



Kajian Morfometri Ranu Grati Menggunakan GPSMAP 585 dan SIG

**Arief Darmawan¹, Mohammad Mahmudi¹, Tisya Wahidatun Nisa,¹
Cesarlia Dwi Sulestyanar Putri¹, Gita Adistri Gurinda¹, dan Amelia Wahyuning Putri¹**

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 65145 Malang, Indonesia

E-mail: ariefdarma@ub.ac.id

Submitted 10 April 2019. Reviewed 30 September 2019. Accepted 13 November 2019.

DOI: [10.14203/oldi.2019.v4i3.261](https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i3.261)

Abstrak

Pada studi daya tampung beban pencemaran sebuah waduk atau danau, diperlukan informasi seperti luas genangan, kedalaman rata-rata dan volume genangan, namun data-data tersebut sering tidak tersedia dan terbaharui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas genangan, sebaran kedalaman dan volume genangan tersebut dengan Ranu Grati sebagai lokasi dan menampilkannya pada sebuah peta. Luas genangan, volume genangan dan kedalaman rata-rata Ranu Grati diketahui melalui penggunaan Garmin GPSMAP 585, data citra Sentinel 2a, BingMap dan analisis SIG dengan ArcGIS pada data pemetaan tersebut. Visualisasi hasil pemetaan secara 3D digunakan untuk mempermudah memahami kondisi morfometri dan morfologi Ranu Grati tersebut. Peta kedalaman atau peta batimetri yang dihasilkan merepresentasikan kondisi morfologis yang kemudian dapat digunakan untuk kajian lebih lanjut seperti perhitungan daya tampung Ranu Grati untuk budidaya perikanan dan lain sebagainya. Hasil menunjukkan bahwa kedalaman maksimum yang terekam saat pemetaan ialah 121, 9 m. Sementara itu luas genangan dan volume genangan masing-masing ialah 1.734.223,07 m² dan 124.491.952,55 m³.

Kata Kunci: Pemetaan, kedalaman, waduk, SIG, 3D

Abstract

Ranu Grati's Morphometry Study Using GPSMAP 585 and GIS. In the study of pollution load capacity of a reservoir or lake, its required information such as inundation area, average of depths and inundation volume, but those data at sometimes unavailable and out of date. The aims of this research are to find out depth distribution in Ranu Grati and represent it on a map. Depth map or bathymetry map that resulted is show morphological condition that can be used for further study e.g calculation of Ranu Grati capacity for aquaculture. Area of inundation, inundation volume and average depth of Ranu Grati can be figured out by using Garmin GPSMAP 585, Sentinel 2a imagery, BingMap and GIS analysis with ArcGIS according to those mapping data. Visualization of the mapping result through 3D view is used to increase understanding Ranu Grati morphometric conditions such as for Ranu Grati carrying capacity for aquaculture etc.. The result shows maximum depth that recorded during mapping is 121, 9 m. Meanwhile, area of inundation and volume are 1.734.223,07 m² and 124.491.952,55 m³ respectively.

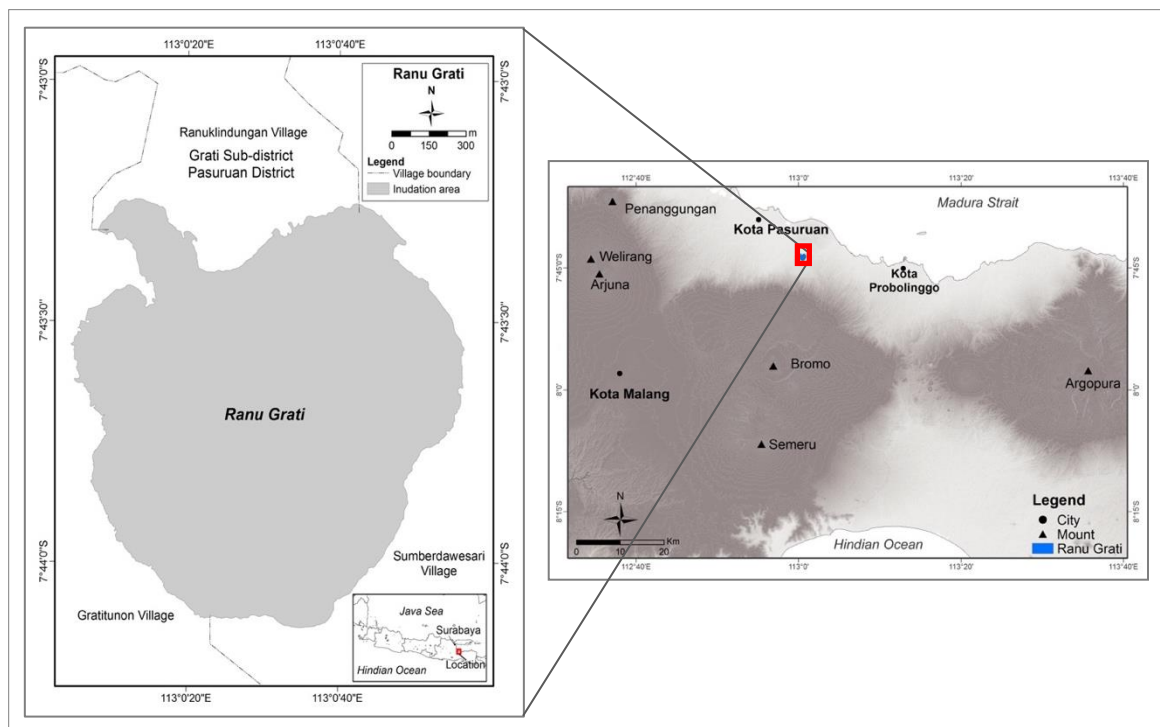
Keyword: Mapping, depth, lake, GIS, 3D

Pendahuluan

Ranu Grati merupakan danau alami yang terbentuk secara vulkanis. Pernyataan ini diperkuat dengan keberadaan Ranu Grati yang berdasarkan peta geologi skematis van Bemmelen tahun 1947 (Van Bemmelen, 1949) merupakan daratan yang menjadi pusat erupsi kecil yang belum lama secara umur geologis dan bersebelahan dengan area hasil letusan dari celah kompleks pegunungan Tengger - Bromo. Secara geografis terletak kurang lebih antara $113^{\circ}0'00''$ BT - $113^{\circ}0'55''$ BT dan $7^{\circ}43'15''$ LS - $7^{\circ}44'10''$ LS. Secara administratif Ranu Grati ini terletak diantara 3 desa di wilayah Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan. Ketiga desa yang wilayahnya menghadap Ranu Grati ialah Desa Ranu klindungan, Desa Sumberdawesari dan Desa Gratitunon. Oleh karena itu, Ranu Grati ini merupakan danau vulkanik yang terletak di tengah-tengah permukiman masyarakat seperti yang tampak pada Gambar 1.

Sejauh ini Ranu Grati dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk berbagai aktivitas. Salah satunya ialah wilayah perairannya dipergunakan oleh warga untuk aktivitas budidaya ikan menggunakan Karamba Jaring Apung (KJA). Selain itu, Ranu Grati menjadi destinasi wisata,

kegiatan sosial, ekonomi serta budaya masyarakat setempat (Safitri & Idajati, 2017) dan juga digunakan sebagai tempat pembuangan limbah pupuk dari kegiatan perkebunan. Mengingat adanya aktivitas budidaya perikanan bercampur dengan kegiatan lainnya, diperlukan studi terkait daya tampung beban pencemaran Ranu Grati tersebut. Peta kedalaman atau peta batimetri yang dihasilkan dari penelitian ini dapat merepresentasikan sebaran kedalaman perairan, kondisi morfologis dan memberikan informasi morfometrik Ranu Grati seperti luas genangan dan volume genangan. Data morfometrik ini dapat digunakan untuk proses perhitungan daya tampung beban pencemaran. Apabila kegiatan pemetaan kedalaman ini dapat dilakukan secara kontinyu paling tidak satu tahun sekali dan dilakukan bersama dengan pemantauan parameter kualitas airnya, maka akan diperoleh data yang komprehensif. Selama ini pemantauan kualitas air dilakukan tanpa dilengkapi dengan pemantauan kedalaman mengingat waktu dan tenaga yang diperlukan akan menjadi lebih banyak. Para pemangku kepentingan (*stakeholders*) akan secara berkala mempunyai data-data ilmiah yang akurat sebagai dasar menentukan kebijakan pengelolaan sumber daya perairan berkelanjutan di Ranu Grati.



Gambar 1. Lokasi Ranu Grati.
Figure 1. Ranu Grati location.

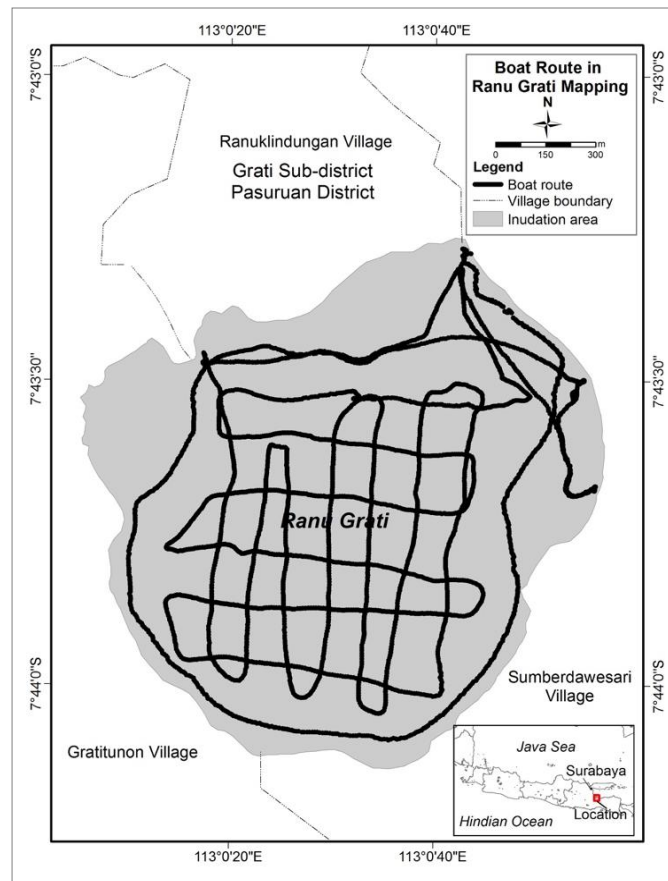
Metodologi

Pada proses pemetaan kedalaman dilakukan menggunakan peralatan Garmin GPSmap 585 dengan frekuensi 50 khz dan 200 khz. Rute perahu pada proses pemetaan kedalaman ini telah didesain seperti pada Gambar 2. Kemudian kegiatan survei lapang dilaksanakan pada 13 Januari 2019. Untuk menggambarkan batas luar genangan, dilakukan digitasi Citra Satelit Sentinel 2a MSI perekaman 27 Desember 2018 dan Bing Map (Bing Maps, 2019) sebagai perbandingan. Analisis SIG selanjutnya digunakan untuk pemrosesan data-data yang diperoleh dari Garmin GPSMAP 585 maupun citra. Sebagaimana diketahui bahwa SIG atau Sistem Informasi Geografis merupakan sebuah sistem untuk pengelolaan, penyimpanan, pemrosesan, analisis dan penayangan data keruangan yang terkait permukaan bumi (Burrough, 1996). Didalam perangkat lunak SIG tersebut terdapat modul untuk analisis keruangan (spasial) baik itu perhitungan jarak, perimeter, luas genangan maupun volume genangan.

Data kedalaman yang diperoleh dari survei lapang diinterpolasi dengan metode TIN (*Triangulated Irregular Network*). Data-data sebelumnya telah dikonversi ke dalam sistem koordinat UTM Zona 49 S agar satuan yang didapatkan dalam satuan metrik sehingga memudahkan perhitungan lebih lanjut. Setelah data kedalaman dapat direpresentasikan dalam format TIN tersebut, volume genangan dihitung dengan ArcToolBox – *Surface Volume* yang merupakan bagian dari ekstensi 3D Analyst ArcGIS. Sementara itu untuk mengetahui ciri-ciri morfometrik danau dilihat dari kedalaman relatif (Z_r) dan Indeks Perkembangan Garis Tepi (SDI) (Ridoan et al., 2016) atau *Shoreline Development* (D_L) (Wetsel, 2001) yang dapat dihitung dengan rumus:

$$Z_r = (50Z_{\max}\sqrt{\pi})/\sqrt{A_0} \quad (1)$$

Keterangan : Z_{\max} adalah kedalaman maksimum, L merupakan keliling atau panjang garis pantai suatu danau, kemudian A_0 merupakan luas permukaannya.



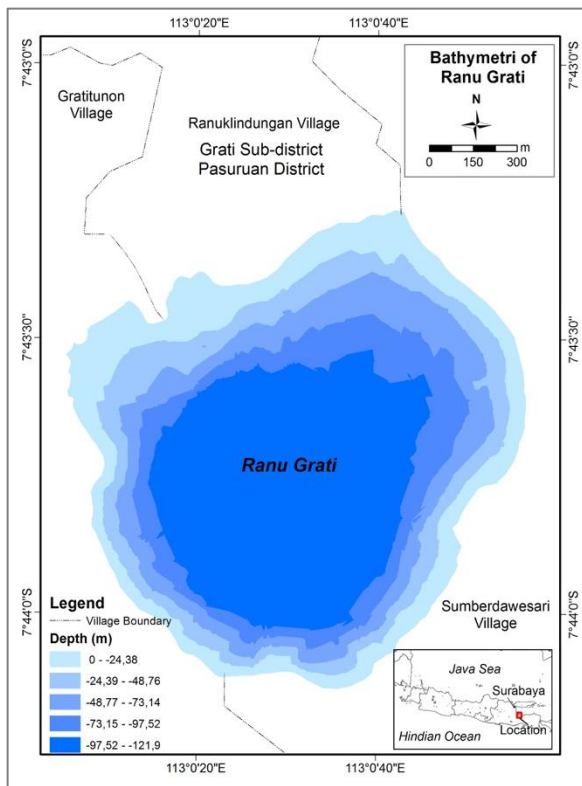
Gambar 2. Rute perahu pemetaan Ranu Grati.
Figure 2. Boat rute in Ranu Grati mapping.

Hasil

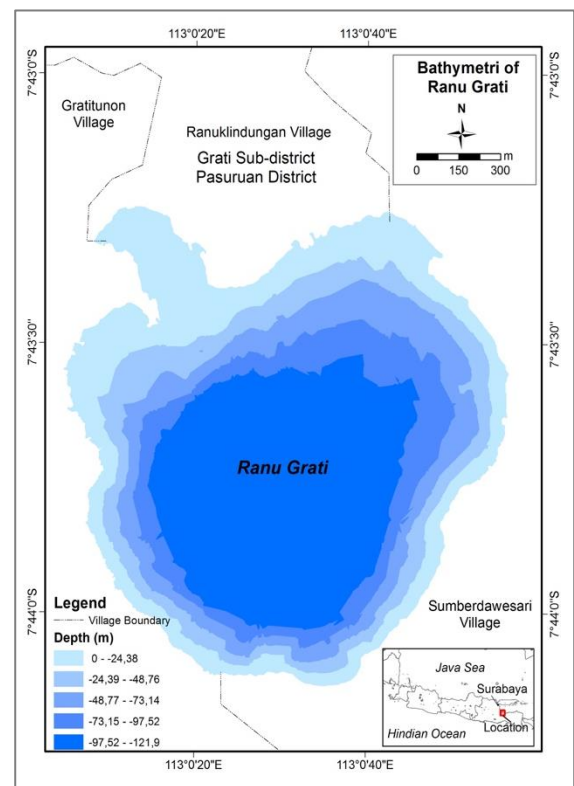
Kedalaman perairan Ranu Grati berhasil dipetakan menggunakan rute dengan melintasi pinggir dan tengah bagian Ranu Grati. Proses pemetaan kedalaman tersebut dimulai dari bagian utara kearah selatan menyusuri pinggir terlebih dahulu, kemudian kearah tengah secara paralel. Pada bagian barat laut tidak semua dapat terliput mengingat kondisinya dangkal sehingga perahu tidak dapat melintas pada waktu itu. Waktu yang diperlukan untuk meliput keseluruhan perairan Ranu Grati kurang lebih 120 menit dan mendapatkan jumlah total titik kedalaman yang terukur oleh Garmin GPSMAP 585 sejumlah 3277 buah. Panjang total rute pemetaan melintasi pinggir dan tengah bagian Ranu Grati tersebut 20.717,04 m atau kurang lebih 20,71 Km.

Berdasarkan data dalam pemetaan tersebut diketahui kedalaman perairan rata-rata

Ranu Grati ialah 74,07 m dengan kedalaman maksimum yang terukur oleh Garmin GPSMAP 585 yaitu 121,9 m. Kemudian perhitungan luas perairan menggunakan batas tepi Ranu Grati dari Citra Sentinel 2a perekaman 27 Desember 2018 ialah 1.734.223,07 m² atau sekitar 173, 42 ha. Sementara luas perairan Ranu Grati berdasarkan data batas tepi dari Bing Map ialah 1.834.840,15 m² atau sekitar 183, 48 ha. Selanjutnya, volume genangan Ranu Grati menurut hasil perhitungan dengan batas luar data Sentinel 2a tersebut sebesar 124.491.952,55 m³. Sementara dengan batas luar data Bing Map diperoleh volume Ranu Grati sebesar 124.497.370,28 m³. Peta kedalaman terkait dengan perhitungan tersebut seperti pada Gambar 3a dan 3b. Perbedaan luasan yang membuat hasil perhitungan volume berbeda. Hal ini dikarenakan pada bagian barat laut Ranu Grati pada kedua data batas luar memiliki bentuk dan ukuran yang sedikit berbeda.



(a)



(b)

Gambar 3. Peta kedalaman Ranu Grati dengan batas luar dari Citra Sentinel 2a (a), Peta kedalaman Ranu Grati dengan batas luar dari Bing Map (b).

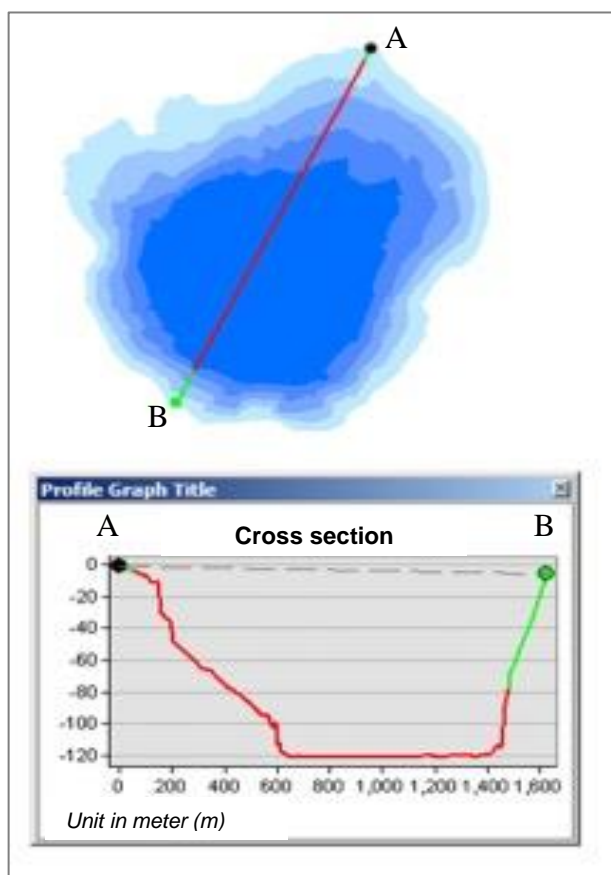
Figure 3. Bathymetri map of Ranu Grati with outer boundary from Sentinel 2a imagery (a), Bathymetri map of Ranu Grati with outer boundary from Bing Map (b).

Apabila dilakukan telaah lebih detil terkait morfometri Ranu Grati dengan menelusuri menggunakan penampang melintang (*cross section*), dari arah utara ke barat daya tampak seperti Gambar 4. Bagian selatan dan barat daya Ranu Grati dasar lebih curam dibanding bagian utaranya. Panjang segmen dari bagian utara ke barat daya tersebut sejauh 1688,81 m atau kurang lebih 1,68 km. Disisi lain, dari arah timur ke arah barat laut (Gambar 4b), dasar perairan Ranu Grati relatif sama dengan yang dari arah utara ke barat daya. Pada bagian timur lebih curam dibandingkan dengan bagian barat laut. Jarak dari sisi timur ke bagian barat laut sekitar 1453,35 m atau 1,45 km. Dari hasil yang tampak pada Gambar 4a dan Gambar 4b, dapat dikatakan bahwa Ranu Grati memiliki 2 sisi curam dibagian selatan dan bagian timur. Hasil ini juga akan serupa dengan peta kedalaman yang menggunakan batas luar Bing Map. Secara

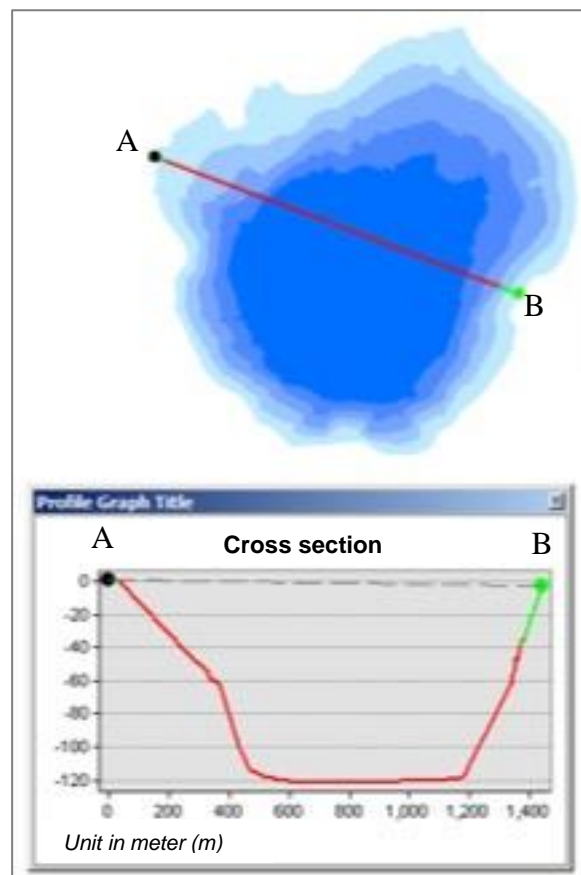
keseluruhan aspek morfometri yang didapatkan dari analisis keruangan dengan SIG tersebut dirangkum dalam Tabel 1.

Hasil perhitungan dari data dengan batas tepi Ranu Grati hasil delineasi Citra Sentinel 2a diperoleh nilai *Shoreline Development* (D_L) sebesar 1,14 yang berarti bentuknya tidak beraturan serta kedalaman relatif (Z_r) sebesar 8,20%. Sementara itu, hasil perhitungan dari data dengan batas tepi Ranu Grati hasil delineasi Bing Map didapatkan nilai D_L 1,48 dan Z_r sebesar 7,97%.

Visualisasi 3D dilakukan untuk mempermudah pengamatan terhadap aspek morfometri Ranu Grati serta mencocokkan dengan nilai yang diperoleh dari perhitungan. Dari visualisasi tersebut juga dapat diperoleh gambaran yang lebih baik mengenai kondisi morfologi Ranu Grati tersebut. Adapun visualisasi 3D disajikan pada Gambar 5.



(a)



(b)

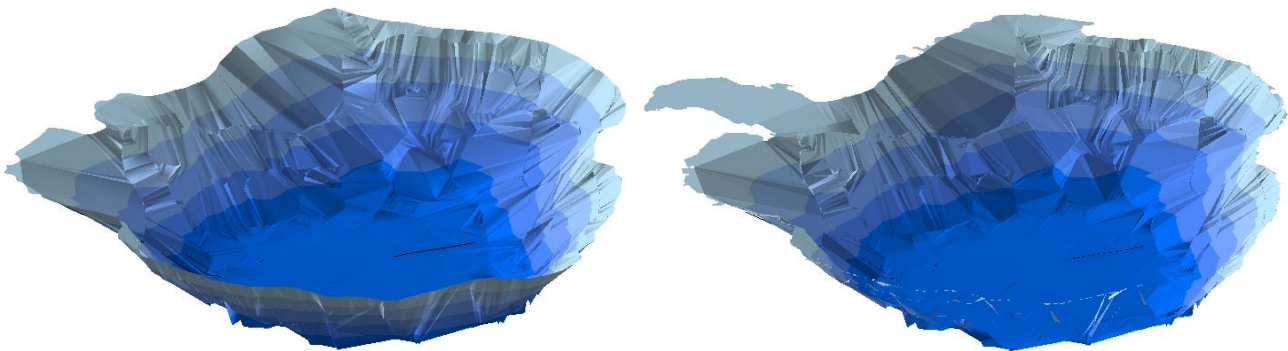
Gambar 4. Penampang Ranu Grati dari arah utara ke barat daya (a), Penampang Ranu Grati dari barat laut ke timur (b).

Figure 4. Cross section of Ranu Grati from direction north to southwest (a), Cross section of Ranu Grati from direction northwest to east (b).

Tabel 1. Informasi morfometri Ranu Grati.

Table 1. Ranu Grati morphometry information.

	With boundary from Sentinel 2a Imagery	With boundary from Bing Map
Maximum distance (m)	1688,81	1701,74
Maximum length (m)	1453,35	1658,02
Perimeter (m)	5347,25	7142,33
Average depth (m)	74,07	74,07
Maximum depth (m)	121,9	121,9
Relative depth (Zr)	8,20%	7,97%
Shoreline Development (D_L)	1,14	1,48
Large area (m^2)	1.734.223,07	1.834.840,15
Volume (m^3)	124.491.952,55	124.497.370,28



(a)

(b)

Gambar 5. Visualisasi 3D dasar perairan Ranu Grati dengan batas tepi dari Citra Sentinel 2a (a), visualisasi dasar perairan Ranu Grati dengan batas tepi dari Bing Map (b).

Figure 5. 3D visualization of Ranu Grati bottom with outer boundary from Sentinel 2a imagery (a), 3D visualization of Ranu Grati bottom with outer boundary from Bing Map (b).

Pembahasan

Kajian morfometri Ranu Grati dengan metode seperti dalam penelitian ini dapat dipergunakan sebagai solusi memenuhi kebutuhan informasi seperti luas genangan, kedalaman rata-rata dan volume genangan. Secara teknis, spesifikasi sonar dari Garmin GPSMAP 585 memiliki frekuensi 50/200 khz, kemudian daya pancarnya 500 W(RMS) dan jangkauan maksimum sampai kedalaman 1500 ft atau sekitar 457,2 m (Garmin, 2019), artinya peralatan tersebut cukup memadai untuk kegiatan pemetaan kedalaman.

Secara morfometris, berdasarkan hasil pemetaan dengan Garmin GPSMAP 585 diperoleh informasi kedalaman maksimal Ranu Grati ialah 121,9 m. Sementara Suwono (2004) dan, Nontji (2016) menyebutkan kedalaman maksimal Ranu Grati adalah 134 m. Dari sisi

panjang maksimum 1,67 km, lebar maksimum 1,61 km, keliling 5,21 km dan luas sekitar 1,98 km^2 (Nontji, 2016). Dari pengukuran penelitian ini panjang maksimum 1,68 km, lebar maksimum 1,45 km, keliling 5,34 km dan luas sekitar 1,73 km^2 . Perbedaan ini selain karena waktu, juga terkait dengan kondisi perairan. Kondisi perairan yang tenang saat pemetaan memudahkan proses pemetaan pada saat menggunakan *echosounder*. Terlepas dari itu, perlu diketahui bahwa jangkauan sonar mendeteksi kedalaman dipengaruhi oleh salinitas, tipe dasar dan kondisi perairan.

Lebih jauh lagi terkait aspek morfometris, Welch (1952) menyatakan bahwa makin panjang garis tepi danau (D_L) akan memiliki kontribusi pada luas kontak perairan dengan daratan disekelilingnya. Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, apabila dibandingkan dengan D_L Danau Toba maka Ranu Grati ini jauh lebih

kecil. Danau Toba memiliki nilai D_L yaitu 3,61 (Lukman & Ridwansyah, 2010). Nilai D_L Ranu Grati hanya mendekati Danau Poso yang terukur oleh Lukman dan Ridwansyah (2009) sebesar 1,59. Nilai D_L berkaitan dengan panjang tepian danau, semakin panjang maka nilai D_L tersebut semakin besar. Sementara itu, berdasarkan tingkat kedalaman relatifnya (Z_r) sebesar 8,20%, Ranu Grati ini tergolong stabil. Menurut Wetzel (2001), danau yang memiliki nilai $Z_r > 4\%$ pada umumnya memiliki stabilitas tinggi dan merupakan danau dalam serta permukaannya yang sempit. Kondisi tersebut berbeda dengan danau yang luas permukaannya luas dan cenderung tidak stabil. Bila stabilitas rendah, pada umumnya perairan mudah mengalami pengadukan karena pengaruh luar, misalnya oleh hembusan angin yang kuat.

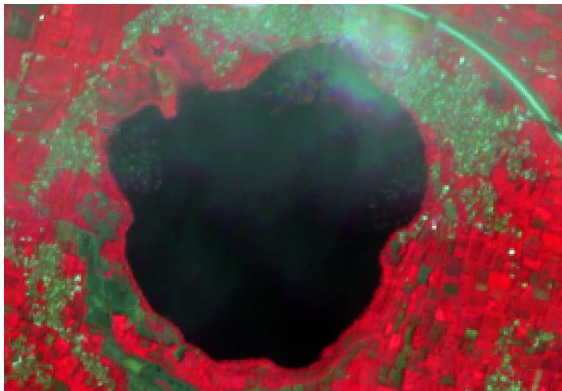
Aspek morfometris lainnya dapat diketahui berdasarkan visualisasi 3D seperti pada Gambar 5, dapat diketahui bahwa Ranu Grati berbentuk cekungan membulat dengan dasar terdalam berada di tengah-tengah. Bentuk danau yang seperti Ranu Grati ini memperkuat bahwa merupakan bentukan alami. Hal ini sejalan dengan Wetzel (2001) yang menyatakan bahwa bentuk danau alami cenderung dominan melingkar ke elips, kemudian bagian paling dalam berada jauh dari tepian. Disisi lain, hasil perhitungan nilai D_L didapatkan angka 1,14 yang berarti bentuk tepi Ranu Grati tidak simetris atau tidak teratur. Lebih jauh lagi, pernyataan tersebut didukung dengan bentuk dasar Ranu Grati yang cekung seperti mangkuk seperti pada Gambar 5 tersebut. Hal ini juga selaras dengan sejarah terbentuknya yaitu karena proses vulkanis (aktivitas gunung berapi). Proses vulkanis tersebut dapat menghasilkan cekungan danau dengan beberapa cara berbeda. Ketika material vulkanik dikeluarkan ke atas dan menciptakan ruang kosong, atau sebagian magma yang dilepaskan mendingin dan terdistorsi dengan berbagai cara, depresi dan rongga dihasilkan setelah proses tersebut (Wetzel, 2001). Rongga tersebut kemudian menjadi bentukan danau vulkanis seperti Ranu Grati. Oleh karena itu hasil visualisasi 3D Ranu Grati telah cukup representatif dan membantu mengkaji aspek morfometris.

Adanya perbedaan hasil dari Suwono (2004) dan Nontji (2016), ialah karena nilai panjang maksimum, lebar maksimum, keliling, luas dan volume antara data dengan batas tepi diperoleh berdasarkan pengolahan data dari dua sumber yang diambil dari Citra Sentinel 2a dan

Bing Map dan waktu pengukuran yang tidak sama. Sehingga terdapat perbedaan. Citra Sentinel 2a tersebut diambil dari perekaman 27 Desember 2018, sementara dari Bing Map tidak diketahui tanggal perekamannya. Kemudian perbedaan tersebut dapat terjadi karena pada waktu perekaman citra satelit Sentinel 2a, kondisi perairan Ranu Grati tampak sedang surut, sementara dari BingMap kondisinya telah pasang. Selain perbedaan waktu tersebut, resolusi dari kedua data tersebut tidak sama. Citra satelit Sentinel 2a yang dipergunakan memiliki resolusi spasial 10 m, sementara BingMap umumnya memuat data citra satelit Bird's Eye yang memiliki resolusi spasial 1,5 m. Kemudian pada saat pemetaan dengan *echosounder* terdapat beberapa area di dalam Ranu Grati yang tidak terjangkau perahu karena terlalu dangkal untuk dilintasi perahu. Kondisi tersebut menyebabkan terdapat sedikit selisih pada hasil perhitungan yang diperoleh.

Selanjutnya, penjelasan teknis lebih detail terkait Citra Sentinel 2a ini diperoleh langsung dari penyediannya (<https://scihub.copernicus.eu>), bahwa data itu telah dalam *level* terkoreksi baik secara geometri maupun radiometrik. Kemudian tanggal perekamannya jelas dapat diketahui baik dari nama file citra maupun metadata yang menyertai citra Sentinel 2a tersebut. Kondisi inilah membuat data yang diperoleh dari Citra Sentinel 2a lebih terpercaya. Sementara itu data yang diperoleh dengan batas tepi Ranu Grati dari delineasi Bing Map, berada pada level di bawahnya. Sebab gambar yang muncul pada aplikasi Bing Map, datang bukan dari sumbernya langsung (*third party*) dan tidak diketahui tanggal perekamannya (*acquisition date*) dan tidak memiliki metadata, Citra Sentinel 2a tersebut.

Bing Map dapat diakses melalui *web browser* ataupun perangkat lunak Quantum GIS 2.18.15 melalui *plugin Openlayers*. Pada umumnya gambar dari citra satelit yang ditampilkan Bing Map dalam warna sebenarnya (*true color composite*) yang sudah tidak dapat dirubah lagi pengaturannya. Disisi lain, citra Sentinel 2a yang dipergunakan dalam penelitian ini dibuat dalam komposit RGB 843 dengan resolusi spasial 10 m seperti pada Gambar 6 untuk memudahkan delineasi batas area genangan. Supaya mencapai hasil yang baik, citra telah dikoreksi geometrik dengan menggunakan *Ground Control Points* (GCP). Dengan demikian simpangan posisi dapat diketahui secara pasti dan pengguna dapat mengetahuinya.



(a)



(b)

Gambar 6. Ranu Grati tampak dari Citra Sentinel 2a perekaman 27 Desember 2018 komposit RGB843 pada skala 1: 10.000 (a), Ranu Grati tampak dari Bing Map pada skala 1:10.000 (b).

Figure 6. Ranu Grati appear from Sentinel 2a imagery captured 27 December 2018 in composite RGB843 at scale 1: 10.000 (a), Ranu Grati appear from Bing Map at scale 1:10.000(b).

Memperhatikan beberapa alasan teknis tersebut, untuk pengukuran perhitungan panjang maksimum, lebar maksimum, keliling, luas hingga pada volume genangan suatu waduk atau danau lebih direkomendasikan menggunakan citra Satelit Sentinel 2a atau citra satelit lain yang lebih tinggi resolusinya dan memiliki keterangan rinci dalam metadatanya. Akan lebih baik lagi jika pemetaan dilapang dengan menggunakan *echosounder* tersebut bertepatan dengan tanggal perekaman citra satelit itu. Terlepas oleh kondisi yang dipaparkan sebelumnya, paduan data dari survei lapang menggunakan peralatan *echosounder* serupa dan data yang diperoleh dari citra penginderaan jauh (dari citra satelit) dapat saling melengkapi. Sebab, tanpa data dari penginderaan jauh tersebut maka proses pemetaan bagian tepi Ranu Grati akan memerlukan waktu yang lebih lama.

Kesimpulan

Hasil pengukuran dengan batas tepi Ranu Grati menggunakan citra Sentinel 2a menunjukkan bahwa kedalaman maksimum yang terekam saat pemetaan ialah 121,9 m. Sementara itu luas genangan dan volume genangan masing-masing ialah 1.734.223,07 m² dan 124.491.952,55 m³. Keduanya juga telah dapat divisualisasikan secara 3D sehingga memudahkan deskripsi dan analisis lebih lanjut. Dengan demikian pemetaan

kedalaman menggunakan peralatan sejenis yang digunakan dalam penelitian ini dipadu dengan analisis menggunakan perangkat lunak SIG merupakan kombinasi yang tepat dipergunakan dalam rangka memenuhi kebutuhan data terkait morfometri danau.

Persantunan

Penelitian ini merupakan bentuk kegiatan mandiri. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan laboran Eksplorasi Sumberdaya Perikanan dan Kelautan FPIK UB, Bapak Wahyudi Arif dan Dimas Syarif Alim selaku teknisi peralatan yang telah membantu selama proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bing Maps Ranu Grati 1:5000*.(2019, January 25). Retrieved Januari 25, 2019, from <https://www.bing.com/maps>.Burrough, P. (1986). *Principle of Geographical Information System for Land Resources Assesment*. Oxford: Claredon Press.
- Garmin Spesifikasi GPSMAP 585* (2019, January 25). Retrieved Januari 25, 2019, from <https://www.garmin.co.id/products/onthewater/gpsmap585/#specsTab>
- Lukman & I. Ridwansyah. (2009). *Telaah Kondisi Fisik Danau Poso dan Prediksi Ciri*

- Ekosistem Perairannya. *Limnotek*, XVI (2): 64 – 73.
- Lukman & I. Ridwansyah. (2010). Kajian Kondisi Morfometri dan Beberapa Parameter Stratifikasi Perairan Danau Toba. *Limnotek*, XVII (20):158-170.
- Nontji, A. (2016). *Danau-Danau Alami Nusantara*. Retrieved from <http://oseanografi.lipi.go.id/datakolom/Buku%20Danau%20Alami.pdf>
- Ridoan, R., Muhtadi, A., Patana, P. (2016). Morfometri Danau Kelapa Gading Kota Kisaran, Kabupaten Asahan Provinsi Sumatera Utara. *Depik*, 5(2):77-84.
- Safitri, E.W., Idajati, H. (2017). Identifikasi Pemanfaatan Ranu Grati oleh Stakeholders dengan Participatory Mapping. *Jurnal Teknik ITS*, 6 (2): 2337-3520.
- Suwono, H. (2004). Studi Tentang Plankton di Ranu Grati Pasuruan, Jawa Timur. *Mipa dan Pembelajarannya*. 33 (1).
- Van Bemmelen, R.W.(1949). *The Geology of Indonesia Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Netherlands: The Hague.
- Welch P.S. (1952). *Limnology*. New York: Mc Graw- Hill Book Company, Inc.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology Lake and River Ecosystems, Third Edition.*: San Diego: Academic Press.