

**PENERAPAN TEKNIK 3D PHOTOGRAMMETRY DAN EVALUASI AKURASI
DALAM PENGUKURAN VOLUME TERUMBU KARANG
DI PERAIRAN UTARA PULAU TUNDA**

Application of 3D Photogrammetry Techniques and Accuracy Evaluation in Measuring Coral Reef Volume in the Northern Waters of Tunda Island

Suko Wardono, Ibnu Athaillah, Hendy Handayani, Dwi Rosalina, dan Riza Rizkiah¹

¹*Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang, Jawa Barat, Indonesia*

ABSTRAK

Penelitian ini mengeksplorasi penerapan fotogrametri 3D bawah air dan evaluasi akurasi dalam pengukuran volume terumbu karang di perairan utara Pulau Tunda. Penurunan populasi karang secara global—yang disebabkan oleh tekanan lingkungan seperti meningkatnya suhu laut, predasi, dan aktivitas manusia yang merusak—menuntut adanya metode pemantauan yang akurat dan tidak merusak. Fotogrametri 3D memungkinkan perekaman bentuk karang secara digital dalam tiga dimensi melalui pemrosesan citra bawah air menggunakan Agisoft Metashape dan analisis volume menggunakan MeshLab. Penelitian ini berfokus pada tiga bentuk pertumbuhan karang, yaitu branching, massive, dan foliose, dengan menggunakan variasi jumlah foto (50, 100, 150, 200, dan 250 foto) untuk menilai pengaruhnya terhadap akurasi model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun penambahan jumlah foto umumnya meningkatkan akurasi, hubungan tersebut tidak selalu bersifat linear. Sebagai contoh, karang foliose menunjukkan sedikit penurunan akurasi pada penggunaan 250 foto akibat meningkatnya titik kesalahan (error points). Nilai volume tetap relatif konsisten meskipun terjadi variasi akurasi. Beberapa faktor yang memengaruhi akurasi rekonstruksi meliputi kondisi pencahayaan, tingkat kekeruhan air, kecepatan arus, dan posisi kamera. Dari seluruh jumlah foto yang diuji, penggunaan 150 foto muncul sebagai jumlah yang paling ideal karena mampu memberikan akurasi tinggi dengan efisiensi signifikan dalam proses pengambilan data, penyimpanan, dan waktu pemrosesan. Keseimbangan optimal ini menjadikannya sesuai untuk kegiatan pemantauan berulang. Kesimpulannya, penelitian ini menunjukkan bahwa fotogrametri 3D bawah air merupakan metode yang praktis dan efektif untuk penilaian pertumbuhan karang. Metode ini mendukung pengembangan teknik pemantauan terumbu karang yang berkelanjutan dengan menyediakan data yang rinci, dapat diulang, dan bersifat non-invasif, yang sangat penting bagi upaya konservasi laut.

Kata kunci: Terumbu Karang, fotogrametri 3D, akurasi model, Pulau Tunda

ABSTRACT

This study explores the application of underwater 3D photogrammetry and accuracy evaluation in measuring coral reef volume in the northern waters of Tunda Island. The global decline in coral populations—due to environmental stressors such as rising sea temperatures, predation, and destructive human activities—necessitates accurate and non-destructive monitoring methods. 3D photogrammetry allows digital recording of coral shapes in three dimensions by processing underwater images using Agisoft Metashape and analyzing volume through MeshLab. The research focuses on three coral growth forms: branching, massive, and foliose, using varying numbers of photos (50, 100, 150, 200, and 250) to assess their impact on model accuracy. Results indicate that while more photos generally improve accuracy, this relationship is not always linear. For example, foliose corals showed a slight decrease in accuracy at 250 photos due to increased error points. Volume values remained relatively consistent despite accuracy variations. Several factors influenced reconstruction accuracy, including light conditions, water turbidity, current velocity, and camera positioning. Among all photo counts, 150 photos emerged

as the most ideal—offering high accuracy with significant efficiency in data acquisition, storage, and processing time. This optimal balance makes it suitable for repeated monitoring efforts. In conclusion, this study demonstrates that underwater 3D photogrammetry is a practical and effective method for coral growth assessment. It supports the development of sustainable coral reef monitoring techniques that provide detailed, repeatable, and non-invasive data, crucial for marine conservation efforts.

Keywords: Coral Reef, 3D photogrammetry, model accuracy; Tunda Island

PENDAHULUAN

Terumbu karang di dunia mengalami penurunan populasi termasuk di Indonesia, gangguan akut yang menyebabkan degradasi terumbu karang disebabkan oleh predator karang, badai tropis, siklon, dan kenaikan suhu permukaan yang menyebabkan pemutihan pada karang (Maynard et al., 2015). Pemanasan laut merupakan penyebab dari peristiwa pemutihan skala besar sehingga terjadinya penurunan signifikan dalam tutupan karang di seluruh dunia (Dan et al., 2025). Mengukur pertumbuhan pada karang bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab dari perubahan alam disekitarnya karena struktur populasi dan perubahan ukuran koloni individu terbukti dapat menunjukkan bahwa sejumlah kondisi lingkungan dapat berpengaruh, termasuk perubahan suhu air laut (Munandar et al. 2023). Pengukuran perubahan ukuran karang dapat dilakukan dengan cara mencatat perubahan dimensi karang setelah jangka waktu tertentu dan mengulangi pengukurannya seperti perubahan volume yang terjadi individu karang (Munandar et al. 2023).

Mengukur individu karang karang secara akurat di lingkungan alamnya merupakan kontribusi yang bermanfaat untuk memajukan pemahaman kita tentang perubahan ekosistem terumbu karang. Informasi yang bisa kita dapatkan dari 2 pengukuran individu dapat berupa struktur komunitas dan populasi serta dinamika pertumbuhan pada karang (Bak & Meesters, 1998, dikutip dalam Munandar et al. 2023). Pengukuran pertumbuhan terumbu karang dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti pengukuran linier, pengukuran luas permukaan, dan pengukuran volume. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan

pemahaman mengenai pengukuran volume terumbu karang dalam bentuk 3D menggunakan metode 3D Photogrammetry.
BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di ekosistem mangrove Pulau Tunda, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Lokasi ini dipilih karena memiliki potensi ekosistem pesisir yang relatif utuh dan masih berkembang. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Februari 2025, mencakup enam stasiun pengamatan yang ditentukan secara purposive berdasarkan sebaran vegetasi mangrove. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua metode, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui pengambilan gambar menggunakan metode 3D Photogrammetry, sedangkan data sekunder berupa data penunjang yang diperoleh dari jurnal ilmiah dan digunakan sebagai referensi tambahan.

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil foto 2 dimensi dari 2 sudut yaitu 0 dan 45 derajat dengan jarak dari kamera ke karang sekitar 5-10 inci (Million and Kankel, 2020). Ukuran karang yang diambil berkisar antara 10-15 cm dengan Jumlah foto yang diambil sebanyak 250 foto yang akan terbagi menjadi 5 kali pengulangan untuk pengolahan data dan dapat diketahui perbandingan tingkat akurasi dari masing - masing pengulangan. Teknik memutar object berguna untuk mendapatkan model terumbu karang sesuai dengan aslinya dan dapat digunakan untuk mengumpulkan citra bentuk model 3D (Million and Kankel, 2020). Penempatan posisi tomahawk dengan posisi terumbu karang berada di tengah tomahawk. Kelebihan dari metode ini adalah

mempersingkat waktu pengambilan data di lapangan. Pada pengambilan foto dilakukan dengan cara brust dimana dengan menahan tombol akan menghasilkan foto dalam jumlah banyak. Foto hasil dokumentasi dapat menjadi arsip yang sewaktu-waktu dapat dilihat kembali sebagai data pembanding untuk monitoring di tahun-tahun berikutnya. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan Agisoft Metashape dan Meshlab kemudian dianalisis secara deskriptif dalam bentuk visual, tabel dan diagram.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil pemotretan dalam pengambilan data memperoleh jumlah foto sekitar 1.500 foto dari ketiga bentuk pertumbuhan karang. Jumlah foto dari masing-masing individu karang sekitar 250 foto kemudian di olah dalam 5 kali pengulangan yaitu 50, 100, 150, 200, dan 250 foto. Kualitas foto yang diperoleh cukup baik dengan pencahayaan yang mendukung pada saat pengambilan data. Hasil foto yang diperoleh memiliki tumpang tindih atau Image Overlap sekitar 60-80%. Dengan tumpang tindih yang cukup maka hasil foto dapat diolah dan membentuk rekonstruksi 3D model. Berikut adalah contoh foto yang dipilih dan digunakan untuk membentuk rekonstruksi 3D model dengan tumpang tindih sekitar 80% pada karang Branching.

Kalibrasi kode tomahawk untuk memastikan kode bekerja dengan baik. Kode ini berfungsi untuk membentuk tingkat keakuratan dalam proses pembentukan rekonstruksi 3D model. Kalibrasi kode dapat dilakukan di software agisoft dengan tools yang telah tersedia. Cara mengalibrasikan kode di software dapat dilakukan dengan memastikan kode yang terdapat pada gambar sesuai dengan nomornya. Jika terdapat kode yang tidak sesuai dapat diganti dengan menggunakan tools yang telah tersedia

Proses pembentukan rekonstruksi 3D model karang yang detail bergantung dengan kualitas foto yang diambil. Kondisi perairan pada saat pengambilan data merupakan

hal yang berpengaruh pada kualitas foto, seperti pencahayaan dan kekeruhan air. Kondisi perairan pada saat pengambilan data di pertengahan bulan Maret 2025 cukup baik sehingga kualitas foto yang di peroleh memiliki kualitas yang baik juga. Kemudian data di olah menggunakan agisoft metashape untuk membentuk 3D model dan dapat ditampilkan dalam bentuk visual dengan format jpeg atau mp4. Pada proses pertama yaitu align photo membutuhkan waktu sekitar 40 menit dengan menggabungkan foto hingga terbentuk tie point. Setelah melakukan align photo selanjutnya yaitu build point cloud yang berfungsi untuk membentuk point yang lebih padat dan rinci dari align photo yang memakan waktu sekitar 8 jam.

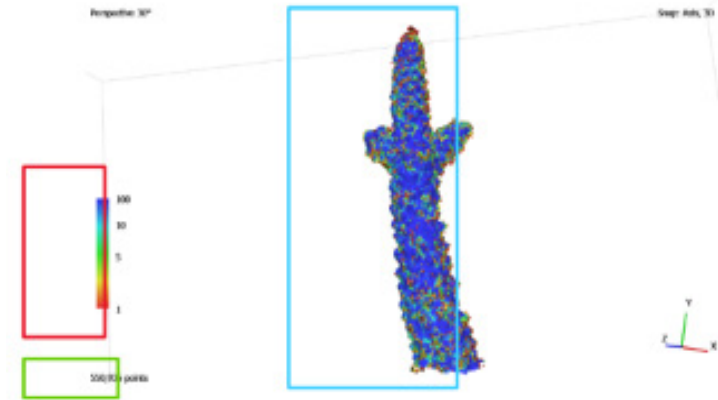
Proses selanjutnya adalah build model yang berfungsi untuk mengubah point cloud menjadi bangunan 3D yang sesuai dengan aslinya proses ini memakan waktu sekitar 5 jam. Kualitas dari foto yang digunakan akan berpengaruh pada tingkat detail pada hasil visual yang terbentuk. Semakin dekat kamera pada object maka akan semakin detail hasil pembentukan 3D modelnya.

Untuk mendapatkan nilai volume dengan melakukan evaluasi nilai akurasi sangat penting untuk di perhatikan. Nilai akurasi model dapat dilihat menggunakan tools di agisoft dengan mengetahui jumlah nilai akurat atau nilai keyakinan. Point confidence merupakan tools yang menampilkan titik keyakinan pada model. Nilai ini berkisar antara 1-255, nilai 1 dengan warna merah merupakan nilai keyakinan terendah, dan nilai 255 dengan warna biru merupakan nilai keyakinan tertinggi (Agisoft, 2024). Keakuratan titik point dapat membentuk 3D model yang akurat sesuai dengan bentuk aslinya. Pada penelitian ini nilai point confidence yang digunakan adalah 4 - 255 karena nilai 1- 4 adalah nilai dengan keyakinan paling rendah sehingga akan mempengaruhi keakuratan pada pembentukan 3D model.

Dengan memfilter nilai point confidence maka akan muncul jumlah titik

– titik point akurat. Setelah mendapatkan titik – titik point akurat, titik tersebut akan dibagi dengan titik point secara keseluruhan sehingga mendapatkan persentase titik

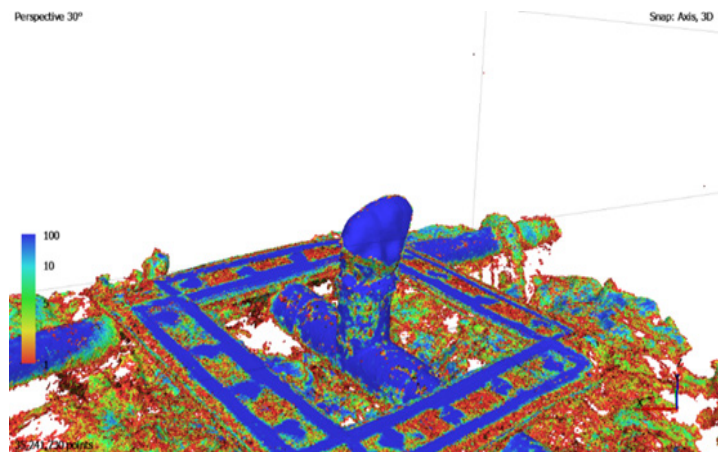
akurat dari model tersebut. Jumlah persentase akan menjadi perbandingan untuk menentukan jumlah foto yang dibutuhkan pada pembentukan model yang akurat.



Gambar 1. Visual 3D Model Confidence

Kotak merah merupakan warna gradasi yang menandai nilai akurasi atau kepercayaan, dimana warna merah merupakan nilai dengan keakuratan terendah dan warna biru merupakan nilai dengan keakuratan tertinggi. Kotak berwarna biru merupakan visual object

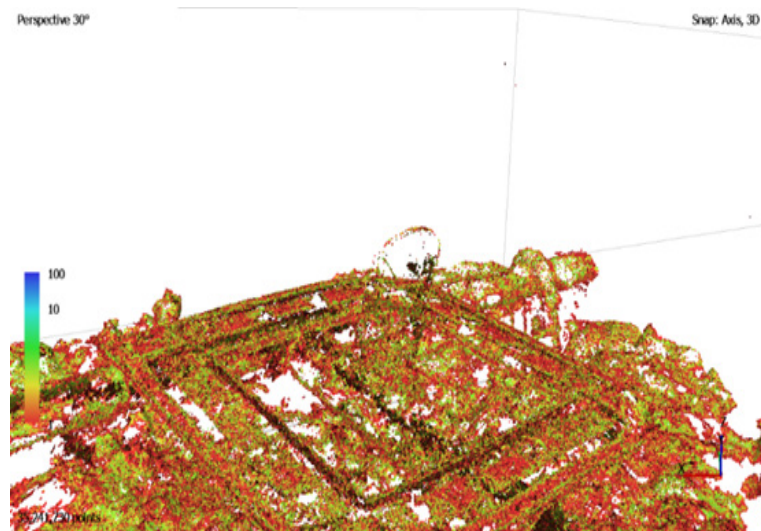
3D model yang sedang diolah. Kotak berwarna hijau merupakan jumlah total point. Gambar 1 adalah tampilan titik keyakinan atau point confidence untuk mengetahui seberapa banyak titik point keyakinan tertinggi dan terendah.



Gambar 2. Visual Point Confidence

Gambar 2 adalah visual dari titik point terendah dengan nilai 0 – 4 yang dapat dilihat pada tools point confidence, dimana nilai tersebut berwarna merah hingga kuning. Titik point keyakinan terendah biasanya akan lebih banyak jika nilai erornya tinggi. Nilai error dapat dilihat di tools reference, akan muncul

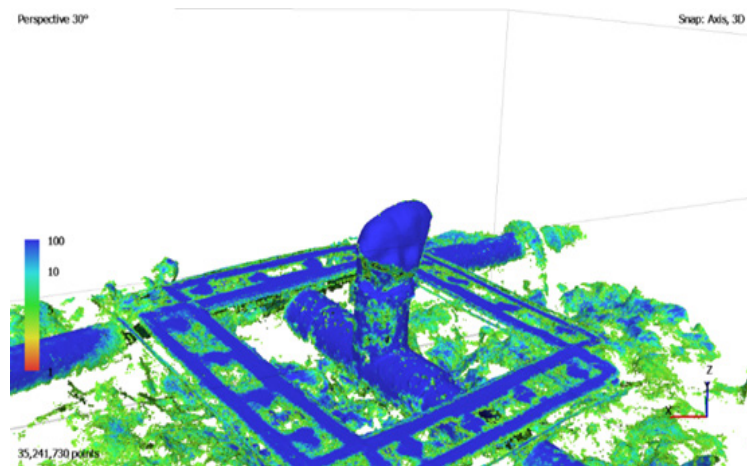
nilai eror masing - masing foto. tingkat eror dapat dikurangi menggunakan reprojection eror, namun hal ini harus di lakukan secara teliti karena bisa saja ketika menghapus nilai eror maka titik point keyakinan tertinggi akan ikut terhapus dan menyebabkan berkurangnya tingkat keyakinan pada model yang di teliti.



Gambar 3. Titik point keyakinan terendah

Gambar diatas adalah titik point keyakinan tertinggi dengan nilai antara 4 – 255 yang dapat dilihat pada tools point confidence, dimana nilai tersebut berwarna hijau hingga biru. Warna biru pekat adalah warna dengan

nilai keyakinan paling tinggi. Dari jumlah titik point keyakinan akan dibagikan dengan total titik point yang ada dan dikalikan dengan 100% maka akan mendapatkan hasil presentasi dari titik point keyakinan tertinggi.



Gambar 4. Titik point keyakinan tertinggi

Karang dengan bentuk pertumbuhan branching merupakan karang yang sangat sensitif terhadap lingkungan seperti arus dan suhu tinggi namun memiliki peran penting dalam ekosistem terumbu karang. selain berperan sebagai penyedia habitat berbagai spesies laut, karang branching juga memiliki peran ekologis yang signifikan dalam

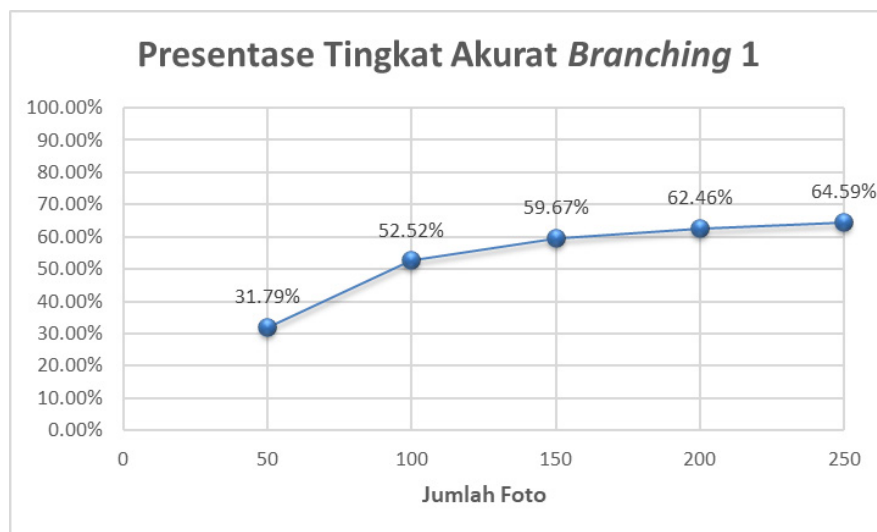
menjaga keseimbangan ekosistem terumbu karang (Munandar et al., 2023). Karang branching umumnya tumbuh di perairan yang jernih dengan gelombang yang relatif rendah. Jumlah karang branching yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 2 individu dengan panjang berkisar antara 10-15cm.

Tabel 1. Persentase nilai akurasi Karang Branching

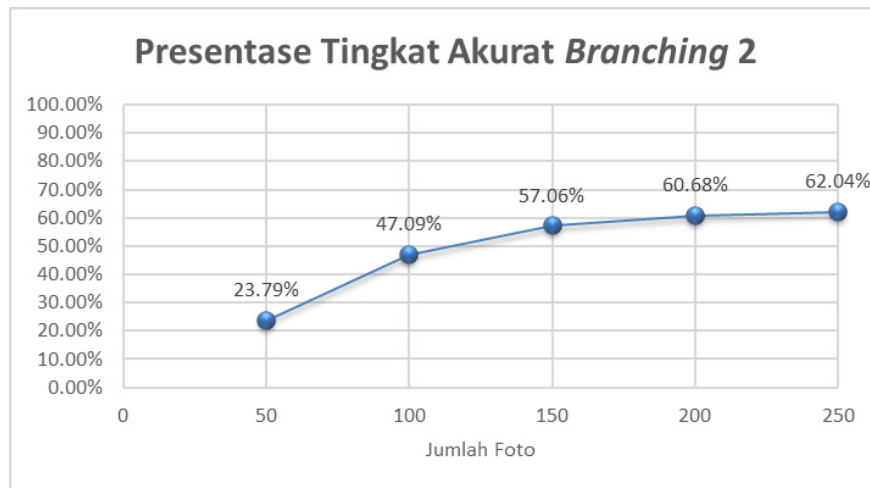
Life From	Jumlah Foto	Total Titik Point	Total Point Akurat	Persentase Tingkat Akurat
Branching 1	250	552,295	356,720	64.59%
	200	512,619	320,205	62.46%
	150	466,236	278,220	59.67%
	100	429,342	225,500	52.52%
	50	436,436	138,722	31.79%
Branching 2	250	550,936	341,826	62.04%
	200	506,314	307,209	60.68%
	150	478,557	273,088	57.06%
	100	469,835	221,250	47.09%
	50	498,252	118,529	23.79%

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa jumlah foto 250 memiliki nilai persentase tertinggi untuk branching 1 dengan nilai 64,59% dan branching 2

dengan nilai 62,04%. Sedangkan jumlah foto 50 memiliki nilai persentase terendah untuk branching 1 dengan nilai 31,79% dan branching 2 dengan nilai 23,79%.



Gambar 5. Grafik persentase tingkat akurat branching 1



Gambar 6. Grafik persentase tingkat akurat branching 2

Karang massive merupakan karang yang mampu bertahan hidup dengan baik dari pada karang yang lain dalam kondisi cuaca buruk seperti kenaikan suhu dan arus yang kencang karena bangunannya

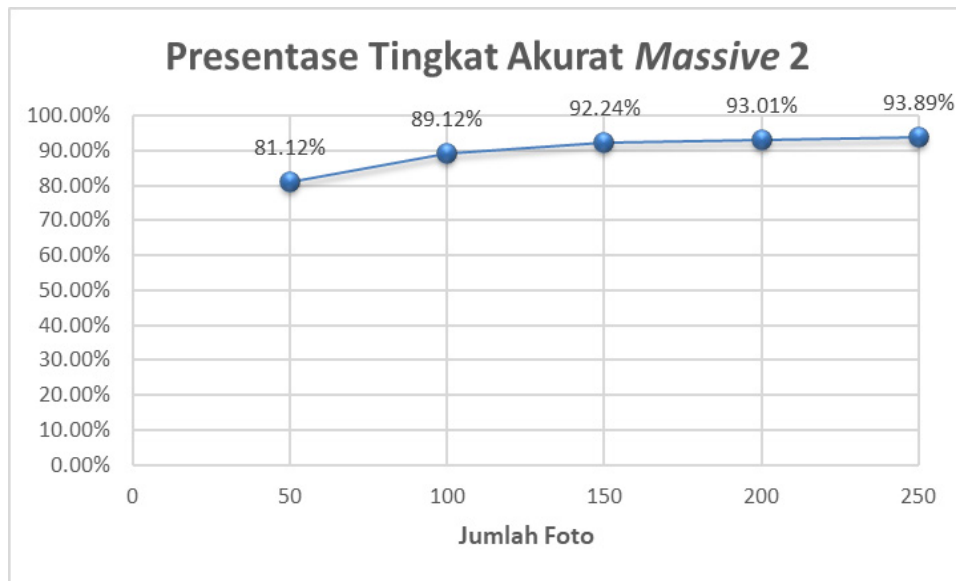
yang kokoh dan tidak memiliki cabang. Jumlah karang massive yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 2 individu dengan panjang berkisar antara 5-10cm.

Tabel 2. Persentase nilai akurasi Karang Massive

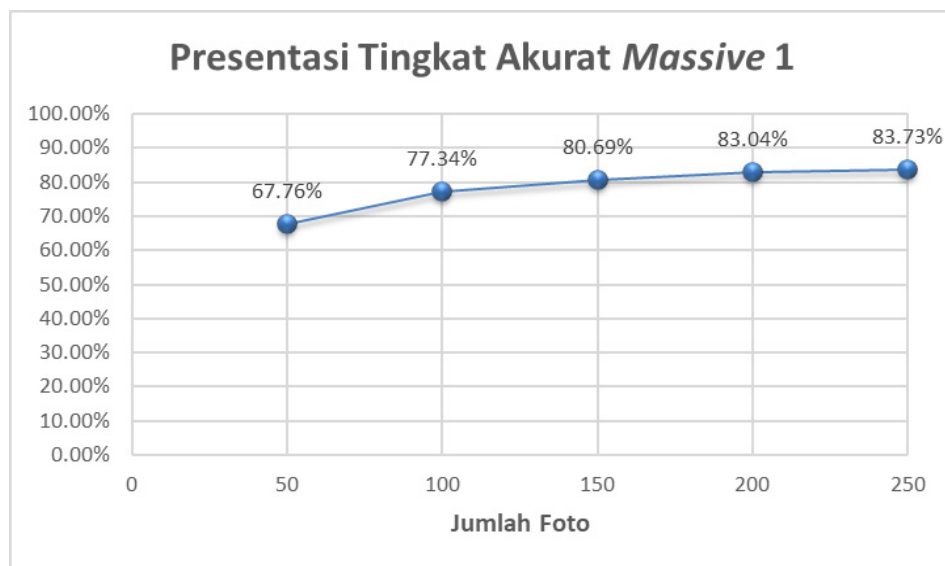
Life From	Jumlah Foto	Total Titik Point	Total Point Akurat	Persentase Tingkat Akurat
Massive 1	250	141,043	132,430	93.89%
	200	141,173	131,301	93.01%
	150	138,683	127,925	92.24%
	100	139,118	123,980	89.12%
	50	137,292	111,373	81.12%
Massive 2	250	378,992	317,331	83.73%
	200	372,059	308,964	83.04%
	150	370,034	298,563	80.69%
	100	372,434	288,024	77.34%
	50	385,058	260,917	67.76%

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa, jumlah foto 250 mendapatkan nilai persentase tingkat akurat tertinggi. Jumlah foto 150 dan 200 mendapatkan jumlah persentase

akurat yang tidak jauh berbeda dengan jumlah foto 250, berbeda dengan jumlah foto 50 yang memiliki nilai persentase terendah dan jumlah total titik point yang sedikit.



Gambar 7. Grafik persentase tingkat akurasi massive 2



Gambar 8. Grafik persentase tingkat akurasi massive 1

Dari kedua grafik diatas menampilkan nilai persentase akurat dari masing - masing jumlah foto yang digunakan. Dapat diketahui bahwa jumlah foto 50 merupakan nilai terendah dan jumlah foto 250 merupakan nilai tertinggi. Namun jumlah foto 150 mendapatkan nilai yang tidak berbeda secara signifikan dari pada jumlah foto 250 dengan nilai persentase tertinggi. Karang foliose merupakan karang

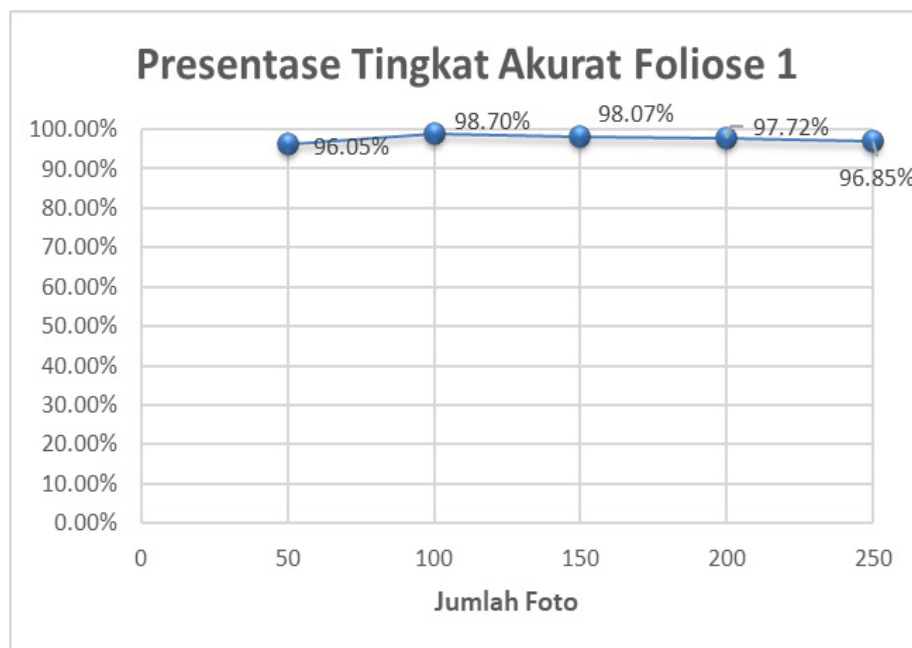
dengan laju pertumbuhan yang cukup tinggi yaitu sekitar 4,7cm²/bulan. Namun kedalaman merupakan faktor utama dalam pertumbuhan terumbu karang (Luthfi dan Nurmalasari 2015). Karang ini berbentuk seperti lembaran atau daun dan memiliki koralit yang banyak di tiap sisinya. Ukuran karang yang digunakan pada penelitian ini berkisar antara 5-10cm dengan 2 individu.

Tabel 3. Persentase nilai akurasi Karang Foliose

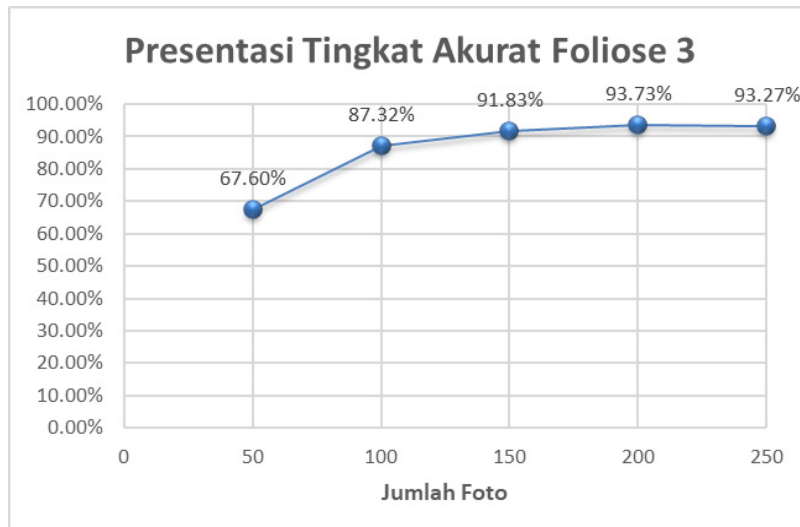
Life From	Jumlah Foto	Total Titik Point	Total Point Akurat	Presentasi Tingkat Akurat
Foliose 1	250	155,005	150,119	96.85%
	200	154,094	150,574	97.72%
	150	149,352	146,476	98.07%
	100	147,537	145,622	98.70%
	50	146,483	140,698	96.05%
Foliose 3	250	254,634	237,504	93.27%
	200	248,122	232,563	93.73%
	150	244,995	224,990	91.83%
	100	241,952	211,267	87.32%
	50	232,714	157,320	67.60%

Berdasarkan tabel diatas, nilai tingkat akurasi tertinggi dengan pengolahan jumlah foto sebanyak 250. Jumlah foto yang mengalami peningkatan akurasi berada pada jumlah foto sebanyak 150, dimana nilai dengan jumlah

foto yang lebih sedikit mendapatkan hasil yang lebih rendah dari pada jumlah foto 150. Jumlah foto yang lebih banyak dari 150 mendapatkan nilai lebih baik namun tidak terlalu signifikan.



Gambar 9. Grafik persentase tingkat akurasi foliose 1



Gambar 10. Grafik persentase tingkat akurasi Foliose 3

Nilai volume dihitung menggunakan software meshlab dengan menyesuaikan skala dengan bentuk aslinya. Setelah mendapatkan nilai volume, kemudian di konversikan menjadi cm³ Setelah membentuk 3D model menggunakan Agisoft Metashape, kemudian di export dengan format OBJ untuk di hitung volumenya menggunakan software meshlab. Sehingga mendapatkan nilai volume sebagai berikut :

- Tekstur karang branching sangat rumit karena koralit yang menonjol keluar sehingga

diperlukannya pengulangan sebanyak 3x agar nilai volume yang didapatkan tidak bias. Setelah melakukan pengulangan sebanyak 3x maka mendapatkan hasil yang dapat di lihat pada tabel diatas. Berdasarkan pengukuran volume menggunakan software meshlab, nilai volume yang diperoleh relatif sama dari masing masing individu. Branching 1 mendapatkan nilai volume rata-rata 6,4 cm³. Sedangkan nilai volume yang diperoleh dari branching 2 rata-rata 5,5 cm³.

Tabel 4. Nilai volume (cm³) karang Branching

Life Form	Jumlah foto				
	250	200	150	100	50
Branching 1	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4
Branching 2	5,5	5,5	5,6	5,5	5,6

Hasil pembentukan karang massive lebih baik dari pada karang branching karena texture dari karang massive tidak serumit karang branching. Dari beberapa jumlah foto yang dilakukan pengukuran, nilai volume dari masing masing jumlah

foto mendapatkan nilai yang relatif sama. Massive 1 mendapatkan nilai volume rata-rata 29 cm³. Sedangkan massive 2 mendapatkan nilai volume rata-rata 46 cm³. Namun pada Massive 2 dengan jumlah foto 100 merupakan nilai volume terendah yaitu 36,4 cm³.

Tabel 5. Nilai volume (cm³) karang Massive

Life Form	Jumlah foto				
	250	200	150	100	50
Massive 1	29,0	29,0	28,9	29,0	29,1
Massive 2	46,6	47,0	46,7	36,4	47,0

Hasil pembentukan 3D model dari karang foliose cukup baik dengan bentuk yang teksture karang yang tidak terlalu rumit meskipun memiliki koralit yang menonjol,

namun tidak terlalu menonjol seperti karang branching. Nilai volume dari beberapa jumlah foto mendapatkan hasil yang relatif sama. Nilai volume dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 6. Nilai volume (cm³) karang Foliose

Life Form	Jumlah foto				
	250	200	150	100	50
Foliose 1	8,8	8,6	9,0	8,5	8,7
Foliose 2	8,7	8,7	8,7	8,7	8,8

Pembentukan rekonstruksi karang yang maksimal di pengaruhi oleh kualitas foto yang diambil, semakin rendah noise pada foto maka hasil pembentukan rekonstruksi akan semakin baik. Untuk mendapatkan hasil foto yang maksimal juga di pengaruhi oleh kondisi lingkungan pada saat pengambilan foto. selain kondisi lingkungan faktor yang dapat mempengaruhi pada saat pengambilan foto juga dapat di sebabkan oleh kurangnya skill penyelaman. Tingkat stabil sangat berpengaruh pada hasil foto.

Akurasi dari pembentukan model dapat menentukan keakuratan pembentukan model. Untuk mendapatkan model yang akurat dibutuhkan tumpang tindih sekitar 80% antar foto hal ini disampaikan juga oleh Million dan Kenkel 2020. Semakin banyak foto belum tentu memperoleh nilai akurasi yang tinggi, Contohnya pada karang foliose dimana jumlah foto 250 mengalami penurunan persentase keakuratan atau titik point keyakinan sebanyak 1%. Hal ini di sebabkan oleh semakin banyak foto juga dapat memiliki nilai titik eror yang banyak. Dari semua karang yang dilakukan uji akurasi nilai titik point keyakinan, jumlah foto 50 merupakan nilai persentase terendah dari jumlah foto yang lain. Untuk jumlah foto yang paling ideal digunakan pada pembentukan 3D model dengan nilai akurasi yang tinggi dan juga lebih menghemat penyimpanan adalah jumlah foto 150. Hal ini dibuktikan pada nilai akurasi semua karang yang diketahui nilai persentase akurasinya. Pada karang branching jumlah foto 150 mengalami peningkatan akurasi yang signifikan dari pada jumlah foto 100. Nilai persentase jumlah foto 150

juga tidak mengalami perubahan nilai yang signifikan dibandingkan jumlah foto 200 dan 250, hal ini juga terlihat pada karang massive dan karang foliose sehingga jumlah foto 150 merupakan jumlah foto yang efisien pada penghematan penyimpanan, waktu pengambilan foto, dan waktu yang lebih singkat pada proses pengolahan data namun memiliki nilai persentase akurasi yang tinggi.

Nilai volume setelah dilakukan penghitungan menggunakan software meshlab dari jumlah foto 50 hingga 250 tidak mengalami perbedaan nilai yang signifikan. Nilai volume yang diperoleh dari semua karang relatif sama meskipun nilai persentasenya berbeda tetapi untuk menentukan jumlah foto agar mendapatkan nilai yang maksimal adalah jumlah foto 150. Terbukti pada karang massive dimana jumlah foto 100 memiliki nilai volume yang rendah meskipun nilai akurasinya sebanyak 77.34%, dimana nilai tersebut lebih tinggi dari jumlah foto 50 yaitu sebanyak 67.76%.

KESIMPULAN

Dari hasil Penelitian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut : 1. Pengambilan foto untuk melakukan rekonstruksi 3D model pada karang memiliki banyak faktor yang mempengaruhi kualitas foto, seperti kecepatan arus, cahaya alami, kekeruhan air. 2. Evaluasi akurasi berdasarkan presentase titik keyakinan pada jumlah foto membuktikan bahwa jumlah foto 50 memiliki nilai presentase terendah dan jumlah foto 250 memiliki nilai presentase tertinggi pada masing - masing individu. Jumlah foto yang lebih ideal untuk digunakan selain menghemat penyimpanan dan memiliki

nilai presentase yang tinggi adalah jumlah foto 150. 3. Nilai volume dari jumlah foto yang berbeda memiliki nilai yang sama dari masing – masing individu, tetapi terdapat penurunan nilai volume yang signifikan pada karang massive dengan jumlah foto 100 meskipun nilai presentasinya lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah foto 50. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jumlah foto 150 adalah jumlah foto yang ideal untuk mengukur nilai volume dengan nilai presentase yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penelitian ini dapat berlangsung secara baik dan lancar. Mengucapkan terimakasih kepada Terumbu Karang Indonesia (TERANGI). Terangi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan penelitian, dan mengucapkan terimakasih pula kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan yang telah mendanai keberlangsungan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, Apri, Badrud Tamam, And Achmad Fauzan. 2018. "Profil Terumbu Karang Pulau Kangean, Kabupaten Sumenep, Indonesia
<I>[Coral Reef Profile Of Kangean Island, Sumenep District, Indonesia]<I>." *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan* 10(2):76–83. Doi: 10.20473/Jipk.V10i2.10516.
- Agisoft Metashape, Point Cloud Editing With Confidence Filter Tool Online At <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000162209-dense-cloud-editing-with-confidence-filter-tool>, Accessed 17 Mei 2024.
- Cahyono, Agung Budi, Andreas Catur Wibisono, Dian Saptarini, Rizki Indra Permadi, Yanto Budisusanto, And Husnul Hidayat. 2020. "Underwater Photogrammetry Application For Coral Reef Mapping And Monitoring." *International Journal On Advanced Science, Engineering And Information Technology* (1):293–97. Doi: 10.18517/Ijaseit.10.1.6747.
- Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F., & Ranzuglia, G. (2008, July). Meshlab: An Open-Source Mesh Processing Tool. In *Eurographics Italian Chapter Conference* (Vol. 2008, Pp. 129-136).
- Dan, Identifikasi, Analisis Keanekaragaman, Genus Foraminifera, Bentik Serta, Hubungannya Dengan, Terumbu Karang, Farhan Syah, Raffi Pasolong, Agus Rahman, Eka Putra, Slamet Santosa, Departemen Biologi, And Terumbu Karang. 2025. "Volume10 Nomor 1." 10:79–92.
- Dustman, E. L., Kohan, M. B., & Stringer, E. T. (2014). Starting Small And Building Out With Ernie Stringer: Personal Insights Into Action Research And Educational Change. *Action Research*, 12(4), 426-443.
- Ginting, Juspri. 2023. "Analisis Kerusakan Terumbu Karang Dan Upaya Pengelolaannya." *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (Jkpt)* 1:53. Doi: 10.15578/Jkpt.V1i0.12066.
- Karang, Terumbu, Pulau Pramuka, Kotok Besar, Di Kepulauan, Seribu Jakarta, Yayan Mardiansyah Assuyuti, Reza Bayu Zikrillah, Muhammad Arif Tanzil, Azkiya Banata, And Pangestuti Utami. 2018. "Distribusi Dan Jenis Sampah Laut Serta Hubungannya Terhadap Ekosistem." Doi: 10.20884/1.Mib.2018.35.2.707.
- Lange, I. D., & Perry, C. T. (2020). A Quick, Easy And Non-Invasive Method To Quantify Coral Growth Rates Using Photogrammetry And 3d Model Comparisons. *Methods In Ecology And Evolution*, 11(6), 714-726.
- Luthfi, Oktiyas Muzaky, And Novita Nurmalarari. 2015. "Pertumbuhan Karang Foliose (Daun) Leptoseria Yabei Pada Taman Karang Di Cagar Alam Pulau Sempu, Malang." *Seminar Nasional Perikanan V* (February):452–57.
- Mangeruga, Marino, Fabio Bruno, Mar-

- co Cozza, Panagiotis Agrafiotis, And Dimitrios Skarlatos. 2018. "Guidelines For Underwater Image Enhancement Based On Benchmarking Of Different Methods." *Remote Sensing* 10(10):1–27. Doi: 10.3390/Rs10101652.
- Manlea, H., Ledheng, L., & Sama, Y. M. (2016). Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang Di Perairan Wini Kelurahan Humusu C Kecamatan Insana Utara Kabupaten Timor Tengah Utara. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2), 21–23
- Maynard, Jeffrey, Ruben Van Hooiconk, C. Mark Eakin, Marjetta Puotinen, Melissa Garren, Gareth Williams, Scott F. Heron, Joleah Lamb, Ernesto Weil, Bette Willis, And C. Drew Harvell. 2015. "Projections Of Climate Conditions That Increase Coral Disease Susceptibility And Pathogen Abundance And Virulence." *Nature Climate Change* 5(7):688–94. Doi: 10.1038/Nclimate2625.
- Munandar, Fitria Rahmayanti, Rudi Hermi, Heriansyah, And Syahrul Ramadhan. 2023. "Evaluasi Dua Metode Pengukuran Pertumbuhan Karang Bercabang Pocillopora Verrucosa Evaluation Of Two Methods For Measuring The Growth Of The Branching Coral Pocillopora Verrucosa." *Jurnal Laot Ilmu Kelautan* 5(2):175–82. Doi: 10.35308/Jlik.V5i2.8647.
- Nocerino, Erica, Fabio Menna, Armin Gruen, Matthias Troyer, Alessandro Capra, Cristina Castagnetti, Paolo Rossi, Andrew J. Brooks, Russell J. Schmitt, And Sally J. Holbrook. 2020. "Coral Reef Monitoring By Scuba Divers Using Underwater Photogrammetry And Geodetic Surveying." *Remote Sensing* 12(18):1–26. Doi: 10.3390/Rs12183036.
- Nugroho, Restu Wahyu, Agus Hartoko, And Wahyu Purnomo. 2024. "Pulau Tunda Kabupaten Serang Analysis And Mapping Of Coral Reef Distribution In Tunda Island , Serang ." 20(1):1–6.
- Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, Tryana. 2020. "□□No Title No Title No Title." *Journal Geej* 7(2):25–41.
- Remmers, T., Grech, A., Roelfsema, C., Gordon, S., Lechene, M., & Ferrari, R. (2024). Close-Range Underwater Photogrammetry For Coral Reef Ecology: A Systematic Literature Review. *Coral Reefs*, 43(1), 35-52.
- Roziqin, Arif, Oktavianto Gustin, Rizki Widi Pratama, Anugerah Dewa Niti Saputra, Rizky Pernadi, Dede Tyo Junaika, Muhammad Islam Al Fitrah, Adinda Syahrani, Rizky Amelia, Febri Liana Arintonang, Melia Zaharani, And Nor Ilyasa. 2022. "Rekonstruksi Model 3d Menggunakan Foto Udara Untuk Visualisasi Kawasan Pesisir Sembulang Kota Batam." *Prosiding Industrial Research Workshop And National Seminar* 13(01):889–98. Doi: 10.35313/Irwns.V13i01.4183.
- Sofiya Nur Sapitri. 2022. "Aturan Hukum Mengenai Penggunaan Jaring Trawl." 1–13.
- Syahrial, Syahrial, And Novita Mz Novita Mz. 2018. "Inventarisasi Mangrove Dan Gastropoda Di Pulau Tunda Serang Banten, Indonesia Serta Distribusi Spasial Dan Konektivitasnya (Mangrove And Gastropods Inventarization, Spacial Distribution And Connectivity In Tunda Island Serang Banten, Indonesia)." *Saintek Perikanan : Indonesian Journal Of Fisheries Science And Technology* 13(2):94. Doi: 10.14710/Ijfst.13.2.94-99.
- Wicaksono, Aswin, Amoga Lelo Octaviano, And Farhan Adityasmara. 2025. "Scuba Diving Dalam Underwater Photography Bersama Pro Dive Bali." 5:25–32.
- Wyatt C Million & Carly Kenkel Online At, Image Capture And Pre-Filtering For 3D Photogrammetry Of Coral Colonies Accessed 17 Juli 2020. DOI: 10.17504/protocols.io.bgdcjs2w