

Ekosistem Terumbu Karang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan

Muliawati Handayani^{1*} dan Citra Satrya Utama Dewi²

¹Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Lampung

Jl. Sukarno Hatta No 10, Rajabasa, Bandar Lampung Indonesia

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran No 1, Malang Jawa Timur Indonesia

*Corresponding author, e-mail: muliawati.handayani@gmail.com

ABSTRAK: Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang rentan terdegradasi. Pemanfaatan wilayah sekitaran Pantai Tawang untuk kegiatan wisata, pelelangan ikan dan pembangunan tambak intensif berpotensi menurunkan tutupan karang hidup dan mengganggu fungsi ekologis terumbu karang. Hal ini tentu meningkatkan kerentanan ekosistem karang, selain akibat kenaikan suhu perairan dan faktor hidrooseanografi lainnya. Tutupan karang di pantai Tawang yang terus mengalami penurunan menjadikan alasan perlu upaya pengkajian yang presisi terhadap indeks ekologisnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi ekosistem terumbu karang di Pantai Tawang berdasarkan indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominansi. Pengambilan data lifeform, tutupan dan jenis karang dilakukan dengan metode LIT (Intercept Transect). Tutupan rata-rata substrat karang hidup pada tiga lokasi sampling sebesar 33,7% yang berarti bahwa sustrat pada kondisi penilaian yang sedang. Padahal, nilai tutupan karang tahun 2020 sebesar 41,2%. Nilai indeks keanekaragaman karang (H') pada titik I, II dan III berada pada kelas kisaran $1 < H' < 3,0$ yang berarti ekosistem memiliki keragaman jenis yang rendah. Indeks keseragaman (E) ketiga titik mendekati 1, yang berarti bahwa jenis karang di ekosistem tersebut cenderung seragam. Sedangkan indeks dominansi (D) di semua titik berada pada kisaran $< 0,5$ dan cenderung mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat spesies yang mendominasi pada komunitas karang di Pantai Tawang. Pelestarian sumberdaya karang penting dilakukan untuk menjaga plasma nutfah yang ada di dalam ekosistem tersebut.

Kata kunci: karang; indeks keanekaragaman; indeks keseragaman; indeks dominansi; Pacitan

Coral Reef Ecosystem in Tawang Beach, Pacitan District

ABSTRACT: Coral reef ecosystems are ecosystems that are potentially degraded. Coastal land use around of Tawang Beach for tourism activities, fish auctions and the intensive aquaculture has the potential to reduce live coral cover and disrupt the ecological functions of coral reefs. Certainly, it was increasing the vulnerability of coral ecosystems, apart from the effects of warming water temperatures and other hydro-oceanographic factors. The coral cover on the Tawang coast continues to decline every year, and it is the reason why precise assessment ecological index needed. This study aims to evaluate coral reef ecosystem in Tawang Beach based on diversity index, uniformity index and dominance index. Collecting data of coral lifeform, cover and species was using the LIT (Intercept Transect) method. The average live coral substrate cover at the three sampling locations was 33.7%, which means that the substrate was in moderate assessment conditions. In fact, the value of coral cover in 2020 was 41.2%. Diversity index (H') values at stations I, II and III are in the $1 < H' < 3.0$ range, which means that the ecosystem has low species diversity. Evenness index (E) of all stations is close to 1, which means that the types of coral in these ecosystems tend to be uniform. Dominance index (D) at all stations is in < 0.5 range and tends to be close to 1. This shows that there are no species that dominate the coral community in Tawang Beach. Conservation of coral resources is important to preserve biodiversity in the ecosystem.

Keywords: coral; diversity index; evenness index; dominance index; Pacitan

PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem penting di perairan tropis Indonesia. Sebagai tempat *feeding*, *nursery* dan *spawning ground*, ekosistem ini menjadi sangat kaya akan plasma nutfah. Diperkirakan lebih dari satu juta spesies teridentifikasi mendiami ekosistem karang. Proses terbentuknya rantai makanan hingga menjadi jaring-jaring makanan di ekosistem ini terbentuk sangat kompleks dan melibatkan berbagai organisme (Wainwright & Bellwood, 2002).

Pada 2021, Badan Pusat Statistik (BPS), melaporkan bahwa luasan ekosistem terumbu karang di Indonesia mencapai 2,53 juta hektare (ha). Seluas 270,16 Ha luasan tersebut merupakan kawasan konservasi, dan di luar luasan tersebut merupakan area pemanfaatan umum. Salah satu peran ekosistem terumbu karang bagi masyarakat adalah dengan konstruksi karang keras yang kuat dan kokoh, maka ekosistem memiliki kemampuan melindungi hampasan arus dan ombak pantai. Selain itu, keberadaan ekosistem ini menjadi atraksi sebagian wilayah pesisir untuk aktivitas wisata snorkeling dan selam (Sukandar *et al.*, 2017).

Kerentanan ekosistem terumbu karang ditentukan oleh faktor-faktor lingkungan perairan, dalam hal ini khususnya suhu. Kenaikan suhu perairan berpotensi terhadap pemutihan karang (*bleaching*) (Nama, *et al.*, 2023). Namun di luar itu, faktor aktivitas manusia juga sangat menentukan keberlanjutan kehidupan karang. Terlebih, beberapa area pesisir dengan ekosistem terumbu karang dimanfaatkan dalam berbagai aktifitas, misalnya kegiatan wisata, daerah penangkapan ikan, bangunan pesisir dan sebagainya. Menurut Hadi *et al.* (2020) melaporkan bahwa kerusakan tutupan terumbu karang Indonesia pada tahun 2019 mencapai 50%.

Perairan Tawang merupakan bagian dari perairan Teluk Pacitan. Secara fisik kimia, kondisi perairan di teluk dipengaruhi oleh siklus hidrooseanografi, hidrologi, hidrodinamika, topografi, tata ruang dan intensitas pemanfaatan di wilayah teluk (Boyd, 1988). Perairan ini terbentuk semi tertutup dengan hampasan gelombang yang relatif tenang, sehingga terumbu karang mampu hidup dengan baik. Tipe perairan semi tertutup ini pula yang menjadikan banyaknya aktivitas zona pemanfaatan di pantai Tawang memberikan ruang bagi masyarakat guna meningkatkan perekonomian serta menciptakan lapangan pekerjaan baru di bidang industri wisata. Aktivitas-aktivitas tersebut antara lain pembangunan tambak intensif, wisata pantai, tambat perahu nelayan dan tempat pelelangan ikan, serta tambat kapal. Pembangunan tambak intensif berpotensi meningkatkan padatan terlarut material bangunan serta air limbah pertambakan. Aktivitas wisata berpotensi pada terinjaknya badan karang saat snorkeling dan menikmati pantai, serta sampah plastik yang terbawa oleh limpasan ombak. Keberadaan TPI Tawang menjadikan area sekitarnya sebagai tambat kapal berlabuh setelah melaut. Nelayan menambatkan kapalnya di bibir pantai untuk mempermudah mobilisasi hasil tangkapan. Tentunya, aktivitas ini memberikan dampak bagi keberlangsungan ekosistem terumbu karang di perairan Tawang.

Kabupaten Pacitan ditetapkan sebagai Kawasan minapolitan pada tahun 2010. Menurut Musiyam *et al.* (2010), minapolitan merupakan penguatan sinergi antara pertumbuhan ekonomi dan kelestarian fungsi lingkungan hidup, serta upaya penemuan teknologi ramah lingkungan berikut instrumen-instrumen yang dapat menjamin kelestarian fungsi lingkungan hidup untuk merumuskan strategi yang tepat bagi pengembangan ekonomi kerakyatan. Menurut Sukandar *et al.* (2020) ekowisata di Pesisir Jawa Timur, salah satunya di kabupaten Pacitan. Lebih lanjut, pantai Tawang menjadi salah satu ekowisata bahari dengan *existing* tutupan karang keras hidup 41,2%. Mengingat pemanfaatan kawasan dengan berbagai aktivitas yang berpotensi mendegradasikan ekosistem terumbu karang, maka diperlukan kajian melalui penilaian kuantitatif tutupan ekosistem secara general dan kondisi ekologis melalui penghitungan indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominansi.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini mempergunakan metode survey melalui observasi secara langsung. Pengumpulan data diawali dengan penentuan site sampling secara *purposive* dengan

mempertimbangkan keterwakilan area. Pengamatan *underwater* dilakukan pada kedalaman 7-9 meter dengan mengadopsi line intercept transect (LIT) (Wahib & Luthfi, 2019). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode Underwater Photo Transect (UPT). Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ dan Ms. Excel 2019. Sampling berjumlah tiga dengan koordinat tersaji dalam peta lokasi penelitian. Penelitian diselesaikan dalam tiga bulan Agustus –November 2021 yang meliputi tahapan persiapan, survey pendahuluan, penentuan site sampling, pengambilan data lapang dan analisis sata. Jenis-jenis karang dari lokasi penelitian diidentifikasi menggunakan *Tool Kit Coral Finder* (Veron, 2000). Analisis data dilakukan sebagai berikut: Komposisi jenis adalah perbandingan antara jumlah jenis tiap suku dengan jumlah seluruh jenis yang ditemukan (Veron, 2000).

Indeks keanekaragaman atau keragaman (H') menyatakan keadaan populasi organisme secara matematis agar mempermudah dalam menganalisis informasi jumlah individu masing-masing bentuk pertumbuhan atau genus ikan dalam suatu komunitas habitat dasar atau ikan. Indeks keragaman yang paling umum digunakan adalah indeks Shannon-Weaver (Odum, 1992). Indeks Shannon-Wiener yang digunakan pada keragaman umum, sesuai untuk komunitas acak dalam skala luas yang total jumlah jenisnya diketahui (Estradivari *et al.*, 2009). Fachrul (2007) menyatakan besarnya indeks keanekaragaman memiliki kriteria jika $H' \leq 1,0$: keanekaragaman rendah; $1,0 < H' \leq 3,0$ sedang dan $H' > 3,0$: tinggi.

Indeks keseragaman menggambarkan ukuran jumlah individu antar spesies dalam suatu komunitas. Semakin merata penyebaran individu antar spesies maka keseimbangan ekosistem akan makin meningkat (Odum, 1992). Semakin tinggi nilai keseragaman, dapat diartikan semakin merata penyebaran individu antar jenis hingga ekosistem menjadi lebih seimbang (Labrosse, 2002). Kisaran yang digunakan untuk indeks keseragaman adalah: $0,0 < E \leq 0,5$: komunitas tertekan; $0,5 < E \leq 0,75$: labil; dan $0,75 < E \leq 1,0$: stabil.

Nilai indeks keseragaman dan nilai indeks keanekaragaman yang kecil biasanya menandakan adanya dominasi suatu spesies terhadap spesies lain. Dominasi suatu spesies yang cukup besar akan mengarah pada kondisi ekosistem atau komunitas yang labil atau tertekan (Choat & Bellwood, 1991). Rumus indeks dominansi didapat berdasarkan rumus menurut Odum, (1992). Kisaran indeks dominansi dinyatakan sebagai berikut: $0,0 < C \leq 0,5$: dominansi rendah; $0,5 < C \leq 0,75$: sedang dan $0,75 < C \leq 1,0$: tinggi.

Menurut Suprpto (2008), hasil perhitungan sederhana yang disajikan dalam bentuk tabulasi nilai persentase jumlah individu, sedangkan keanekaragaman hayati yang dianalisis difokuskan pada tipe kelompok keanekaragaman komposisi yang meliputi keanekaragaman jenis, pemerataan (species evenness), dan dominansi jenis (species dominan) yang masing-masing dihitung nilai indeks mengikuti model matematis di atas.



Gambar 1. Titik Sampling Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pantai Tawang masuk dalam wilayah Desa Sidomulyo, kecamatan Ngadirojo. Desa Sidomulyo memiliki 2,5 km panjang pantai dengan tipe curam/terjal dan 2,9 km panjang pantai dengan tipe landai (Profil Kelautan dan Perikanan Kabupaten Pacitan, 2020). Bagian yang curam sulit dijangkau dan sebagian besar dibatasi oleh tebing gunung kapur. Sedangkan Pantai Tawang merupakan bagian pantai yang landai, dengan kemiringan pantai sekitar 19 derajat. Perairan Tawang merupakan perairan teluk dengan kecepatan arus sekitar 0,61m/s dan kecerahan perairan yang baik, yakni 90 – 100. Nilai kecepatan arus tersebut termasuk dalam kategori arus cepat yakni 0,50–1 m/s. Arus yang cepat dapat membahayakan aktivitas wisata berenang maupun snorkeling (Tambunan, 2013). Substrat perairan dasar berbentuk pasir dan ekosistem terumbu karang. Menurut data tahun 2011, Teluk Siwil dimana pantai Tawang termasuk di dalamnya memiliki luasan terumbu karang 2,12Ha. Luasan ini tentunya berubah seiring banyaknya aktivitas yang berlangsung di pantai Tawang.

Penentuan titik sampling mempertimbangkan kondisi existing ekosistem karang dan luasan area. Titik sampling 1 berada di bagian timur pantai, hampir berbatasan dengan Pantai Demes dengan titik koordinat $8^{\circ}15'42.85''S$, $111^{\circ}17'27.10''E$. Titik sampling 2 berada 300m tepat di depan tempat pelelangan ikan dengan $8^{\circ}15'46.17''S$, $111^{\circ}17'24.99''E$ Titik sampling ketiga berada di bagian barat pantai, tepatnya berdekatan dengan area pertambakan Brigadir Vaname pada koordinat $8^{\circ}15'46.25''S$, $111^{\circ}17'21.07''E$.

Pantai ini merupakan pantai dengan tipe pantai berpasir putih dan banyak dijumpai pecahan karang. Perairan ini terbuka di depan tempat pelelangan ikan dan dijumpai ikan karang 40-50 genus (data hasil pengamatan). Ekosistem terumbu karang tidak terlepas dari organisme berbahaya. Banyak dijumpai bulu babi di sela-sela karang. Kelimpahan bulu babi yang relatif banyak mengharuskan pengunjung untuk berhati-hati saat menikmati wisata. Bulu babi termasuk dalam biota berbahaya pada penilaian kesesuaian wisata (Yulianda, 2007).

Berdasarkan hasil pengamatan visual sensus, beberapa jenis karang hidup yang ditemukan antara lain jenis stylophora, montipora, porites dan echinophora. Pengkategorian lifeform karang terbentuk tiga jenis lifeform, yaitu CM (*coral massive*), CB (*coral branching*) dan CF (*coral foliose*). CM terdiri dari stylophora dan porites; CB terdiri dari montipora dan CF merupakan karang lembaran echinophora. Lifeform CM menempati porsi hampir setengahnya dari jumlah lifeform secara keseluruhan.

Substrat dasar Pantai Tawang terdiri dari karang hidup, karang mati, pecahan karang dan pasir. Persen tutupan karang didominasi oleh *rubble*/ pecahan karang sebanyak 39% (Gambar 2). Menurut Luthfi *et al.*, (2017), rubble termasuk dalam kategori non living substrat. Hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut telah lama ditumbuhi dan menjadi ekosistem karang. Tingginya nilai *rubble* mengindikasikan banyaknya pergantian karang hidup menjadi karang mati yang terpecah-pecah akibat aktivitas tertentu. Tambat kapal dan menenggelman jangkar sangat memungkinkan terjadinya patahan karang (Ropuhael dan Inglis, 2010). Aktivitas wisatapun demikian, banyak terlihat pengunjung yang berenang maupun snorkling di sekitaran ekosistem karang memungkinkan adanya aktivitas destruktif yang tidak disadari (Liew *et al.*, 2001).

Berdasarkan Gambar 2, persentase karang yang mati hampir mencapai 4%. Biasanya kematian alami karang dikarenakan kenaikan suhu perairan akibat efek *global warming* (Kayanne, 2016). Substrat dasar perairan berupa pasir putih, sama seperti pasir putih yang ada di tepi pantai Tawang. Pasir merupakan bentuk material yang lebih kecil dari *rubble*. Jika dilihat secara seksama, pasir Pantai Tawang terdiri dari berbagai komponen, diantaranya pecahan cangkang hewan, pecahan skeleton karang mati dan butiran pasir substrat dasar.

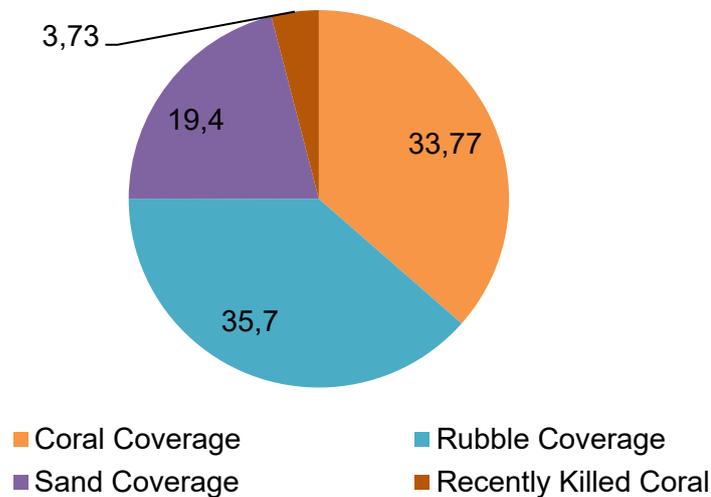
Berdasarkan dokumentasi visual sensus, kerusakan karang akibat patahan paling banyak terlihat di titik II. Hal ini dikarenakan titik II terletak paling dekat dengan TPI dan padatnnya wisata di titik tersebut. Titik I yang berada di sebelah timur dan titik III yang berada di sebelah barat tingkat kerusakan karang akibat patahan relatif rendah. Namun, di titik III kondisi perairan lebih keruh karena material terlarut buangan tambak. *Suspended solid*/ material terlarut ini berpotensi menutupi polip karang, sehingga hewan karang sulit melakukan fotosintesis. Kondisi ini berpotensi menurunkan

luasan ekosistem terumbu karang secara gradual selama periode tertentu.

Struktur komunitas merupakan konsep dalam mempelajari susunan atau komposisi spesies dan kelimpahannya di komunitas. Interaksi dalam komunitas membentuk organisasi yang menghasilkan popa-pola tertentu. Komunitas di suatu perairan ditentukan oleh kondisi perairan (faktor fisika dan kimia perairan) dan ketersediaan makanan (Handayani *et al.*, 2023). Perbandingan Indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi pada tiga titik sampling tersaji dalam Tabel 3.

Menurut Badrudin *et al.* (2003), nilai indeks hasil perhitungan merupakan dasar/ *baseline* data yang secara ekologis sangat penting untuk kelanjutan kajian. Proporsi nilai dari perairan lain dapat dipergunakan sebagai pembanding atau *benchmarking*. Nilai indeks keanekaragaman karang pada tiga titik lebih dari 1,0 dan kurang dari 3,0 hal ini berarti keanekaragaman jenis karang tergolong dalam kategori keragaman yang rendah. Indeks keseragaman ekosistem terumbu karang pada tiga titik bernilai mendekati 1. Hal ini berarti ekosistem karang di pantai Tawang cenderung seragam. Indeks dominansi pada tiga titik relatif kurang dari 0,50 dan cenderung mendekati nilai 1. Hal ini menunjukkan bahwa indeks dominansi pada titik tersebut berada pada dalam kategori rendah atau bisa dikatakan tidak ditemukan dominansi spesies tertentu pada komunitas karang di pantai Tawang. Menurut Farghal *et al.* (2021) indeks ekologi antara pemerataan dan dominansi sangat berhubungan, dimana semakin tinggi nilai indeks pemerataan maka nilai indeks dominansi akan menurun dikarenakan semakin sedikitnya biota yang mendominasi pada suatu lokasi.

Kehidupan hewan karang tidak terlpas dari daya dukung lingkungan perairan. Pengukuran parameter kualitas perairan yang dilakukan secara *ex situ* dapat dijadikan rujukan dalam menilai fisik kawasan ekosistem karang di Pantai Tawang. Suhu di lokasi penelitian berkisar 30,9 - 31,65 °C. Kisaran suhu yang dapat ditoleransi biota laut adalah 26-34°C (Tony *et al.*, 2020). Kecerahan di semua titik penelitian ini bisa mencapai dasar air, atau bernilai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa



Gambar 2. Persentase Tutupan Substrat Dasar di Pantai Tawang, Pacitan

Tabel 3. Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E) dan dominansi (C)

Titik	Indeks		
	H'	E	C
Titik I	1,28	0,92	0,30
Titik II	1,19	0,86	0,26
Titik III	1,35	0,97	0,32

proses fotosintesis zooxanthellae yang berasosiasi dengan karang dalam berjalan dengan baik (Tony *et al.*, 2020). Kecerahan perairan ditentukan oleh padatan tersuspensi dan kekeruhan, keadaan cuaca, waktu pengukuran, serta kelitilian dalam pengukuran (Effendi, 2003). Perairan Tawang memiliki salinitas 31,10-31,25ppm. Nilai salinitas dapat berubah tergantung dari banyaknya air tawar yang masuk dan proses evaporasi. Hasil pengukuran oksigen terlarut menunjukkan nilai 6,90-7,25 mg/L, hal ini menunjukkan kadar oksigen terlarut (DO) di perairan Tawang berada pada kisaran optimal untuk kehidupan biota laut (Neelmani *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Persentase tutupan karang hidup di Pantai Tawang 33.7%, sedangkan persentase *rubble* lebih besar yakni 35,7%. Nilai indeks keanekaragaman karang pada titik I, II dan III berada pada kelas kisaran 1-<3,0 hal ini berarti ekosistem terumbu karang memiliki keragaman jenis yang rendah. Indeks keseragaman ketiga titik mendekati 1, yang berarti bahwa ekosistem karang di pantai cenderung seragam. Sedangkan indeks dominansi ketiga titik berada pada kisaran <0.5 dan cenderung mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat spesies yang mendominasi pada komunitas karang di Pantai Tawang. Kondisi perairan Pantai Tawang yaitu, suhu, kecerahan, salinitas dan oksigen terlarut (DO) termasuk kategori yang masih mendukung untuk kehidupan hewan karang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Pacitan. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badrudin, Sasanti, Suharti, R., Yahmantoro, & Imam, S. 2003. Indeks keanekaragaman hayati ikan kepe-kepe (Chaetodontidae) di perairan Wakatobi, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(7): 67-73.
- Boyd, C.E. 1988. Water Quality in Warm water Fish Ponds. Auburn University Agricultural Experimental Station. Alabama.
- Choat, J.H., & Bellwood, D.R. 1991. The Ecology of Fishes on Coral Reefs. Academic Press. Inc. California.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Estradivari, M., Setiawan, E. & Yusri, S. 2009. Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2003-2007). Yayasan Terumbu Karang Indonesia. Jakarta.
- Fachrul, M.F. 2007. Metode Sampling Bioekologi. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Farghal, T.K., Mohamed, M.A.Z., & Mostafa, M.F. 2021. Abundance, Diversity and Distribution of Coral Reef Fish Families in the Egyptian Red Sea at Hurghada Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25: 541-554.
- Hadi, T.A, Muhammad, A., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyanto, A., Rezza, A., Alifatri, L.O., Sulha, S., & Shar, S.S. 2020. The Status of Indonesian Coral Reefs 2019, Coral Reef Rehabilitation and Management Program Coral Triangle Initiative (COREMAP-CTI).
- Handayani, M., Sukandar, Dewi, C., & Hartono, D. 2023. Suitability Analysis of Fish Apartment Placement to Conserve Fish Resources on the North Sea of East Java. *Biologi Tropis*, 23(1): 432-442.
- Kayanne, H. 2016. Response of Coral Reefs to Global Warming. *Coral Reef Science*, p.81–94.
- Labrosse, P. 2002. Underwater Visual Census Survey. Proper and Implementation. Secretariat of the Pacific Community. Noumea New Caledonia

- Liew, H.C., Chua, Y.S. & Chan, E.H.. 2001. The Impact on coral reefs by leisure divers in Redang. National Symposium on Marine Park and Island in Trengganu. 7p
- Luthfi, O.M., Januarsa, I.N., Fajri, H., Muhammad, F., Aji, N.A.T., Jumantry, S., Ramadhan, M.I., Algadri, G.A., Roganda, F., Rizal, M.F. & Wicaksono, A.S., 2017. Pemantauan kondisi substrat menggunakan metode reef check di Perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang. *Depik*, 6(1): 72-80.
- Musiyam M., Muhtadi, Suharjo & Wijianto. 2011. Model Pengembangan Kawasan Minapolitan Sebagai Upaya dalam Meningkatkan Pertumbuhan Ekonomi Lokal Kabupaten Pacitan. Doctoral dissertation, LPPM UMS
- Nama, S., Shanmughan, A., Nayak, B.B., Bhushan, S., & Ramteke, K. 2023. Impacts of marine debris on coral reef ecosystem: A review for conservation and ecological monitoring of the coral reef ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, 189: p.114755.
- Neelmani., C. Ritesh, P. Mahendra, S. Vagh, U.D. Vyas, T.N. Muniya. 2019. Impacts of climate change on marine biodiversity. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2:425-430.
- Neelmani, R.C., Pal, M., Sarman, V., Vyas, U.D. & Muniya, T.N. 2019. Impacts of climate change on marine biodiversity. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(2): 425-430.
- Odum, T.H., 1992. Ekologi Sistem : Suatu Pengantar. Gadjah Mada Universitas Press. Yogyakarta
- Ropuhael, A.B. & Inglis, G.J. 2010. Impact of recreational scuba diving at sites with different reef topographies. *Ecological Applications*, 12(2): 427- 440.
- Sukandar, Dewi, C.S.U., Haq, R., Harshindi, C., & Fatmawati, R. 2020. Ekowisata Pesisir dan Laut Jawa Timur (Pacitan, Trenggalek dan Tulungagung). Bidang Kelautan, Pesisir, dan Pengawasan Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Jawa Timur. Surabaya.
- Sukandar, Dewi, C.S.U; & Handayani, M. 2017. Analisis Kesesuaian Lahan dan Daya Dukung Lingkungan Bagi Pengembangan Wisata Bahari Di Pulau Bawean, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ilmu – Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 6(3): 205-213.
- Suprpto. 2008. Indeks Keanekaragaman Hayati Ikan Demersal Di Perairan Arafura. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 14(3): 321-335.
- Tambunan, J.M. 2013. Strategi Pengelolaan Lingkungan Pantai Tanjung Pesona Kabupaten Bangka untuk Pengembangan Wisata. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro.
- Tony, F., Soemarno, G.R.W. Dewa, H. Luchman. 2020. Diversity of Reef Fish in Halang Melingkau Island. South Kalimantan. Indonesia. *Biodiversitas*.
- Tony, F., Soemarno, S., Wiadnya, D.G.R. & Hakim, L., 2020. Diversity of reef fish in halang melingkau island, South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21: 4804-4812.
- Veron, J.E.N. 2000. Coral of The Word Volume 1. Australian Institute of Marine Science. Australian
- Wahib, N.K. & Luthfi, O.M. 2019. Kajian Efektivitas Penggunaan Metode LIT, PIT, dan QT Untuk Monitoring Tutupan Substrat. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(3):331-336.
- Wainwright, P.C., & Bellwood, D.R. 2002. Ecomorphology of Feeding in Coral Reef Fishes. *Coral Reef Fishes*. p.33–55.