara). Yogyakarta: Prosiding Ikatan Ahli Geologi (IAGI) ke-34.
- Simonović, N., Dominović, I., Marguš, M., Matek, A., Ljubešić, Z., & Ciglenečki, I. (2023). Dynamics of organic matter in the changing environment of a stratified marine lake over two decades. *Science of the Total Environment*, 865.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161076>
- Surono. (1996). Asal mintakat mintakat benua di bagian timur Sulawesi. Suatu tinjauan berdasarkan stratigrafi, sedimentologi, dan palaeomagnetik. Kumpulan makalah seminar nasional, Peran Sumberdaya Geologi Dalam PJP II, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjahmada, 123-138.
- Surono. 2013. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi. Badan Geologi : Bandung.
- Wetzel, R. G. & Linkens, G. E. 2000. *Limnological Analyses*. Springer: New York.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology – Lake and River Ecosystems. Academic press: San Diego.
- Weyhenmeyer, G. A., Chukwuka, A. V., Anneville, O., Brookes, J., Carvalho, C. R., Cotner, J. B., Grossart, H. P., Hamilton, D. P., Hanson, P. C., Hejzlar, J., Hilt, S., Hipsey, M. R., Ibelings, B. W., Jacquet, S., Kangur, K., Kragh, T., Lehner, B., Lepori, F., Lukubye, B., Zhou, Y. (2023). Global Lake Health in the Anthropocene: Societal Implications and Treatment Strategies. *Earth's Future*, 12(4): 1-24.
<https://doi.org/10.1029/2023EF004387>
- Woolway, R. I., Kraemer, B. M., Lenters, J. D., Merchant, C. J., O'Reilly, C. M., & Sharma, S. (2020). Global lake responses to climate change. In *Nature Reviews Earth and Environment*, 1(8): 388–403). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>
- Yonnana, E., Tukur, A.L. & Mubi, A.M. 2015. Morphometric Characteristics of Selected Fluvatile Lakes in the Upper Benue Valley Area of Adamawa State, Northeastern Nigeria. *Journal of Geography and Regional Planning*, 8(3), 56-64.
<https://doi.org/10.5897/JGRP2014.0470>