

**PERHITUNGAN VOLUME DAN BERAT TERUMBU KARANG MENGGUNAKAN FOTO GRAMETRI BAWAH AIR 3 DIMENSI DI PULAU GILI LABAK, SUMENEP**  
**CALCULATION OF CORAL REEFS VOLUME AND WEIGHT USING 3-DIMENSIONAL UNDERWATER PHOTOGRAMETRY ON GILI LABAK PULAU, SUMENEP**

**Dwi Cekarwati\*, Firman Farid Muhsoni, Dedi Irawan**

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian,  
Universitas Trunojoyo Madura  
Jl. Raya Telang, PO. Box. 2 Kamal, Bangkalan, Jawa Timur

\*Corresponding author email: [dwisesar07@gmail.com](mailto:dwisesar07@gmail.com)

Submitted: 29 November 2023 / Revised: 22 August 2024 / Accepted: 23 August 2024

<http://doi.org/10.21107/jk.v17i2.23179>

**ABSTRAK**

Mengukur struktur habitat terumbu karang secara 3 dimensi (3D) merupakan hal yang penting yang digunakan untuk aspek pemantauan terumbu karang, karena arsitektur habitat mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman terumbu organisme. Produksi 3D memungkinkan pengamatan karang dari sisi dan bidang. Peneliti menggunakan metode foto bawah air 3D untuk melihat bahwa metode tersebut sangat efisien untuk menghitung volume dan berat terumbu karang yang ada di Pulau Gili Labak. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui volume dan berat terumbu karang menggunakan foto grametri bawah air 3 dimensi di Pulau Gili Labak, Kabupaten Sumenep. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat selam, frame 50x50 cm, kamera Olympus TG 6, GPS, Software Agisoft, dan terumbu karang. Hasil rata-rata yang didapat dari perhitungan volume menggunakan persamaan  $y = 0,4835x + 103,34$  adalah  $592,86 \text{ cm}^3$  sedangkan hasil rata-rata yang didapat dari perhitungan berat menggunakan persamaan  $y = 2,4512x^{0,898}$  adalah 1194,59 gram.

**Kata Kunci:** Estimasi, 3 Dimensi, Volume, Berat

**ABSTRACT**

Measuring the structure of coral reef habitats in 3 dimensions (3D) is an important aspect of coral reef monitoring, because habitat architecture influences the abundance and diversity of reef organisms. 3D production allows viewing of corals from sides and planes. Researchers used the 3D underwater photography method to see that this method was very efficient for calculating the volume and weight of coral reefs on Gili Labak Island. The aim of this research is to determine the volume and weight of coral reefs using 3-dimensional underwater gramometry photographs on Gili Labak Island, Sumenep Regency. The tools used in this research were diving equipment, 50x50 cm frame, Olympus TG 6 camera, GPS, Agisoft software, and coral reefs. The average result obtained from volume calculations using the equation  $y = 0.4835x + 103.34$  is  $592.86 \text{ cm}^3$ , while the average result obtained from weight calculations using the equation  $y = 2.4512x^{0.898}$  is 1194.59 grams.

**Keywords:** Estimation, 3 Dimensions, Volume, Weight

**PENDAHULUAN**

Pulau Gili Labak memiliki potensi ekowisata pantai, senorkeling, dan selam (Muhsoni, 2017). Pulau Gili Labak termasuk kedalam pulau kecil yang perlu dijaga pemanfaatannya (Romadhon, 2010). Luas daratan sebesar 14,5 Ha, pemukiman 0,58 Ha, pantai 2,14 Ha dan jumlah penduduk 73 kepala keluarga (Muhsoni, 2017). Terumbu karang ialah ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun oleh biota

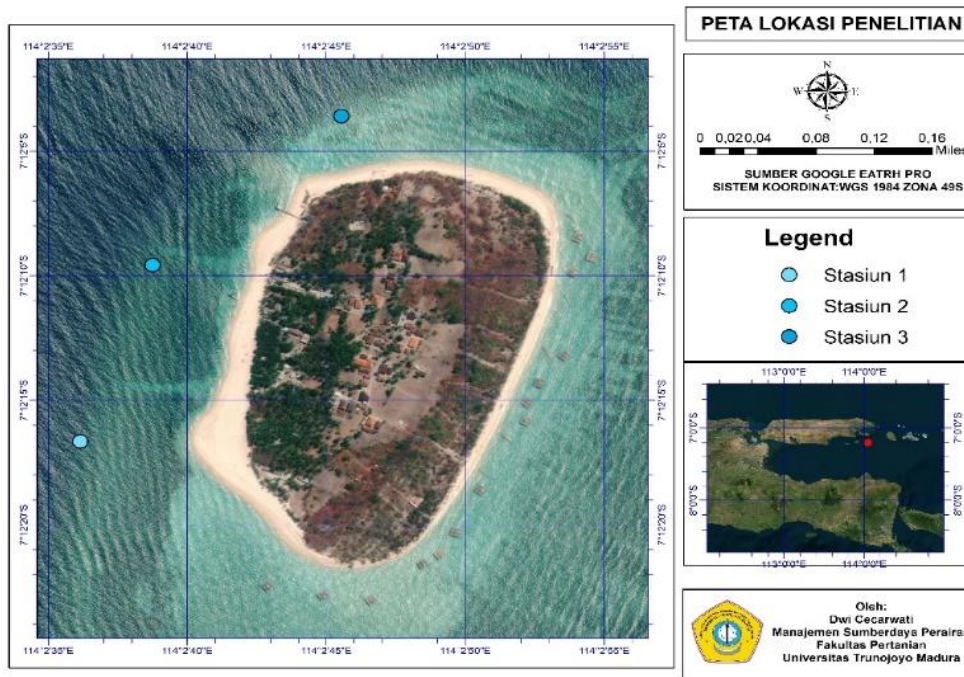
penghasil kapur jenis karang batu dan alga berkapur (Haris, 2018). Terumbu karang adalah struktur perairan dangkal tiga dimensi yang didominasi oleh karang scleractinian (Bellwood et al., 2004). Metode analisis terumbu karang yang berkembang hanya menghasilkan data 2 dimensi (Manta Tow (Achmad et al., 2013), Transek sabuk (Novita et al., 2013), LIT (Novita et al., 2013) dan UPT (Fauzanabri et al., 2021)), disisi lain pertumbuhan terumbu karang memerlukan

data secara 3 dimensi. Pemodelan 3 dimensi merupakan metode yang belum banyak dimanfaatkan. Penyajian data 3 dimensi dapat menyajikan data efektif untuk menggambarkan kerusakan pada terumbu karang. Metode akustik saat ini banyak digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek bawah laut. Sistem akustik sangat efektif untuk mengeksplorasi lingkungan bawah laut. Penggunaan foto bawah air 3D dapat menganalisis volume dan berat terumbu karang (Muhsoni & Irawan, 2023). Pengukuran struktur terumbu karang secara 3 dimensi (3D) merupakan hal yang penting untuk pemantauan terumbu karang (Fukunaga *et al.*, 2020) semakin jelas bahwa 2D memperkirakan tutupan karang saja tidak selalu indikator terbaik dari kesehatan terumbu, sedangkan 3D terumbu karang menyediakan struktur informasi berharga tentang kesehatan terumbu. Price *et al.*, (2019) menjelaskan struktur 3D resolusi tinggi dari rangkaian foto,

banyak digunakan untuk menciptakan metrik 3D yang berguna, seperti rugositas. 3D sangat mirip dengan gambar 2D, namun 3D jauh lebih baik dalam hal cakupan. Produksi 3D memungkinkan pengamatan karang dari sisi dan bidang (Ahmad *et al.*, 2020). Tujuan penelitian ini menggunakan metode foto bawah air 3D untuk menghitung volume dan berat terumbu karang yang ada di Pulau Gili Labak.

## MATERI DAN METODE

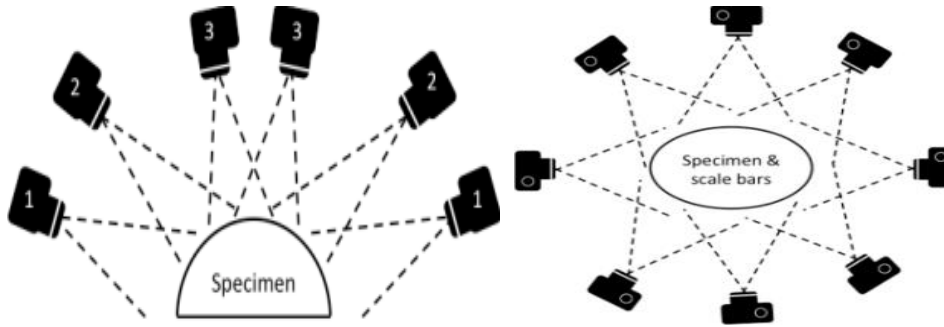
Pelaksanaan pengambilan data volume terumbu karang menggunakan metode foto bawah air 3D dilaksanakan pada bulan September 2023. Tempat pengambilan data berada di Pulau Gili Labak, Sumenep disebelah Utara (jauh dari pemukiman), sebelah Selatan (jauh dari pemukiman) dan sebelah Barat (tempat snorkling) (**Gambar 1**). Pelaksanaan analisis data volume dan berat terumbu karang menggunakan Agisoft Metashape.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian analisis volume dan berat terumbu karang menggunakan metode foto bawah air 3D adalah alat selam, frame 50x50 cm, kamera Olympus TG 6, GPS, Software Agisoft, dan terumbu karang. Pengambilan data untuk menganalisis volume dan berat terumbu karang dengan metode 3 dimensi ialah mengambil foto *underwater* terumbu karang di laut menggunakan transek *frame* ukuran 50x50cm (Irawan *et al.*, 2023). Frame tersebut pada setiap sudut diberi GCP (Ground Control Point) untuk titik ikat dan mempermudah

pengolahan data. Pemotretan foto bawah air dilakukan secara terus menerus baik dari sudut datar maupun miring untuk mendapatkan foto seluruh permukaan koloni dengan tumpang tindih 70-80% (Burns *et al.*, 2015) seperti pada **Gambar 2**. Pengambilan foto bawah air dilakukan sebanyak 75-130 foto jumlah foto yang diambil dari koloni karang tergantung kepada besar kecilnya sampel koloni karang kemudian di analisis menggunakan software Agisoft Metashape 1.7.4 (Muhsoni & Irawan, 2023).



**Gambar 2.** Pengaturan posisi kamera untuk menangkap segala arah dan sudut model (Ahmad et al., 2020 ; House et al., 2018)

Selanjutnya hasil foto karang dianalisis menggunakan software Agisoft Metashape

Profesional 1.7.4 dengan tahapan seperti **Tabel 1.**

**Tabel 1.** Analisis Foto 3 Dimensi

No	Jenis Analisis	Fungsi
1.	Add Photos	Untuk menambahkan foto yang akan di analisis
2.	Align Photos	Untuk menemukan pencocokan poin antar gambar yang tumpang tindih, dan memperkirakan posisi kamera untuk setiap foto serta membangun sparse point cloud model
3.	Build Dense Cloud	Untuk menghitung informasi mendalam untuk setiap kamera yang akan digabungkan menjadi satu titik awan padat yang tunggal
4.	Build Mesh	Untuk mendapatkan model polygonal
5.	Build Texture	Untuk memeriksa model bertekstur sebelum mengeksport atau mungkin akan membantu untuk penempatan penanda yang tepat
6.	Build Tiled Model	Untuk memperhalus gambar
7.	Build DEM	Untuk Analisa spasial atau GIS berbasis raster
8.	Build Orthomosaic	Untuk mendapatkan foto yang telah terkoordinat dengan tegak

Setelah dilakukan analisis foto 3 dimensi nantinya akan mendapatkan dugaan nilai estimasi volume terumbu karang, dan nantinya dimasukkan kedalam persamaan volume dan berat terumbu karang untuk mengetahui estimasi volume dan berat terumbu karang. Metode yang dipergunakan untuk estimasi

volume menggunakan (Muhsoni & Irawan, 2023). Estimasi volume terumbu karang menggunakan persamaan yang mempunyai nilai RMSE terendah, persamaan yang dipergunakan adalah persamaan Linier dengan nilai error 21,5%, dengan persamaan  $y = 0,4835x + 103,34$ .

**Tabel 2.** Persamaan Estimasi Volume (Muhsoni & Irawan, 2023)

Analisis	Foto 3D di dalam air
Linier	$y = 0,4835x + 103,34$ $R^2 = 0,9039$ , RMSE =269 cm <sup>3</sup> , N=20, % RMSE=21,5%
Logaritma	$Y = 603,19\ln(x) - 3458$ $R^2 = 0,9176$ , RMSE =324,3 cm <sup>3</sup> , N=20, %RMSE=25,9%
Polinomial	$Y = -0,0001x^2 + 0,8487x - 117,25$ $R^2 = 0,9446$ , RMSE =361,9 cm <sup>3</sup> , N=20, %RMSE=28,9%
Kekuatan/ geometris	$Y = 0,2556 x 1,1119$ $R^2 = 0,9186$ , RMSE =324,3 cm <sup>3</sup> , N=20, %RMSE=25,9%

Metode yang dipergunakan untuk estimasi berat menggunakan (Irawan et al., 2023). Estimasi berat terumbu karang menggunakan persamaan yang mempunyai nilai RMSE

terendah. persamaan yang dipergunakan adalah persamaan power/geometric dengan nilai error 19,17% dengan persamaan  $y = 2,4512x^{0,898}$

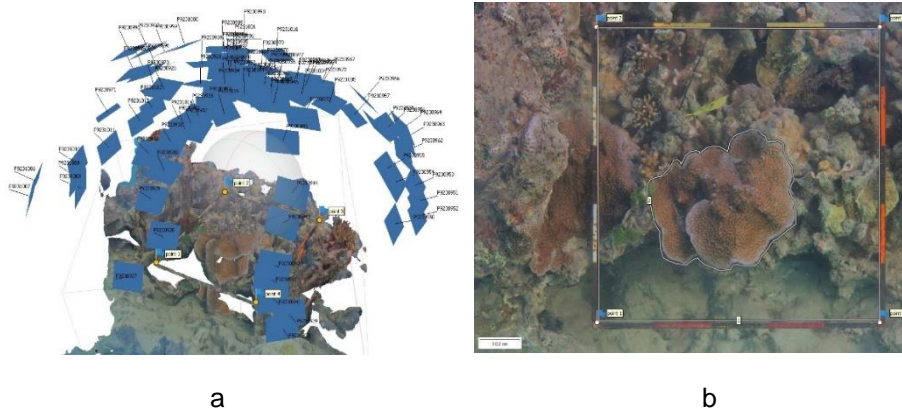
**Tabel 3.** Persamaan Estimasi Berat (Irawan *et al.*, 2023)

Analisis	Dead coral ( <i>Massive</i> )	Data Uji
Linier	$y = 0,9643x + 314.470$ $R^2 = 0.912$	RMSE = 284,50 gram %RMSE = 20,50% MAPE = 27,43%
Polinomial	$y = -0.001x^2 + 1,2345x + 49,448$ $R^2 = 0.915$	RMSE = 354,30 gram %RMSE = 25,50% MAPE = 20,00%
Power/ geometrik	$y = 2,4512x^{0,898}$ $R^2 = 0.9156$	RMSE = 251,20 gram %RMSE = 18,10% MAPE = 19.17%

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Nilai dugaan estimasi volume terumbu karang didapatkan dari hasil foto 3 dimensi bawah air dengan kamera yang menghadap pada objek terumbu karang. Pengambilan sampel karang sebanyak 11 koloni yang dibagi menjadi 3 stasiun. Foto yang digunakan dalam menganalisis volume dan berat terumbu

karang ini berkisar antara 75-120 foto. Pengambilan 11 koloni foto terumbu karang dilakukan secara terusan menerus dari sisi kiri, kanan dan atas dengan tumpeng tindih 70-80% untuk menghasilkan foto 3 dimensi, seperti **gambar 2a**. Kemudian foto tersebut dianalisis menggunakan software Agisoft Metashape Profesional 1.7.4 yang ditunjukkan pada **gambar 2b**.



**Gambar 2.** Hasil analisis foto terumbu karang; a (posisi pengambilan foto bawah air dengan tumpeng tindih 70-80%; b (hasil analisis terumbu karang)

**Tabel 4.** Standart error hasil analisis foto 3D untuk setiap plot karang

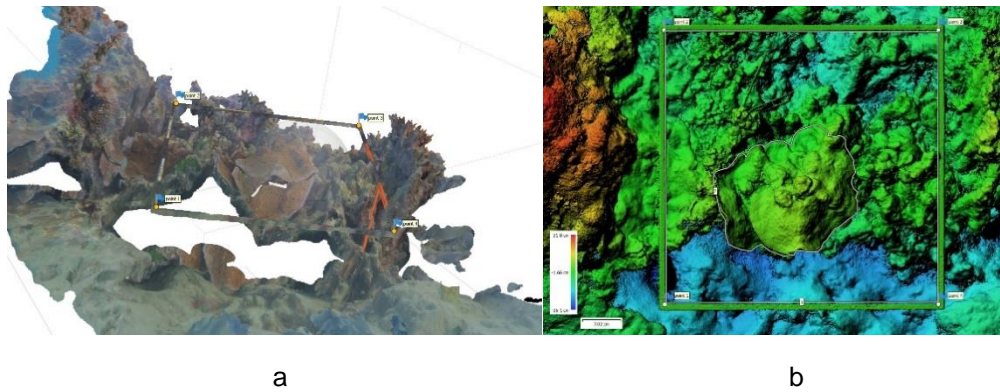
Plot	jumlah foto	X Error (mm)	Y Error (mm)	Z Error (mm)	XY Error (mm)	Total (mm)
1	91	0,34478	0,30138	1,07055	0,45793	1,164
2	105	0,50874	0,32097	1,21798	0,60153	1,358
3	110	1,30763	0,48472	1,088	1,39458	1,769
4	103	0,41097	0,58972	0,14675	0,71879	0,734
5	100	0,47615	1,06287	1,23039	1,16465	1,695
6	97	0,23814	0,72123	0,5648	0,75953	0,947
7	83	0,54736	0,52661	0,78199	0,75355	1,09
8	129	0,40531	0,4046	0,97968	0,57269	1,135
9	75	0,19436	0,27265	0,44217	0,33483	0,555
10	90	0,59636	0,71689	2,13269	0,93251	2,328
11	88	0,26541	0,3778	1,07941	0,46171	1,174
Rata-rata	97	0,48138	0,5254	0,97586	0,74112	1,268

Nilai RMSE control point di **Table 4** didapatkan dari analisis foto 3 dimensi menggunakan software Agisoft Metashape 1.7.4. Rata-rata nilai RMSE yang didapatkan dari analisis foto 3

dimensi yaitu rata-rata foto sebanyak 97 foto, nilai rata-rata X error 0,48138 mm, Y error 0,5254 mm, Z error 0,97586 mm, XY error 0,74112 mm, dengan total rata-rata error 1,268

mm, sedangkan penelitian (Irawan et al., 2023) mendapatkan rata-rata total error tidak sampai 1 mm. Nilai total error yang berbeda tersebut

disebabkan oleh air yang bisa menyebabkan distorsi pada kamera.



**Gambar 3.** Hasil analisis 3 dimensi. a: Hasil foto 3 dimensi; b: Hasil DEM

**Tabel 5.** Hasil volume dan berat terumbu karang menggunakan software Agisoft Metashape

Plot	Jenis	Volume terumbu karang hasil analisis software Agisoft (m <sup>3</sup> )			Volume berdasarkan persamaan konversi *1	Berat berdasarkan persamaan konversi *2
		Above	Below	Total	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (gram)
1	Echinophyllia	0,003996	0,000099	0,003897	291,76	518,58
2	Acropora	0,002661	0,000042	0,002619	229,96	362,99
3	Favia	0,010938	0,000223	0,010715	621,41	1285,58
4	Porites	0,018275	0,000494	0,017781	963,05	2025,53
5	Favia	0,029140	0,000103	0,029036	1507,23	3145,65
6	Astreopora	0,005579	0,000149	0,005429	365,83	698,33
7	Favia	0,010477	0,000053	0,010423	607,29	1254,09
8	Isopora	0,015621	0,000208	0,015413	848,55	1781,66
9	Porites	0,005925	0,000029	0,005896	388,41	752,02
10	Favia	0,005153	0,000031	0,005122	350,98	662,78
11	Galaxea	0,005109	0,000067	0,005041	347,07	653,36
Rata-rata		0,010261	0,000136	0,010125	592,86	1194,59

\*1 Persamaan :  $y = 0,4835x + 103,34$

\*2 Persamaan :  $y = 2,4512x^{0,898}$

Tabel diatas merupakan hasil analisis foto 3 dimensi menggunakan software Agisoft Metashape. Nilai rata-rata dugaan volume total adalah 0,010125 m<sup>3</sup> , sedangkan pada persamaan volume terumbu karang menggunakan satuan cm<sup>3</sup> maka dari itu nilai total dugaan volume tersebut dikonversikan menjadi cm<sup>3</sup> dan mendapatkan hasil 1012,4 cm<sup>3</sup>. Setelah mendapatkan hasil dugaan sementara kemudian nilai tersebut dimasukkan kedalam persamaan volume terumbu karang, dengan model persamaan regresi linier  $y = 0,4835x + 103,34$  dengan nilai error paling rendah yaitu 21,5%. Hasil rata-rata yang didapatkan volume terumbu karang di Pulau

Gili Labak sebesar 592,86 cm<sup>3</sup>. Muhsoni & Irawan, (2023) mendapatkan hasil volume total sebesar 81.368,6 cm<sup>3</sup>, nilai tersebut sangat berbeda jauh dengan hasil penelitian, hal tersebut dikarenakan pengambilan foto 3 dimensi menggunakan jenis dan ukuran terumbu karang yang berbeda. Sedangkan nilai rata-rata berat terumbu karang yang didapatkan sebesar 1194,59 gram. Hasil tersebut didapatkan dari konversi persamaan estimasi berat terumbu karang dengan model power/geometrik  $y = 2,4512x^{0,898}$  dengan nilai error paling rendah yaitu 19,17%. (Irawan et al., 2023) mendapatkan hasil berat total terumbu karang di Pulau Gili Labak sebesar

Mengukur terumbu karang menggunakan metode foto grametri bawah air 3 dimensi penting dilakukan karena berkaitan dengan struktur terumbu karang secara keseluruhan (House *et al.*, 2018). Pengambilan data 3 dimensi lebih mahal dibandingkan dengan Teknik 2 dimensi karena memakan waktu dan sulit dilaksanakan (Naumann, 2009 ; House *et al.*, 2018), namun metode 3 juga bisa diambil dengan peralatan sederhana dan sedikit murah dengan menggunakan peralatan seperti yang digunakan pada pengambilan data 2 dimensi. Kemajuan teknologi komputer sekarang ini dapat merekonstruksi geometri 3 dimensi objek tetap secara efisien (Burns *et al.*, 2015). Pendekatan fotogrametri Structure From Motion (SfM) yang sangat bermanfaat dalam lingkungan bawah air dikarenakan konstruksi model 3 dimensi dari suatu objek yang dimulai dengan rangkaian gambar dari objek-objek tersebut (House *et al.*, 2018). Metode 1 dimensi atau 2 dimensi merupakan metode pemantauan terumbu karang yang sebagian besar menghasilkan tutupan dan kelimpahan terumbu karang, akan tetapi mengabaikan perubahan aspek ekologis terumbu karang karena tidak memasukkan informasi vertikal atau volumetrik (House *et al.*, 2018 ; (Muhsoni & Irawan, 2023).

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Volume terumbu karang di Pulau Gili Labak menggunakan pendekatan regresi linier  $y = 0,4835x + 103,34$  mendapatkan hasil rata-rata  $592,86 \text{ cm}^3$ . Total estimasi volume terumbu karang 11 plot sebesar  $6521,54 \text{ cm}^3$ . Nilai maksimal sebesar  $1507,23 \text{ cm}^3$  dan nilai minimal sebesar  $362,99 \text{ cm}^3$ . Berat terumbu karang di Pulau Gili Labak menggunakan pendekatan regresi power/geometrik  $y = 2,4512x^{0,898}$  mendapatkan hasil rata-rata  $1194,59 \text{ gram}$ . Total estimasi berat terumbu karang 11 plot sebesar  $13140,57 \text{ gram}$ . Nilai maksimal sebesar  $3145,65 \text{ gram}$  dan nilai minimal sebesar  $362,99 \text{ gram}$ .

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada tim LPPM UTM yang telah memberikan dana untuk penelitian ini, tim peneliti Pulau Gili Labak, Sumenep, program studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura.

#### DAFTAR PUSTAKA

Achmad, R. A., Munasik, Diah, P, W. (2013). Kondisi Ekosistem Terumbu Karang Di Rote Timur, Kabupaten Rote Ndao,

Taman Nasional Perairan Laut Sawu Menggunakan Metode Manta Tow. *Journal Of Marine Research.*, 2(2000), 127–133.

- Ahmad, Z. Bin, Bin Mohd Jinah, M. I. H., & Saad, S. Bin. (2020). Comparison of 3D coral photogrammetry and coral video transect for coral lifeform analysis using low-cost underwater action camera. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 37(1), 15–20. <https://doi.org/10.29037/AJSTD.602>
- Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., & Nystro, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature Publishing Group*, 429(June).
- Burns, J. H. R., Delparte, D., Gates, R. D., & Takabayashi, M. (2015). Utilizing underwater three-dimensional modeling to enhance ecological and biological studies of coral reefs. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(5W5), 61–66. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W5-61-2015>
- Fauzanabri, R., Manembu, I. S., Schadu, J. N. W., Hermanto, W. K. M., Sinjal, C. A. L., & Ngangi, E. L. A. (2021). Status Terumbu Karang di Perairan Pulau Tidung Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta Berbasis Analisis Underwater Photo Transect. *Jurnal Ilmiah Platax*, 9(2), 1–15.
- Fukunaga, A., Burns, J. H. R., Pascoe, K. H., & Kosaki, R. K. (2020). Associations between benthic cover and habitat complexity metrics obtained from 3D reconstruction of coral reefs at different resolutions. *Remote Sensing*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/rs12061011>
- Haris, I. . (2018). Analisis Kerusakan Terumbu Karang Akibat Sampah Di Pulau Panggang, Kabupaten Kepulauan Seribu. *Bumi Indonesia*, 15(1), 165–175. <https://core.ac.uk/download/pdf/196255896.pdf>
- House, J. E., Brambilla, V., Bidaut, L. M., Christie, A. P., Pizarro, O., Madin, J. S., & Dornelas, M. (2018). Moving to 3D: Relationships between coral planar area, surface area and volume. *PeerJ*, 2018(2). <https://doi.org/10.7717/peerj.4280>
- Irawan, D., Mukti, A. T., Andriyono, S., & Muhsoni, F. F. (2023). Three-dimensional (3D) modelling to determine the weight of massive corals in Gili Labak Island, Sumenep, Madura, East Java, Indonesia. *Biodiversity*, 24(1–2), 24–33. <https://doi.org/10.1080/14888386.2023.2184425>

- Muhsoni, F. . (2017). Potensi Dan Pengelolaan Pulau Gili Labak (Dan Kajian Pu Ula Di Sumenep). In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Muhsoni, F. F., & Irawan, D. (2023). Calculation of coral reef volume using 3D underwater photos on Gili Labak Island, Indonesia. *AACL Bioflux*, 16(3), 1210–1219.
- Naumann, M. (2009). Biogeochemical consequences of organic matter release by reef-building scleractinian corals. *Coral Reefs* 28, September, 109–117.
- Novita, L., Biologi, J., Matematika, F., Alam, P., & Sepuluh, I. T. (2013). Korelasi Komunitas Nudibranchia dengan Komunitas Porifera di perairan Pasir Putih , Situbondo. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(2).
- Price, D. M., Robert, K., Callaway, A., Lo lacono, C., Hall, R. A., & Huvenne, V. A. I. (2019). Using 3D photogrammetry from ROV video to quantify cold-water coral reef structural complexity and investigate its influence on biodiversity and community assemblage. *Coral Reefs*, 38(5), 1007–1021. <https://doi.org/10.1007/s00338-019-01827-3>
- Romadhon, A. (2010). Strategi Konservasi Pulau Kecil Melalui Pengelolaan Perikanan Berkelanjutan (Studi Kasus Pulau Gili Labak, Sumenep). *Kelautan*, 7(2), 1–54.