

Pengaruh Sedimentasi terhadap Tutupan Terumbu Karang di Perairan Arfai, Manokwari, Indonesia

Duaid Kolibongso^{1*}, Hermina Gloria Alfani¹, Frida A Loinenak¹, Luky Sembel¹,
Gandi Y. S. Purba^{1,2}

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua
²Program Magister Sumberdaya Akuatik, Program Pascasarjana, Universitas Papua
Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat 98314 Indonesia
Email: d.kolibongso@unipa.ac.id

Abstract

Effect of sedimentation to coral reef cover in Arfai Waters, Manokwari - Indonesia

Sedimentation adversely affects corals by impeding recruitment, hindering growth, and inducing stress, ultimately leading to degradation. This study aims to ascertain the correlation between sedimentation and coral cover. Five stations were sampled in Arfai waters in May 2023, with sedimentation rates measured using traps over 14 days. Coral reef conditions were assessed via the Point Intercept Transect (PIT) method, revealing a 'good' coral cover of 51%, dominated by *Acropora submassive* (ACS), *Acropora branching* (ACB), and *Coral branching* (CB). Sedimentation rates ranged from 6.26 to 33.92 mg/cm²/day, with impacts categorized from mild to moderate and moderate to heavy. Analysis confirms sedimentation's influence on coral reef life. Despite its significance for management strategies, long-term studies tracking coral reef structure and function in response to sediment influx are lacking. Further research on coral reef recovery post-sediment exposure is imperative.

Keywords: Arfai waters, coral cover, management actions, sedimentation

Abstrak

Sedimentasi memengaruhi karang dengan menghambat rekrutmen, menghambat pertumbuhan, dan menyebabkan stres, yang akhirnya menyebabkan degradasi. Studi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara sedimentasi dan tutupan karang. Lima stasiun diambil sampelnya di perairan Arfai pada Mei 2023, dengan tingkat sedimentasi diukur menggunakan perangkat selama 14 hari. Kondisi terumbu karang dinilai melalui metode Point Intercept Transect (PIT), yang mengungkapkan tutupan karang 'baik' sebesar 51%, didominasi oleh *Acropora submassive* (ACS), *Acropora branching* (ACB), dan *Coral branching* (CB). Tingkat sedimentasi berkisar dari 6,26 hingga 33,92 mg/cm²/hari, dengan dampak yang dikategorikan dari ringan hingga sedang dan sedang hingga berat. Analisis menegaskan pengaruh sedimentasi terhadap kehidupan terumbu karang. Meskipun penting untuk strategi pengelolaan, studi jangka panjang yang melacak struktur dan fungsi terumbu karang dalam menanggapi masukan sedimen masih kurang. Penelitian lebih lanjut tentang pemulihan terumbu karang setelah paparan sedimen sangat penting.

Kata kunci : sedimentasi, tutupan terumbu karang, perairan Arfai, tindakan pengelolaan

PENDAHULUAN

Terumbu karang adalah salah satu ekosistem yang paling terancam, karena sejarah panjang degradasi dan eksploitasi antropogenik (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007), serta kerentanan yang tidak proporsional terhadap efek yang muncul dari perubahan iklim global (Pratchett *et al.*, 2014). Dalam beberapa dekade terakhir, berbagai ancaman telah berkontribusi pada penurunan besar tutupan karang di seluruh dunia (Bruno *et al.*, 2007). Fenomena ini merupakan kombinasi dari berbagai faktor perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia dan gangguan alam (Bartley *et al.*, 2014; Coles & Jokiel, 2018; Ellis *et al.*, 2019; Risk, 2014; Wenger *et al.*, 2015). Dimana, dampak aktivitas manusia berkontribusi pada sebagian besar penurunan khususnya di negara berkembang, melalui faktor-faktor seperti sedimentasi, pengayaan nutrisi dan hilangnya habitat oleh penangkapan ikan yang merusak (Eddy *et al.*, 2021; Heery *et al.*, 2018). (Souter *et al.*, 2021) melaporkan antara 2009 dan 2018 telah terjadi penurunan karang secara global dengan hilangnya 14% karang di seluruh dunia. Di Indonesia, (van der Meij *et al.*, 2010) kerentanan terumbu karang juga telah dilaporkan, dimana status pulau-pulau besar di Indonesia mendokumentasikan degradasi lingkungan akibat polusi dan

kegiatan di darat (Farhan & Lim, 2010). (Hadi *et al.*, 2020) melaporkan bahwa kondisi terumbu karang diketahui hanya 6,82% yang berada dalam kondisi sangat baik dan sisanya dalam kondisi baik hingga buruk yang utamanya diakibatkan oleh perubahan kondisi lingkungan dan aktivitas manusia.

Terumbu karang umumnya tumbuh di perairan yang relatif jernih dan bersifat oligotrofik. Praktik pembukaan lahan untuk pembangunan, perkotaan, pariwisata, dan pertanian biasanya menyebabkan perubahan signifikan dalam kuantitas dan kualitas limpasan sedimen yang dikirim ke wilayah pesisir dan terumbu karang (Burke *et al.*, 2011). Di daerah yang mengalami sedimentasi tinggi akibat pembukaan lahan di daratan telah terbukti mengurangi penetrasi sinar matahari ke perairan untuk proses fotosintesis, menghambat recruitment, menghambat pertumbuhan dan menyebabkan stress dan kematian pada berbagai jenis karang (Bégin *et al.*, 2016; Duckworth *et al.*, 2017; Miller *et al.*, 2016; Risk, 2014). Mengurangi *run-off* dari daratan, mungkin merupakan strategi pengelolaan yang baik untuk meningkatkan tutupan karang, atau setidaknya mengurangi laju kehilangannya. Beberapa penelitian sebelumnya di Indonesia telah menunjukkan hubungan antara sedimentasi dalam mempengaruhi ekosistem terumbu karang; Teluk Lampung (Barus *et al.*, 2018); Teluk Kendari (Subhan & Afu, 2018); Bintang Timur (Adriman *et al.*, 2013).

Dalam penelitian ini, kami menganalisis keterkaitan antara laju sedimentasi terhadap tutupan terumbu karang. Kami fokus pada terumbu karang di perairan Arfai, sebuah area di Teluk Doreri, yang berisiko tinggi mengalami percepatan erosi karena menjadi area berkembang berdasarkan rencana tata ruang pembangunan daerah Kabupaten Manokwari. Berikutnya, area ini memiliki beberapa sungai kecil dan besar, dengan tingkat curah hujan tinggi (Azzahra *et al.*, 2023), dimana semuanya dapat berkontribusi dalam meningkatkan *run-off* sedimen ke perairan. Penelitian sebelumnya, di lokasi sekitar juga menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan terumbu karang, diantaranya: Rendani (Wanma *et al.*, 2022); Pulau Lemon (Algutomo *et al.*, 2022). Namun, secara khusus penelitian-penelitian tersebut belum mengkaji secara jelas faktor yang mempengaruhi kehidupan terumbu karang dimana salah satunya, yaitu sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sedimentasi terhadap penurunan tutupan terumbu karang. Untuk mengevaluasi tekanan sedimen, kami melihat hubungan antara laju sedimentasi dengan tutupan terumbu karang. Manfaat penelitian diharapkan sebagai bahan masukan untuk mengkaji dan mengevaluasi pengelolaan ekosistem terumbu karang secara berkelanjutan di perairan Arfai.

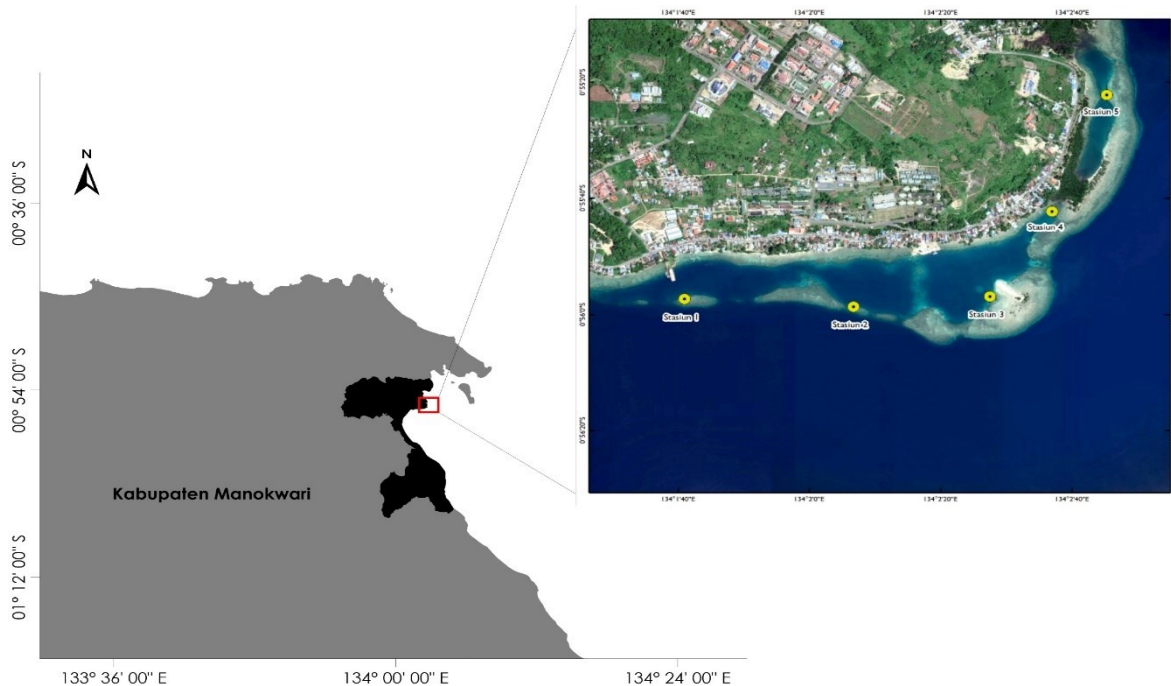
MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei 2023 di perairan Arfai, Distrik Manokwari Selatan, Kabupaten Manokwari. Pengamatan dilakukan pada 5 stasiun (Gambar 1). Penentuan stasiun dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan survei awal dengan *diving* yang bertujuan agar memperoleh gambaran sebaran karang di perairan Arfai dan kondisi fisik lingkungan terkait sumber sedimen.

Laju sedimentasi diukur dengan alat *sediment trap*. Tabung *sediment trap* yang digunakan adalah pipa PVC dengan ukuran diameter 5 cm dan tinggi 11.5 cm, pada bagian atas memiliki sekat-sekat penutup. Bagian bawah tabung *sediment trap* ditutupi oleh semen yang sekalian berperan sebagai pemberat pada alat *sediment trap* agar tidak hanyut. Tabung *sediment trap* diletakkan diantara terumbu karang yang akan diamati pada tiap stasiun dan dipasang pelampung pada tiap lokasi pemasangan tabung *sediment trap* sebagai penanda lokasi. *Sediment trap* diletakkan selama 14 hari. Peletakan ini bertujuan untuk menangkap sedimen yang terdeposisi pada terumbu karang. Perhitungan laju sedimentasi dihitung berdasarkan persamaan (Barus *et al.*, 2018):

$$LS = \frac{\pi \times r \times r \times BS}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana LS adalah laju sedimentasi (mg/cm²/hari), π = 3.14, r adalah jari-jari dari *sediment trap* (cm), dan BS adalah berat sedimen (gr).



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Data

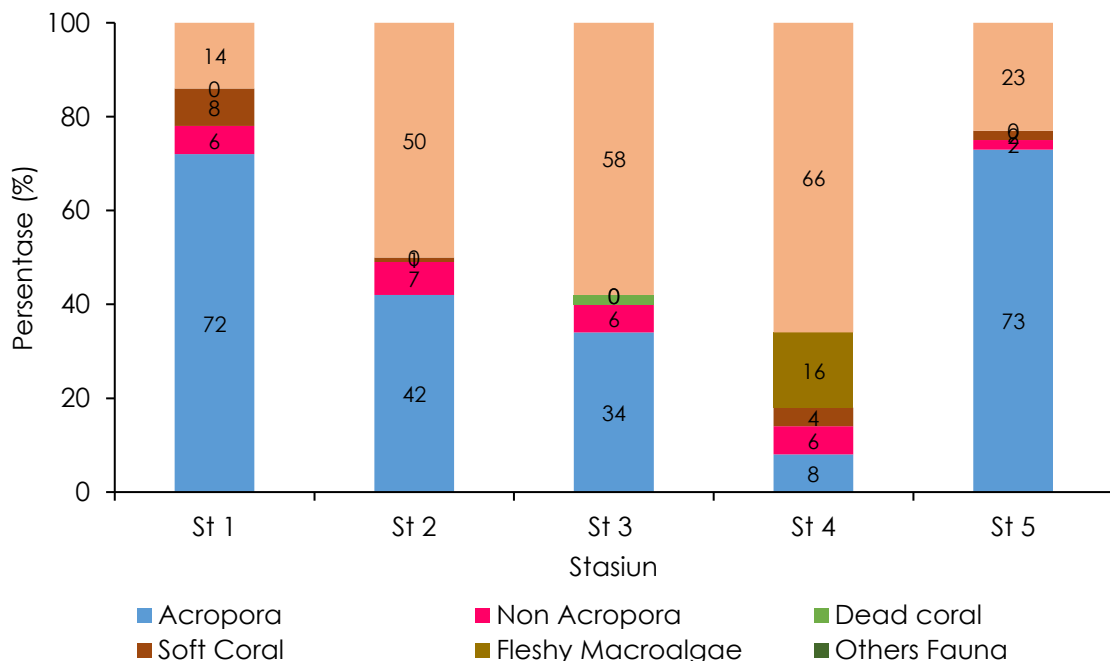
Pengamatan terumbu karang menggunakan metode *Point Intercept Transect* (PIT). Metode PIT merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk memantau kondisi karang hidup dan biota pendukung lainnya di suatu lokasi terumbu karang dengan cara yang mudah dan dalam waktu yang cepat (Wilkinson *et al.*, 2003). Pengamatan dilakukan dengan membentangkan pita ukur (garis transek) sepanjang 50 m yang ditarik secara horizontal (sejajar dengan garis pantai) di setiap titik stasiun pengamatan. Pengamatan dilakukan di sepanjang garis transek dengan mencatat semua kategori bentuk pertumbuhan (*lifeform*) setiap jarak 0,5 m dengan tiga kali pengulangan. Persentase tutupan karang khususnya bentuk kehidupan, dikategorikan dengan mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 04/2001; (Gomez & Yap, 1988), yaitu persentase 0-24,9% (jelek), 25-49,9% (cukup), 50-74,9% (bagus), dan 75-100% (sangat bagus). Analisis hubungan antara laju sedimentasi dengan tutupan terumbu karang, dilakukan dengan uji analisis regresi (Barus *et al.*, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

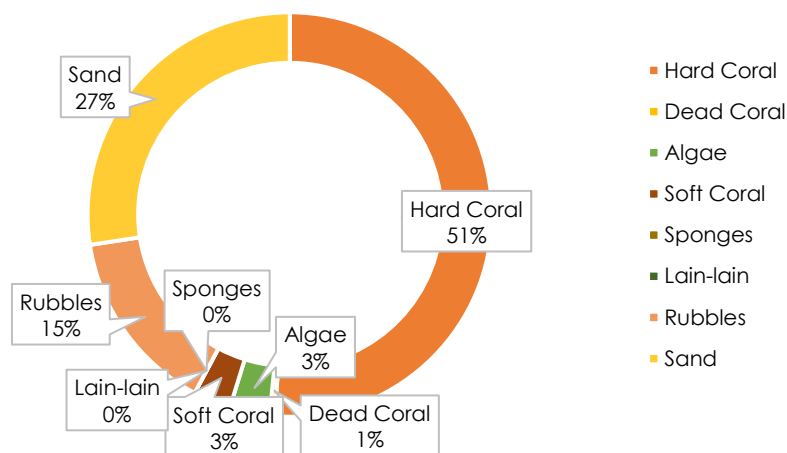
Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase tutupan karang hidup di ekosistem terumbu karang perairan Arfai pada kelima stasiun memiliki nilai antara 14-78% dengan kategori buruk hingga bagus. Berdasarkan hasil pengamatan, stasiun 1 dan 5 memiliki persentase paling tinggi sebesar 75% dan 78% dan persentase tutupan terendah pada stasiun 4 sebesar hanya 14% (Gambar 2). Pada stasiun 2, 3, dan 4 terlihat memiliki kesamaan yaitu tutupan substrat dasar lebih didominasi oleh *Abiotik* dibandingkan karang hidup. Hal ini diduga dipengaruhi oleh kondisi fisik lingkungan dan aktivitas masyarakat sekitar seperti berwisata, menangkap ikan, dan menambatkan perahu. Stasiun 2 dan 3 yang berada di sisi barat pulau Raimuti yang merupakan spot wisata yang sering dikunjungi wisatawan lokal. Pada saat surut terendah, karang di lokasi ini biasanya tersingkap yang mengakibatkan karang-karang terinjak oleh wisatawan maupun nelayan yang memanfaatkan untuk mencari ikan. Sementara, stasiun 4 terletak berada dekat dengan daratan, dengan jarak ± 20 meter. Tekanan dari daratan yang dekat dengan sumber sedimentasi dibawa oleh sungai atau aliran permukaan saat hujan, yang kemudian membawa material dari daratan. Sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dari daratan menyebabkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi sinar

matahari ke dalam kolom air. Selain itu, masyarakat sekitar sering menangkap ikan menggunakan alat tangkap jaring dasar sehingga menyebabkan karang menjadi rusak dan aktivitas nelayan yang membuang jangkar saat menambatkan perahunya juga yang menyebabkan karang menjadi rusak. Hal ini kemudian dapat dilihat dari tingginya patahan karang (*rubble*) yang ditemukan pada ketiga lokasi. (Barus *et al.*, 2018) sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dari daratan menyebabkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam kolom air, selanjutnya sedimen tersebut akan mengendap dan menutupi polip karang sehingga menyebabkan kematian pada karang. Berikutnya, tingginya persentase tutupan karang hidup di stasiun 1 dan 5 berkaitan dengan *areal exposure* dari aktivitas dari masyarakat maupun letak lokasi. Kedua stasiun merupakan lokasi yang memiliki arus yang kuat dan cukup dalam sehingga menguntungkan bagi karang untuk memperoleh makanan dan oksigen serta membantu menghalangi pengendapan sedimen.

Secara umum, kondisi terumbu karang di perairan Arfai berada dalam kategori 'baik' dengan kondisi presentase tutupan karang batu (*hard coral*) sebesar 51% (Gambar 3). Nugraha *et al.*, (2016) menyatakan ekosistem terumbu karang dapat dikatakan bagus kondisinya apabila persentase penutupan karang hidup lebih besar daripada persentase penutupan abiotiknya. Tingginya persen penutupan karang keras merupakan indikasi ekosistem terumbu karang termasuk kategori baik. Selanjutnya, diikuti dengan penutupan bentik pasir (*Sand*) dengan persentase sebesar 27%. Perairan Arfai memiliki karakteristik substrat yang didominasi substrat berpasir. Hal ini tentu merupakan ancaman bagi kesehatan karang, partikel dari pasir berpotensi menutup polip karang ketika terjadi pengadukan dasar perairan oleh gelombang, arus, atau badai. Di samping itu, peningkatan pasir pada perairan juga menjadi pemicu bagi meledaknya alga pada substrat perairan, sehingga mengurangi keberhasilan penempelan juvenile karang pada substrat (Birrell *et al.*, 2005). Penutupan bentik patahan karang (*Rubble*) pada lokasi penelitian memiliki nilai yang cukup besar setelah pasir dengan persentase sebesar 15%, diduga disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penangkapan ikan menggunakan alat tangkap destruktif yang merusak terumbu karang sehingga menyebabkan karang menjadi patah dan juga aktivitas perahu nelayan yang membuang jangkar pada daerah terumbu karang. Kondisi terumbu karang di perairan Arfai dibandingkan dengan beberapa lokasi lain di Kabupaten Manokwari; di Rendani tutupan karang sebesar 54,7% (Wanma *et al.*, 2022); Pulau Lemon tutupan karang sebesar 45,8% (Algutomo *et al.*, 2022).



Gambar 2. Persentase tutupan substrat dasar per stasiun



Gambar 3. Rata-rata persen tutupan substrat dasar di perairan Arfai

Bentuk *lifeform* karang yang ditemukan sebanyak delapan bentuk dengan jumlah total 256 (Tabel 1). Bentuk *lifeform* karang tertentu mampu mendominasi pada suatu jenis habitat, dimana sangat tergantung dari kondisi lingkungan (Daniel & Santosa, 2013). Berbagai morfologi bentuk koloni karang menunjukkan kompleksitas fisik yang mencirikan ekosistem terumbu karang (Saptarini *et al.*, 2017). Secara umum, *lifeform* karang yang ditemukan adalah bentuk submassive dan bercabang. Bentuk karang *Acropora submassive* (ACS) dengan persentase sebesar 65,6%, diikuti karang *Acropora branching* (ACB) 23%, dan karang *Coral branching* (CB) sebesar 5,9%, merupakan tiga besar bentuk karang yang mendominasi di perairan Arfai. (Huston, 1985) karang bentuk masif dan submassive merupakan bentuk yang dominan pada lingkungan yang mengalami tekanan. Karang *Acropora* memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat bila dibandingkan bentuk karang lainnya. Selain itu, karang dengan bentuk koloni bercabang memiliki tingkat pertumbuhan dan pemulihan yang cepat. Jenis karang bercabang dapat membentuk koloni baru dari hasil patahan selama pengaruh kualitas air mendukung. Berikutnya, karang bercabang juga biasanya ditemukan pada lokasi yang memiliki arus lemah (Tanto *et al.*, 2021).

Laju sedimentasi di lokasi penelitian berkisar antara 6,26 – 33,92 mg/cm²/hari dengan rata-rata 18,11 mg/cm²/hari (Tabel 2). Nilai tersebut menurut kategori (Pastorok & Bilyard, 1985) memiliki dampak sedang hingga berat terhadap terumbu karang. Tingginya laju sedimentasi di perairan diakibatkan karena rendahnya kecepatan arus, sehingga partikel tersuspensi cenderung akan mulai mengendap menuju dasar perairan (Balasubramanian *et al.*, 2020). Laju sedimentasi paling tinggi ditemukan pada Stasiun 2 dan 3, masing-masing sebesar 33,92 mg/cm²/hari dan 21,62 mg/cm²/hari. Tingginya laju sedimentasi diduga berkaitan dengan kedalaman dan faktor fisik lokasi. Kedua stasiun terletak berdekatan dengan pulau Raimuti dan merupakan tempat pecahnya gelombang sebelum mencapai daratan. Berikutnya, kedalaman perairan di kedua lokasi yang juga relatif dangkal saat air surut. (Nikita *et al.*, 2021) menyatakan pada daerah tempat pecahnya gelombang terjadi sedimentasi yang tinggi dikarenakan terjadi adukan pada kolom air sehingga partikel substrat dasar perairan naik ke kolom air. Ditambahkan, (Usman & Silalahi, 2009) menyatakan pada perairan yang dangkal, gelombang menjadi non-linier yang mengakibatkan pergerakan partikel dan mentransport sedimen yang menjadi penyebab kekeruhan. Partikel sedimen yang berukuran kecil akan terbawa oleh gelombang dan membuat kondisi perairan menjadi keruh. Laju sedimentasi paling rendah ditemukan pada stasiun 5 sebesar 6,26 mg/cm²/hari. Kondisi ini diduga berkaitan dengan letak lokasi ini yang berada di daerah yang dikelilingi oleh ekosistem mangrove. Kami menduga limpasan yang berasal dari daratan lebih dulu tertahan oleh mangrove sebelum mencapai terumbu karang. Berikutnya, aksi gelombang dan arus yang biasanya mengaduk dasar

perairan terendam oleh keberadaan mangrove. Keberadaan mangrove dapat mengurangi energi gelombang dan memperlambat aliran arus sehingga mengurangi kapasitas air untuk mengendapkan sedimen (Asari *et al.*, 2021). Namun, secara umum, laju sedimentasi juga disebabkan oleh tingkat curah hujan, pada saat musim hujan debit air sungai semakin tinggi membawa partikel sedimen masuk ke perairan laut. (Han *et al.*, 2019) yang mengatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi laju sedimentasi pada daerah aliran sungai adalah jumlah dan intensitas curah hujan. Berikutnya, cepat lambatnya akumulasi sedimen di perairan juga di tentukan oleh ukuran butiran sedimen. Sayangnya dalam penelitian ini kami tidak menganalisis ukuran butiran sedimen. Sedimen dengan ukuran butiran halus memiliki kecenderungan lebih lama untuk terendapkan dibandingkan dengan sedimen ukuran kasar (Kolibongso *et al.*, 2017). (Duckworth *et al.*, 2017) dalam eksperimennya menemukan bahwa partikel halus cenderung cepat mengendap dibawah gaya gravitasi ketika tidak ada energi (aliran air), dimana dalam 3 jam pertama 'hanya' sebanyak 50% sedimen tersuspensi mengendap pada karang, dan mayoritas (99%) telah mengendap dalam 20 jam. Tingkat pengendapan sangat di pengaruhi oleh aliran air dengan pengendapan akan lebih lambat terjadi pada aliran air yang tinggi.

Hubungan antara laju sedimentasi dan tutupan terumbu karang dilakukan dengan analisis regresi (Gambar 4). Persamaan model regresi $Y = 70,732 - 2,157X$, dengan nilai $t_{hitung} 2.294 < t_{tabel} 4.032$. Uji regresi menunjukan adanya keterkaitan antara laju sedimentasi terhadap tutupan karang dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0.429 dan nilai koefisien determinasi ($R\ square$) sebesar 0.184, dimana mengandung pengertian bahwa pengaruh laju sedimentasi terhadap tutupan karang adalah sebesar 18.4%, dengan taraf signifikansi $p > 0.05$. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin rendah laju sedimentasi di perairan akan memberikan pengaruh terhadap semakin tingginya tutupan karang. Kondisi ini kemudian terlihat dari nilai laju sedimentasi yang ditemukan rendah pada stasiun 1 dan 5 menunjukkan tutupan terumbu karang tertinggi. (Barus *et al.*, 2018); (Subhan & Afu, 2018); dan (Adriman *et al.*, 2013) juga dalam penelitiannya melaporkan bahwa semakin tinggi laju sedimentasi akan memberikan pengaruh terhadap menurunnya tutupan terumbu karang di perairan. Sedimen yang terbawa aliran sungai dari daratan akan menyebabkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam kolom perairan. Selain itu, sedimen

Tabel 1. Jumlah dan persentase bentuk pertumbuhan karang di perairan Arfai

No.	Bentuk Pertumbuhan		Jumlah Bentuk Pertumbuhan	Persentase Bentuk Pertumbuhan
		Kode		
	Submassive	ACS	168	65,6
	Branching	ACB	59	23
	Branching	CB	15	5,9
	Massive	CS	5	2
	Mushroom	CMR	4	1,6
	Foliose	CF	2	0,8
	Tabular	ACT	2	0,8
	Millepora	CME	1	0,4
	Total		256	

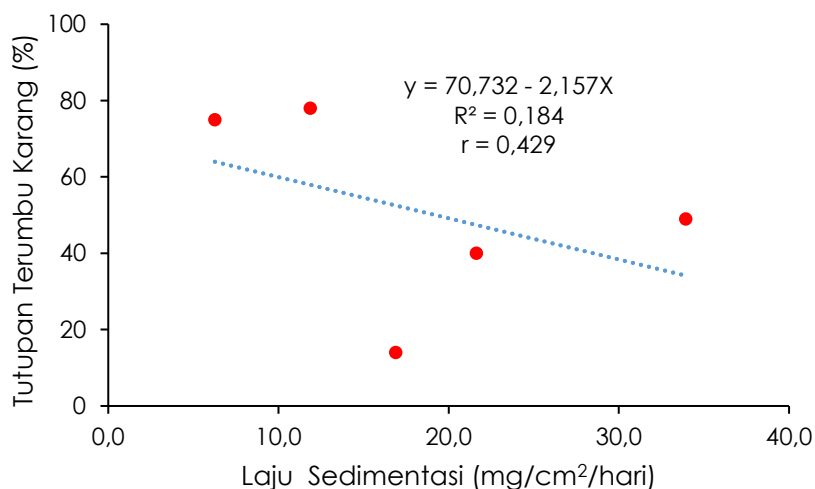
Tabel 2. Laju sedimentasi pada setiap stasiun pengamatan

Stasiun	Laju Sedimentasi (mg/cm ² /hari)	Tingkat Dampak	Kategori (Pastorok & Bilyard, 1985)
1	11,87	Sedang hingga berat	10-50
2	33,92	Sedang hingga berat	10-50
3	21,62	Sedang hingga berat	10-50
4	16,89	Sedang hingga berat	10-50
5	6,26	Ringan hingga sedang	0-10

tersebut akan mengendap dan menutupi polip karang sehingga dapat menyebabkan kematian pada karang. Terumbu karang sejatinya memiliki mekanisme pertahanan diri saat polipnya ditutupi sedimen yaitu dengan memproduksi lendir (*mucus*). Namun, kondisi tersebut dapat memberikan dampak berupa stress terhadap terumbu karang karena dapat menghalangi proses makan dari karang itu sendiri dan energi besar yang dikeluarkan. Jika kondisi ini berlangsung terus menerus pada akhirnya akan mengakibatkan perlambatan laju pertumbuhan serta mengurangi ketersediaan energi dalam proses reproduksi yang pada akhirnya karang akan mengalami pemutihan (*bleaching*). Penimbunan sedimen di koloni karang akan menyebabkan karang membutuhkan energi yang besar untuk membersihkannya, sehingga energi yang harusnya digunakan untuk proses fisiologis dialihkan untuk membersihkan diri dari sedimen yang menutupinya (Subhan & Afu, 2018). Ditambahkan, (Rogers & Ramos-Scharrón, 2022) menyatakan karang memiliki mekanisme untuk mengatasi pengendapan sedimen pada polip, namun hal ini membutuhkan pengeluaran energi yang dapat digunakan untuk pertumbuhan dan fungsi lainnya sehingga akan berdampak terhadap kehidupan karang. Beberapa penelitian menggambarkan manipulasi eksperimental terhadap sedimen dari darat dan laut di lapangan atau di laboratorium dengan fokus paparan jangka pendek (beberapa hari) untuk mengetahui efek akut (Weber *et al.*, 2006). Dalam studi laboratorium, dari 26 spesies karang yang ditemukan di Florida, (Hubbard & Pocock, 1972) menguji kemampuan penolakan terhadap sedimen setelah diberikan sedimen berukuran antara 62 hingga 2.000 mm. Semua spesies mampu menolak sedimen ukuran lumpur dan sebagian mampu menolak semua ukuran. Penelitian lain oleh (Erftemeijer *et al.*, 2012) menyajikan sintesis data lapangan dan laboratorium tentang sensitivitas spesies karang terhadap sedimentasi. Dalam penelitian ini mereka menetapkan skor (yang sebenarnya tidak disediakan) untuk setiap spesies mulai dari sangat toleran hingga sangat sensitive, tidak hanya paparan dalam materi tersuspensi dan masukan sedimen ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{hari}$) tetapi juga durasi pemaparan, dan menemukan hubungan yang signifikan antara sensitivitas dengan bentuk pertumbuhan. Karang bercabang biasanya lebih toleran dan kurang terpengaruh dengan sedimentasi dibandingkan karang bentuk masif.

Sedimen saat memasuki lingkungan laut, sedimen akan mengendap langsung ke terumbu karang dan organisme lainnya atau berada dalam bentuk tersuspensi, dimana hal ini akan mengurangi penetrasi cahaya yang dibutuhkan untuk fotosintesis, pertumbuhan dan kalsifikasi karang. Karakteristik sedimen, diantaranya ukuran partikel, warna, dan mineralogi yang dikandung akan menentukan dinamika pengendapan atau suspensi dan kemampuan meredam penetrasi cahaya (Storlazzi *et al.*, 2015). Ukuran partikel kasar ($> 2 \text{ mm}$) biasanya akan mengendap di bagian bawah dapat berpengaruh dalam mengikis karang saat adanya energi gelombang tinggi (Jones *et al.*, 2016). Sementara, ukuran partikel halus ($< 0.063 \text{ mm}$) cenderung berada dalam bentuk tersuspensi dan bertahan lama di dalam kolom air (Storlazzi *et al.*, 2009) yang kemudian berpengaruh dalam mengurangi penetrasi cahaya (Torres-Pérez *et al.*, 2021). Partikel sedimen halus yang mengendap di karang juga dapat meningkatkan aktivitas bakteri pada jaringan karang (Risk & Edinger, 2011) yang menjadikan karang terekspos pada larutan terlarut seperti, logam berat dan kontaminan lain seperti pestisida yang menempel pada mineral tanah liat. Meskipun ada beberapa bukti bahwa spesies karang memiliki toleransi/kepekaan yang berbeda terhadap sedimen yang terendapkan atau tersuspensi, namun saat ini tidak ada hierarki yang terdefinisi dengan baik untuk respons spesies karang terhadap akumulasi sedimen atau penurunan penetrasi cahaya ke perairan (Rogers & Ramos-Scharrón, 2022). Kerentanan atau resistensi terhadap sedimen dapat bervariasi untuk setiap spesies dan berbeda tergantung pada lokasi terumbu karang (yaitu kedekatan dengan pantai, kedalaman, aksi gelombang, dan lain-lain) dan kondisi lingkungan. Namun, penurunan besar dalam komposisi koloni karang dapat menunjukkan adanya perubahan besar faktor lingkungan, seperti penurunan kualitas air (Cramer *et al.*, 2021).

Sedimen dalam jumlah besar (diendapkan atau tersuspensi di kolom air) menyebabkan efek merugikan pada koloni karang. Beberapa penelitian telah menunjukkan keterkaitan antara dugaan (bukan pengukuran) paparan sedimen dengan tutupan karang, rekrutmen yang lebih rendah, dan lebih banyak kematian. Namun, menetapkan berapa banyak 'jumlah' sedimen yang dapat menyebabkan dampak buruk pada struktur dan fungsi, baik dari perspektif darat dan laut sulit



Gambar 4. Hubungan laju sedimentasi dengan tutupan terumbu karang

dilakukan. Daerah aliran sungai dan terumbu karang tidak umum dipelajari sebagai suatu sistem yang terhubung secara bersamaan, utamanya di Indonesia. Tidak ada penelitian komprehensif jangka panjang, sebelum, selama dan setelah studi tentang dampak peningkatan atau penurunan debit sedimen dari darat pada struktur dan fungsi terumbu karang Indonesia yang di publikasikan. Demikian juga, belum ada analisis mendalam tentang perubahan kualitas air atau tingkat sedimentasi dan perbaikan struktur terumbu karang yang dihasilkan dari pengelolaan daerah aliran sungai.

KESIMPULAN

Kondisi terumbu karang di perairan Arfai saat ini dinilai 'baik' dengan persentase sebesar 51%. Tiga bentuk pertumbuhan karang yang mendominasi adalah *Acropora submassive* (ACS), *Acropora branching* (ACB), dan *Coral branching* (CB). Laju sedimentasi berkisar antara 6,26-33,92 mg/cm²/hari dengan rata-rata 18,11 mg/cm²/hari, yang berkaitan dengan tutupan terumbu karang. Semakin rendah laju sedimentasi, semakin tinggi tutupan karang. Pemahaman tentang karakteristik sedimen dapat menjelaskan efek paparan dan dampak sedimentasi terhadap komunitas terumbu karang. Diperlukan studi jangka panjang yang mengukur perubahan struktur dan fungsi terumbu karang akibat masukan sedimen serta pemulihan terumbu karang setelah terpapar sedimen. Hal ini penting untuk merumuskan tindakan pengelolaan selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh hibah penelitian Nomor. SP-145/UN42/PG/2023 yang diberikan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Papua (UNIPA). Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Oseanografi dan Lingkungan Perairan untuk izin menggunakan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriman, Purbayanto, A., Budiharso, S., & Damar, A. (2013). Pengaruh Sedimentasi Terhadap Terumbu Karang di Kawasan Konservasi Laut Daerah Bintang Timur Kepulauan Riau. *Berkala Perikanan Terubuk*, 41(1), 90–101.
- Algutomo, D., Tapilatu, R.F., & Kusuma, A.B. (2022). Visualization of Coral Reef Cover with Photogrammetry Method at Coastal Waters of Lemon Island, Manokwari, INDONESIA. *Ecology, Environment and Conservation (EEC)*, 28, 85–92.

- Asari, N., Suratman, M.N., Mohd Ayob, N.A., & Abdul Hamid, N.H. (2021). Mangrove as a natural barrier to environmental risks and coastal protection. *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*, 305–322.
- Azzahra, A., Oktaviana, P.P., & Atok, R.M. (2023). Extreme Rainfall Analysis Of The West Papua Province Using Schlather's Model Of Max Stable Process. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 20(1), 152–163. doi: 10.20956/j.v20i1.27433
- Balasubramanian, S.V, Pahlevan, N., Smith, B., Binding, C., Schalles, J., Loisel, H., Gurlin, D., Greb, S., Alikas, K., Randra, M., & Bunkei, M. (2020). Robust algorithm for estimating total suspended solids (TSS) in inland and nearshore coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 246, 111768.
- Bartley, R., Bainbridge, Z.T., Lewis, S.E., Kroon, F. J., Wilkinson, S.N., Brodie, J.E., & Silburn, D.M. (2014). Relating sediment impacts on coral reefs to watershed sources, processes and management: A review. *Science of The Total Environment*, 468–469, 1138–1153. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.09.030
- Barus, B. S., Prartono, T., & Soedarma, D. (2018). Keterkaitan Sedimentasi Dengan Persen Tutupan Terumbu Karang Di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 49–57. doi: 10.29244/jitkt.v10i1.18719
- Bégin, C., Schelten, C.K., Nuges, M.M., Hawkins, J., Roberts, C., & Côté, I.M. (2016). Effects of protection and sediment stress on coral reefs in Saint Lucia. *PLoS One*, 11(2), e0146855.
- Birrell, C.L., McCook, L.J., & Willis, B.L. (2005). Effects of algal turfs and sediment on coral settlement. *Marine Pollution Bulletin*, 51(1–4), 408–414. doi: 10.1016/j.marpolbul.2004.10.022
- Bruno, J.F., Selig, E.R., Casey, K.S., Page, C.A., Willis, B. L., Harvell, C.D., Sweatman, H., & Melendy, A. M. (2007). Thermal stress and coral cover as drivers of coral disease outbreaks. *PLoS Biology*, 5(6), e124–e124. doi: 10.1371/journal.pbio.0050124
- Burke, L., Reyntar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). Reefs at risk revisited: technical notes on modeling threats to the world's coral reefs. Washington, DC: World Resources Institute.
- Coles, S. L., & Jokiel, P. L. (2018). Effects of Salinity on Coral Reefs. In *Pollution in Tropical Aquatic Systems* (pp. 147–166). CRC Press. doi: 10.1201/9781351075879-6
- Cramer, K.L., Donovan, M.K., Jackson, J.B.C., Greenstein, B.J., Korpanty, C.A., Cook, G.M., & Pandolfi, J. M. (2021). The transformation of Caribbean coral communities since humans. *Ecology and Evolution*, 11(15), 10098–10118. doi: 10.1002/ece3.7808
- Daniel, D., & Santosa, L.W. (2013). Karakteristik oseanografis dan pengaruhnya terhadap distribusi dan tutupan terumbu karang di wilayah Gugusan Pulau Pari, Kabupaten Kep. Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 3(2).
- Duckworth, A., Giofre, N., & Jones, R. (2017). Coral morphology and sedimentation. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1–2), 289–300. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.08.036
- Eddy, T.D., Lam, V.W.Y., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A.M., Greer, K., Palomares, M.L.D., Bruno, J.F., Ota, Y., & Cheung, W.W.L. (2021). Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth*, 4(9), 1278–1285. doi: 10.1016/j.oneear.2021.08.016
- Ellis, J. I., Jamil, T., Anlauf, H., Coker, D. J., Curdia, J., Hewitt, J., Jones, B. H., Krokos, G., Kürten, B., Hariprasad, D., Roth, F., Carvalho, S., & Hoteit, I. (2019). Multiple stressor effects on coral reef ecosystems. *Global Change Biology*, 25(12), 4131–4146. doi: 10.1111/gcb.14819
- Erftemeijer, P.L.A., Riegl, B., Hoeksema, B.W., & Todd, P.A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9), 1737–1765.
- Farhan, A.R., & Lim, S. (2010). Integrated coastal zone management towards Indonesia global ocean observing system (INA-GOOS): Review and recommendation. *Ocean & Coastal Management*, 53(8), 421–427. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2010.06.015
- Gomes, E.D., & Yap, H.T. (1988). *Monitoring Reef Condition In Coral Reefs Management Hand Book*. Jakarta. Unisco Regional Office For Science.
- Hadi, T.A., Abrar, M., Giyanto, B.P., Johan, O., Budiyanoto, A., Dzumalek, A.R., Alifatri, L.O., Sulha, S., & Suharsono. (2020). The status of Indonesian coral reefs 2019. In *Research Center for Oceanography-Indonesian Institute of Sciences, Jakarta*.
- Han, J., Gao, J., & Luo, H. (2019). Changes and implications of the relationship between rainfall, runoff and sediment load in the Wuding River basin on the Chinese Loess Plateau. *Catena*, 175, 228–235.
- Heery, E.C., Hoeksema, B.W., Browne, N.K., Reimer, J.D., Ang, P.O., Huang, D., Friess, D.A., Chou, L.M., Loke, L.H.L., Saksena-Taylor, P., Alsagoff, N., Yeemin, T., Sutthacheep, M., Vo, S.T., Bos, A.R.,

- Gumanao, G.S., Syed Hussein, M.A., Waheed, Z., Lane, D.J.W., ... Todd, P.A. (2018). Urban coral reefs: Degradation and resilience of hard coral assemblages in coastal cities of East and Southeast Asia. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 654–681. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.07.041
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A., & Hatziolos, M.E. (2007). Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science*, 318(5857), 1737–1742. doi: 10.1126/science.1152509
- Hubbard, J.A.E.B., & Pocock, Y.P. (1972). Sediment rejection by recent scleractinian corals: a key to palaeo-environmental reconstruction. *Geologische Rundschau*, 61, 598–626.
- Huston, M. (1985). Variation in coral growth rates with depth at Discovery Bay, Jamaica. *Coral Reefs*, 4, 19–25.
- Jones, R., Bessell-Browne, P., Fisher, R., Klonowski, W., & Slivkoff, M. (2016). Assessing the impacts of sediments from dredging on corals. *Marine Pollution Bulletin*, 102(1), 9–29. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.10.049
- Miller, M.W., Karazsia, J., Groves, C.E., Griffin, S., Moore, T., Wilber, P., & Gregg, K. (2016). Detecting sedimentation impacts to coral reefs resulting from dredging the Port of Miami, Florida USA. *PeerJ*, 4, e2711–e2711. doi: 10.7717/peerj.2711
- Nikita, L., Pajanjan, Y., & Hamuna, B. (2021). Laju Sedimentasi Di Perairan Ekosistem Terumbu Karang Kampung Yakore Distrik Demta Kabupaten Jayapura. *Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 4(1), 28–35. doi: 10.31957/acr.v4i1.1752
- Nugraha, M.A., Purnama, D., Wilopo, M.D., & Johan, Y. (2016). Kondisi Terumbu Karang Di Tanjung Gosongseng Desa Kahyapu Pulau Enggano Provinsi Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 1(1), 43–56. doi: 10.31186/jenggano.1.1.43-56
- Pastorok, R.A., & Bilyard, G.R. (1985). Effects of sewage pollution on coral-reef communities. *Marine Ecology Progress Series*, 21, 175–189. doi: 10.3354/meps021175
- Pratchett, M.S., Hoey, A.S., & Wilson, S.K. (2014). Reef degradation and the loss of critical ecosystem goods and services provided by coral reef fishes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 37–43. doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.022
- Risk, M.J. (2014). Assessing the effects of sediments and nutrients on coral reefs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 108–117. doi: 10.1016/j.cosust.2014.01.003
- Risk, M.J., & Edinger, E. (2011). Impacts of Sediment on Coral Reefs. In *Encyclopedia of Modern Coral Reefs* (pp. 575–586). Springer Netherlands. doi: 10.1007/978-90-481-2639-2_25
- Rogers, C.S., & Ramos-Scharrón, C.E. (2022). Assessing Effects of Sediment Delivery to Coral Reefs: A Caribbean Watershed Perspective. *Frontiers in Marine Science*, 8(January), 1–23. doi: 10.3389/fmars.2021.773968
- Saptarini, D., Mukhtasor, M., & Rumengan, I.F.M. (2017). Short Communication: Coral reef lifeform variation around power plant activity: Case study on coastal area of Paiton Power Plant, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 18(1). doi: 10.13057/biodiv/d180116
- Souter, D., Planes, S., Wicquart, J., Logan, M., Obura, D., & Staub, F. (2021). Status of Coral Reefs of the World: 2020. International Coral Reef Initiative. doi: 10.59387/wotj9184
- Storlazzi, C.D., Field, M.E., Bothner, M.H., Presto, M.K., & Draut, A.E. (2009). Sedimentation processes in a coral reef embayment: Hanalei Bay, Kauai. *Marine Geology*, 264(3–4), 140–151. doi: 10.1016/j.margeo.2009.05.002
- Storlazzi, C.D., Norris, B.K., & Rosenberger, K.J. (2015). The influence of grain size, grain color, and suspended-sediment concentration on light attenuation: Why fine-grained terrestrial sediment is bad for coral reef ecosystems. *Coral Reefs*, 34(3), 967–975. doi: 10.1007/s00338-015-1268-0
- Subhan, S., & Afu, L.O.A. (2018). Pengaruh Laju Sedimentasi Terhadap Rekrutmen Karang Di Teluk Kendari (The effect of sedimentation rate on coral recruitment in Kendari Bay). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 24(2), 73. doi: 10.22146/jml.23070
- Tanto, T.AI, Nurjaya, I.W., Bengen, D.G., Hartanto, T., & Pranowo, W.S. (2021). Peramalan Gelombang Laut Dangkal Dan Hubungannya Dengan Sebaran Lifeform Karang Di Perairan Kota Padang. *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(1), p.33. doi: 10.15578/jkn.v16i1.8926
- Torres-Pérez, J.L., Ramos-Scharrón, C.E., Hernández, W.J., Armstrong, R.A., Barreto-Orta, M., Ortiz-Zayas, J., Guild, L.S., & Viqueira, R. (2021). River Streamflow, Remotely Sensed Water Quality, and

- Benthic Composition of Previously Undescribed Nearshore Coral Reefs in Northern Puerto Rico. *Frontiers in Marine Science*, 8, 720712. doi: 10.3389/fmars.2021.720712
- Usman, E., & Silalahi, I.R. (2009). Proses Sedimentasi Dasar Laut Di Teluk Kumai, Kalimantan Tengah, Dan Hubungannya Dengan Cebakan Emas Dan Perak. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 19(4), 261–271.
- van der Meij, S.E.T., Suharsono, S., & Hoeksema, B.W. (2010). Long-term changes in coral assemblages under natural and anthropogenic stress in Jakarta Bay (1920--2005). *Marine Pollution Bulletin*, 60(9), 1442–1454.
- Wanma, M., Manan, J., Loinenak, F.A., & Kolibongso, D. (2022). Variations and Condition of Coral Lifeforms in the Coastal Area of Rendani Airport, Manokwari, Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(2), 153–164.
- Weber, M., Lott, C., & Fabricius, K.E. (2006). Sedimentation stress in a scleractinian coral exposed to terrestrial and marine sediments with contrasting physical, organic and geochemical properties. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 336(1), 18–32.
- Wenger, A.S., Fabricius, K.E., Jones, G.P., & Brodie, J.E. (2015). Effects of sedimentation, eutrophication, and chemical pollution on coral reef fishes. In *Ecology of Fishes on Coral Reefs* (pp. 145–153). Cambridge University Press. doi: 10.1017/cbo9781316105412.017
- Wilkinson, C., Green, A., Almany, J., & Dionne, S. (2003). Monitoring coral reef marine protected areas. A practical guide on how monitoring can support effective management of MPAs. Australian Institute of Marine Science, 1.