

Laporan Kegiatan Ilmiah Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia (Barefoot Conservation)

2023-2024

Daftar Isi

Pembukaan	3
1. Proyek Marine Debris (Puing Laut)	4
1.1 Ringkasan	
1.2 Hasil	5
1.3 Ocean Warriors	6
2. Pemantauan Cyanobacteria & macroalgae	7
2.1 Hasil	8
2.2 Rencana Cyanobacteria untuk tahun 2024	9
3. Proyek Pemulihan Terumbu Karang	10
3.1 Ulasan	
3.2 Pemantauan Level Ekosistem	11
3.3 Penanaman ke substrat alami	
3.4 Menstabilkan substrat puing (kotak hijau) 3.5	
Permodelan 3D luasan penanaman dan koloni	13
3.6 Uji coba teknik penanaman	
3.6.1 Hasil	14
4. Proyek Pari Manta	15
4.1 Ringkasan	
4.2 Mobula alfredi 2023 ulasan hasil	16
4.3 Mobula birostris 2023 ulasan hasil	
4.4 Demografi Mobula alfredi dalam database	
4.5 Pertemuan M. alfredi dibandingkan (bulan/lokasi)	
4.6 Pertemuan Mobula alfredi di sepanjang lokasi 4.7	
Rencana proyek pari manta di tahun 2024	18
5. Ekologi Karang & Proyek Pemutihan	19
6. Reef Check	22
6.1 Ringkasan	
6.2 Hasil data	23
benthic 6.3 Hasil	
data ikan	
7. Pemberdayaan Komunitas dan Pendidikan	24
Ucapan Terimakasih	26
Referensi	27



Pembukaan

Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia merupakan LSM teregistrasi di Indonesia (Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia: AHU-0004531.AH.01.04. Tahun 2018) yang bekerja untuk melestarikan kehidupan laut tak teresaingi di Raja Ampat, melalui pemantauan, penelitian, dan pelatihan ilmiah bagi komunitas setempat.

Kami telah beroperasi sejak 2018 dan telah mengumpulkan data Kesehatan terumbu karang, populasi manta, puing laut dan bintang laut bermahkota selama bertahun - tahun, menyediakan dataset ekosistem terumbu karang seiring waktu berjalan. Tahun lalu di 2022 kami memulai banyak proyek baru, beberapa dari proyek itu ialah proyek pemulihan karang, proyek akar bahar, pemantauan cyanobacteria dan pemantauan kerusakan karena jangkar. Tahun ini, kami terus memperbaharui dan memperluas hasil penelitian kami dengan tambahan berupa Ekologi Karang dan proyek pemantauan pemutihan Karang. Semua proyek ini akan dijelaskan dengan lebih banyak detail dalam laporan ini, termasuk latar belakang, progresi dan tujuan untuk tahun 2024.

Tim peneliti kami saat ini terdiri dari Kepala Peneliti Reyhan Arifin dan dibantu oleh Josie Chandler, Lena Pollett, Max Kimble, Corey Cathcart serta manager operasional kami Iris Uijttewaal, manager selam Matt Perrodou, dan Divemaster Fernandho Soor dan Markus Laikun juga banyak terlibat dalam proyek - proyek ilmiah.

Tahun ini kami berfokus pada proyek lama dan baru. Kami melanjutkan pemantauan dengan pengumpulan data jangka panjang pada Reef Check, mencapai target pemantauan setiap kuartar dan menambahkan lokasi - lokasi bonus (tambahan) pada bank data kami. Dengan proyek - proyek baru, kami telah membenahi metodologi dan mulai menggunakan perangkat lunak baru untuk menganalisis dataset yang berkualitas. Terlebih lagi, dengan ancaman akan kejadian pemutihan karang di Raja Ampat pada penghujung tahun 2023/2024 kami memulai proyek pemantauan untuk melacak status terumbu karang selama pemanasan yang diantisipasi. Salah satu proyek kunci yang sedang kami kerjakan menuju target tahun ini ialah memantau keberadaan cyanobacteria & macroalgae (alga makro) di Selat Dampier, yang telah kami ketahui telah menyebabkan kerusakan signifikan yang tak dapat diperbaiki terhadap ekosistem terumbu karang di Karibia dan bagian - bagian Indo-Pacific lainnya. Dengan demikian, kami saat ini bekerja dengan pihak pemerintah untuk menyelidiki perubahan lingkungan dan menjelajahi solusi - solusi berpotensi.

Tahun ini juga dimulainya kolaborasi - kolaborasi baru yang kami harapkan dapat berkembang terus dalam tahun 2024. Laporan ini menyediakan pembaharuan progresi pada proyek - proyek ilmiah besar kami pada tahun 2023.

Semua proyek yang saat ini berlangsung hanya mengumpulkan data pengamatan. Izin - izin yang berlaku telah diterima dari kedua pihak antara lain, Kepala Desa Arborek, Bapa Daud Mambrasar, dan Kepala BLUD, Pak Syafri, sebelum memulai proyek manapun yang disebutkan dalam laporan ini.

1 Proyek Marine Debris (Puing Laut)

1.1 Ringkasan

Selama 12 bulan terakhir kami telah melanjutkan program Marine Debris dan Beach Clean-up nya. Dimulai pada bulan Agustus 2022, staff berdedikasi dan para sukarelawan telah berlanjut bekerja keras untuk melakukan bagian mereka dalam meminimalisir masalah sampah yang terjadi dalam Kawasan Laut Dilindungi (KLD) Raja Ampat yang menjadi rumah kami di, Arborek. Sistem pengelolaan limbah KLD dan pulau penghuninya telah menjadi masalah yang terus memburuk pada tahun – tahun sebelumnya dan dengan level pariwisata yang terus bertambah hal ini akan terus menjadi masalah. Tidak jarang terlihat kumpulan sampah terapung saat Anda bepergian dengan kapal melalui perairan Raja Ampat, ‘kumpulan - kumpulan sampah’ ini dibawa melalui air permukaan oleh arus laut melalui Selat Dampier dan mengancam banyak spesies penting termasuk manta, yang sering berada di permukaan untuk memakan plankton.

Proyek ‘marine debris’ ini berusaha mengumpulkan sampah dari empat lokasi tertentu disekitar pulau Arborek, lokasi – lokasi ini mengelilingi Sebagian besar pulau dan jaraknya berada diantara 200m-300m. Para sukarelawan pergi bersih – bersih sekali seminggu di salah satu dari empat lokasi, walhasil setiap lokasi (site) dibersihkan setiap bulannya.

Seusai semua sampah telah dikumpulkan dari semua lokasi, sampah dibawa ke tempat kami untuk ditimbang, dipisah dan dihitung. Penimbangan sampah merupakan tambahan baru bagi proyek dan dimulai pada bulan September 2023. Sampah dipisahkan menjadi 14 kategori yang terdiri dari bahan – bahan penting seperti logam, kaca, kardus dll. tapi juga meninjau barang – barang yang khususnya bermasalah di Arborek, termasuk gelas plastik dan kemasan es loli. Seusai dipisah dan dihitung, sampah tertentu akan dibuang Bersama sampah kami (kardus, kaca, dan logam) selagi sisa sampah dibawa ke tempat pembuangan terakhir (TPA) yang lebih aman di Waisai diluar KLD.



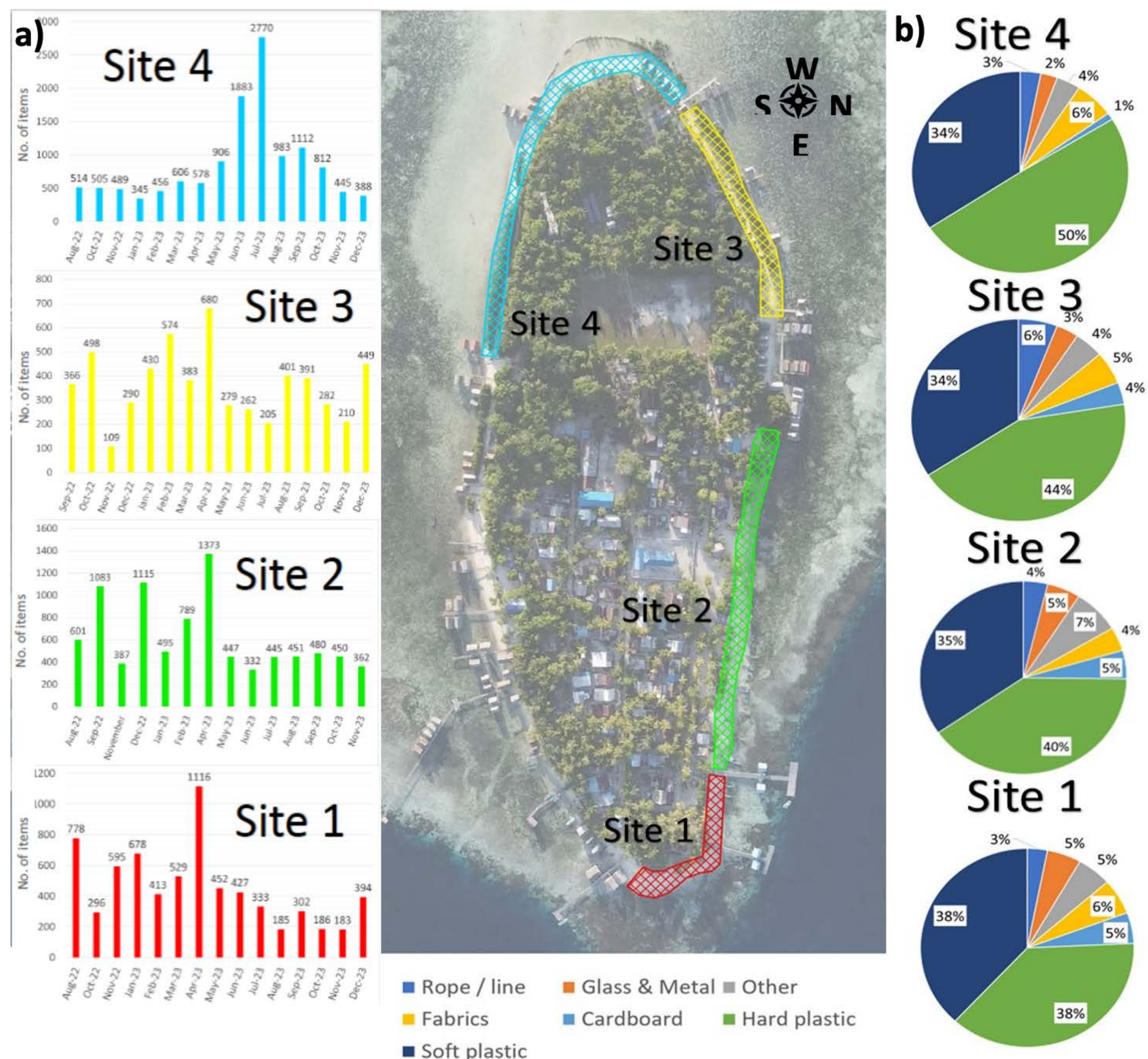
Gambar 1a): Pulau Arborek dengan empat lokasi pengumpulan data untuk Proyek Marine Debris kami tandai; b) & c): pembersihan Pantai mingguan Dimana sampah dikumpulkan dan dipilah dengan bantuan Ocean Warriors Arborek

1.2 Hasil

Gambar 2 menunjukkan data dari pembersihan sampah mingguan yang dilaksanakan dari Agustus 2022-Desember 2023. Grafik bar menggambarkan variasi tahunan sampah yang ditemukan di lokasi - lokasi, yang beragam antara 109 sampah hingga 2770 sampah per lokasi per bulannya. Data menegaskan bahwa lokasi 1, 2 dan 3 memiliki proporsi tertinggi sampah yang dikumpulkan pada bulan November hingga April. Namun, lokasi 4 mengalami kelimpahan sampah tertingginya selama bulan Juni. Perbedaan spasiotemporal ini kemungkinan dapat dikaitkan pada perubahan musiman pola angin di sepanjang Raja Ampat. Dari bulan Juni hingga September angin kuat berasal dari Selatan memproduksi frekuensi badai dan energi gelombang yang lebih tinggi, menghasilkan perpindahan kuantitas sampah yang lebih banyak ke wilayah pesisir (Yuanike et al., 2023). Ini dapat menjelaskan pengumpulan sampah yang lebih tinggi dalam dua bulan di Lokasi 4 (yang menghadap Barat Daya. Gambar 2b menunjukkan jenis sampah proporsional yang ditemukan di masing - masing empat lokasi selama tahun 2023. Pada semua lokasi, mayoritas sampah merupakan plastik keras (38-50%), umumnya terdiri dari jerigen bahan bakar dan tutup botol. Plastik lunak

merupakan jenis sampah kedua yang paling sering dijumpai (34-38%), termasuk gelas plastik, tempat es loli, botol plastik dan bungkus makanan.

Data sebelumnya menjelaskan kelimpahan bulanan dan komposisi sampah Pantai yang ditemukan tidak hanya penting untuk membantu memahami distribusi dan akumulasi sampah disekitar Arborek, tapi juga bermanfaat dalam penyampaian informasi untuk solusi pengelolaan level setempat. Diperlengkapi dengan pemahaman baru ini, tindakan seperti implementasi metode pemancingan rendah limbah, pemasangan tempat pengumpulan air dan pembangunan fasilitas pengelolaan sampah yang lebih efektif dapat dilakukan untuk membantu mengurangi hasil limbah pada pulau yang sedang berkembang ini. Terlebih lagi, semua data yang dikumpulkan akan dibagikan dengan organisasi pengelolaan kelautan dan agen lingkungan lainnya, membagikan informasi bagi semua pihak terkait mengenai pengamatan kami yang dapat berperan sebagai perwakilan bagi komunitas rakyat pesisir lainnya.



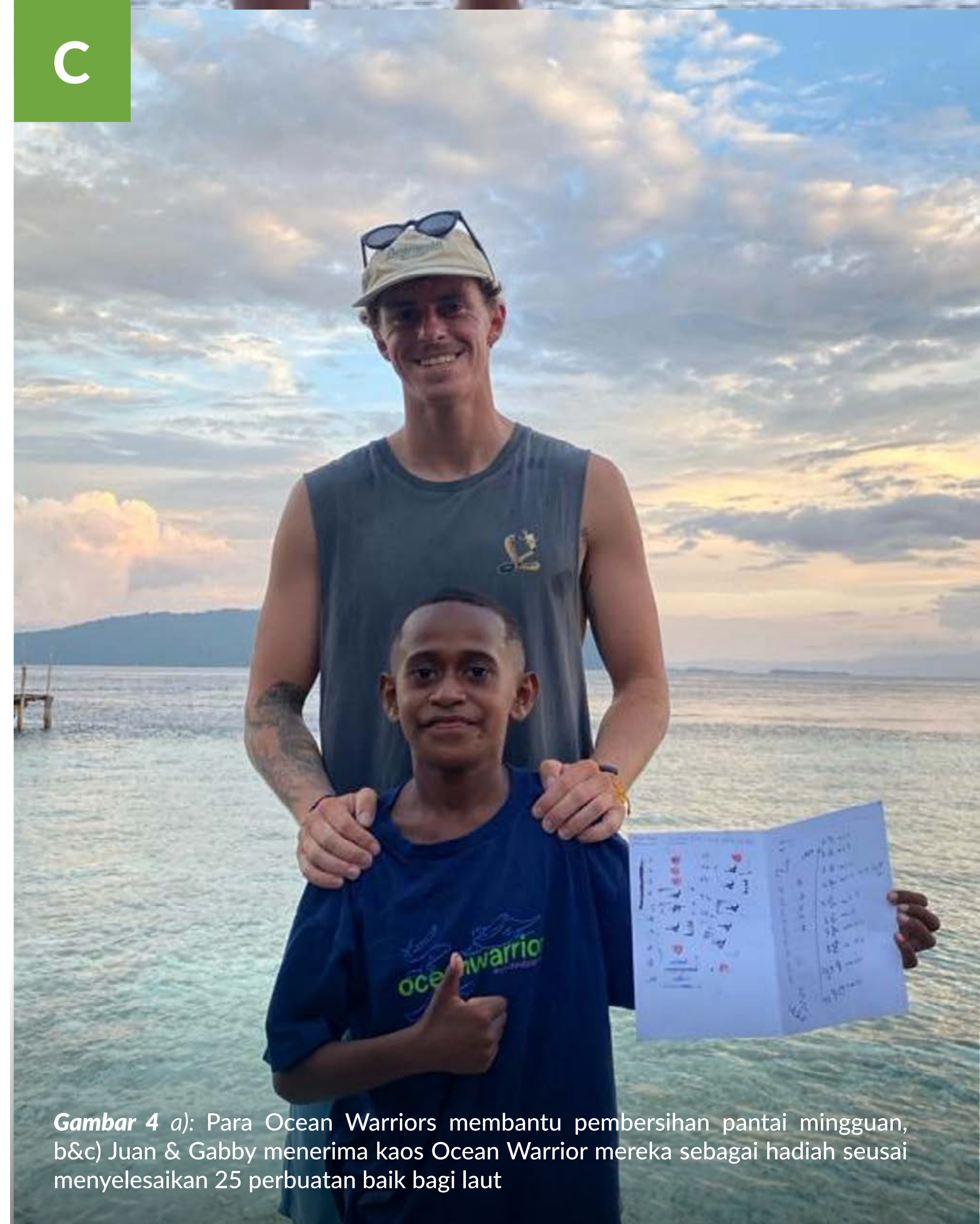
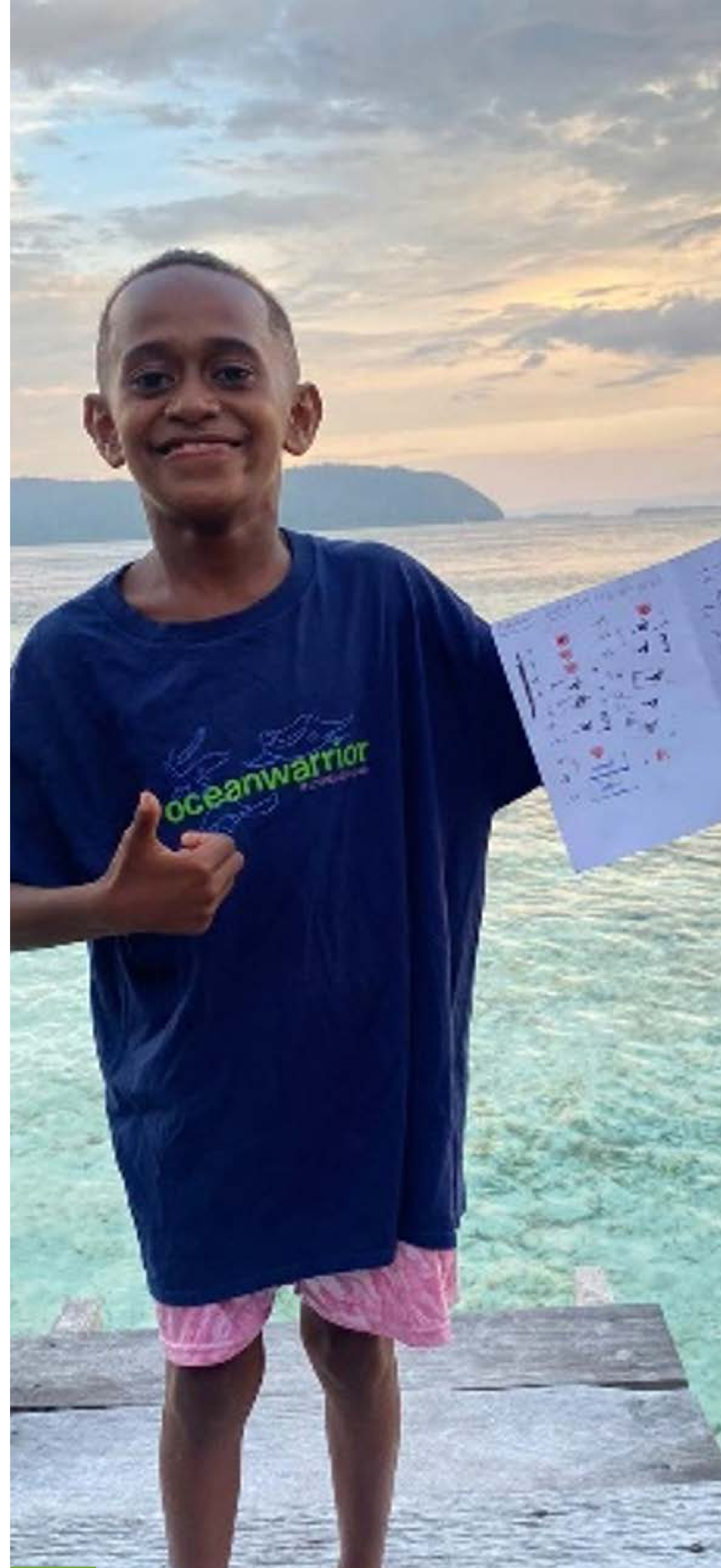
Gambar 2: a): Total jumlah barang sampah terkumpul dari setiap lokasi setiap bulan, b) Penjabaran proporsional jenis sampah di setiap lokasi (site)

1.3 Ocean Warriors

Salah satu aspek terpenting proyek marine debris adalah keterlibatan anak – anak Arborek. Di Desember tahun 2022 proyek ‘Ocean Warriors (Pejuang Lautan)’ dalam kolaborasi dengan Child Aid Papua yang kami cetuskan kembali. Proyek ini bertujuan untuk membangun kesadaran akan lingkungan dalam komunitas di Arborek, diperuntukan khususnya bagi generasi masa depan, anak – anak. Hal ini berkaitan dengan proyek marine debris ini karena anak – anak didorong untuk bergabung dan membantu mengerjakan tugas – tugas lingkungan yang baik. Semua anak – anak di Arborek memiliki buku Ocean Warrior yang mereka buat sendiri saat hari peluncuran di Desember tahun 2022. Setelah ikut serta dalam pembersihan pantai/pemilahan sampah mereka menerima stempel dalam buku mereka dan menerima hadiah setelah mendapatkan stempel dalam jumlah tertentu (5, 10, 15 dll), stempel – stempel ini bertema laut, gambar manta, ikan hiu dan karang. Pada jumlah 25 stempel, mereka menerima kaos Ocean Warriors. Tahun ini kami telah memberikan hingga 100 stempel untuk keterlibatan mereka dalam proyek marine debris dan 4 kaos telah dihadiahkan bagi anak – anak yang berprestasi.

Memilah dan menghitung jenis sampah setiap minggu merupakan latihan berharga baik bagi anak – anak maupun petugas/sukarelawan karena kegiatan ini mencatat dan mebsortir jenis sampah yang berkontribusi terhadap jumlah puing laut terbanyak.

Kami berharap kegiatan – kegiatan puing laut (marine debris) ini tidak hanya membersihkan pantai melainkan juga membawa perubahan generasi masa depan.



Gambar 4 a): Para Ocean Warriors membantu pembersihan pantai mingguan, b&c) Juan & Gabby menerima kaos Ocean Warrior mereka sebagai hadiah sesuai menyelesaikan 25 perbuatan baik bagi laut



Gambar 5 a,b,c): Wujud ungu dan merah dari cyanobacteria (bakterium berkoloni) menutupi substrat karang keras (a), karang lunak (b) batu (c). Cyanobacteria telah menjadi suatu temuan lumrah di Raja Ampat, menimbulkan kekhawatiran akan kualitas air dan kesehatan terumbu karang



Gambar 6) Alga makro berdaging seperti *Halymenia* sp. Ini telah dicatat menutupi luasan karang keras yang besar di beberapa lokasi dipenjuru Selat Dampier

Mengikuti penambahan pengamatan pada cyanobacteria yang secara negatif mempengaruhi kesehatan terumbu karang di penjuru wilayah Selat Dampier pada tahun 2022, survei - survei pemantauan yang dikepalai oleh tim peneliti dan dibantu oleh para sukarelawan - mengkaji keberadaan dan distribusi cyanobacteria di penjuru beberapa lokasi penyelaman, menjadi bagian integral (pokok) dalam proyek ilmiah pada tahun 2023.

Cyanobacteria adalah bacterium (bakteri) kolonial beracun yang bertumbuh pesat dimana adanya nutrisi (senyawa organik) yang tidak terdaur ulang secara alami saat jumlah berlebih ditemukan dalam habitat laut (Paerl et al., 2013). Bakteri ini khususnya bertumbuh subur saat zat Nitrogen, Fosfor, dan Oksigen berlebih memasuki ekosistem melalui pembuangan air limbah yang tak terolah dengan baik dari wilayah pesisir berpenghuni manusia (Zuccarello et al., 2021). Ini dapat berasal dari limbah pertanian, keluaran limbah, perkembangan pesisir yang berlangsung, limbah domestik pantai yang tak terurus, dan buangan limbah tak terkelola dari aktivitas manusia lainnya yang mencemari lingkungan laut (Zuccarello et al., 2021). Jika tidak dikelola sama sekali, cyanobacteria dapat terus bertumbuh melimpah sehingga menyebabkan pengaruh negatif terhadap habitat laut yang rapuh dan menimbulkan mortalitas dan kerusakan pada semua karang yang terpengaruh (Charpy et al., 2012). Alga makro juga terkenal dapat berkembang-biak dalam perairan yang kaya akan kandungan organik (nutrient) dan menyebabkan pengaruh negatif serupa terhadap terumbu karang melalui persaingan dan penyelimutan (smothering) (Charpy et al., 2012).

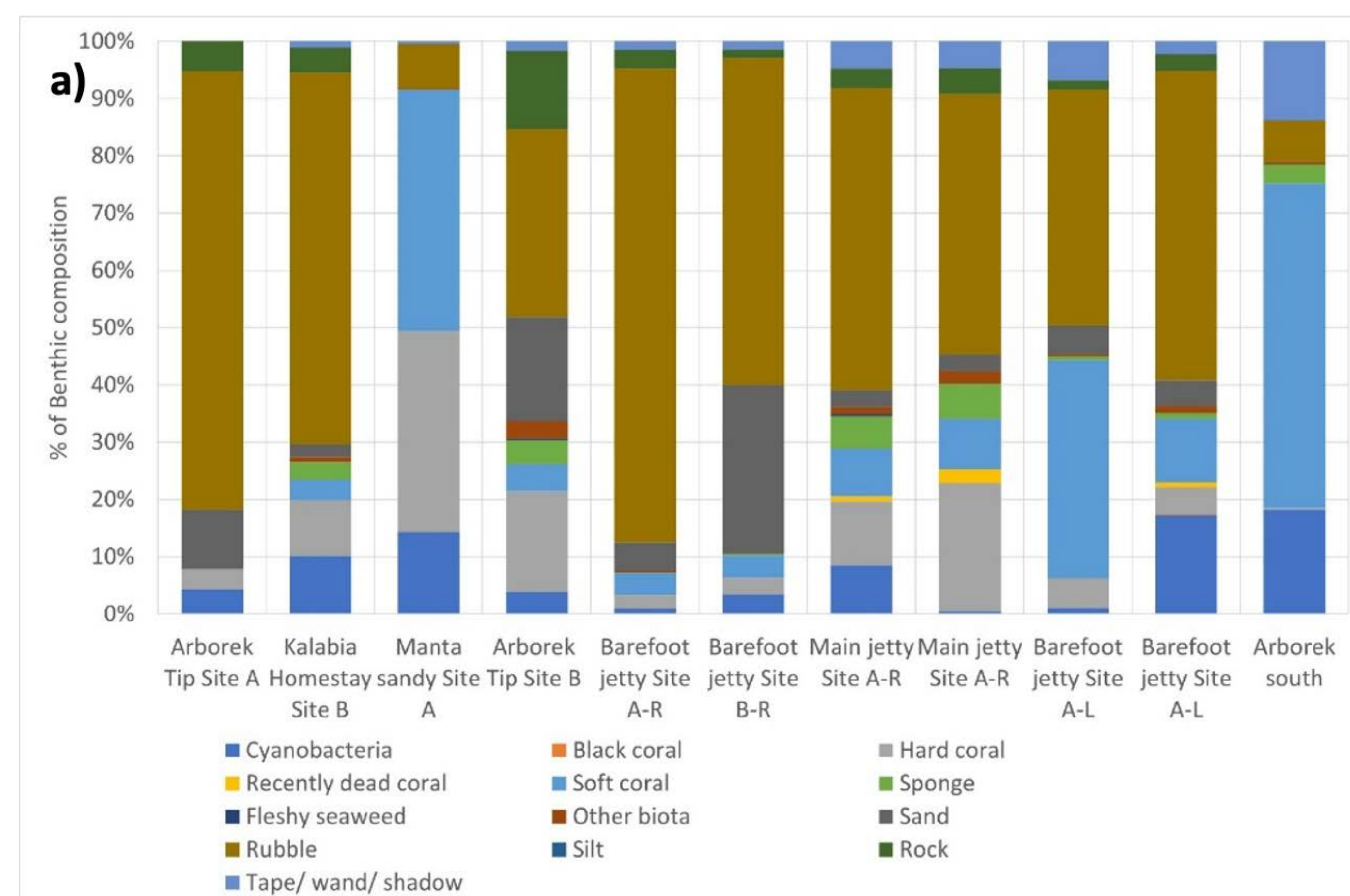
Kami memadukan pengumpulan data kelimpahan cyanobacteria dan alga makro bersamaan dengan proyek - proyek ilmiah lainnya (Black Coral (Akar Bahar) dan Reef Check), dimana lokasi - lokasi survei efektif telah ditentukan. Reef Check bahan pokok utama dalam program penelitian kami terdiri dari sembilan lokasi inti, dan empat lokasi bonus (tambahan), keduanya pada kedalaman 4-6 meter (dangkal) dan 7-9 meter (dalam). Survei Black Coral juga memiliki beberapa lokasi tambahan yang dialokasikan pada kedalaman 12 dan 17 meter Kedua survei ini memungkinkan data cyanobacteria untuk dikumpulkan bersamaan dengan rentang transek yang sama - sama digunakan pada masing - masing lapangan yang sesuai.

Tujuan utama proyek ini adalah untuk mengidentifikasi tutupan cyanobacteria untuk menentukan perluasan perkembang-biakan bakteri di penjuru lokasi – lokasi survei. Untuk menghasilkan data yang konsisten, di penjuru ragam lokasi telah dilakukan survei yang mendetailkan distribusi spasio-temporal cyanobacteria dalam lingkup studi. Data dikumpulkan oleh salah satu anggota tim peneliti atau seorang sukarelawan yang telah tuntas dilatih. Mempergunakan kamera bawah air (Olympus TG-6 atau GoPro) bersamaan dengan kuadrat yang dibuat khusus (44cm x 58cm) (Gambar 7a), pengamat mengambil gambar kuadrat foto pada interval setiap 1m, berganti sisi (kiri dan kanan) sepanjang tali transek. Data terkumpul lalu diunggah dan dianalisis dalam Coral Point Count (perangkat lunak CPCe). Program ini dapat mengkomputasikan tutupan benthic berdasarkan sesuai pada Gambar 7b.

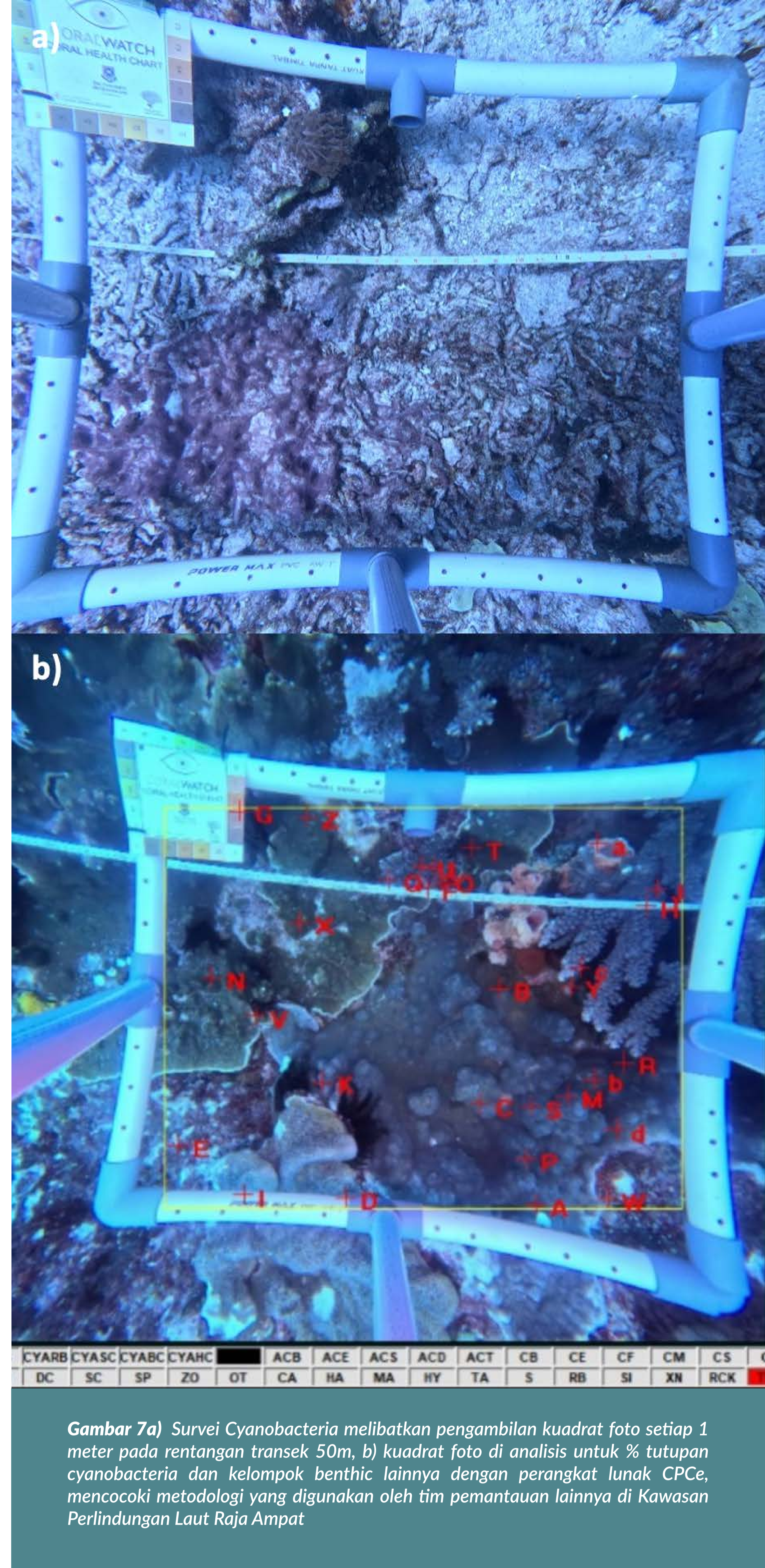
Semua rancangan metode dan survei didasari oleh metodologi peneliti setempat beserta tim peneliti dari BLUD. Mengikuti ikhtisar mereka dapat mempersiapkan data kami untuk secara langsung membantu pemahaman pemerintah akan distribusi dan potensi penggerak perkembang-biakan dan pertumbuhan cyanobacteria. Pada tahun 2024 kami berharap data terkumpul dari kami dipadu dengan sesama survei dilaksanakan di penjuru Raja Ampat dan Selat Dampier, akan menghasilkan pembuatan Solusi efektif untuk mengurangi sampah/limbah antropogenik yang dapat menaikkan kelimpahan cyanobacteria. Terlebih lagi, kami akan terus bekerja-sama dengan BLUD, mengumpulkan data dan mengejar pergerakan perubahan lokal yang positif.

2.1 Hasil

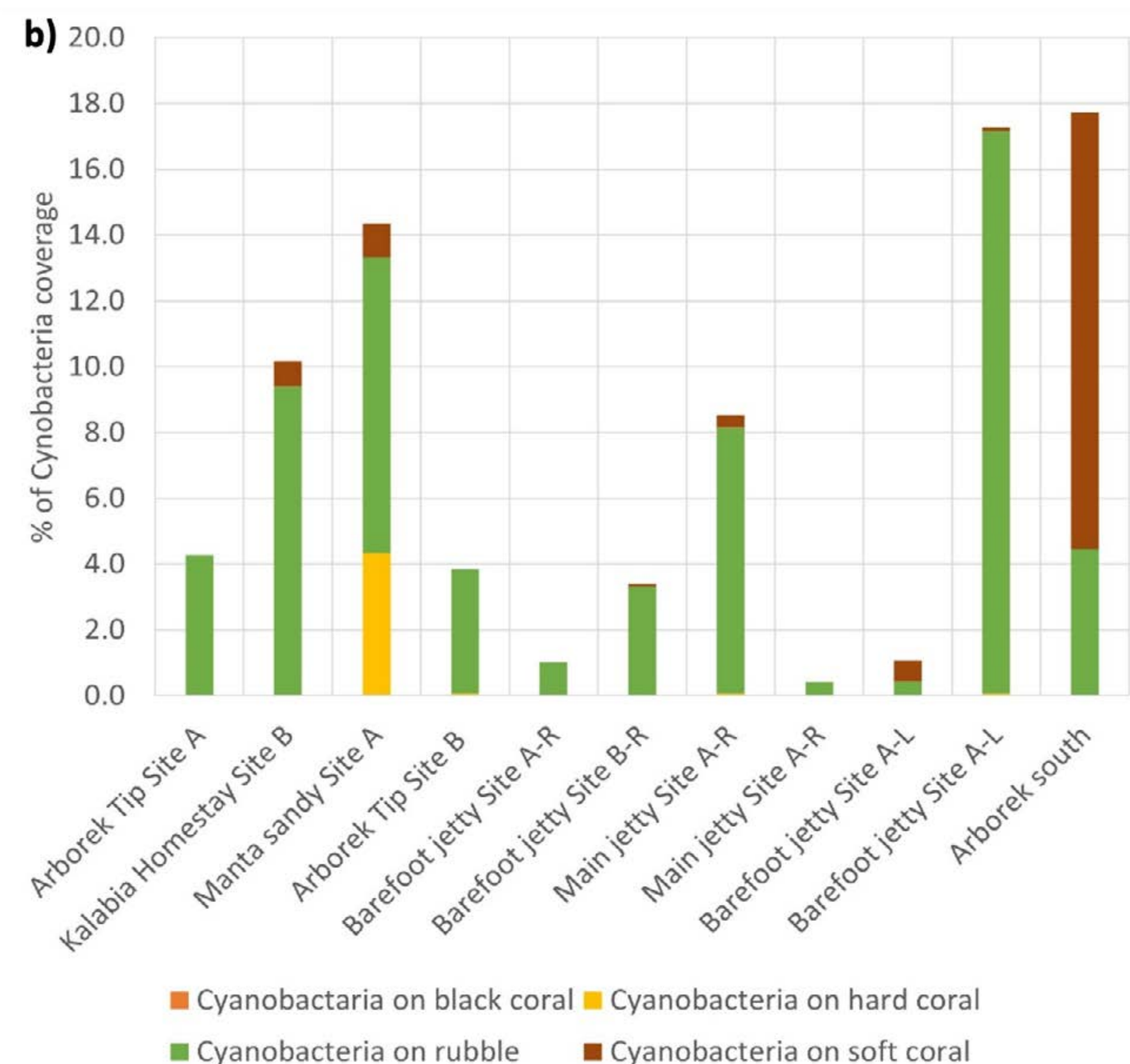
Gambar 8a menunjukkan data dari kuadrat foto kami, dianalisis CPCe, sesuai deskripsi diatas. Melihat secara khusus persentase tutupan cyanobacteria (warna biru royal)

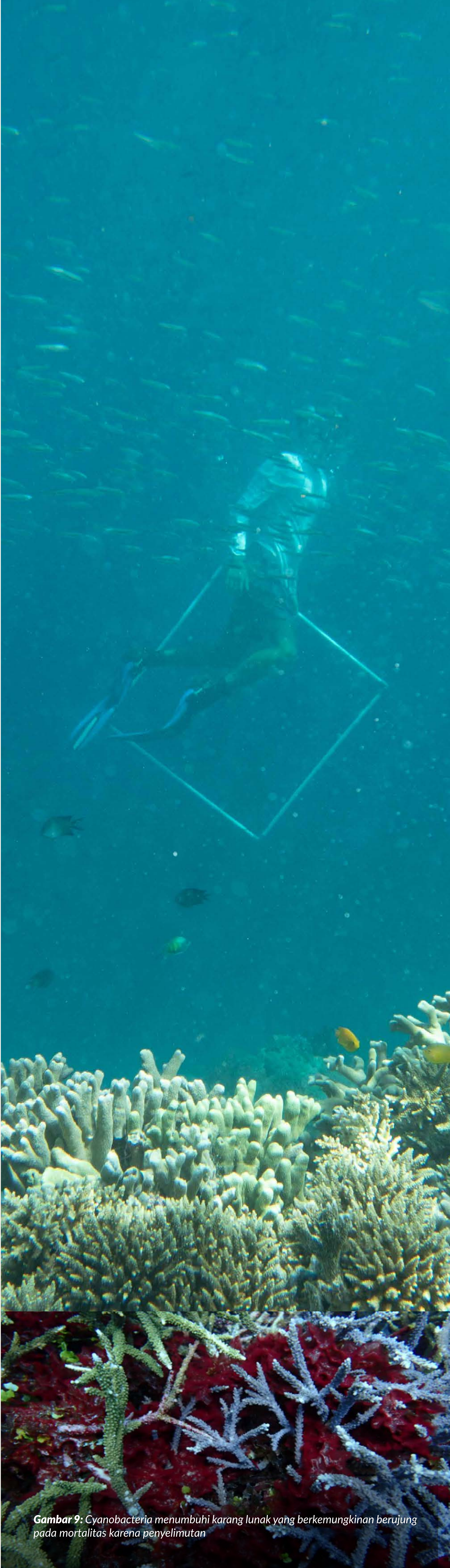


Gambar 8 a) Proporsi cyanobacteria dan kategori benthic lainnya yang menempati substrat, dikelompokkan berdasarkan lokasi survei, 8b) Jenis-substrat dominan yang berkaitan dengan cyanobacteria



Gambar 7a) Survei Cyanobacteria melibatkan pengambilan kuadrat foto setiap 1 meter pada rentangan transek 50m, b) kuadrat foto di analisis untuk % tutupan cyanobacteria dan kelompok benthic lainnya dengan perangkat lunak CPCe, mencocoki metodologi yang digunakan oleh tim pemantauan lainnya di Kawasan Perlindungan Laut Raja Ampat





Gambar 9: Cyanobacteria menumbuhi karang lunak yang berkemungkinan berujung pada mortalitas karena penelututan

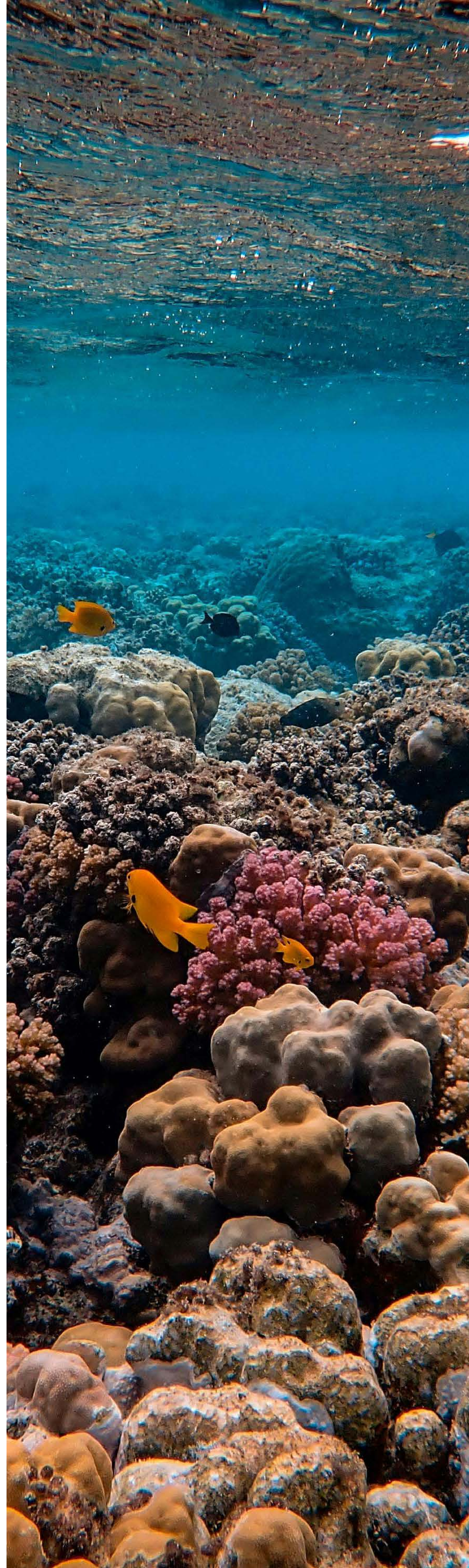
royal di Gambar8a), terlihat bahwa terdapat variasi yang cukup besar pada tutupan persentase cyanobacteria percentage antar lokasi survei. Lokasi dengan tutupan cyanobacteria tertinggi antara lain Kirinya Jetty Barefoot (dangkal) dan Arborek Selatan, dengan hampir 20% dari semua substrat yang disurvei dihuni cyanobacteria. Kedua lokasi (situs) ini juga menunjukkan proporsi tutupan karang lunak yang relatif tinggi dibandingkan lokasi - lokasi lainnya (>60% untuk Arborek Selatan) yang juga merupakan indikator kualitas air buruk pada lokasi - lokasi ini, sebab kelimpahan karang lunak kerap kali dikorelasikan dengan parameter kualitas air seperti dissolved inorganic nutrients (kandungan non-organik terlarut) (DIN) dan sedimentasi (Baum et al., 2016). Lokasi - lokasi ini terletak dekat dengan bagian pulau yang berpopulasi padat dan juga merupakan lokasi pergerakan arus laut lebih rendah, berpotensi menyebabkan akumulasi nutrient (kandungan organik) dikarenakan laju aliran rendah, menimbulkan kondisi kondusif bagi perkembang-biakkan cyanobacteria.

Gambar 8b menunjukkan data substrat yang berkaitan dengan cyanobacteria. Dapat diamati bahwa mayoritas cyanobacteria yang ada berkaitan dengan puing (berwarna hijau pada Gambar 8b), namun perbedaan dapat diamati. Arborek Selatan, dengan proporsi tinggi tutupan karang lunak (>50%), memperlihatkan proporsi cyanobacteria tinggi yang berada di karang lunak itu sendiri, tambah lagi, di Manta Sandy hampir 1/3 cyanobacteria yang ada tumbuh pada permukaan karang keras. Ini sangat mengkhawatirkan karena cyanobacteria terbukti dapat menyelimuti dan mematikan karang keras (Kuffner et al., 2006). Dengan demikian, kemungkinan tutupan karang keras di Manta Sandy akan berkurang dikarenakan hasil langsung dari perkembangan pesat cyanobacteria ini. Saat cyanobacteria yang bertumbuh pada puing tidak menimbulkan kerusakan jelas pada karang, telah diketahui cyanobacteria ini dapat menghambat penambahan bibit karang pada lokasi - lokasi ini (Ford et al., 2018) yang mencegah pemulihan alami pada kawasan yang terdegradasi. Juga diketahui bahwa cyanobacteria dapat menyebar cepat saat kondisinya kondusif bagi pertumbuhan (lapisan karpet bisa menutupi luasan hingga 30km² dalam 2-3 bulan; Albert et al., 2005) dengan potensi untuk menyebar ke tutupan karang keras terpisah dalam hitungan bulan dan menyebabkan kerusakan secara luas.

2.2 Rencana Cyanobacteria untuk tahun 2024

Untuk tahun 2024 kami berencana melanjutkan pemantauan masalah penting ini dan memulai pengujian kualitas air dengan bantuan tim yang berasal dari Universitas Sorong. Dalam kuartar pertama tahun 2024 kami akan mempresentasikan temuan - temuan kami kepada pihak pemerintah setelah enam bulan pemantauan intensif pada masalah ini, sebagaimana yang diajukan dalam pertemuan dengan petugas BLUD sebelumnya.

Kami juga akan memasang tanki septik pengolah limbah di Home stay kami dan memfasilitasi pemasangan sistem di sebuah tempat homestay di sisi Barat Arborek. Sistem - sistem ini akan berperan sebagai uji coba, untuk memahami kebiasaan pemasangan sistem untuk semua tempat homestay dan rumah di Arborek. Kami akan memantau dengan seksama perubahan pada kualitas air dan kesehatan terumbu karang mengikuti pemasangan sistem - sistem ini dan akan mempresentasikan temuan - temuannya dalam pertemuan lanjutan dengan BLUD menyangkut masalah ini.



3 Proyek Pemulihan Terumbu Karang

3.1 Ulasan

Proyek pemulihan didirikan pada akhir tahun 2021 dengan tiga tujuan utama: 1) untuk memulihkan bagian dari terumbu karang Arborek yang telah terdegradasi parah yang tidak pulih secara alami, 2) untuk mendidik dan menghimbau anak - anak setempat mengenai karang dan cara melestarikannya, 3) untuk meningkatkan 'praktek terbaik' ilmu pengetahuan pemulihan dengan menjalani proyek - proyek penelitian pada teknik pemulihan dan memenuhi celah pengetahuan penelitian. Melihat adanya 3 tujuan penelitian, proyek ini paling cocok untuk teknik perawatan dua-langkah, detail teknik ini dijelaskan dalam laporan tahunan pada tahun sebelumnya.

Setelah satu tahun bertumbuh dalam tempat perawatan, tahun 2023 merupakan tahun Dimana kami mentransplantasikan karang dalam jumlah besar ke terumbu karang dan memantau berbagai aspek 'kesuksesan' pemulihan kami. Kami memantau pertumbuhan dan ketahanan karang dalam tempat perawatan untuk mengidentifikasi karang mana yang layak/tidak layak untuk metode ini, kami menguji dan membandingkan metode penanaman (outplanting) yang berbeda - beda untuk memastikan peluang ketahanan tertinggi karang kami sebelum memanfaatkannya untuk proyek - proyek lainnya, dan kami memantau keseluruhan perubahan pada level ekosistem yang menjadi bagian pengkajian jangka panjang kesuksesan pemulihan.

Penanaman karang merupakan fitur utama pada proyek tahun ini, karena patahan - patahan karang tahun lalu telah bertumbuh menjadi karang berukuran sehat dalam tempat perawatan dan berukuran cukup untuk bertahan di terumbunya. Tahap 'penanaman' dengan dua-langkah sangatlah sulit dengan banyak proyek yang melaporkan mortalitas yang luar biasa tinggi pada tahapan ini, yang menjadi alasan kami mendekati penanaman dengan cara yang berhati - hati dan metodis. Memilih metode yang tepat untuk transplantasi luar biasa penting dikarenakan kondisi hidrodinamika unik pada lokasi (situs) transplantasi kami yang membuat transplantasi efektif menjadi sulit. Penjelasan uji coba perbandingan penanaman berikut di bawah ini.



Gambar 10: Koloni karang bertumbuh di tempat perawatan. Seusai cukup besar, mereka ditanamkan ke terumbu karang



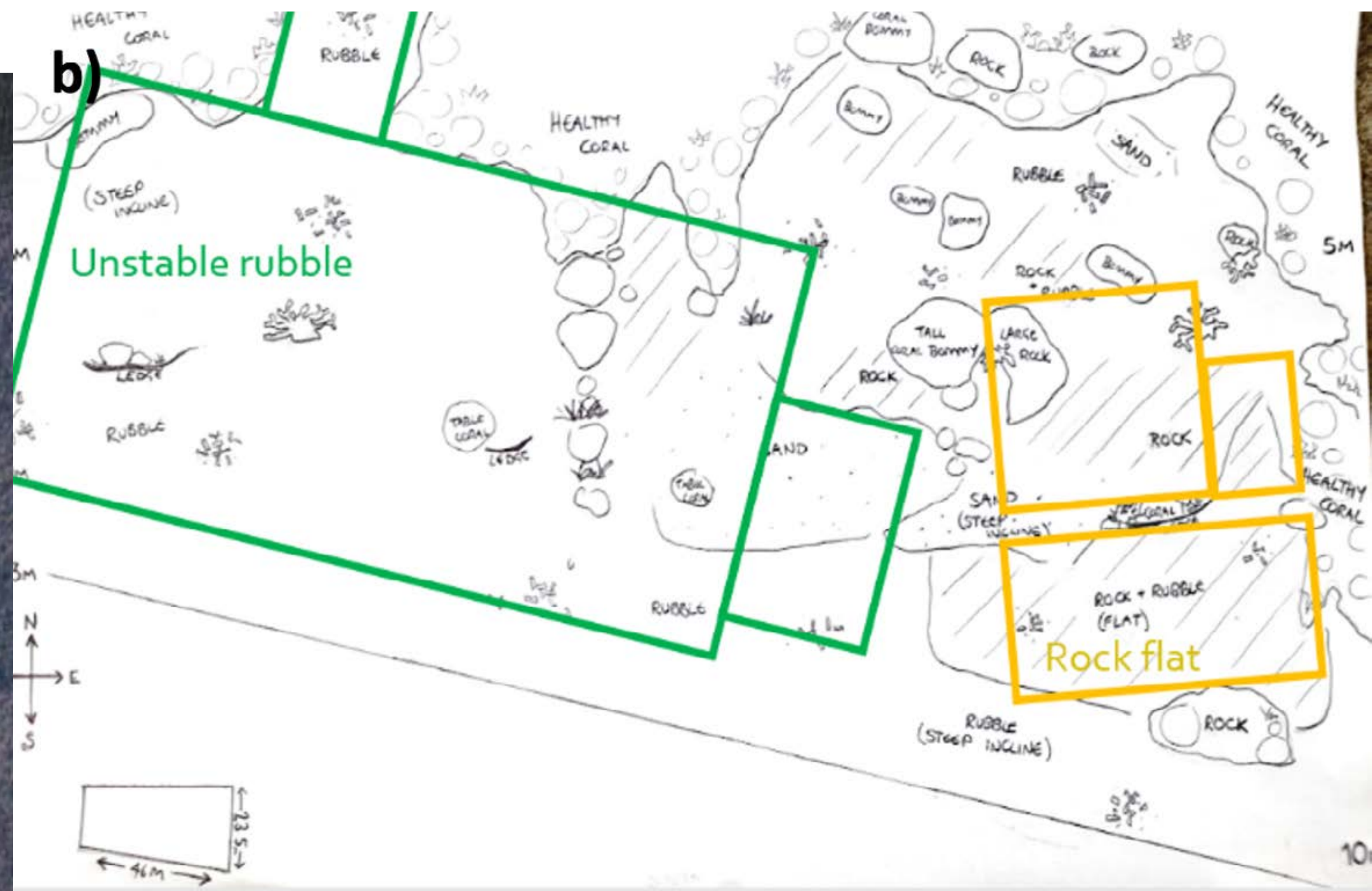
Gambar 11: Sebuah koloni ditanam dengan Jepitan Karang, sekarang bertumbuh diatas substrat

Sesuai metode yang sesuai untuk penanaman pada lokasi kami telah ditentukan, kami berlanjut mengosongkan sebagian besar karang dari tempat perawatan kami, selagi membuat tali - tali baru untuk melanjutkan penumbuhan karang untuk tahun depan. Lebih dari 500 karang ditanamkan dari tempat perawatan pada tahun ini, dengan peluang ketahanan tinggi dan banyak Amanah yang dipelajari. Kami juga memperbaharui desain kerangka tempat perawatan kami setelah mengalami beberapa kendala pada tahun lalu. Tahun ini kami dapat menguji berbagai metode transplantasi yang telah menghasilkan pendekatan efisien dan efektif untuk menumbuhkan dan menanamkan karang pada masa mendatang, baik bagi proyek kami maupun para peneliti pemulihan lainnya. Kami akan membagikan hasil penelitian kami dengan pihak pemerintah dan di webinar pemulihan (restorasi) karang Indonesia tahun 2024.

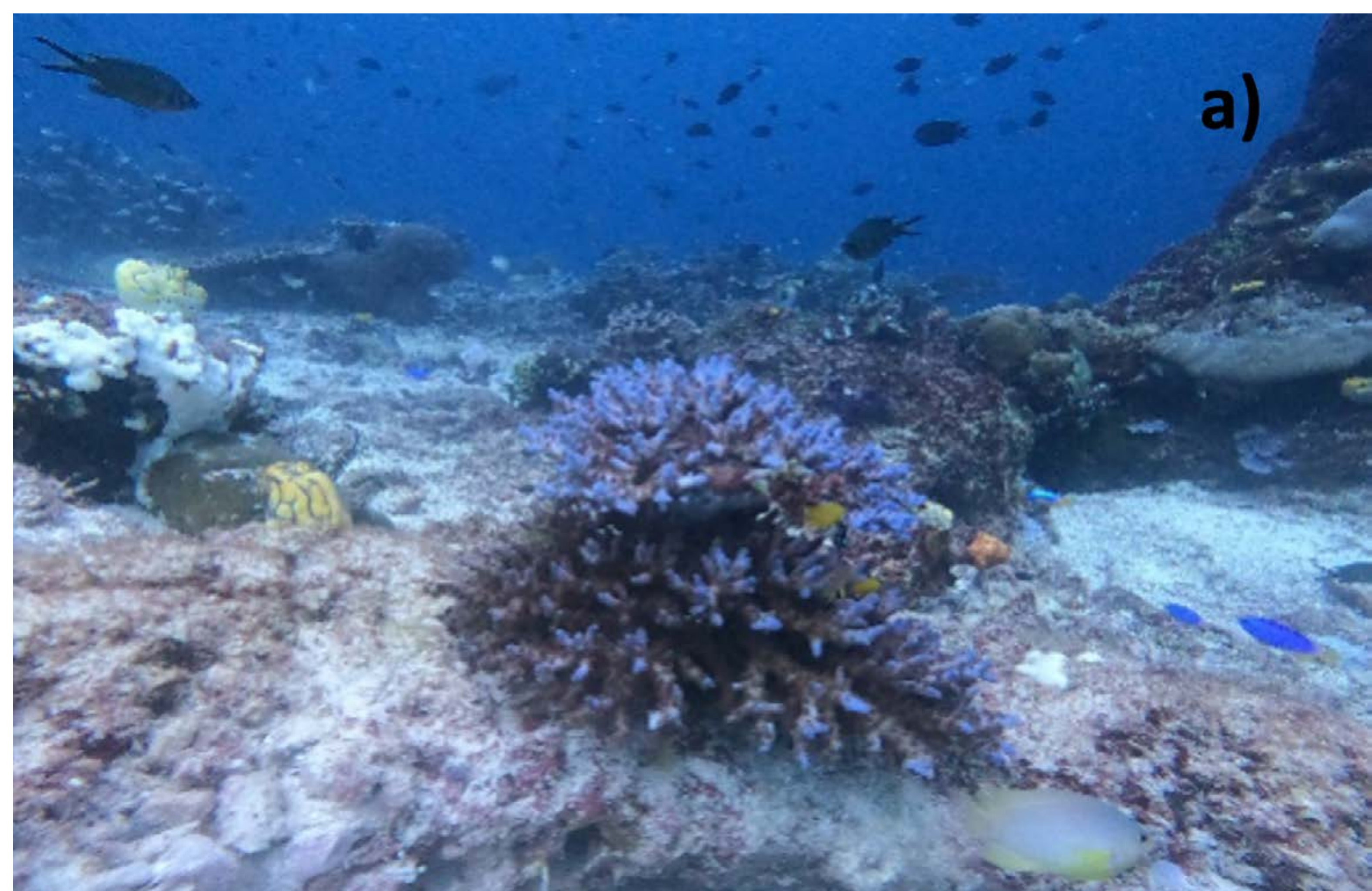
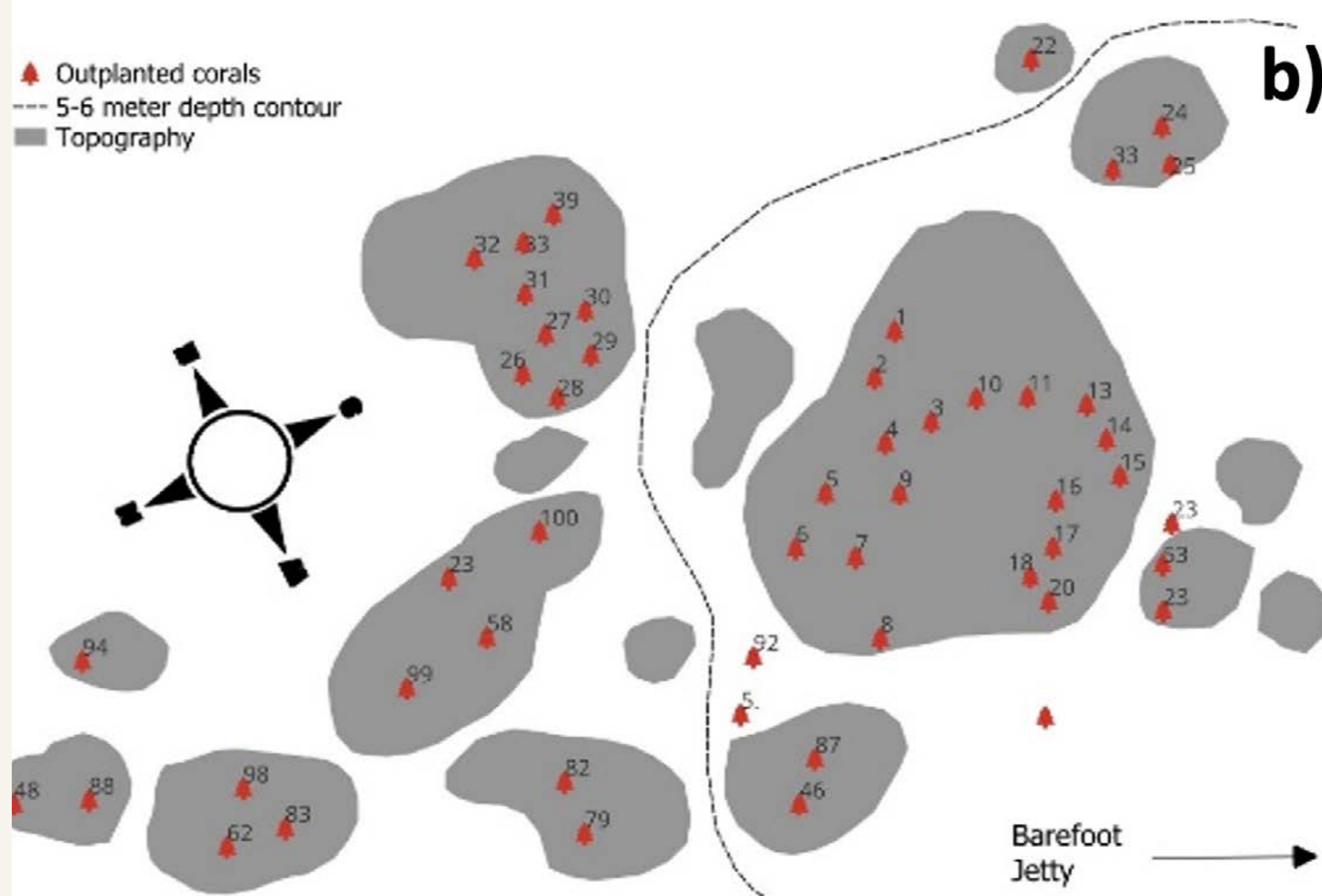
3.2 Pemantauan Level Ekosistem

Saat ini usaha - usaha pemulihan kami telah dilakukan pada wilayah (luasan) pemulihan' yang merupakan lokasi terdegradasi dekat perkemahan kami. merentang seluas 900 m² (gambar xa). Pemulihan berfokus

dalam zona ini akan memungkinkan kami untuk mengkaji kesuksesan usaha pemulihan kami seiring waktu berjalan, tidak hanya pada level koloni individual melainkan juga pada level ekosistem. Memantau lokasi ini selama 5+ tahun akan menjadi penting bagi penelitian pemulihan, karena studi - studi jarang bertahan lama lebih dari satu tahun dan pemantauan jangka Panjang telah dibutuhkan dalam sastra ini. Hasil - hasil awal dari proyek pemantauan ini akan dilaporkan pada tahun depan, dua tahun setelah karang pertama kalinya di transplantasikan ke lokasi, untuk mendokumentasikan perubahan apa saja dalam biomassa ikan, pembiakkan (recruitment) karang alami dan, keanekaragaman hayati karang. Lokasi pemulihan ini akan dibandingkan langsung dengan lokasi kontrol dimana tidak terjadi ikut campur sama sekali, untuk memastikan perubahan apapun terkait dengan usaha - usaha pemulihan aktif kami yang berlawanan dengan pemulihan secara alami. Luasan pemulihan yang merupakan luasan focus untuk usaha pemulihan kami terdiri dari luasan puing tidak stabil yang besar (gambar x, kotak hijau) dan luasan batu keras (gambar x, kotak kuning). Pendekatan kamu untuk memulihkan kedua luasan ini dibedakan sesuai kondisi.



Gambar 13: a) Lokasi 'luasan pemulihan' ditandai dengan kotak merah, b) Lokasi pemulihan dipisah menjadi dua jenis substrat: puing tidak stabil (kotak hijau) dan rata-rata batu (kotak kuning), penanaman pada dua luasan ini telah diterapkan secara berbeda



Gambar 14: a) Koloni tertanam dalam luasan substrat batu, b) Penandaan peta 50 dari 115 karang tertanam dalam luasan substrat keras lokasi pemulihan

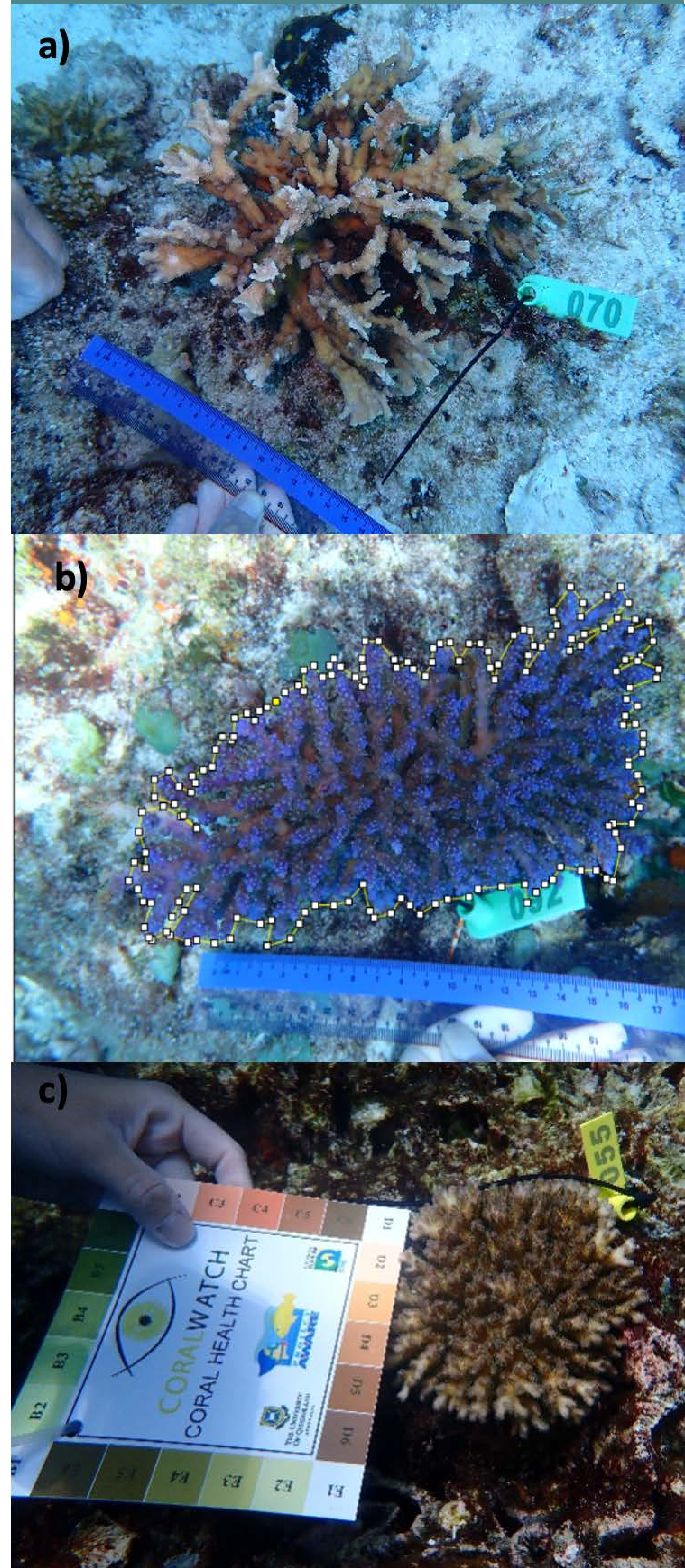
3.3 Penanaman ke substrat alami

Total 115 karang telah ditanamkan pada luasan substrat keras, dengan menggunakan kedua metode yaitu metode jepitan karang dan semen. Koloni - koloni karang ini telah ditandai, dipetakan (gambar x) dan lagi dipantau seiring waktu berjalan ketahanan dan pertumbuhannya.

Kisaran 70% dari karang tertransplantasikan ini telah melekat permanen dan bertumbuh baik, dengan mortalitas <5% pada karang tertransplantasikan dan level sangat rendah pada penyakit dan predasi. Sayangnya, ~25% dari karang tertransplantasikan terlepas selama transplantasi, dengan sebagian besar karang - karang ini (n=10) terlepas dari satu batu yang khususnya terpapar, sekarang diduga mengalami aliran arus yang luar biasa tinggi, membuatnya tidak layak untuk transplantasi karang yang tidak masif atau sub-masif. Namun, hal ini lebih banyak lagi menyediakan kami dengan wawasan mengenai lokasi (luasan) tak layak untuk menanam dan menyediakan kami dengan pemahaman pembatasan pada metode - metode transplantasi kami untuk lokasi - lokasi tertentu.

Kami terus memantau 50 karang tertransplantasi kami dengan memfotonya setiap bulan dari sudut pandang atas udara bersamaan dengan bar skala (lihat gambar 15a). Perangkat lunak Image J digunakan untuk mengestimasi luasan 2D karang - karang yang telah ditanam (gambar 15b) yang akan digunakan untuk menentukan laju pertumbuhan bulanan setiap karang tertransplantasi. Hasil studi ini akan dipresentasikan dalam laporan tahun depan.

50 koloni - koloni tertransplantasikan ini juga sedang dipantau akan stress, predasi (pemangsa), penyakit dan khususnya pemutihan, dibandingkan dengan koloni - koloni alami. Telah diperkirakan pada tahun 2024 bahwa kita akan mengalami level pemutihan karang tinggi di sepanjang dunia, termasuk Raja Ampat (Coral Reef Watch, NOAA) dan walhasil pemantauan koloni - koloni ini akan pemutihan, Bersama koloni alami pada terumbu karang (lihat bagian 16) akan menyediakan informasi penting mengenai ketahanan koloni tempat perawatan kami terhadap penimbul stress. Ketahanan terhadap pemutihan (bleaching) mungkin juga menjadi sifat yang secara aktif kami pilih dalam masa mendatang selagi membesarkan karang di tempat perawatan, jika pemutihan memang mulai mempengaruhi karang secara negatif di Raja Ampat, sehingga memantau hal ini sungguh penting. 50 koloni tertransplantasikan ini juga akan dipantau secara ketat selama musim pemijahan melalui pemeriksaan gravid untuk menentukan jika koloni - koloni tertransplantasikan kami ber-reproduksi dan berkontribusi bagi potensi reproduktif pada wilayah tersebut.



Gambar 16: a) Sebuah koloni tertanam difoto dengan bar skala selama selam pemantauan bulanan, b) menghitung luasan planar (cm²) setiap koloni dengan perangkat lunak ImageJ untuk membandingkan pertumbuhan selama waktu berlangsung, c) memantau koloni tertanam akan tanda penyakit atau pemutihan, berdasarkan perbandingan dengan koloni pada terumbu karang alami

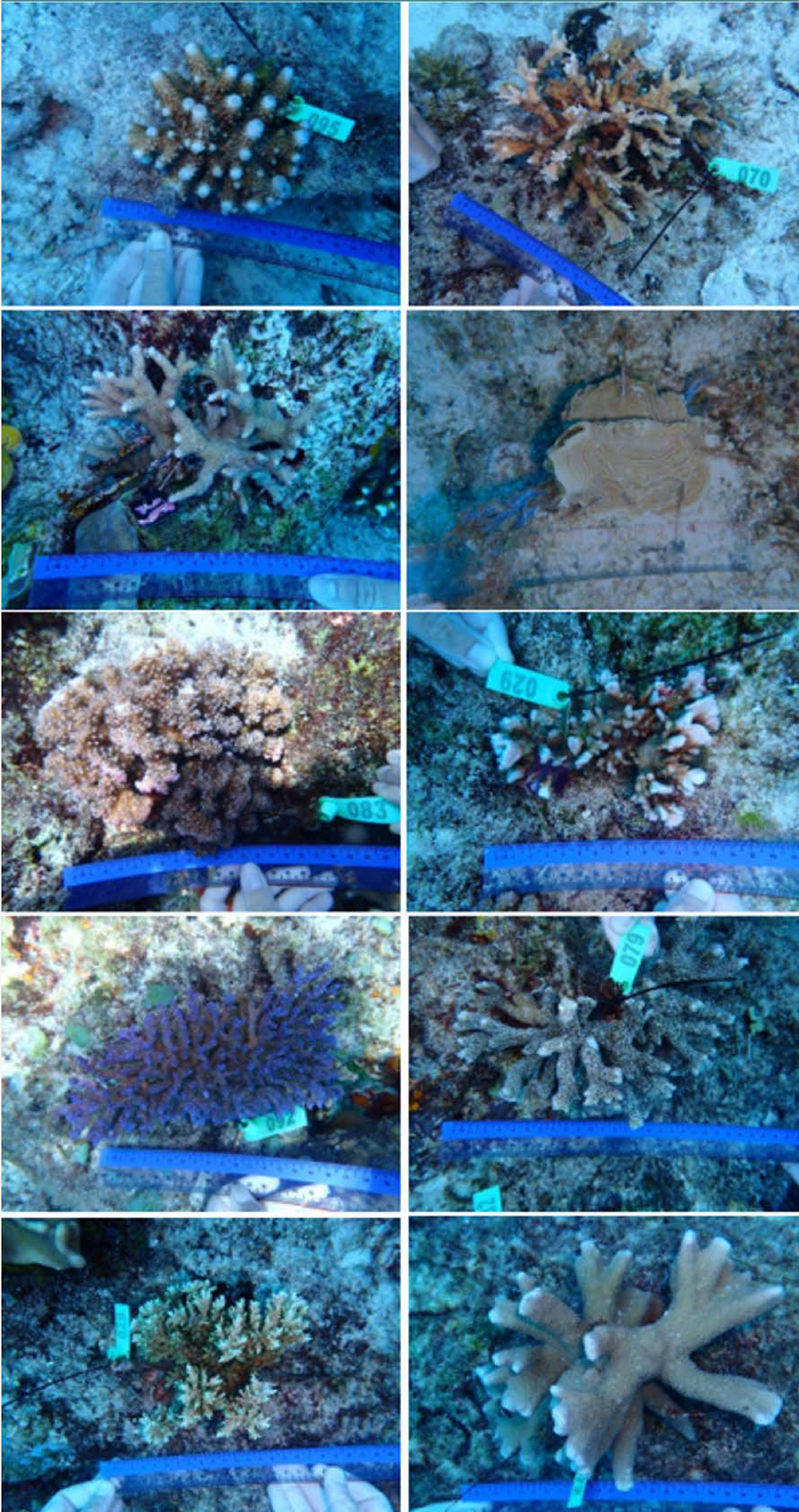


Figure 15a) An outplanted colony photographed with a scale bar during monthly monitoring dives, b) calculating planar area (cm²) of each colony using ImageJ software to compare growth over time, c) monitoring outplanted colonies for signs of disease or bleaching, in comparison to colonies on the natural reef

Kunci kesuksesan proyek ini selalu pada perawatan dan transplantasi karang berkesuksesan dari varietas genus dan wujud pertumbuhan karang yang banyak. Hal ini patut dicatat karena Sebagian besar proyek – proyek pemulihan di penjuru dunia memfokuskan usaha – usaha pemulihan utamanya menggunakan spesies *Acropora* dikarenakan sifat alamiah mereka yang bertumbuh cepat dan pemecahan (fragmentation) yang mudah. Namun terumbu – terumbu karang yang sehat dan tangkas terdiri dari aneka ragam genus karang, masing – masing berperan penting dalam sistem, sehingga pemulihan yang ‘berhasil’ harus berjuang untuk memulihkan terumbu karang hingga mencapai keadaan yang beraneka-ragam. Dalam proyek ini, lebih dari 15 genus karang berbeda telah ditransplantasikan, dengan spesies ganda terdapat dalam setiap genus (gambar X), meski pendekatan ini mungkin memberikan hasil yang lebih lambat dibandingkan proyek yang didominasi *Acropora*, keuntungan – keuntungan yang didapat pada akhirnya jauh lebih besar.

3.4 Menstabilkan substrat puing (kotak hijau)

Suatu metode efektif untuk menstabilkan dan memulihkan substrat longgar/luasan puing – puing karang sudah lama diincar oleh para peneliti pemulihan, dan selagi banyak percobaan yang telah dijalankan, sangatlah sedikit kesuksesan jangka panjang yang telah dilaporkan (Ceccarelli et al., 2020). Untuk penstabilan luasan puing kami, telah kami rancang suatu metode hibrida yang akan mencoba menstabilkan substrat dengan campuran struktur buatan dan kapasitas stabilisasi karang. Hal ini terdiri dari matrix kerangka logam yang dipalu dengan dalam pada luasan puing, dipadu dengan barisan karang tanduk rusa bertumbuh cepat yang memiliki kapasitas untuk bertumbuh dan menstabilkan substrat secara alami (lihat gambar 17).

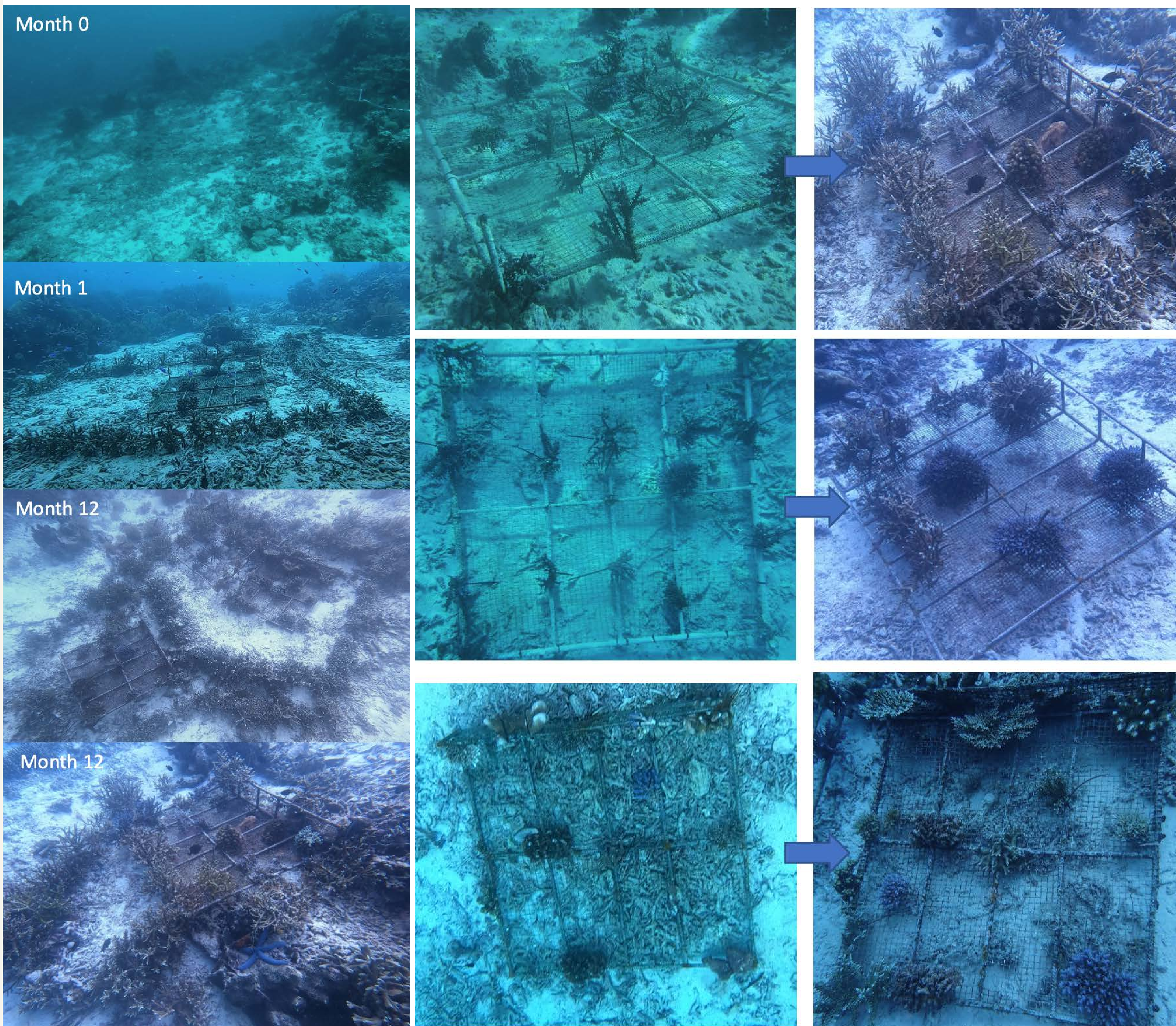
Seiring tahun berlalu, lima kerangka penstabil telah dikerahkan dan 8 tali karang telah diamankan ke substrat longgar. Jenis beragam karang langka dari tempat perawatan stock (simpanan) kami terpasang pada kerangka penstabil untuk memulai langsung pemulihan karang beraneka-ragam pada wilayah ini. Karang pada kerangka bertumbuh baik (gambar 18) dan termasuk karang meja *Acropora*, karang berkolom (columnar) *Isopora*. Khususnya, puing – puing karang dibawah kerangka terlihat menyatu, yang merupakan tujuan kunci pendekatan ini. Kerangkanya sendiri akan juga memicu persinggahan anakan karang secara alami

yang sebelumnya tidak dapat terjadi dengan substrat bergerak. Tali karang tanduk rusa yang dipalukan ke dasar dapat bertumbuh subur (gambar 17) dan telah membentuk perisai alami sesuai rencana, mencegah puing berjatuhan di turunan dan setelahnya dapat menstabilkan luasan puing disekitarnya. Secara keseluruhan, kami sangat puas dengan cara usaha penstabilan ini berlangsung dan terdapat lebih dari 300 koloni karang dari berbagai jenis genus bertumbuh dalam kawasan yang sebelumnya tandus dan tidak layak ditumbuhi tetapan karang. Jumlah ikan terbukti bertambah, dengan ikan menghuni karang - karang tertransplantasi tertentu, khususnya yang berasal dari tali Acropora kami. Kami akan terus memantau penstabilan Kawasan ini di tahun 2024 dengan

memperluas matrix (luasan) kerangka penstabil dan tali tanduk rusa.

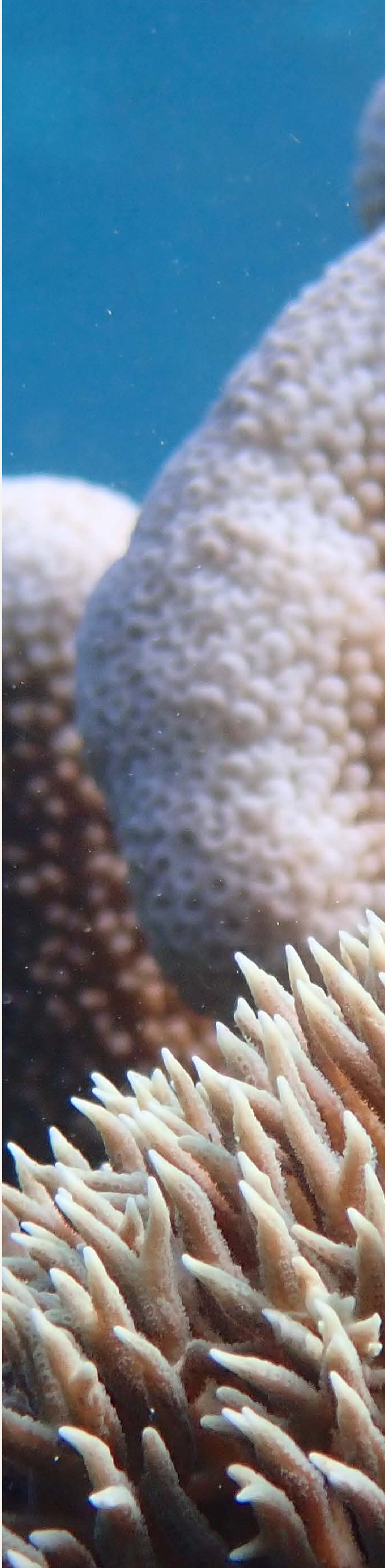
3.5 Permodelan 3D luasan penanaman dan koloni

Perkembangan baru lainnya pada tahun ini adalah kapasitas kami untuk menggunakan fotogrametri 3D bertujuan memproduksi permodelan 3D yang tinggi keakuratannya pada karang tertanam dan wilayah penanaman.

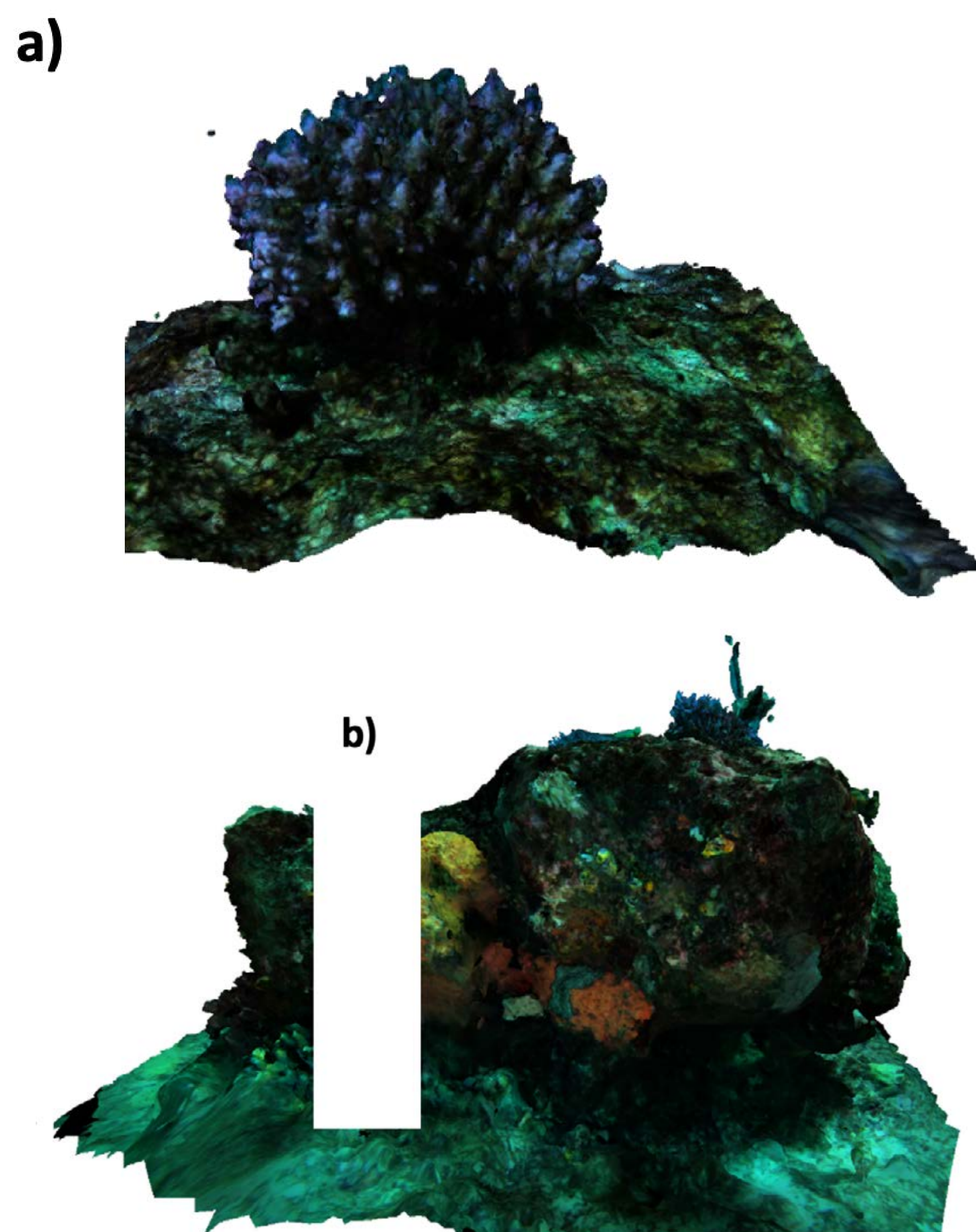


Gambar 17: Luasan puing tidak stabil dalam luasan pemulihan, difoto selama lebih dari 12 bulan. Kerangka penstabil dan tali karang kami memperbaiki stabilitas dan menambah tutupan karang di lokasi ini dalam 12 bulan. Menstabilkan luasan ini akan menimbulkan terjadinya pembibitan karang alami yang sebelumnya dihuni oleh substrat bergerak

Gambar 18: Kerangka penstabil kami, dirancang dengan 5 kaki yang dipalu dengan dalam ke substrat untuk menstabilkan puing sekeliling dan dengan sebuah rak dibelakangnya untuk memicu penumpukan puing dan penambahan alami. Aneka spesies karang yang beragam dipilih untuk pelekatan yang akan menunjang karang tanduk rusa yang ditanam disekitar kerangkanya.



Teknologi baru ini mampu mengubah fotograf suatu koloni (diambil dari semua sudut) menjadi permodelan 3D yang dapat memproduksi pengkajian ukuran dan luas permukaan berkeakuratan tinggi. Kami telah menelaah teknologi ini sebagai metode untuk menangkap perubahan berskala-halus dalam perubahan koloni – koloni tertanam kami seiring waktu berjalan. Terlebih lagi, kami memanfaatkannya untuk menggambarkan wilayah penanaman yang lebih luas, untuk memvisualisasikan perubahannya saat banyak karang tertanam bertumbuh.



Gambar 19: Permodelan 3D a) koloni karang tertanam dan b) luasan penanaman dengan koloni ganda. Model – model ini memungkinkan kami untuk menghitung perubahan skala halus pada permukaan luasan dalam jangka waktu tertentu.

3.6 Uji coba teknik penanaman

Sebuah uji coba dirancang untuk substrat ratahan batu, bertujuan untuk membandingkan tiga metode transplantasi yang dideskripsikan dalam sastra ilmiah. Ketiga metode yang diuji antara lain: a) Jepitan Karang (Coral Clips) (Suggett 2020), b) Semen campuran (Cement with admixture) (Unsworth et al 2021) dan c) Paku & Ikat Kabel (Nail & Cable Tie) (Unsworth et al 2021). Hasil – hasil uji coba ini akan menginformasikan langkah – langkah proses penanaman berikutnya, dimana koloni berjumlah besar akan perlu ditransplantasikan secara efektif ke lokasinya.

Uji coba dilaksanakan pada bulan Desember 2022 at Arborek Tip (Ujung), dan melibatkan transplantasi 6 karang dalam kuadrat 1m², dengan delapan kuadrat

replikat (total=48 karang, 1 kuadrat= 6 karang). Dalam kuadrat 1m², tiga teknik berbeda digunakan untuk mengtransplantasikan 6 karang, dengan 2 replikat untuk masing – masing metode. Empat dari delapan kuadrat terletak pada kedalaman 7-10m (dalam) dan empat lainnya terletak pada kedalaman 4-7m (dangkal). Pada setiap kedalaman, dua kuadrat pertama berisi patahan

- patahan karang kecil dari spesies A (*Pocillopora verrucosa*), sedangkan dua kuadrat kedua berisi koloni
- koloni karang utuh dari spesies B (*Porites* sp.). Rancangan uji coba dijelaskan dalam diagram dibawah (gambar 20), juga dengan fotograf (gambar 20). Kami ingin menguji ketiga teknik transplantasi berbeda dan keefisienannya baik untuk patahan kecil maupun koloni utuh. Hasil – hasilnya dijabarkan sebagai berikut.

3.6.1 Hasil

Hasil studi ini menunjukkan bahwa 1 dari metode – metode yang diterapkan (paku dan ikat kabel) lebih buruk hasilnya dibandingkan yang lain, dengan 87.5% dari semua patahan karang dan 75% dari semua koloni karang merenggang dalam jangka waktu pemantauan selama 2 bulan. Metode jepitan karang dan metode semen campuran memiliki peluang kesuksesan yang lebih tinggi, namun peluang pelekatan untuk metode – metode ini dipengaruhi oleh ukuran karangnya – metode jepitan karang berpeluang pelekatan tertinggi untuk patahan – patahannya (50% pelekatan) namun hanya mendemonstrasikan 25% pelekatan untuk koloninya, sedangkan metode semen berkesuksesan bagi koloni yang ada, mengamankan 66.7% patahan tetapi hanya mengamankan 37.5% patahan yang lebih kecil. Tidak ada perbedaan signifikan dalam peluang pelekatan antara *Porites* sp. dan *Pocillopora* sp.

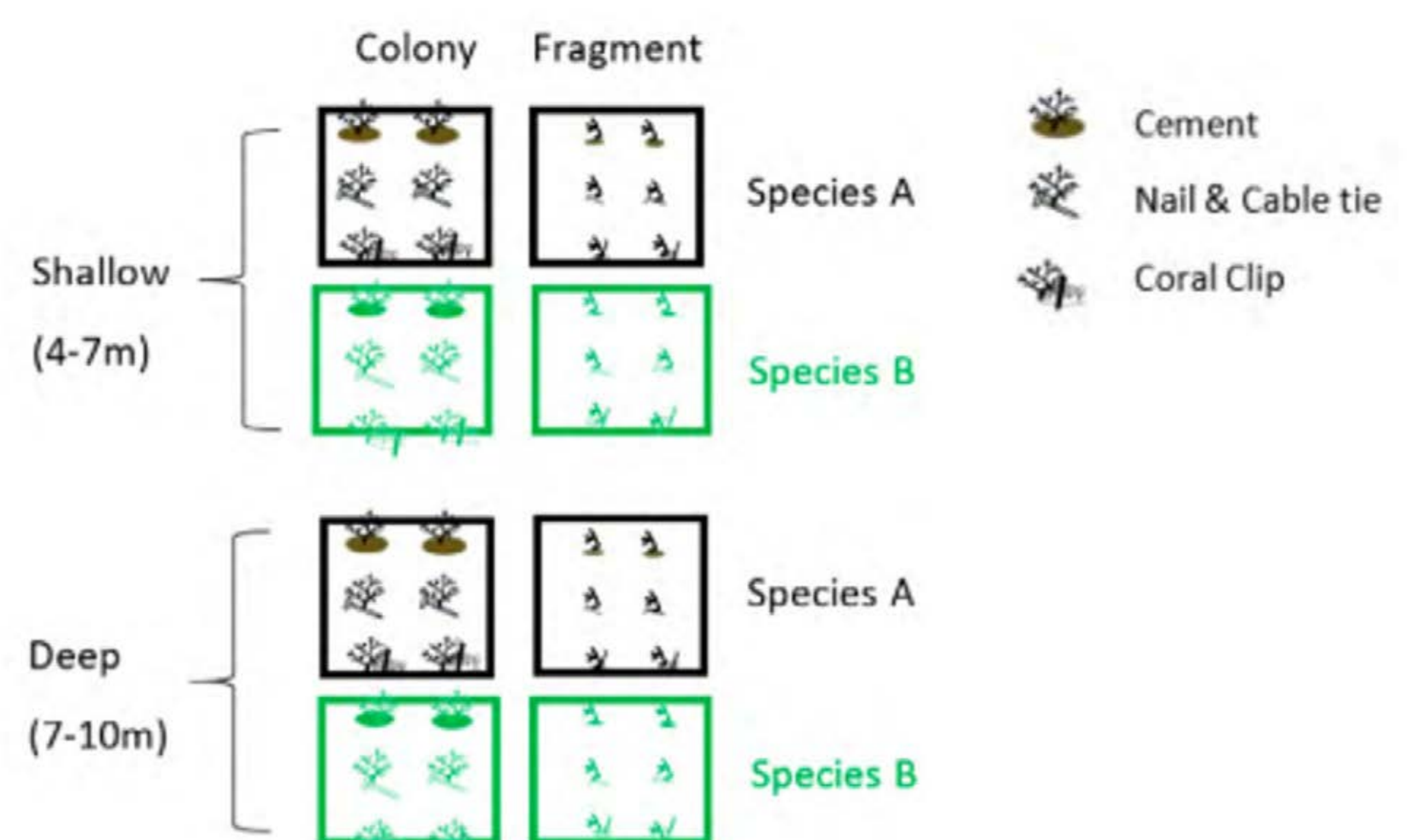
Method	Proportion of all corals fully stable at Week 8	
	Fragments	Colonies
Cement with admix	37.5%	66.7%
Nail & cable tie	12.5%	25.0%
Coral clip	50.0%	25.0%

Tabel 1: Kesuksesan proporsional pelekatan karang setelah 8 minggu, membandingkan tiga metode transplantasi berbeda

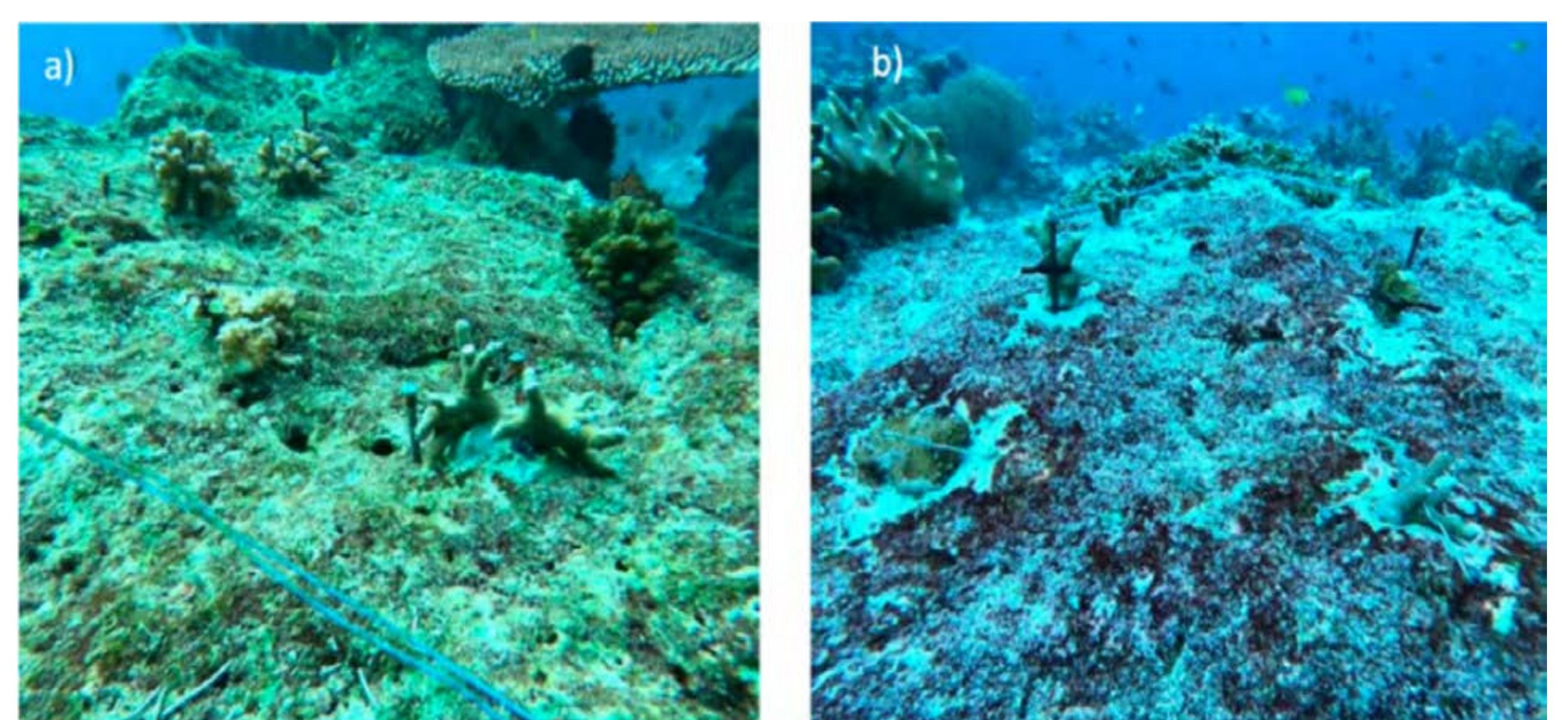
Hasil - hasil ini telah memandu kami untuk menghindari transplantasi dengan metode paku dan ikat kabel yang merupakan penemuan menarik karena penilaian awal dari sastra menyarankan bahwa metode ini akan menjadi metode paling hemat dana dan efisien akan waktu, membuatnya menjadi pilihan utama kami, menjelang uji coba ini.

Karena proyek ini utamanya akan mentransplantasikan

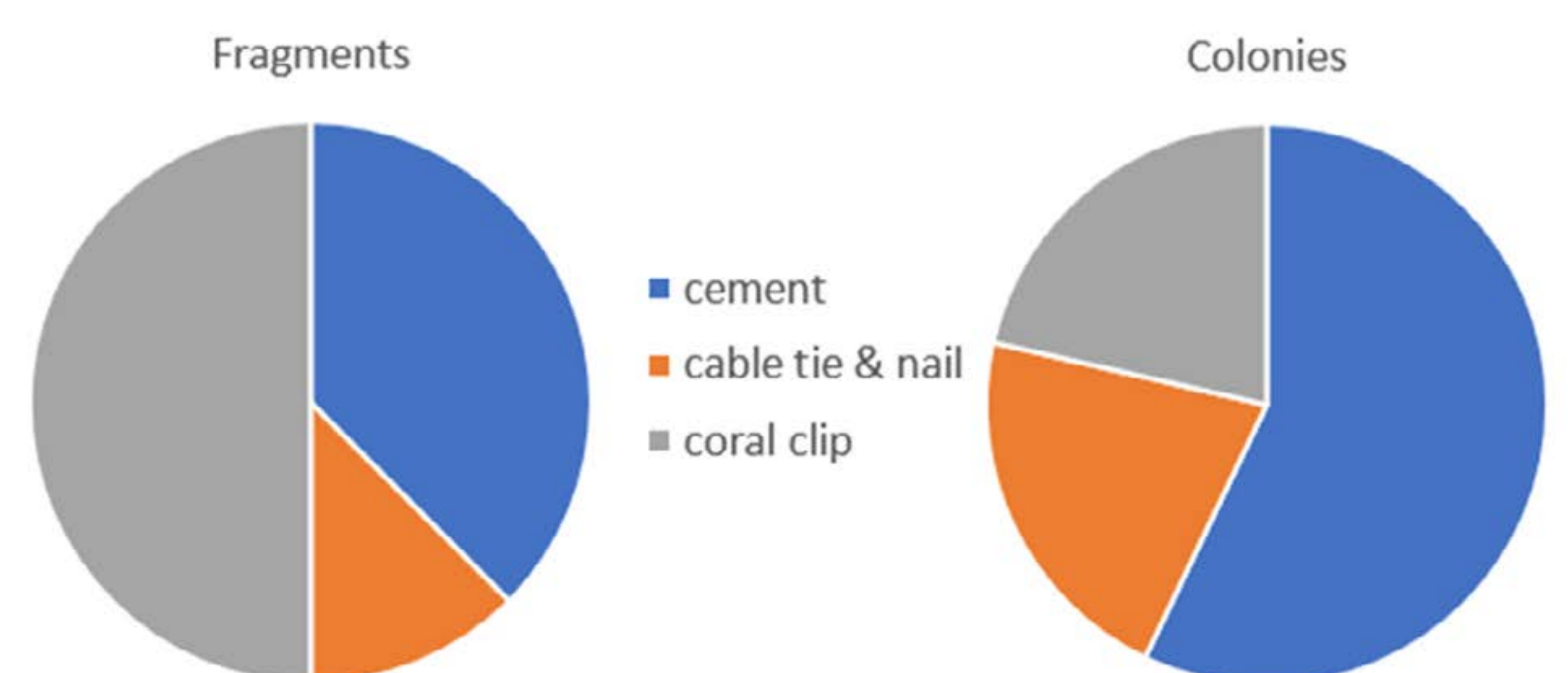
koloni – koloni lebih besar yang telah bertumbuh pesat di tempat perawatan (nursery), data dari uji cob aini menunjukkan bahwa metode semen akan menyediakan kami dengan hasil terbaik.



Gambar 19: Rancangan uji coba transplantasi di Arborek Timur, menguji penggunaan tiga metode transplantasi berbeda pada dua spesies, dua ukuran karang dan dua level kedalaman



Gambar 20: Foto uji coba transplantasi secara in situ, a) menunjukkan kuadrat 1m² dengan 6 koloni utuh ditransplantasikan dengan tiga metode berbeda, b) menunjukkan 6 patahan karang yang ditransplantasikan dengan tiga metode



Gambar 21: Proporsi semua karang yang menempel sendiri setelah 8 minggu paska transplantasi. Peluang kesuksesan patahan karang dan koloni karang dibandingkan secara terpisah.



4 Proyek Pari Manta

4.1 Ringkasan

Raja Ampat merupakan rumah bagi dua spesies manta; manta terumbu (*Mobula alfredi*) dan manta oseanik (*Mobula birostris*) (Setyawan et al., 2020). Saat ini, kedua spesies dalam keadaan terancam, dengan *M. alfredi* terdaftar sebagai rentan (*vulnerable*) dan *M. birostris* terdaftar sebagai terancam punah (*endangered*) pada IUCN Redlist (Marshall et al., 2016, Marshall et al., 2019). Ini dikarenakan ancaman antropogenik tanpa henti termasuk perikanan-bertarget, digerakkan oleh permintaan (*market demand*) pelat insang dalam pasar Asia, tangkapan sampingan (*by-catch*), pencemaran laut, kerusakan habitat, dan pariwisata tanpa pengelolaan (Setyawan et al., 2020). Terlebih lagi, suhu permukaan laut yang terus menaik dalam responsi terhadap perubahan iklim mengurangi potensi ketersediaan makanan bagi kedua spesies (Richardson et al., 2008). Tekanan - tekanan ini, berpadu dengan sifat sejarah kehidupan konservatif manta, terlihat sebagai kedewasaan senja, pertumbuhan lambat, dan penghasilan reproduktif rendah, membuat populasi rentan terhadap penurunan yang pesat (Harris et al., 2021).

Namun, dalam Indonesia, manta telah menerima perlindungan penuh sejak tahun 2014 (MMAF No.4/KEPMEN-KP/2014) dengan Raja Ampat memegang level perlindungan tertinggi sebagai suaka margasatwa ikan hiu dan pari sejak tahun 2012. Ini telah memungkinkan populasi bermakmuran dalam kawasan perlindungan yang membuat Raja Ampat menaungi populasi manta terumbu terbanyak kedua di dunia dengan 1800+ individuals teridentifikasi (Setyawan., 2023, data belum diterbitkan). Meski populasi dalam kawasan ini dilindungi, ancaman utama yang dihadapi hewan - hewan elasmobranch ini adalah pariwisata tak berkelola dan tak beraturan (Setyawan et al., 2022). Dengan industri pariwisata ramah lingkungan (*eco-tourism*) Raja Ampat bertambah setiap tahunnya dan kawasannya semakin populer dan mudah diakses wisatawan hal ini mungkin dapat menjadi masalah yang sulit diatasi. Terlebih lagi, dengan sedikitnya sastra yang diterbitkan mengenai manta dalam kawasan ini, terdapat kurangnya pemahaman akan pola distribusi manta dan cara peningkatan pemaparan pada orang dapat secara negative mempengaruhi populasi manta. Dengan demikian, proyek manta kami, dengan database pola pergerakan individu manta yang semakin berkembang, memberikan data penting yang dapat dimanfaatkan untuk memperluas pemahaman akan spesies - spesies ini dan niscaya mengidentifikasinya jika pengelolaan lebih merinci dibutuhkan.

Mobula alfredi terlihat dalam kawasan Selat Dampier kebanyakan pada tahun 2023. Musim monsoon barat laut (November-April) menunjukkan adanya frekuensi temuan yang lebih tinggi, khususnya selama bulan Januari dan Februari. Hal ini disebabkan oleh penggerak lingkungan yang menguntungkan seperti suhu permukaan laut (SST) lebih tinggi membawakan densitas plankton (sumber makanan) tinggi yang menggerakkan *M. alfredi* pola pergerakan (Ahsin et al., 2022). Sebaliknya, monsoon tenggara (Mei - Oktober) membawa angin kuat dari selatan yang menggerakkan upwelling (kenaikan air), menghasilkan air kaya makanan (nutrient) dan lebih dingin dari kedalaman sangat rendah. Dengan demikian, kami mengamati lebih sedikit individu ter-ID, selain populasi bawahan setempat (resident) dalam kawasan ini.

Pertemuan - pertemuan *Mobula birostris* tidak sering pada tahun ini dengan hanya dua yang tercatat pada tahun 2023. Musim pada spesies ini berkisar antara Januari hingga Mei, namun, temuan cenderung langka dikarenakan pilihan habitat pelagic spesies tersebut, walhasil kebanyakan hasil yang dipresentasikan sebagai berikut akan menganalisis data *M. alfredi*.

Kami melaksanakan pelatihan bagi para sukarelawan dan petugas mengenai ekologi/perilaku manta, ancaman terhadap manta, cara berinteraksi dengan manta secara bertanggung-jawab (ikuti Kode Etik Manta Trust), dan cara meng-ID manta. Seusai dilatih,



Gambar 22: *Mobula alfredi* berguling - gelinding di Jetty Arborek pada Januari tahun 2023 (Sumber: Jeremy Ogden)

para sukarelawan bisa selam SCUBA di stasiun bersih - bersih manta terkenal dibawah panduan kami dan mengumpulkan fotograf ID manta juga mengumpulkan data demografi individu seperti jenis kelamin, ukuran, kedewasaan, wujud warna, dan spesies. Terlebih lagi, data berkaitan dengan variabel lingkungan, jenis luka/lokasi, perilaku, dan kehamilan juga dikumpulkan. Umumnya, kami telah menentukan dua stasiun bersih - bersih terkenal (Manta Ridge, Manta Sandy) dan satu wilayah pencarian makanan terkenal (Mambarayup) untuk kami kunjungi secara rutin dengan tujuan mengamati manta terumbu. Namun, tahun ini telah ditemukan bahwa Arborek Barat juga merupakan tempat mencari makan terkenal bagi hewan - hewan elasmobranch ini dan terlebih lagi memiliki temuan *M. alfredi* yang sangat sering disekitar Arborek.



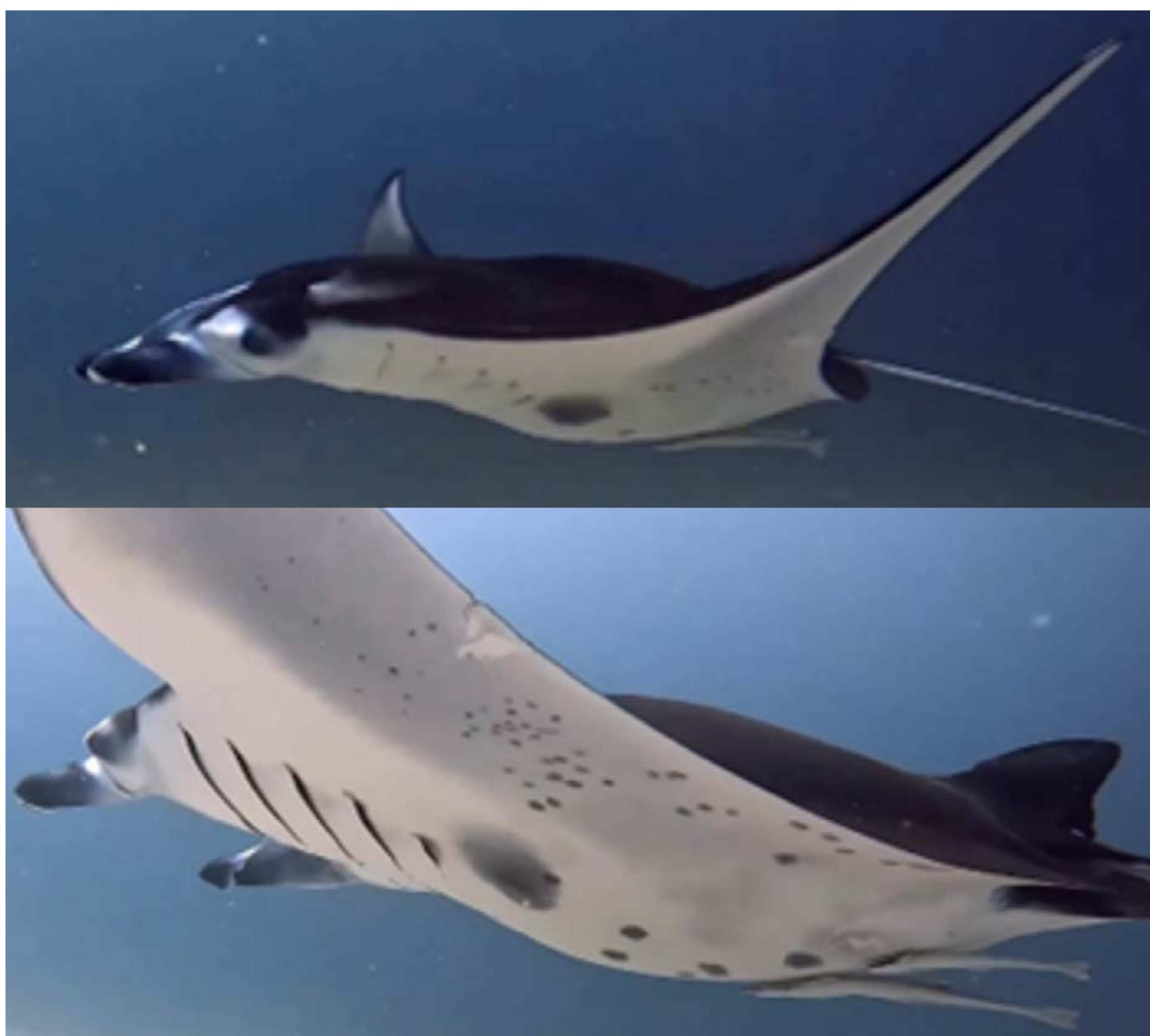
Kami juga telah menyediakan perbincangan manta bagi banyak tamu yang mengunjungi Arborek, dimulai pada awal musim liveboard pada bulan Oktober. Perbincangan ini terdiri dari informasi mendetail mengenai cara meng-ID manta, perilaku yang ditunjukkan dan Kode Etik, mempromosikan konservasi bagi spesies - spesies ini. Selain itu, liveboard juga telah diminta untuk memasang poster Kode Etik Manta Trust dan menambahkan detail kontakannya supaya para tamu liveboard dapat mengirimkan foto - foto ID manta yang mereka ambil selama perjalanan. Melalui penerimaan data liveboard database kami telah bertambah secara relevan, dan kami sekarang dapat menambahkan stasiun bersih - bersih seperti Dayang kedalam hasil kami, serta temuan dari Misool. Liveboard - liveboard yang menyediakan presentasi antara lain: Ratu Laut, Calico Jack, Anne Bonny, Solitude Adventures, Gaia Love, Scubaspa zen, SeaTrek dan Aqua Blu.

Tahun ini kami telah berlanjut untuk bekerja sama dengan Penelitian Konservasi Manta Raja Ampat (Raja Ampat Manta Ray Conservation Research) dengan mengirimkan mereka foto - foto ID dan data paska ID. Kolaborasi ini bertambah dengan Edy Setyawan beserta gelar PhD-nya pada populasi meta dalam Bird's Head Seascape.

Terakhir, kami juga cukup beruntung dapat bertemu dengan dua hewan elasmobranch langka tahun ini. Salah satu Pari Elang Retikulat (*Aetomylaeus vespertilio*) pada bulan Januari di RSB, dekat Manta Ridge dan satu lagi Ikan Baji Berbintik Putih (*Rhynchobatus djiddensis*) pada bulan November di Sawenderek. Wawasan pada pentingnya temuan – temuan ini mendesak kami untuk melaporkan informasi dan foto kepada Elasmobranch Project Indonesia, dimana data dapat digunakan untuk pengkajian ulang di masa mendatang untuk distribusi spesies dan status kelangkaan.

4.2 *Mobula alfredi* 2023 ulasan hasil

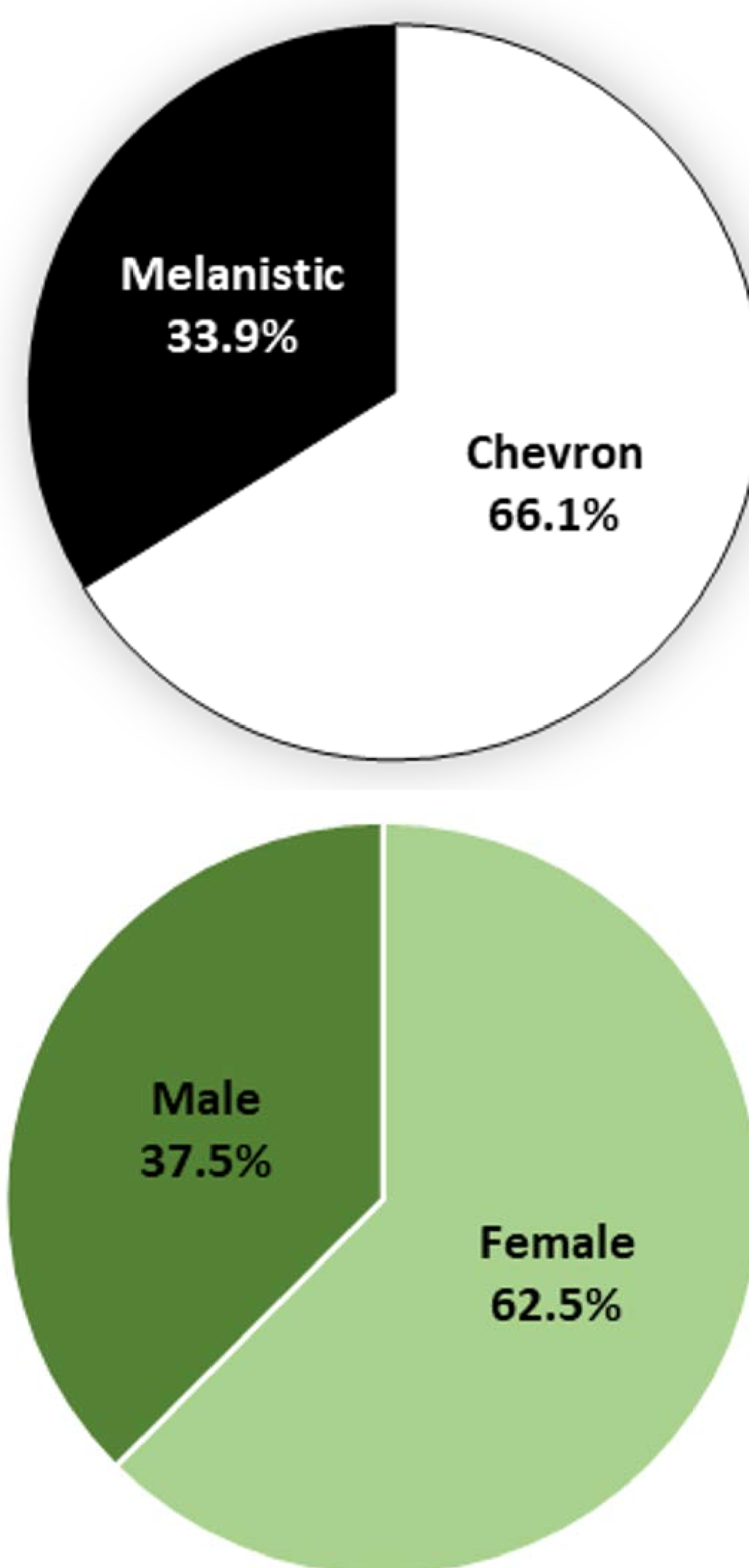
Total 217 temuan *M. alfredi* tercatat pada tahun 2023 (Januari – November) dimana 154 (71%) berjenis kelamin betina dan 63 (29%) berjenis kelamin jantan. Temuan – temuan terdiri dari 145 individu berbeda dengan 106 individu baru yang telah ter-ID ditambahkan ke database tahun ini. Individu yang paling sering dijumpai ulang adalah MR-0291 (adult (dewasa)/female (betina)/ (pola warna) chevron) terlihat pada tujuh kejadian pertemuan yang berbeda pada awal tahun, terutama di Manta Sandy. Selain itu, dua kehamilan juga teridentifikasi pada tahun ini (Gambar 24) dan pada tiga kejadian pertemuan berbeda perilaku perkawinan dapat diamati.



Gambar24: Kehamilan individu MR-0291 di Manta Sandy pada bulan Mei

4.3 *Mobula birostris* 2023 ulasan hasil

Dua individu *M. birostris* ditemukan pada tahun 2023 dimana keduanya merupakan individu baru pada database kami. Pertemuan berlokasi di Mansuar Barat dan Blue Magic selama bulan Maret dan Juni. Database *M. birostris* sekarang terdiri dari 12 individu dengan kebanyakan pertemuan berlokasi di Blue Magic, sebuah stasiun bersih – bersih lautan yang terkenal.



Gambar 25: Grafik Pie meringkas persentase demografi (wujud warna dan jenis kelamin) dalam database

4.4 Demografi *Mobula alfredi* dalam database

Sepanjang keseluruhan database (n=336), rasio betina ke Jantan pada manta yang diamati yakni 1,7:1 masing - masing, dengan 210 betina dan 126 jantan. Selain itu, perbedaan yang lebih mencolok dapat diamati antara wujud warna dengan 222 individu ditemukan berwarna chevron (normal) dan 114 individu dengan warna melanistik (hitam) (gambar 25). Temuan – temuan ini serupa dengan hasil yang ditemukan pada seluruh populasi meta dalam wilayah Raja Ampat (Setyawan et al., 2020).

4.5 Pertemuan *M. alfredi* dibandingkan berdasar bulan dan lokasi

Bulan Februari mengindikasikan jumlah pertemuan tertinggi dengan total 69 ekor teramati, diikuti bulan Januari sebanyak 43 ekor. Pada bulan September tidak ada *M. alfredi* yang teridentifikasi dan hanya satu ekor terlihat pada bulan Juli (gambar 26).

4.6 Pertemuan *Mobula alfredi* di sepanjang lokasi

Secara keseluruhan, data tercatat di penjuru lima lokasi berbeda dalam wilayah Selat Dampier, termasuk Manta Ridge, Manta Sandy, Mambarayup, Dayang dan di sekitar Pulau Arborek. Lokasi yang paling sering dijumpai

M. alfredi adalah Manta Ridge dengan seluruh 78 temuan diikuti oleh Manta Sandy (tabel 2 & gambar 27). Namun, perlu diketahui bahwa kami memang paling sering mengunjungi lokasi - lokasi ini kedua lokasi ini, dengan demikian, mengacu kepada rata - rata temuan per lokasi yang dikaitkan dengan jumlah kunjungan penyelam menyediakan pemahaman yang lebih baik akan lokasi - lokasi yang paling sering dikunjungi oleh *M. alfredi*. Tabel 2 lebih banyak mendemonstrasikan tiga stasiun bersih - bersih (Manta Ridge, Manta Sandy dan Mambarayup) yang paling sering dikunjungi oleh *M. alfredi* dan Mambarayup dengan rata - rata (rerata) temuan terendah.

SITE	LATITUDE	LONGITUDE	NUMBER OF SIGHTINGS	MEAN SIGHTINGS
Manta Ridge	-0.5546567	130.572203	87	3.5
Manta Sandy	-0.579878	130.541014	71	2.7
Mambarayup	-0.5796581	130.5373423	3	1.5
Dayang	-0.7942672	130.5038556	28	2.5
Arborek	-0.5671546	130.5073391	28	2.3

Tabel 2: Menunjukkan lima nama lokasi, koordinat lokasi beserta rata - rata temuan di penjuru lokasi (frekuensi temuan / jumlah kunjungan)



Gambar 26: Grafik mengilustrasikan jumlah temuan *M. alfredi* perbulannya pada tahun 2023 tidak termasuk Desember



Gambar 27: Menggambarkan jumlah temuan di penjuru lima lokasi manta yang diketahui dengan ukuran lingkaran mengindikasikan frekuensi temuan

4.7 Rencana untuk proyek pari manta di tahun 2024

Di tahun 2024, kami berusaha untuk melanjutkan kolaborasi dengan peneliti setempat, organisasi pemerintahan dan operator liveaboard untuk memperjauh hasil ilmiah manta, konservasi dan pengelolaan spesies ini. Untuk mencapai ini, kami berharap dapat meningkatkan komunikasi dan penjangkauan dengan organisasi seperti BLUD dengan tujuan pengelolaan yang lebih efisien dan efektif, khususnya pada stasiun pembersihan manta. Kami berharap dapat mencapai ini melalui bukti video dan pengumpulan data pada sejumlah penyelam dan perilakunya di lokasi – lokasi manta tertentu, seperti Manta Ridge yang dapat berpengaruh buruk bagi perilaku alami manta mis. Pembersihan. Kami juga berharap dapat melanjutkan kolaborasi dengan ilmuan setempat di wilayah tersebut dengan membagikan sumber dan data kami.

Tujuan lainnya di tahun 2024 adalah meningkatkan kesadaran dan Pendidikan manta dan ikan hiu dalam komunitas setempat. Melalui kunjungan sekolah rutin kami, akan kami perkenalkan lebih banyak bahan materi berdasar kelautan yang berfokus kepada alasan organisme – organisme ini penting bagi ekosistem dan cara melestarikannya.

Terakhir, setelah menentukan kekurangan pada sastra penggerak lingkungan yang mempengaruhi pola distribusi *Mobula alfredi*, kami telah memutuskan untuk berkolaborasi dalam penelitian topik ini dengan lebih jauh lagi dengan harapan dapat mempresentasikan hasil temuan kepada organisasi pemerintahan pada pertengahan tahun 2024. Ini dapat lebih jauh lagi menggambarkan pola pergerakan musiman *M. alfredi* dan mengidentifikasi lokasi temporal dimana pengelolaan lebih besar, khususnya pada percepatan laju kapal, mungkin dibutuhkan.

5 Ekologi Karang & Proyek Pemutihan

Selagi suhu laut terus bertambah, kejadian – kejadian pemutihan karang telah bertambah juga dalam keparahan dan frekuensi dalam beberapa dekade terakhir (Hughes dan Anderson, 2018). Untungnya, dikarenakan topografi dan arus laut kuatnya, Raja Ampat telah menjadi tempat penyintasan thermal, menerima air dalam yang dingin, meringankan potensi stress yang dipicu panas (De Clippele et al., 2023).

Sayangnya, meski adanya aliran air dingin, keanekaragaman hayati, dan kekayaan spesies tinggi ini, Raja Ampat mengalami kejadian pemutihan pertamanya pada tahun 2023. Terlebih lagi, NOAA Coral Reef Watch memperkirakan peluang sebesar 80-90% terjadinya pemutihan karang berskala besar yang akan terjadi selama bulan Desember, Januari, Februari dan Maret 2024. Ini pertama kalinya dalam sejarah Raja Ampat sebuah kejadian pemutihan karang pada besaran ini telah diperkirakan.

Untuk merespon hal ini, kami juga dengan segera mendirikan Proyek Coral Ecology dan Bleaching, ditujukan untuk mencatat dan memantau Kesehatan koloni karang terpilih pada salah satu terumbu karang setempat dalam usaha untuk mengumpulkan data pemutihan karang ber-resolusi tinggi seandainya fenomena demikian terjadi.

Untuk memastikan terkumpulnya data berkualitas tinggi jika kejadian pemutihan karang disaksikan di penjuru wilayah Raja Ampat, tiga lokasi bersama terumbu karang rumah kami telah ditetapkan. Setiap lokasi terdiri dari transek 20 meter merentang sepanjang karang sehat yang belum pernah memutih sebelumnya. Terdapat 20 karang tertanda yang mengelilingi transek ini. Setiap karang tertanda telah dipilih secara khusus untuk memastikan pilihan morfologi dan spesies dapat dipantau, menimbulkan potensi perbedaan antar respons terhadap pemutihan karang yang akan diamati.

2023 Aug 8 NOAA Coral Reef Watch Bleaching Heat Stress Probabilities (Alert 1 & 2) for Week 20 (Dec 24)
Experimental, v5.0, CFSv2-based, 28 Ensemble Members

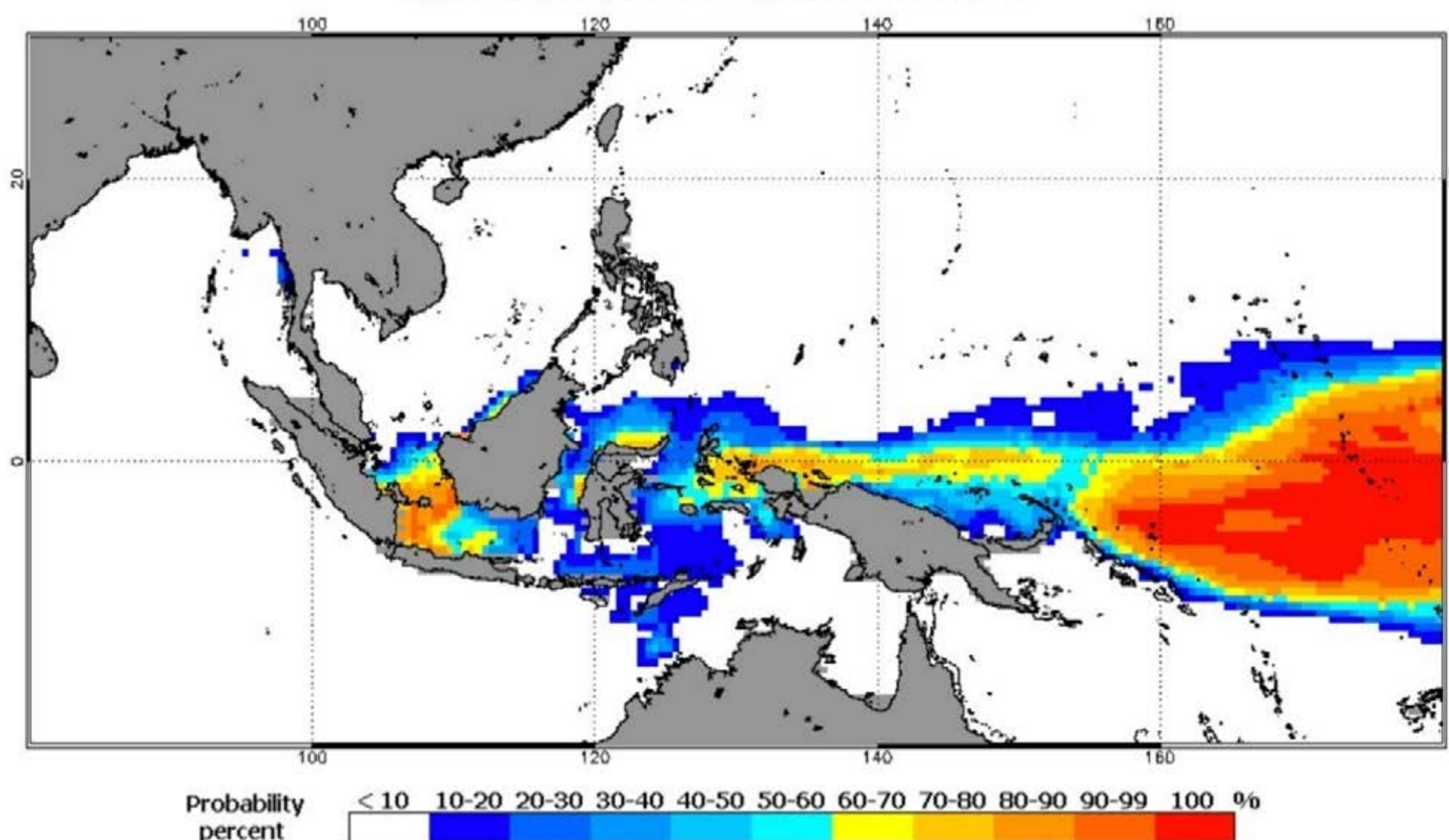


Figure 28: NOAA Coral Reef Watch Bleaching Heat Stress Probabilities (Alert 1 & 2) for Week 20 (Dec 24th 2023) (accessed on Aug 8 2023)



Selama survei berlangsung kami memanfaatkan penggunaan kartu warna CoralWatch, kuadrat bergerak dengan kamera terpasang, dan dua senter. Setengah tim penyelam pertama berenang di transek 20m mengambil gambar setiap 1m dengan kamera terpasang di kuadrat (lihat gambar 29), ini memastikan resolusi spasial yang sama dapat dicapai saat menganalisis gambar dalam perangkat lunak. Setengah tim penyelam kedua akan mencari 20 karang tertanda disekitar lokasi, pada setiap karang tertanda mereka akan menaruh bagan (chart) warna CoralWatch disebelah koloni tertanda dan sebuah foto ber-resolusi tinggi akan diambil, selagi secara bersamaan pasangan warna terdekat untuk warna bayangan paling terang dan gelap akan dicatat di papan (slate) selam. Setelah survei ini telah diulang beberapa kali, pola (trend) atau perubahan warna / bayangan karena potensi pemutihan dapat dikenali, menciptakan database jangka Panjang mendetail pada beberapa karang ganda pada kedalaman yang berbeda - beda. Semua data terkumpul dibagikan kepada pihak berwajib setempat, organisasi pengelolaan laut, CoralWatch dan tim NOAA Coral Reef Watch yang telah mengajukan permintaan data waktu langsung (real-time) dari lapangan untuk memverifikasi kebenaran permodelan satelit mereka. Dengan data berkualitas tinggi dan berskala halus yang akan kami kumpulkan, kita memiliki potensi untuk mengumpulkan dan mendistribusikan

data yang tak terbanding harganya untuk memperkirakan kejadian pemutihan karang pada masa mendatang selagi juga mengkaji ketahanan dan jendela pemulihan yang dibutuhkan untuk spesies karang di Raja Ampat. Data ini bertujuan untuk memenuhi celah wawasan dan membantu proses - proses penentuan kebijakan yang berkaitan dengan keadaan ekosistem terumbu karang di Raja Ampat.

Kami berencana untuk melanjutkan proyek ini sampai setidaknya April tahun 2024 dan memulai ulang saat perairan menghangat pada akhir tahun lagi. Tidak hanya ini akan menjamin kejadian pemutihan karang dapat direkam,



Gambar 29: Kuadrat foto yang juga dilaksanakan selama survei pemutihan karang.



Gambar 30: Survei pemutihan dilaksanakan menggunakan bagan warna CoralWatch.

direkam, tapi juga menampukkan kami untuk memantau pemulihan terumbu karang kami selandainya pemutihan karang terjadi.

Proyek ini masih dalam tahap perkembangan awal hanya dengan 12 survei penuh yang dilaksanakan sejauh ini. Pada pertengahan Desember beberapa bukti pemucatan terdeteksi, khususnya pada koloni *Goniastrea* yang terkenal menjadi beberapa dari karang pertama yang bereaksi terhadap penghangatan air, namun pemutihan meluas tidak teramati dan koloni - koloni pucat kembali semula dalam beberapa minggu kedepan. Masih terdapat peluang terjadinya pemutihan dalam bulan - bulan pertama pada tahun 2024 dan kami akan terus memantau perubahan dengan seksama sampai penghangatan berlalu. Terlebih lagi, perubahan disepenuju karang - karang yang ditandai telah disaksikan bersamaan dengan ancaman lainnya; antara lain predasi *Acropora* bercabang oleh spons (*Chalinula nematifera*), kami akan terus memantau progresi spons ini dalam survei kami.

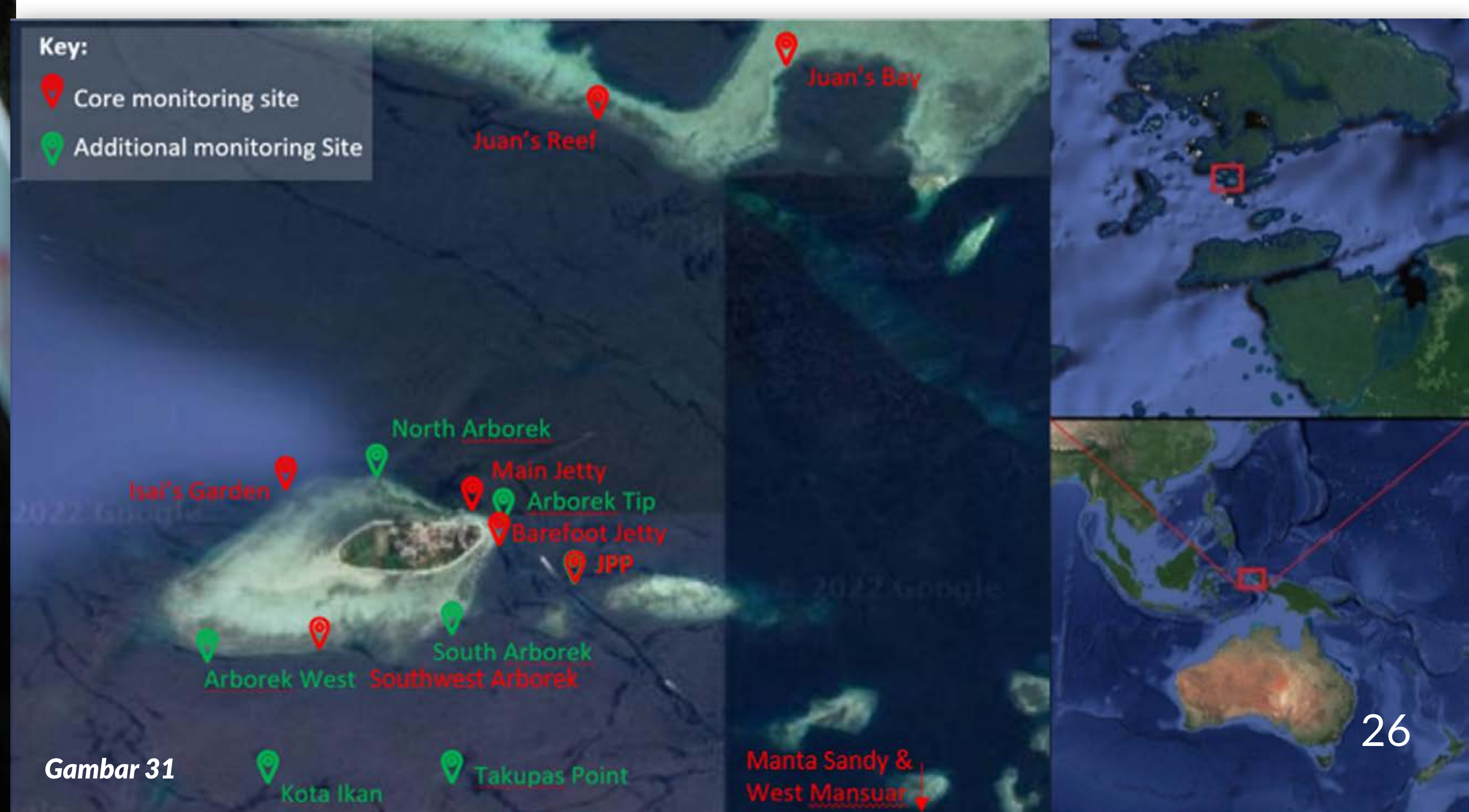
6 Reef Check

6.1 Ringkasan

Pemantauan kondisi ekosistem terumbu karang disekitar Pulau Arborek dimulai pada tahun 2016. Metode Reef Check digunakan untuk mengamati kesehatan ekosistem terumbu karang, yang mencakup data tutupan benthic, kelimpahan ikan, dan kelimpahan invertebrata. Hal – hal lain yang mempengaruhi kesehatan terumbu karang seperti pemutihan karang, penyakit, sampah, dan predasi juga dipantau di setiap lokasi survei.

‘Lokasi survei inti’ kami dipantau minimal 6 bulan sekali, termasuk Jetty (singgahan kapal) Barefoot, Jetty Utama, Juans Bay (Labuhan Juan), Juans Reef (Terumbu Karang Juan), Mansuar Barat, dan Isai’s Garden (Kebun Isai) (gambar 31). Pemantauan jangka panjang di lokasi – lokasi kunci ini bertujuan untuk mencatat fluktuasi apapun yang terjadi baik secara alami maupun dipengaruhi oleh faktor – faktor antropogenik dan menyediakan informasi berkaitan dengan perubahan tak alami disekitar kawasan survei. Semua data terkumpul dilaporkan kepada pihak terkait penentu kebijakan di Waisai, BLUD per tahunnya, dan ke Reef Check Indonesia setiap 6 bulan.

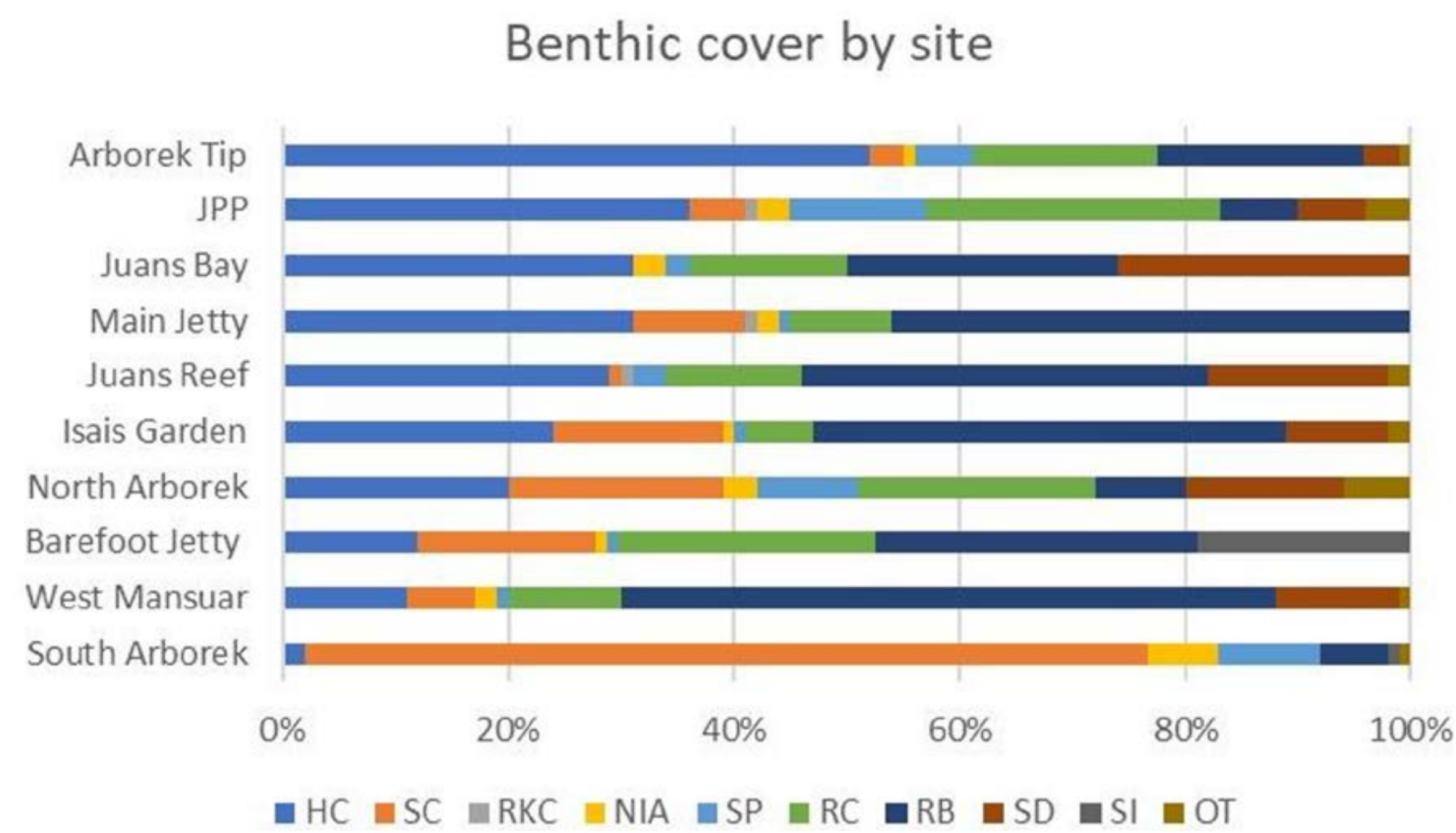
Lokasi survei Jetty Arborek, dan Jetty Barefoot dipilih sebagai “Impact sites (Lokasi Pengaruh)” untuk mendokumentasikan pengaruh penyelaman dan pariwisata terhadap kawasan terumbu karang. Juans Bay dan Juans Reef dipilih untuk dipantau karena terkenal dipengaruhi oleh budidaya ikan bersejarah. JPP dipilih sebagai lokasi yang terkenal di pengaruhi oleh penjangkaran kapal ilegal. Tahun ini di 2023, lokasi Manta Sandy dan Arborek Barat Daya dicakupkan sebagai lokasi inti dikarenakan bertambahnya cyanobacteria dan macroalgae (alga makro) yang dicatat di lokasi – lokasi ini pada tahun lalu yang kami ingin pantau dengan lebih rutin. Pada tahun 2023, total semua 18 survei telah dilaksanakan disekitar Pulau Arborek dengan bantuan para sukarelawan mancanegara. Semua lokasi tujuan (target) dipantau 2-4 kali (di dua kedalaman) dan lokasi bonus tambahan juga disurvei, sehingga target tahun 2023 kami untuk pemantauan Reef Check berhasil dilampaui.



Gambar 31

6.2 Hasil data benthic

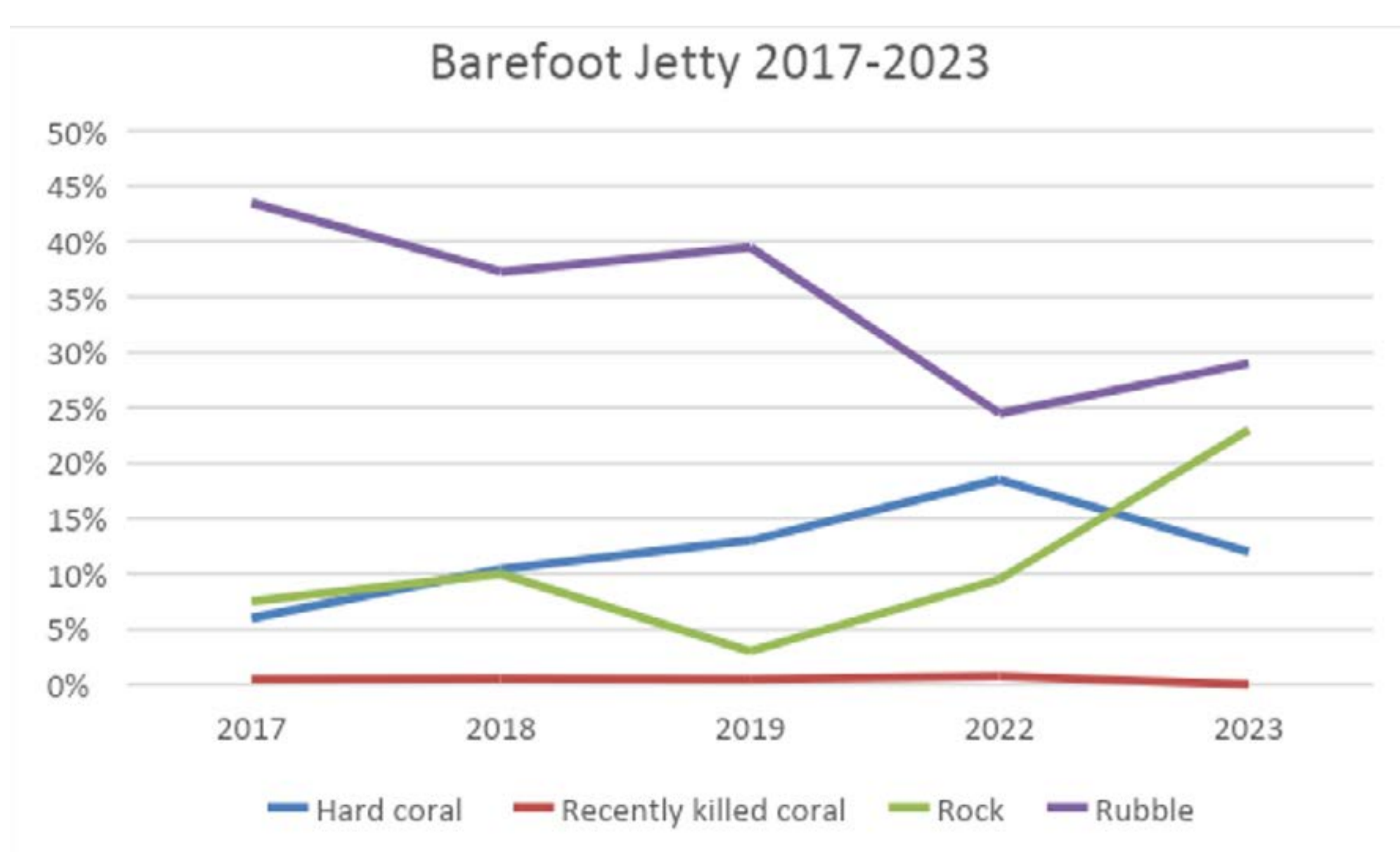
Hasil survey benthic dengan metode Reef Check yang dilaksanakan di semua lokasi survei dibagi berdasarkan kategori benthic dan digambarkan pada gambar x. Data ini dikumpulkan dengan teknik Point Intercept Transect pada rentang transek 100m di kedalaman 3-5m dan 7-9m. Data berikut dikumpulkan berdasarkan lokasi.



Gambar 32: Komposisi proporsional benthic di lokasi - lokasi survei kunci disekitar Pulau Arborek

Gambar 32 menunjukkan bahwa Arborek Tip (Ujung) memiliki proporsi karang keras tertinggi dari semua lokasi (51% HC), sedangkan Arborek Selatan memiliki proporsi karang keras terendah (2% HC). Proporsi tutupan karang keras di Arborek Selatan telah menurun dari tahun lalu sebesar 7% dan proporsi karang lunak pada lokasi ini telah bertambah dua kali lipat (38% di tahun 2022 hingga 72% di tahun 2023). Arborek Selatan semakin didominasi oleh karang lunak, cyanobacteria dan alga pengindikasi kandungan nutrient (NIA), yang manandakan perubahan fase ke lokasi terdegradasi, kemungkinan disebabkan oleh kualitas air yang buruk (lihat bagian 2).

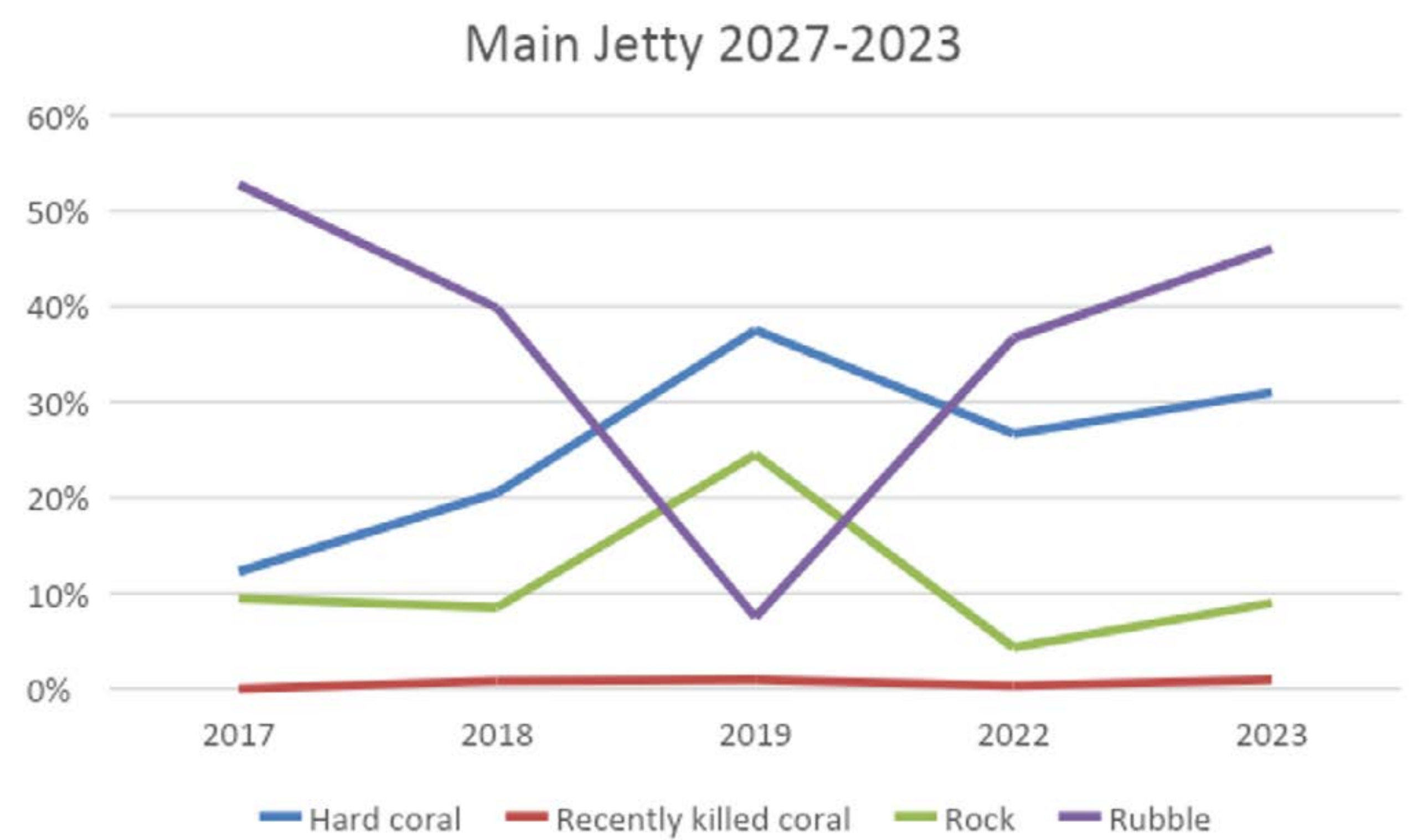
Gambar 33 menunjukkan variasi dalam kelompok benthic kunci di Jetty Barefoot dalam jangka waktu



Gambar 33: Variasi temporal dalam tutupan benthic di Jetty Barefoot dari 2017-2023

(2017-2023). Data ini menunjukkan tutupan karang keras dibawah Jetty Barefoot telah bertambah secara perlahan antara tahun 2017-2022 namun telah sedikit berkurang berkurang (~6%) antara tahun 2022 dan 2023. Survei dilaksanakan di lokasi acuan kontrol ('kawasan belum terpulihkan') kami, dekat jetty dimana tutupan karang rendah. Pengurangan tutupan karang sebesar 6% mungkin menjadi kekeliruan pengambilan sampel atau merupakan hasil dari hilangnya karang yang

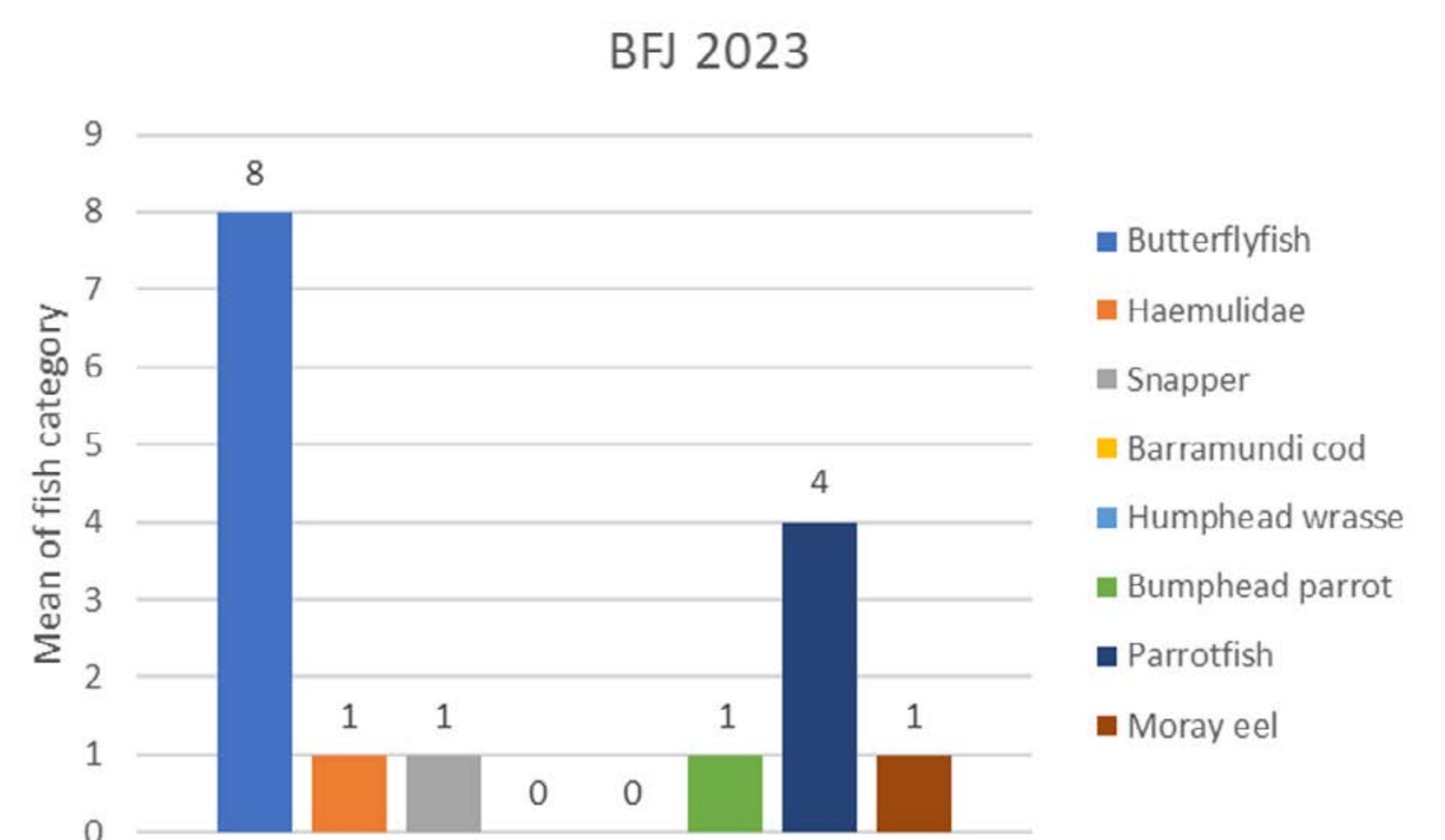
tertentu berkaitan dengan bertambahnya cyano-bacteria di lokasi ini. Di Jetty Utama (Main Jetty) (Gambar 34), persentase tutupan karang keras telah bertambah dari 27% di tahun 2022 menjadi 31% di tahun 2023, pertanda baik mengingat tutupan karang tersebut sempat berkurang di antara tahun 2017-2022.



Gambar 34: Variasi temporal dalam tutupan benthic di Main Jetty dari 2017-2023

6.3 Data ikan

Gambar 35 menunjukkan data ikan dari Jetty Barefoot dan Jetty Utama untuk tahun 2023. Hasil untuk kedua lokasi secara relatif konsisten dengan satu sama lain, dengan angka rerata tinggi pada ikan kupu - kupu (butterflyfish) (7-8 ekor per transek 20m) dan jumlah yang lebih sedikit pada Haemulidae (sweetlips / kumpele) dan kakap (snapper) sebanyak ~1 ekor per transek 20m. Di Jetty Barefoot, jumlah butterflyfish telah bertambah semenjak tahun lalu (4 ekor per transek 20m di tahun 2022) sementara di Jetty Utama jumlah ikan tetap pada jumlah serupa dengan jumlah di tahun 2022. Karena kebanyakan butterflyfish merupakan corallivores wajib (hanya bisa makan karang), angka rerata tinggi merupakan suatu indikasi Kesehatan karang yang baik, yang menjadi salah satu alasan kami menghitung butterflyfish pada survei - survei ini. Sweetlips dan snapper sering menjadi sasaran dalam perikanan sehingga famili - famili ikan ini mengindikasikan level tekanan pemancingan di lokasi survei kami. Jumlah snapper dan sweetlips lebih tinggi dibandingkan dengan tahun sebelumnya, yang merupakan pertanda baik.



Gambar 35: Rerata jumlah ikan per transek 20m di Jetty Barefoot



7 Pemberdayaan Komunitas & Pendidikan

Pemberdayaan komunitas kami telah berkembang pada tahun 2023 dengan kunjungan mingguan ke sekolah Arborek dimulai pada bulan Juni. Saat ini, kami mengunjungi sekolah Arborek setiap hari Kamis pagi selama satu jam dimana kami membagi para sukarelawan dan anggota petugas menjadi tiga ruang kelas. Kurikulum utama yang diajarkan adalah Bahasa Inggris dengan tujuan untuk memperkaya dengan lebih baik kemampuan Bahasa Inggris dasar anak - anak. Namun, kita juga telah memadukan bahan pelajaran berdasar kelautan khususnya di hari - hari tertentu per tahunnya yang merayakan lautan kami. Hari - hari ini mencakup Hari Lautan Sedunia dan Hari Manta Sedunia. Pada Hari Manta Sedunia kami menjalankan Pelajaran interaktif yang menjelaskan peran manta dalam ekosistem, ancaman yang mereka hadapi dan cara kami dapat membantu melindungi mereka sebagai individu dan suatu komunitas.

Pada bulan September, kami bekerja sama dengan Child Aid Papua di Sawinggrai untuk juga memulai menyediakan Pelajaran Bahasa Inggris setiap minggunya. Child Aid Papua memiliki pelajaran - pelajaran berdasar kelautan kuat yang sudah dipadukan dalam kurikulum mereka. Dengan demikian, kami memadukan Pelajaran Bahasa Inggris kami dengan ilmu pengetahuan alam, mengajari anak - anak mengenai terumbu karang, pemutihan karang, manta dan ikan hiu. Kami juga menjalankan beberapa pelajaran praktikum dengan anak - anak menggunakan kartu CoralWatch dan menunjukkan mereka cara mereka bisa menggunakannya untuk memantau Kesehatan terumbu karang dan mengidentifikasi kemungkinan pemutihan karang.

Di tahun 2024 kami akan mengundang dua mahasiswa universitas setempat dari Universitas of Papua (UNIPA) yang sedang mempelajari Ilmu Pengetahuan Laut. Mereka akan menjalankan magang tiga bulan bersama kami dimana mereka akan menjalani proyek penelitian mereka sendiri sebagai bagian dari studi perkuliahan mereka.



Gambar 36: Kelas Bahasa Inggris digelar setiap hari Kamis di sekolah Arborek

Di tahun 2024 kami akan mengundang dua mahasiswa universitas setempat dari Universitas of Papua (UNIPA) yang sedang mempelajari Ilmu Pengetahuan Laut. Mereka akan menjalankan magang tiga bulan bersama kami dimana mereka akan menjalani proyek penelitian mereka sendiri sebagai bagian dari studi perkuliahan mereka. Selama masa magang mereka akan dibimbing oleh tim Peneliti kami dan mendapatkan sertifikasi selam SCUBA dan kualifikasi survei kesehatan karang. Kami berharap dapat menyediakan kesempatan magang ini setiap tahunnya bagi mahasiswa - mahasiswi UNIPA untuk memberdayakan kesempatan pelatihan selam dan konservasi bagi ilmuan laut setempat.



Gambar 37: Mengunjungi Child Aid Papua untuk mengajari ilmu pengetahuan laut dan Bahasa Inggris. Foto kelompok ini diambil se usai acara Hari Manta Sedunia



Gambar 38: Berbagai ilmu dengan siswa Child Aid Papua tentang pemutihan karang metodologi pemantauan selama acara pelatihan sains praktis khusus.



Gambar 39: Petugas sains Reyhan mengajar siswa Child Aid Papua tentang metodologi pemantauan cyanobacteria selama acara pelatihan sains praktis khusus.





Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada ibu Theodora Damarany sebagai pembina Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia yang telah mendukung kegiatan Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia dan mengurus perusahaan tiap harinya. Melewati rintangan dan mencari kesempatan untuk mengembangkan dampak positif kedepannya

Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada bapak Daud Mambrasar selaku ketua Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia dan Kepala desa Arborek yang mendukung secara positif kegiatan Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia

terimakasih kami ucapkan kepada Reyhan Arifin sebagai kepala penelitian ilmiah yayasan konservasi jejak kaki indonesia

tidak lupa kami sampaikan ucapan terimakasih kepada Badan layanan Umum Daerah Unit Pelaksana Teknis Dareah (BLUD UPTD) yang mengawasi serta menjadi rekan kegiatan Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia

Terimakasih juga kami turut sampaikan kepada staff operasional lapangan sebagai tulang punggung dari Yayasan Konservasi Jejak Kaki Indonesia yang tanpa mereka kegiatan harian tidak mungkin berjalan. Terimakasih kepada Pak Manto, Papa Ribka, Papa Klara, Sakarius, Maikel, Teni, dan Kelvin.

Kita sangat berantusias untuk melanjutkan kegiatan konservasi laut baik dalam kegiatan penelitiann dan mengembangkan pemberdayaan masyarakat untuk tahun 2024

terimakasih diberikan juga kepada:

- Badan Layanan Usaha Daerah Unit Pelaksana Teknis Daerah (BLUD UPTD) yang mengatur kawasan konservasi (KKP) area kepulauan Raja Ampat
- POKJA Manta - BLUD UPTD Raja Ampat, Konservasi Indonesia, Waisai
- Child Aid Papua, Desa Sawinggrai
- Masyarakat pulau Arborek
- Erika Gress
- NOAA, Reef Check Indonesia, CoralWatch dan tim peneliti pari Manta Raja Ampat
- Ratu Laut Liveboard, GaiaLove Liveboard, ScubaSpa Liveboard, Solitude Adventure Liveboard, Anne Bonny Liveboard dan Calicojack Liveboard

Referensi

Ahsin, A., Hartati, R., Sitorus, E.D., Azizah, H. and Endrawati, H., 2022. Oceanographic Factors on Coastal Aggregation of Reef Manta (*Mobula alfredi*) in The Manta Sandy, Raja Ampat, Indonesia. *Indonesian Journal of Marine Sciences/Ilmu Kelautan*, 27(4).

Albert S, O'Neil JM, Udy JW, Ahern KS, O'Sullivan CM, Dennison WC. Blooms of the cyanobacterium *Lyngbya majuscula* in coastal Queensland, Australia: disparate sites, common factors. *Mar Pollut Bull.* 2005;51(1-4):428-37. doi: 10.1016/j.marpolbul.2004.10.016. PMID: 15757741.

Baum, G., Januar, I., Ferse, S.C., Wild, C. and Kunzmann, A., 2016. Abundance and physiology of dominant soft corals linked to water quality in Jakarta Bay, Indonesia. *PeerJ*, 4, p.e2625.

Ceccarelli, D.M., McLeod, I.M., Boström-Einarsson, L., Bryan, S.E., Chartrand, K.M., Emslie, M.J., Gibbs, M.T., Gonzalez Rivero, M., Hein, M.Y., Heyward, A. and Kenyon, T.M., 2020. Substrate stabilisation and small structures in coral restoration: State of knowledge, and considerations for management and implementation. *PloS one*, 15(10), p.e0240846.

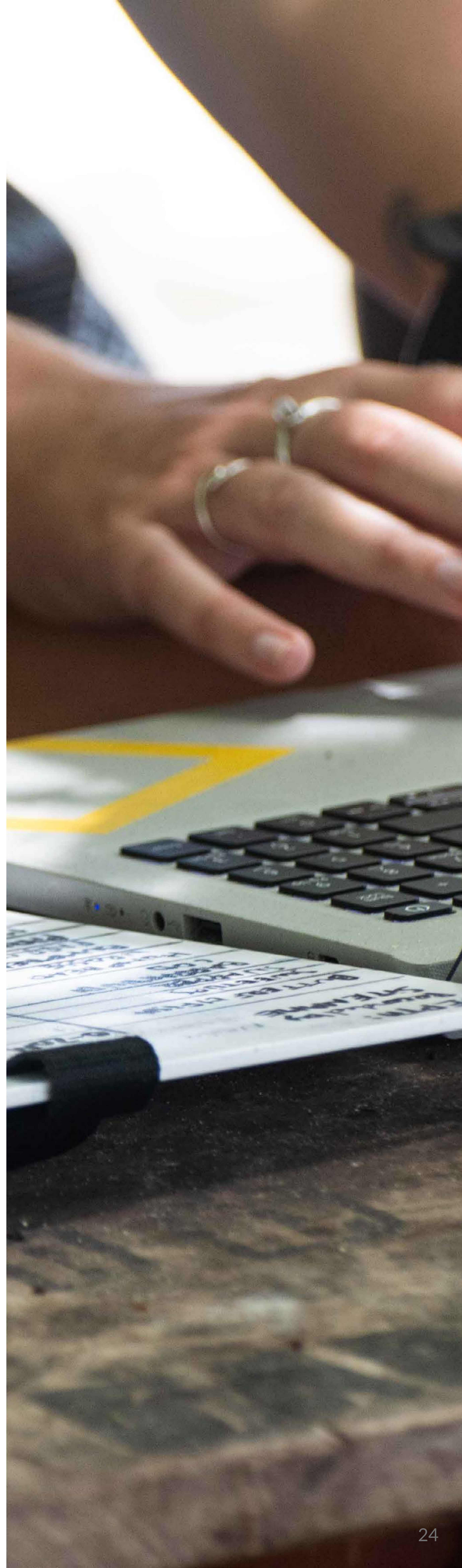
Charpy, L., Casareto, B.E., Langlade, M.J. and Suzuki, Y., 2012. Cyanobacteria in coral reef ecosystems: a review. *Journal of Marine Sciences*, 2012.

Ford AK, Bejarano S, Nugues MM, Visser PM, Albert S and Ferse SCA (2018) Reefs under Siege—the Rise, Putative Drivers, and Consequences of Benthic Cyanobacterial Mats. *Frontiers Marine Sciences* 5:18. doi: 10.3389/fmars.2018.00018

Harris, J.L., Hosegood, P., Robinson, E., Embling, C.B., Hilbourne, S. and Stevens, G.M. (2021). Fine-scale oceanographic drivers of reef manta ray (*Mobula alfredi*) visitation patterns at a feeding aggregation site. *Ecology and evolution*, 11(9), 4588-4604. <https://doi.org/10.1002/ece3.7357>.

Kuffner, I.B., Walters, L.J., Becerro, M.A., Paul, V.J., Ritson-Williams, R. and Beach, K.S., 2006. Inhibition of coral recruitment by macroalgae and cyanobacteria. *Marine Ecology Progress Series*, 323, pp.107-117.

Marshall, A.D., Bennett, M.B., Kodja, G., Hinojosa-Alvarez, S., Galvan-Magana, F., Harding, M., Stevens, G. and Kashiwagi, T., 2016. Manta birostris. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2011: e. T198921A9108067.





Marshall, A., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Herman, K., Jabado, R.W., Liu, K.M., Pacoureaux, N., Rigby, C.L., Romanov, E. & Sherley, R.B. (2019). *Mobula alfredi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019 e.T195459A68632178. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN>.

UK.2019-3.RLTS.T195459A68632178.en. (Accessed on 08 February 2024).

Paerl, H.W. and Otten, T.G., 2013. Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microbial ecology*, 65, pp.995-1010.

Richardson, A.J. (2008). In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 65(3), 279-295. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn028>

Setyawan, E., Erdmann, M., Gunadharma, N., Gunawan, T., Hasan, A., Izuan, M., Kasmidi, M., Lamatenggo, Y., Lewis, S., Maulana, N. and Mambrasar, R., 2022. A holistic approach to manta ray conservation in the Papuan Bird's Head Seascape: Resounding success, ongoing challenges. *Marine Policy*, 137, p.104953.

Setyawan, E., Erdmann, M.V., Lewis, S.A., Mambrasar, R., Hasan, A.W., Templeton, S., Beale, C.S., Sianipar, A.B., Shidqi, R., Heuschkel, H., Ambafen, O., Izuan, M., Prasetia, M.F., Azizah, H., Hidayat, I.N., Pada, D.N., Muljadi, A., Pilkington-Vincett, R., Dharmadi & Cerutti-Pereyra, F. (2020) Natural history of manta rays in the Bird's Head Seascape, Indonesia, with an analysis of the demography and spatial ecology of *Mobula alfredi* (Elasmobranchii: Mobulidae). *Journal of the Ocean Science Foundation*, 36, 49–83.

Yuanike, F.Y., Bengen, D.G., Dahuri, R. and Souhoka, J., 2023. The Strategy for the Effectiveness of Diving Ecotourism Management in the Conservation Area of the Dampier Strait Waters, Raja Ampat.

Zuccarello, P., Manganelli, M., Conti, G.O., Copat, C., Grasso, A., Cristaldi, A., De Angelis, G., Testai, E., Stefanelli, M., Vichi, S. and Fiore, M., 2021. Water quality and human health: A simple monitoring model of toxic cyanobacteria growth in highly variable Mediterranean hot dry environments. *Environmental Research*, 192, p.110291.