

Coral Recruitment And Transplantation To Support Coral Reef Ecosystem Recovery (Overview)

(Rekrutmen Dan Transplantasi Karang Untuk Mendukung Pemulihan Ekosistem Terumbu Karang)

Jeremias Rumala Tuhumena^{*1}, Rosa D. Pangaribuan¹, Lindon R. Pane¹, Sedy Lely Merly¹, Dedi Parenden², Lolita Tuhumena³

¹Water Resources Management Study Program, Faculty of Agriculture, Musamus University Jalan Kamizaun Mopah Lama Merauke 99611, South Papua, Indonesia

²Fisheries Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Papua, Jalan Gunung Snow Amban, Manokwari 98314, West Papua, Indonesia

³Fisheries Science Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Cenderawasih University, Jayapura. Waena Street, Jayapura City 99224, Papua, Indonesia

*Corresponding author: tuhumena@unmus.ac.id

Manuscript received: 03 May 2024. Revision accepted: 5 June 2024

Abstract

Coral reefs are massive deposits of calcium carbonate (CaCO₃) produced by coral animals. Coral reefs in the water are easily damaged due to natural events and destructive human activities in the water and the influence of upland. The purpose of this paper is to provide information related to the recovery of coral reef ecosystems through coral recruitment and coral transplantation and the role of the community. The method used is the quantitative method. Recruitment and transplantation use media as a place to attach or bind coral fragments. Coral recruitment is done by relying on the reproduction of the coral itself, while transplantation is done by taking coral fragments from the broodstock. The placement of coral recruitment and transplantation media needs to pay attention to water depth, brightness, substrate, sedimentation, and water current patterns. In addition, the government, community, and related parties are needed to handle damage and maintain and manage coral reef ecosystems for sustainability.

Keywords: Coral Recruitment; Coral Transplantation; Coral Reef

Abstrak

Terumbu karang merupakan endapan massif kalsium karbonat (CaCO₃) yang dihasilkan oleh hewan karang. Terumbu karang di perairan mudah mengalami kerusakan akibat kejadian alam maupun kegiatan manusia yang bersifat destruktif di perairan maupun pengaruh dari lahan bagian atas (*upland*). Tujuan penulisan ini yaitu untuk memberikan informasi terkait dengan pemulihan ekosistem terumbu karang melalui rekrutmen karang dan transplantasi karang serta peran masyarakat. Metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif. Rekrutmen dan transplantasi menggunakan media sebagai tempat penempelan maupun mengikat fragmen karang. Rekrutmen karang dilakukan dengan mengandalkan reproduksi dari karang itu sendiri, sedangkan transplantasi dilakukan dengan mengambil fragmen karang dari indukan. Lokasi penempatan media rekrutmen dan transplantasi karang perlu memperhatikan kedalaman perairan, kecerahan, substrat, sedimentasi dan pola arus perairan. Selain itu, peran pemerintah, masyarakat dan pihak terkait diperlukan untuk penanganan kerusakan, menjaga dan pengelolaan ekosistem terumbu karang untuk keberlanjutan.

Kata Kunci : Rekrutmen Karang; Transplantasi karang; Terumbu Karang

PENDAHULUAN

Karang adalah anggota filum Cnidaria, yang termasuk mempunyai bermacam-macam bentuk seperti ubur-

ubur, hydroid, anemon laut dan *Hydra* air tawar. Terumbu adalah endapan masif yang penting dari kalsium karbonat yang terutama dihasilkan oleh karang (Filum Cnidaria, klas Anthozoa, ordo Scleractinia).

Terumbu karang adalah endapan masif kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan organisme karang pembentuk terumbu (karang hermatipik) dari filum Cnidaria, ordo Scleractinia yang hidup bersimbiosis dengan alga *zooxanthellae* (Zurba, 2019). terumbu karang dari 31°LU sampai 32°LS mengelilingi bumi, dan terdapat 3(tiga) daerah besar terumbu karang yaitu Laut Karibia, Samudera Hindia dan Indo-Pasifik (Suharsono, 2008) ditambahkan juga oleh Suharsono (2008) bahwa karang di Indonesia tersebar mulai dari Sabang hingga Utara Jayapura. Daerah Indo-Pasifik mengalami kekeruhan yang terjadi akibat faktor antropogenik yang mana 49% penggunaan lahan dan 7% pengerukan (Zweifler, *et al.*, 2021). Menurut Veron (2000) bahwa spesies karang di Indonesia didominasi dari spesies *Acropora* spp. *Montipora* spp. dan *Porites* spp. dengan jumlah spesies di Indonesia sekitar 590 dari 82 genera.

Sebaran karang terbatas baik secara vertical maupun horizontal, dimana secara vertical dibatasi oleh intensitas cahaya, oksigen, suhu, dan kecerahan air (Romimohtarto & Juwana, 2007; Suharsono, 2008). Secara umum wilayah Indonesia bagian Timur memiliki keanekaragaman karang yang tinggi (Ginting, 2023). Terumbu karang dapat mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh kejadian alam maupun kegiatan manusia yang dilakukan di daerah daratan maupun di perairan. Kegiatan manusia yang semakin meningkat pada kawasan pesisir menjadikan pengontrolan terhadap keberadaan ekosistem terumbu karang menjadi kurang. Pada dasarnya ekosistem terumbu karang dapat pulih dari kejadian alam berkala, tetapi kerusakan akibat kegiatan manusia sangat berdampak dan dapat menyebabkan ekosistem terumbu karang mengalami kerusakan yang kronis (McLeod *et al.*, 2019). Kerusakan ekosistem terumbu karang berdampak pada kerugian ekonomi, seperti penelitian Witomo *et al.* (2017) yang mana kerugian ekonomi sebesar 15 juta USD akibat tabrakan kapal MV. Caledonian Sky di Perairan Raja Ampat.

Keberadaan ekosistem terumbu karang yang berada di wilayah pesisir membuat ekosistem ini sangat rentan terhadap faktor-faktor dari wilayah daratan. Menurut Hallock *et al.* (2014) menjelaskan bahwa, sedimen dan nutrisi yang masuk secara bersama-sama membuat tekanan yang lebih besar terhadap ekosistem terumbu karang. Aliran sungai merupakan salah satu daerah masuknya sedimen dan nutrisi ke perairan (Zweifler *et al.*, 2021) dan diendapkan di daerah yang berdekatan dengan muara sungai (Fabricius, 2005). Hal ini menjadi salah satu bukti bahwa ekosistem terumbu karang lebih sedikit berada di perairan dekat muara sungai. Partikel yang berasal dari aliran air sungai mampu menutupi polip karang dan menyebabkan kematian karang. Penelitian Lafratta *et al.*, (2017); Morgan *et al.*, (2020) menemukan proses sedimentasi memberikan dampak terhadap terumbu karang, sehingga dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan karang. Selain itu, menurut Subhan dan Afu, (2017), mengemukakan bahwa tingkat kekeruhan yang tinggi menyebabkan rekrutmen karang baru menjadi lebih sedikit bahkan tidak ada.

Penanggulangan kerusakan terumbu karang akibat kegiatan manusia maupun alamiah dapat dilakukan dengan memanfaatkan kegiatan reproduksi karang dan juga dengan transplantasi karang. Transplantasi karang tidak dapat memainkan peranan penting membantu pemulihan ekosistem terumbu karang yang rusak, sampai faktor penyebab degradasi terumbu karang dipahami, dihilangkan atau ditangani (Ammar *et al.*, 2013). Kegiatan transplantasi dapat dilakukan pada daerah dengan cakupan kerusakan karang yang cukup luas, karena menggunakan media dalam transplantasi. Penulis meninjau literatur ilmiah yang tersedia yang berkaitan dengan penambahan populasi karang dengan mengandalkan reproduksi karang itu sendiri dan kegiatan transplantasi yang dilakukan dengan menggunakan media transplantasi untuk memperbaiki kerusakan ekosistem terumbu karang yang terjadi akibat kegiatan alamiah maupun kegiatan manusia. Tinjauan ini melihat dari

kegiatan penelitian ilmiah yang sudah dilakukan terkait dengan rekrutmen karang dan rehabilitasi karang untuk mempertahankan keberadaan ekosistem terumbu karang di alam.

METODE

Metode yang digunakan yaitu kuantitatif dengan menggunakan pendekatan studi kasus pada beberapa kasus berdasarkan hasil penelusuran studi Pustaka. Dalam mencari data atau informasi yang berkaitan dengan kegiatan pemulihan ekosistem terumbu karang baik untuk menanggulangi kerusakan dengan transplantasi maupun untuk menambah populasi dan keanekaragaman dengan reproduksi karang yang sudah dilakukan. Dari seluruh informasi yang diperoleh dikompilasi untuk kemudian didiskusikan mengenai transplantasi karang dengan berbagai macam metode yang sudah dilakukan dan juga bagaimana reproduksi karang dari berbagai jenis karang keras pembentuk terumbu (*Scleractinia*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Reproduksi Karang

Karang tergolong sebagai hewan yang hidup bersimbiosis dengan *zooxanthellae* yang merupakan sumber makanan. Karang memiliki jenis kelamin hermaphrodit dan gonokorik. Karang hermaphrodit merupakan karang yang menghasilkan gamet jantan dan betina dalam satu koloni sepanjang hidupnya, sedangkan gonokorik menghasilkan gamet jantan dan betina secara sendiri-sendiri selama periode hidupnya (Munasik, 2002). Reproduksi karang dibagi menjadi dua yaitu secara seksual dan aseksual. Secara seksual melalui rangkaian yang kompleks, sedangkan secara aseksual dilakukan dengan melepaskan sebagian jaringan karang melalui fragmentasi. Karang pada umumnya memiliki model reproduksi yang berbeda yakni mengerami (*brooding*) dan pemijahan (*spawning*). Menurut Munasik (2002) bahwa pada umumnya karang bercabang dan memiliki polip kecil dengan gonad yang berkembang dalam *coelenteron*, menghasilkan telur dan planula lebih sedikit yang dierami,

sedangkan jumlah besar yang dihasilkan oleh karang masif cenderung melakukan pemijahan.

Model reproduksi yang berbeda dapat mempengaruhi transfer alga simbiosis, kompetisi larva pada saat penempelan, penyebaran larva, distribusi karang, keanekaragaman genetik, laju spesiasi dan evolusi (Munasik, 2002). Model reproduksi karang *spawning* dan *brooding* memiliki tujuan masing-masing, yang mana *spawning* berujuan untuk sebaran larva pada jarak yang jauh dari induknya, sedangkan *brooding* bertujuan untuk sekitaran individu (Hughes et al., 1990). Munasik (2002) membagi karakteristik reproduksi seksual karang pada Tabel 1. Keberhasilan reproduksi dan perekrutan karang baru dengan sifat yang beragam sangat penting untuk memulihkan populasi karang.

Terdapat salah satu jenis karang yang dapat bereproduksi sepanjang tahun yaitu jenis karang *Acropora pocillopora* yang terdapat di Pulau Panjang Jepara. Reproduksi yang terjadi sepanjang tahun. Kondisi geografis yang berbeda dapat mempengaruhi spesies yang berbeda sekalipun memiliki model/sifat reproduksi yang berbeda (Thamrin, 2017). Model reproduksi karang secara *spawning* atau pembuahan yang terjadi di kolomperairan memiliki satu siklus gametogenesis, sedangkan *brooding* memiliki banyak siklus gametogenesis (Thamrin, 2017). Sebaran juvenil karang di perairan dipengaruhi juga oleh pola arus perairan.

Rekrutmen Karang

Rekrutmen karang adalah masuknya individu karang baru berupa juvenil karang dalam populasi terumbu karang yang disebabkan karena adanya proses reproduksi karang ataupun migrasi yang terjadi yang dipengaruhi oleh arus (Oli et al., 2022). Rekrutmen merupakan bagian yang penting dalam proses pembentukan dan perkembangan komunitas dalam suatu ekosistem terumbu karang (Tuhumena et al., 2019). Erwin et al. (2008) menyatakan bahwa rekrutmen memberikan jaminan terhadap pembentukan komunitas dan

memberikan jaminan bahwa ekosistem ini akan bertahan di perairan.

Tabel 1. Karakter Reproduksi Seksual Karang

Spesies	Jenis Kelamin	Model Reproduksi	Masa Reproduksi	Lokasi (Sumber Pustaka)
Acroporidae				
<i>Acropora aspera</i>	H	S	April (Setelah Purnama)	P. Panjang, Jepara (Munasik & Widjatmoko, 2004)
<i>Acropora cytherea</i>	H	S	Januari (Setelah Purnama)	Lombok, NTB (Bachtiar, 2015)
<i>Acropora nobilis</i>	-	S	Februari (Setelah Purnama)	
<i>Acropora hyacinthus</i>	-	S	Oktober (Setelah Purnama)	P. Kerimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Acropora humilis</i>	-	S	Oktober (Setelah Purnama)	
<i>Acropora palifera</i>	-	S	November (Saat Purnama)	P. Kerimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Mticipora squamosa</i>	-	S	November (Saat Purnama)	
<i>Acropora carduus</i>	-	S	September (Sebelum Perunama)	P. Sambangan, Kep. Karimunjawa (Komarudin et al., 2013)
<i>Acropora formosa</i>	-	S	Oktober (Saat Purnama)	
Faviidae				
<i>Favia pallida</i>	-	S	Oktober (setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Diploastrea heliopore</i>	-	S	Oktober (setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Syphastrea microphthalma</i>	-	S	Oktober setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Cyphastrea seralia</i>	-	S	Oktober (setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Goniostrea retiformis</i>	-	S	Oktober (setelah purnama)	
<i>Echinophora lamellose</i>	-	S	November (saat purnama)	P. Kecil, Kep. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Echinophora horrida</i>	-	S	November (saat purnama)	
Pectiniidae				
<i>Pectinia Paeonia</i>	-	S	Oktober (Setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Mycedium elephantotus</i>	H	S	November (saat purnama)	P. Kecil, Kep. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
Agariciidae				
<i>Pachyserie speciosa</i>	-	S	Oktober 9setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Pavona cactus</i>	-	S	November (setelah purnama)	P. Kecil, Kep. Raimunjawa (Setyadi, 1996)
Oculinidae				
<i>Galaxea fascicularis</i>	-	S	Oktober (setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
Merulinidae				
<i>Merulina scubricula</i>	H	S	November (saat purnama)	P. Kecil, Kep. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
<i>Hydnophora rigida</i>	H	S	November dan Maret (setelah purnama)	Lombok, NTB (Bachtiar, 2015)
Poritidae				
<i>Porites lobata</i>	-	S	Oktober (setelah purnama)	P. Karimunjawa (Setyadi, 1996)
Pocilloporidae				
<i>Pocillopora damicornis</i>	H	B	Sepanjang tahun (bulan baru)	P. Panjang, Jepara (Munasik et al., 2014)

Proses rekrutmen ditandai dengan kemunculan calon koloni baru dalam ukuran relatif kecil (juvenile) pada habitat baru dan beradaptasi baik dengan relung ekologisnya. Peristiwa ini dikenal juga dengan proses kolonisasi yang sangat

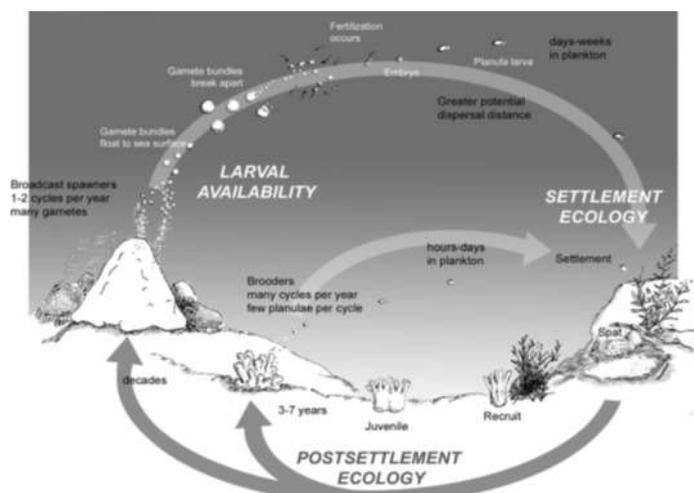
tergantung dengan ketersediaan larva dan substrat untuk penempelan. Keberhasilan penempelan karang terdiri dari tiga fase, yaitu ketersediaan larva, kemudian pemukiman ekologi dan berakhir dengan ekologi pasca penyelesaian (Gambar 1).

Pemukiman karang diikuti dengan kelangsungan hidup rekrutmen baru, pertumbuhan dan kemudian mempertahankan populasi karang yang diperlukan untuk pemulihan terumbu karang. Ketersediaan juvenil karang di perairan dipengaruhi seluruhnya oleh proses reproduksi dari karang itu sendiri.

Rekrutmen karang secara seksual dipengaruhi oleh beberapa parameter termasuk waktu reproduksi, periode kompetisi larva planula, pola arus, ketersediaan substrat, kepadatan predator dan pesaing untuk mendapatkan ruang (Muhlis, 2019). Terdapat berbagai penelitian yang melihat rekrutmen karang di alam yang ditandai dengan kemunculan koloni baru (juvenil). Terdapat berbagai penelitian yang melihat rekrutmen karang di alam tanpa menggunakan media. penelitian yang dilakukan oleh (Abrar, 2011) menemukan rekrutmen karang baru sebanyak 14 genus. Hal yang berbeda didapatkan oleh Nurhasima et al. (2021) mendapatkan sebanyak 164 koloni dari 24 genus. Sedangkan penelitian Bachtiar et al. (2012) mendapatkan total jumlah 20 genus di pulau Lembata dan sekitarnya. Ditambahkan oleh Bachtiar et al. (2012) menyatakan tutupan karang yang rendah pada suatu daerah maka tingkat pemulihan terumbu karang pada daerah tersebut semakin rendah. Penelitian yang dilakukan oleh (Oli et al., 2022) di perairan Molas Kota Manado mendapatkan jumlah total 177

juvenil karang dari 29 genus karang. Kedalaman perairan berpengaruh terhadap densitas karang yang mana penelitian Halisah et al. (2020) mendapatkan densitas tertinggi berada pada kedalaman 5 meter. Selain itu, penelitian Nurhasima et al. (2021) menemukan rekrutmen karang lebih tinggi pada daerah *reef flat* dibandingkan dengan daerah *reef slope*.

Ketersediaan substrat di alam menjadi salah satu faktor penting untuk menciptakan pemukiman karang di alam. Untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan yang ditimbulkan akibat ketersediaan substrat yang minim di alam, ditambah lagi dengan faktor pembatas seperti hewan pemangsa dan makro alga menjadikan perlu juga menggunakan media atau buatan manusia untuk menanggulangi minimnya ketersediaan substrat di alam. Substrat atau media dapat memanfaatkan yang ada di alam maupun yang dibuat oleh manusia. Penggunaan media sebagai substrat buatan menjadi salah satu jalan keluar pada saat keberadaan substrat alami di alam sedikit. Seperti yang dikatakan sebelumnya bahwa diperlukan substrat yang kokoh dan stabil serta ketiadaan sedimen dan juga alga makro perlu untuk diperhatikan. Penggunaan substrat yang ada di alam, seperti penelitian Harriot & Fisk (1988) menggunakan substrat irisan karang masif *Porites* spp dan *Platygyra* spp.



Gambar 1. Fase Rekrutmen Karang
(Sumber : Ritson-williams et al.,2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Panjang Berat

Ketersediaan patahan-patahan karang, karang masiv menjadi kendala dalam penggunaan apabila terdapat dominasi makro algae. bantuan manusia menjadi salah satu alternatif untuk menanggulangi ketersediaan substrat alami. Terdapat jenis substrat yang dapat digunakan untuk memfasilitasi rekrutmen karang dengan permukaan yang kasar dan stabil menjadi salah satu syarat dalam rekrutmen juvenil karang.

Penelitian Kisworo et al. (2012) menemukan penempelan juvenile karang pada blok beton sebanyak 27 koloni sedangkan pada batu andesit sebanyak 37 koloni *Pocillopora damicornis* di Pulau Panjang, Kab. Jepara. Penelitian Tuhumena et al. (2019) mendapatkan total juvenil yang menempel pada tiga substrat buatan sebanyak 21 individu. Selain itu, terdapat berbagai penelitian yang sudah dilakukan yaitu penggunaan keramik (Mangubhai et al., 2007; Tuhumena et al., 2019), beton (Tioho et al., 2001), batu andesit (Kisworo et al., 2012; Tuhumena et al., 2019), batu alam dan tanah liat (Rahman et al., 2014) dan adapula yang menggunakan plat drum bekas (Tuhumena et al., 2019). Penggunaan substrat yang stabil menjadi salah satu pengaruh untuk penempelan larva karang, namun bukan hanya substrat yang stabil yang dibutuhkan tetapi juga terdapat berbagai faktor lain. Lapisan biofilm dari baktri mampu menstimulasi pengendapan, CCA (*Crustose Coraline Algae*) dan RCA (*Red Coraline Algae*) mampu mempengaruhi pelekatan larva karang (Wijaya et al., 2024). Selain itu, ketiadaan makro alga mempengaruhi penempelan karena terjadi persaingan dalam memperoleh ruang.

Transplantasi Karang

Transplantasi karang merupakan sebutan lain yaitu stek yang mana mematahkan percabangan dari indukan karang dan ditempatkan pada substrata tau media untuk dapat bertumbuh kembali. Menurut Subhan et al. (2014) menyatakan bahwa sejatinya pengembangan karang di

Indonesia dikembangkan untuk kegiatan perdagangan karang hias. Teknologi transplantasi karang adalah salah satu alternatif upaya untuk pemulihan terumbu karang melalui pencangkakan atau pemotongan karang hidup untuk ditanam di tempat lain atau di tempat yang karangnya telah mengalami kerusakan (Arimbi et al., 2023). Transplantasi karang pada dasarnya menggunakan bahan dasar beton, besi, jaring (Subhan et al., 2014) yang bentuk menjadi satu rangkaian sebagai tempat untuk mengikat fragmen karang. Adapula yang menggunakan media pengikat berupa rangka besi (Williams et al., 2019; Parenden et al., 2023).

Transplantasi karang memiliki berbagai fungsi/manfaat antara lain mempercepat regenerasi ekosistem karang yang telah rusak; membangun daerah daerah ekosistem karang baru yang sebelumnya tidak ada; pengembangan populasi karang yang memiliki nilai ekonomis tinggi atau langka; menambah karang dewasa ke dalam populasi sehingga produk larva di ekosistem karang yang rusak tersebut dapat ditingkatkan. Manfaat yang diberikan oleh kegiatan transplantasi karang, membuat banyak sekali dilakukan dengan berbagai macam media, namun terutama lebih kepada pemulihan ekosistem terumbu karang yang mengalami kerusakan oleh aktifitas alam maupun manusia. Penelitian Rani et al. (2017) yang menggunakan kegiatan transplantasi untuk penanggulangan pemutihan karang (*bleaching coral*) yang terjadi di Pulau Liukang Loe pada tahun 2016. Adapula penelitian Safir et al. (2021) di Palu akibat bencana alam yang terjadi.

Kegiatan transplantasi yang dilakukan dapat menggunakan berbagai bahan sebagai media tanam atau media untuk mengikat fragmen karang. Jenis karang yang paling banyak digunakan yaitu jenis *Acropora* karena menurut Harriot & Fisk (1988) bahwa karang *Acropora* bercabang sangat cocok digunakan sebagai fragmen karang untuk kegiatan transplantasi karena memiliki tingkat ketahanan hidup yang tinggi dan

pertumbuhan relatif cepat. Akan tetapi, terumbu karang akan mengeluarkan *mucus* atau lendir sebagai pola adaptasi dengan lokasi yang baru (Johan et al., 2008). Hal yang perlu diperhatikan juga dalam kegiatan transplantasi tersebut yaitu keberadaan biota pengganggu, hama dan penyakit serta tenaga teknis. Kedalaman perairan berpengaruh terhadap transplantasi karang karena menurut Malik et al. (2023) bahwa kedalaman perairan yang lebih rendah memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan perairan yang lebih dalam. Hal ini didukung oleh Thamrin (2017) bahwa intensitas cahaya berpengaruh secara langsung terhadap proses fotosintesis *zooxanthellae* dalam tubuh karang. Ditambahkan oleh Suharsono et al. (2013) bahwa pemilihan lokasi jangan memilih pada lereng terumbu dengan substrat berupa lumpur atau pasir halus serta memilih daerah yang tertutup dari gempuran ombak.

Berbagai jenis media tanam yang digunakan dapat disesuaikan dengan lokasinya maupun kemampuan dana untuk membuat media tersebut. Namun, pada dasarnya media transplantasi dapat dijadikan juga sebagai tempat berlindung bagi biota asosiasi di terumbu karang terutama ikan. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai media penempelan larva karang. Transplantasi pada lokasi yang tepat mampu memberikan hasil berupa pertumbuhan dan ketahanan hidup yang sangat baik. Akan tetapi adapula yang membuat kegiatan tersebut pada perairan yang tidak sesuai (keruh) dan mendapatkan pertumbuhan yang cukup baik. Transplantasi pada media beton memiliki tingkat sintasan berkisar antara 91,7-100% (Haris et al., 2017). Media rangka besi memiliki ketahanan hidup berkisar 96,67-100% (Rani et al., 2017). Pada perairan keruh terdapat karang yang mampu bertahan yaitu jenis *Porites*, *Goniopora*, *Galaxea*, *Pavona* dan *Turbinaria* (James et al., 2005; McCanahan, 2004; Muzaki et al., 2010; Siringoringo et al., 2020). Jenis lain yang dapat bertahan pada perairan yang keruh yaitu jenis *Acropora* (Johan et al., 2008;

Yucharoen et al., 2013; Muzaki et al., 2020).

Kegiatan transplantasi karang pada dasarnya dapat memberikan pertumbuhan dan kelangsungan hidup baik pada saat keseluruhan bagian-bagian dalam kegiatan tersebut dilakukan dengan baik. Sebagai salah satu contoh dari pemilihan fragmen karang, yang mana fragmen tersebut dianjurkan berasal dari indukan yang ada berdekatan dengan lokasi transplantasi untuk meminimalisir kematian pada fragmen karang. Karang yang dijadikan sebagai fragmen karang perlu untuk mempertimbangkan kondisi lingkungan yang menjadi tempat indukan, karena dapat meminimalisir tingkat stress dari karang. Selain itu, ukuran fragmen berkisar antara 3-7 cm (Rani et al., 2017).

Transplantasi karang yang dilakukan memerlukan pengalaman dalam menentukan jenis karang yang digunakan dan menentukan lokasi pembuatan transplantasi. Karena faktor fisika perairan dimana pengambilan pecahan atau patahan karang dari induknya harus sama dengan lokasi dimana patahan tersebut akan diletakkan. Hal ini dikarenakan, karang tidak akan mengalami stress yang berlebihan akibat perbedaan parameter lingkungan indukannya, sehingga lokasi pengambilan dan transplantasi harus semirip mungkin. Selain itu, pengambilan bibit perlu dilakukan oleh tenaga terampil untuk meminimalisir kerusakan pada indukan karang. Penelitian Onaka et al. (2013) bahwa tingkat kelangsungan hidup karang bergantung dari cara penanaman yang sesuai dengan ketentuan dan tidak adanya predator alami dari jenis ikan pemakan karang. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam kegiatan transplantasi yaitu proses pembersihan dari sedimen maupun makro alga yang menempel. Penelitian Bukhari et al. (2021) menyatakan bahwa waktu pembersihan mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup karang.

Semakin pesatnya perkembangan teknologi, maka transplantasi karang dengan memanfaatkan teknologi dapat dilakukan yaitu dengan Teknik Biorock.

Teknologi biorock dilakukan untuk meakresi mineral membentuk terumbu (Nugroho *et al.*, 2018). Cara kerja dari metode ini adalah melalui proses elektrolisis air laut dengan meletakkan dua elektroda pada tegangan rendah yang aman sehingga memungkinkan mineral pada air laut mengkristal di atas elektroda. Mekanisme kimiawi terjadi ketika aliran listrik tadi menimbulkan reaksi elektrolit yang mendorong pembentukan mineral alami pada air laut, seperti kalsium karbonat dan magnesium hidroksida (Nugroho *et al.*, 2022). Rangsangan untuk mempercepat pertumbuhan kerangka kapur sangat jarang dilakukan oleh masyarakat. Keberadaan ekosistem terumbu karang di alam, ketahanan kegiatan transplantasi bergantung dari kegiatan masyarakat yang dilakukan di wilayah pesisir maupun laut.

Kegiatan penangkapan ikan oleh masyarakat yang dilakukan pada masa lampau menjadi Masyarakat pesisir yang mendiami seluruh Kawasan pesisir pantai dapat memberikan dampak terhadap ekosistem terumbu karang maupun berperan aktif dalam menjaga ekosistem ini. Amin (2009) mengatakan sepertiga penduduk Indonesia tinggal di daerah pesisir dan menggantungkan hidupnya dari perikanan laut dangkal. Semakin besar pertumbuhan penduduk menjadikan wilayah pesisir menjadi salah satu daerah yang diduga dijadikan sebagai tempat tinggal maupun wilayah pesisir dan laut yang dijadikan sebagai tempat mencari sumber makanan dan juga sebagai sumber perekonomian. Edukasi terhadap masyarakat tentang pentingnya ekosistem terumbu karang penting dilakukan (Dalimunthe *et al.*, 2023), dan pengelolaan suatu daerah kepada masyarakat yang berada di wilayah pesisir (Ginting, 2023; Novriadi *et al.*, 2023; Sakti, 2023).

Keterlibatan pemerintah, *stakeholder* dan masyarakat menjadi salah satu hal yang sangat penting, sehingga aturan dalam pengelolaan, *stakeholder* sebagai pemerhati lingkungan dan yang langsung mensosialisasikan kepada masyarakat dan masyarakat itu sendiri yang mengawasi

dan melindungi. Menurut Ginting (2023) bahwa pengelolaan kolaboratif diperlukan seperti memperkuat kelembagaan di daerah, *sharing* pembiayaan, komitmen pemerintah daerah, aparat keamanan dan masyarakat, memfasilitasi pelaksanaan komponen pengelolaan, serta penyadaran masyarakat tentang kerusakan ekosistem terumbu karang. Pihak-pihak terkait seperti kelompok masyarakat maupun LSM (Lembaga Swadaya Masyarakat) sangat penting baik dari sisi menjaga ekosistem sampai pada pengelolaan yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Terumbu karang memiliki fungsi dan manfaat besar bagi manusia terutama dari sisi ekonomi masyarakat. Kerusakan yang terjadi lebih banyak disebabkan oleh kegiatan manusia yang langsung dilakukan di wilayah lahan atas, pesisir maupun penangkapan ikan yang bersifat merusak. Kerusakan yang timbul akibat kegiatan tersebut perlu dilakukan kegiatan pemulihan melalui rekrutmen karang untuk mengatasi kerusakan dalam skala yang kecil maupun transplantasi terumbu karang untuk menangani kerusakan ekosistem terumbu karang yang cukup besar. Keterlibatan pemerintah, masyarakat dan *stakeholder* diperlukan untuk menaggulangi, menjaga sampai pengelolaan ekosistem terumbu karang untuk keberlanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, M. (2011). Kelulusan Hidup Rekrutmen Karang (*Scleractinia*) di Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta. Institute Pertanian Bogor.
- Amin. (2009). Terumbu Karang: Aset yang Terancam (Akar Masalah dan Alternatif Solusi Penyelamatannya). *Region*, 1(2), 1–2.
- Ammar, M. S. A., El-Gammal, F., Nassar, M., Belal, A., Farag, W., El-Mesiry, G., El-Hadad, K., Orabi, A., Abdelreheem, A., & Shaaban, A. (2013). Review: Current Trends In Coral

- Transplantation-an Approach To Preserve Biodiversity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 14(1), 43–53.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d140107>
- Anthony, K. R. N., & Larcombe, P. (2000). Coral Reefs In Turbid Waters: Sediment-induced Stresses In Corals and Likely Mechanisms Of Adoption. *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium*, 1(October), 239–244.
<https://www.researchgate.net/publication/230604753%0ACoral>
- Arimbi, B. D., Arthana, I. W., & Ernawati, N. M. (2023). Analisis Laju Pertumbuhan Karang *Acropora* sp . Hasil Transplantasi di Pantai Geger. *Current Trends in Aquatic Science*, 6(1), 50–57.
- Bachtiar, I. (2015). Reproduction Of Three Scleractinian Corals (*Acropora cytherea* , *A . nobilis* , *Hydnophora rigida*) in eastern Lombok Strait , Indonesia. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 6(March), 18–27.
<https://www.researchgate.net/publication/270893977%0AREproduction>
- Bachtiar, I., Abrar, M., & Budiyanto, A. (2012). Rekrutmen Karang Scleractinia di Perairan Pulau Lembata. *Ilmu Kelautan*, 17(1), 1–7.
- Bukhari, B., Putra, R. D., & Kurniawan, D. (2021). Optimalisasi Penggunaan Waktu Pembersihan Untuk Sukses Transplantasi Karang *Acropora millepora* di Perairan Makang Rapat, Bintan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(2), 145–156.
- Dalimunthe, H. I., Husaini, H., Manurung, V. R., Yudhiwinata, M. A., Harahap, M. P., Pahlevy, M. A., Adisusilo, M. N., Abdillah, M. F., Hanif, M., Florencia, S., Sazida, H., Tambunan, D., Abshar, M. T., Manurung, F., & Waruwu, B. K. (2023). Upaya Rehabilitasi Ekosistem Terumbu Karang Terdampak Tumpahan Minyak Di Desa Faekhua, Kecamatan Afulu, Kabupaten Nias Utara. *Abdi Insani*, 10(3), 1555–1568.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i3.1066>
- PENDAHULUAN
- Erwin, P. M., Song, B., & Szmant, A. (2008). Settlement Behavior Of *Acropora Palmata* Planulae : Effects Of Biofilm Age And Crustose Coralline Algal Cover. *Coral Reef Symposium*, 24, 1219–1224.
<https://www.researchgate.net/publication/249327906%0ASettlement>
- Fabricius, K. E. (2005). Effects Of Terrestrial Runoff On The Ecology Of Corals And Coral Reefs : Review And Synthesis Effects Of Terrestrial Runoff On The Ecology Of Corals And Coral Reefs : Review And Synthesis. *Maine Pollution Buletin*, 50, 125–146.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.028>
- Ginting, J. (2023). Analisis Kerusakan Terumbu Karang dan Upaya Pengelolaannya. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 1, 53.
<https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12066>
- Halisah, K. A. Z., Solichin, A., & Sabdaningsih, A. (2020). Kualitas Habitat Rekrutmen Juvenil Karang Di Perairan Pulau Kemujan , Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2), 141–149.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v9i2.31038>
- Hallock, P., Barnes, K., & Fisher, E. M. (2014). Coral-Reef Risk Assessment From Satellites To Molecules: A Multi-Scale Approach To Environmental Monitoring and Risk Assessment Of Coral Reef. *Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology*, 1, 11–39.
<https://www.researchgate.net/publication/237811397%0ACORAL-REEF>
- Haris, A., Rani, C., Tahir, A., Burhanuddin, A. I., Samawi, M. F., Tambaru, R., Werorilangi, S., Arniati, & Faisal, A. (2017). Survival And Growth of Transplantation of Ornament Coral *Acropora* sp in The Village of Tonyaman , Binuang District , Polewali Mandar Regency. *Spermonde*, 2(3),

- 1–8.
- Harriot, V. J., & Fisk, D. A. (1988). Coral Transplantation As a Reef Management Option. *International Coral Reef Symposium*, 2, 375–379. <https://www.researchgate.net/publication/267385903%0ACoral>
- James, M., Crabbe, C., & Smith, D. J. (2005). Sediment Impacts on Growth Rates of Acropora and Porites Corals From Fringing Reefs of Sulawesi, Indonesia. *Coral Reefs*, 24, 437–441. <https://doi.org/10.1007/s00338-005-0004-6>
- Johan, O., Soedharma, D., & Suharsono, S. (2008). Tingkat Keberhasilan Transplantasi Karang Batu di Pulau Pari Kepulauan Seribu, Jakarta. *Ris.Akuakultur*, 3(2), 289–300.
- Kisworo, H., Wijayanti, D. P., & Munasik, M. (2012). Studi Penempelan Juvenil Karang Pocillopora Damicornis Pada Jenis Substrat Kolektor Dan Zona Terumbu Yang Berbeda Di Pulau Panjang, Kabupaten Jepara. *Journal of Marine Research*, 1(1), 129–136. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Komarudin, A. N., Munasik., & Marwoto, J. (2013). Prediksi Waktu Spawning Karang Acropora Pada Musim Peralihan Kedua di Pulau Sambangan Kepulauan Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 2(4), 84–93. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr%0APREDIKSI>
- Malik, A., Minsarin, L. O. A., & Anzani, L. (2023). Pengaruh Perbedaan Modul Transplantasi Karang Terhadap Pertumbuhan Karang di Pulau Pramuka. *Juvenil*, 4(2), 90–103. <https://journal.trunojoyo.ac.id/juvenil>
- Mangubhai, S., Harrison, P. L., & Obura, D. O. (2007). Patterns of coral larval settlement on lagoon reefs in the Mombasa Marine National Park and. *Marine Ecology Progress Series*, 348, 149–159. <https://doi.org/10.3354/meps07090>
- McClanahan, T. R. (2004). The Relationship Between Bleaching and Mortality of Common Corals. *Marine Biology*, 144, 1239–1245. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1271-9>
- Mcleod, E., Anthony, K. R. N., Mumby, P. J., Maynard, J., Beeden, R., Graham, N. A. J., Heron, S. F., Hoegh-Guldberg, O., Jupiter, S., MacGowan, P., Mangubhai, S., Marshall, N., Marshall, P. A., McClanahan, T. R., Mcleod, K., Nyström, M., Obura, D., Parker, B., Possingham, H. P., ... Tamelander, J. (2019). The Future of Resilience-based Management In Coral Reef Ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 233, 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.034>
- Muhlis. (2019). Pertumbuhan Kerangka Karang Acropora di Perairan Sengigi Lombok. *Biologi Tropis*, 19(1), 14–18. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v19i1.940>
- Munasik. (2002). Reproduksi Seksual Karang Di Indonesia: Suatu Kajian. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Dan Lautan Indonesia*, 3, 1–10.
- Munasik., Suharsono., Situmorang, J., & Kamiso, H. N. (2014). Kerapatan dan Kelulushidupan pada Rekrutmen Karang *Pocillopora damicornis*. 19(September), 171–180.
- Munasik., & Widjatmoko, W. (2004). Reproduksi Karang *Acropora aspera* Karang di Pulau Panjang, Jawa Tengah: I. Gametogenesis. *Ilmu Kelautan*, 9(4), 211–216.
- Muzaki, F. K., Muhajir, F., Ariyanto, G., & Rimayanti, R. (2010). Kondisi Terumbu Karang di Perairan Bangka, Provinsi Bangka Belitung. 1–11.
- Muzaki, F. K., Saptarini, D., Azizah, I. R., Sari, I. K., & Pramono, A. T. E. (2020). Survival and Growth Of Acropora Millepora Coral Fragments Transplanted In Turbid Water Of Sepulu, Bangkalan – Madura. *Ecology, Environment, and Conservation*, 26(June), S26–S31.
- Novriadi, N., Nurhayu, W., Darmawa, A., Sari, D. A., Gurning, A. R., Afrizal, M.,

- & Malik, M. A. (2023). Pelatihan Survey Ekosistem Dan Transplantasi Terumbu Karang Di Desa Pahawang. *BERNAS*, 4(4), 3401–3406. <https://doi.org/10.31949/jb.v4i4.6379>
- Nugroho, B. S., Zuhry, N., Kusnandar, K., Simanjuntak, S. W., Alamsyah, H. K., & Karissa, P. T. (2022). Biorock ® Technology Application To The Growth And Acropora Corals Growth Rate. *Internasional Conference on Sustainability Fisheries and Marine*, 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1147/1/012003>
- Nugroho, F., Zamani, N. P., & Madduppa, H. (2018). Pengaruh Kandungan Organik Sedimen Terhadap Keanekaragaman Karang di Kepulauan Karimunjawa, Indonesia. *Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 79–86.
- Nurhasima, N., Nugraha, A. H., & Kurniawan, D. (2021). Rekrutmen Karang Keras (Scleractinia) Berdasarkan Zona Geomorfologi Di Perairan Pulau Bintan, Kepulauan Riau. *Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 269–281. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.34551>
- Oli, A. P., Roeroe, K. A., Paruntu, C. P., Kusen, J. D., Manembu, I. S., & Mandagi, S. V. (2022). Studi Rekrutmen Karang Keras (Scleractinia) Di Perairan Molas Kota Manado. *Ilmiah PLATAX*, 10(1), 61–69. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax>
- Onaka, S., Prasetyo, R., Endo, S., & Yoshi, I. (2013). Large-Scale Coral Transplantation In Artificial Substrates At a Shallow Lagoon In Kuta Beach, Bali, Indonesia. *Galaxea*, 336–342. <https://doi.org/10.3755/galaxea.15.336>
- Parenden, D., Jompa, J., Rani, C., Renema, W., & Tuhumena, J. R. (2023). Biodiversity of Hard Coral (Scleractinia) and Relation To Environmental Factors Turbid Waters In Spermonde Islands, South Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(9), 4635–4643. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240903>
- Rahman, A., Haris, A., & Jamaluddin, J. (2014). Pola Rekrutmen Karang Scleractinia Pada Kondisi Lingkungan Berbeda. *Sains Dan Teknologi*, 14(3), 209–219.
- Rani, C., Tahir, A., Jompa, J., Faisal, A., Yusuf, S., Werorilangi, S., & Anrniati, A. (2017). Keberhasilan Rehabilitasi Terumbu Karang Akibat Peristiwa Bleaching Tahun 2016 Dengan Teknik Transplantasi. *SPERMONDE*, 3(1), 13–19.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2007). Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut (3rd ed.). PT. Djambatan.
- Safir, M., Mansyur, K., Serdiati, N., & Tahya, A. M. (2021). Pendampingan Transplantasi Terumbu Karang Berbasis Rumah Ikan Di Perairan Teluk Palu Pasca Bencana. *Krida Cendekia*, 01(05), 15–21.
- Sakti, W. I. (2023). Peran Masyarakat Sipil Dalam Pengelolaan Lingkungan Pesisir. *Kelautan Dan Perikanan Terapan*, 87–90. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12058> Jurnal
- Setyadi, E. (1996). Studi Tentang Rekrutmen Karang Untuk Terumbu Karang Buatan Dengan Berbagai Tipe Substrat Kolektor di Pulau Panjang dan Kepulauan Karimunjawa, Jepara. Universitas Diponegoro.
- Siringoringo, R. M., Hadi, T. A., Purnama, N. W., Abrar, M., & Munasik, M. (2020). Distribution and Community Structure of Coral Reefs in The West Coast of Sumatra , Indonesia. *Ilmu Kelautan*, 24(1), 51–60. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.24.1.51.60>
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., Soedharma, D., Kelautan, I., Pertanian Bogor, I., Biosistematik a, L., Kelautan, B., Ilmu, D., Kelautan, T., & Bogor, P. (2014). Bisakan Transplantasi Karang Perbaiki

- Ekosistem Terumbu Karang? *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan*, 1(3), 159–164.
- Subhan, S., & Afu, L. O. A. (2017). Pengaruh Laju Sedimentasi Terhadap Rekrutmen Karang di Teluk Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Manusia Dan Lingkungan*, 24(2), 73–80. <https://doi.org/10.22146/jml.23070>
- Suharsono. (2008). Jenis-Jenis Karang di Indonesia. LIPI Press, anggota Ikapi.
- Suharsono, Siringoringo, R. M., Hadi, T. A., Giyanto, G., Tuti, Y., Budiyanto, A., & Sulha, S. (2013). Perkembangan Teknik Transplantasi Karang Di Indonesia. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- Thamrin, T. (2017). Karang: Biologi Reproduksi & Ekologi. UR Press. Pekanbaru
- Tioho, H., Tokeshi, M., & Nojima, S. (2001). Experimental Analysis Of Recruitment In a Scleractinian Coral At High Latitude. *Marine Ecology Progress Series*, 213, 79–86.
- Tuhumena, J. R., Tapilatu, R. F., & Boli, P. (2019). The Effect Of Type And Duration Of Substrate Collector Placement to the Coral Genus Recruitment In Saleo Beach Area, Dampier Strait, Raja Ampat, Indonesia. *AACL Bioflux*, 12(5), 1643–1652.
- Veron, J. E. N. (2000). *Corals Of the World 1 and 3*. Institute Of Marine Science and CRR Qld Pty Ltd.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., & Jordan, W. (2000). *Pengelolaan Terumbu Karang yang Telah Memutih dan Rusak Kritis* (J. H. Steffen (ed.)). The Nature Conservation Bureau.
- Wijaya, A. A. N. A. I., Kristyawan, I. P. A., & Dharma, I. G. B. S. (2024). Pertumbuhan Crustose Coralline Algae (CCA) pada Substrat Keramik dengan Komposisi dan Jenis Material Penyusun yang Berbeda. *Teknologi Lingkungan*, 25(1), 80–87. ejournal.brin.go.id/JTL
- Williams, S. L., Sur, C., Janetski, N., Hollarsmith, J. A., Rapi, S., Barron, L., Heatwole, S. J., Yusuf, A. M., Yusuf, S., Jompa, J., Jamaluddin, J., & Mars, F. (2019). Large-scale coral reef rehabilitation after blast fishing in Indonesia. *Restoration Ecology*, 27(2), pp.46. <https://doi.org/10.1111/rec.12866>
- Witomo, C. M., Firdaus, M., Soejarwo, P. A., Muawanah, U., Ramadhan, A., Pramoda, R., & Koeshedrajana, S. (2017). Estimasi Kerugian Ekonomi Kerusakan Terumbu Karang Akibat Tabrakan Kapal Caledonian Sky Di Raja Ampat. *Buletin Ilmiah "Marina" Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 3(1), 7–19.
- Yucharoen, M., Thammachote, S., Jaroenpon, A., Lamka, S., & Thongtham, N. (2013). Coral transplantation in turbid waters at Rad Island, Phuket, Thailand. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 15(Supplement), 343–350. <https://doi.org/10.3755/galaxea.15.343>
- Zurba, N. (2019). Pengenalan Terumbu Karang, Sebagai Pondasi Utama Laut Kita. Unimal Press.
- Zweifler, A., O'Leary, M., Morgan, K., & Browne, N. K. (2021). Turbid Coral Reefs: Past, Present and Future-A Review. *Diversity*, 13(June), 1–23. <https://doi.org/10.3390/d13060251>.