

DISTRIBUSI TUTUPAN TERUMBU KARANG DI PELABUHAN LAUT BAKAUHENI, LAMPUNG SELATAN, INDONESIA

Ibnu Faizal^{1*}, Fanny Kristiadhi², Yusuf Arief Nurrahman³, Noir Primadona Purba¹ dan Fiddy Semba Prasetya¹

¹Departemen Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran,

²Sekolah Diving Bandung (SDB), Jl Dago Asri IV No.4 Bandung,

³Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

Korespondensi: ibnu.faizal@unpad.ac.id

ABSTRAK

Indonesia dianggap sebagai negara yang memiliki *hotspot* keanekaragaman hayati tinggi dengan jenis terumbu karang yang sangat beragam. Namun, peningkatan pembangunan di wilayah pesisir dapat mengganggu kondisi terumbu karang di negara ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh antropogenik dari kegiatan transportasi di Pelabuhan Bakauheni terhadap sebaran karang, tutupan, keanekaragaman dan indeks kematian. Sebanyak 4 stasiun dipilih, yang dikategorikan sebagai "terganggu" (Stasiun 3 dan 4) dan "kontrol" (Stasiun 1 dan 2). Kami menemukan bahwa tutupan karang keras dari semua stasiun berkisar antara 5.04 – 66.28%. Selanjutnya dominasi jenis karang dari kategori Non Acropora ditemukan di semua stasiun. Indeks Mortalitas berkisar antara 0.14 – 0.85 sejalan dengan Indeks Keragaman Shannon-Wiener (0.44 – 1.54) yang mengelompokkan perbedaan antara S1-S2 dan S2-S4. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa, masuknya aktivitas antropogenik berupa peningkatan aktivitas transportasi dari stasiun yang “terganggu” berkorelasi kuat dengan kondisi terumbu karang di stasiun tersebut. Studi ini menyarankan pentingnya rencana pengelolaan yang lebih baik dari pihak berwenang untuk mengatasi ancaman dari kegiatan transportasi pada ekosistem terumbu karang.

Kata kunci: Terumbu Karang, Polusi antropogenik, Pelabuhan Laut, Arus Laut, Aktivitas Transportasi, Sedimentasi

CORAL REEF DISTRIBUTION AROUND BAKAUHENI SEA-PORT, LAMPUNG SELATAN, INDONESIA

ABSTRACT

Indonesia has been considered as the mega-biodiversity hotspot with a very diverse coral reef species. However, increasing coastal development can disturb the coral reef condition in this country. The present study aims to assess the anthropogenic effect from the transport activities in Bakauheni port on the coral distribution, coverage, diversity and mortality index. A total of 4 stations were chosen, which categorized as “disturbed” (Station 3 and 4) and “control” (Station 1 and 2). We found that the hard coral cover from all stations ranged from 5.04 – 66.28%. Furthermore, the dominance of coral species from the Non-Acropora category was found in all stations. The mortality index ranged from 0.14 - 0.85 in line with the Shannon-Wiener Diversity Index (0.44 - 1.54) clustering the differences between S1-S2 and S3-S4. Finally, our results show that, in addition to this influx of anthropogenically-derived activity, increasing transport activity from the “disturbed” stations strongly correlated to the coral reef condition in those stations. This study suggests the urgency of a better management plan from the authorities to overcome the threat from transport activities to the coral reef ecosystems.

Keywords: Coral Reefs, Anthropogenic pollution, Sea Port, Ocean Current, Transportation Activity, Sedimentation

PENDAHULUAN

Indonesia berada di garis ekuator memiliki suatu ekosistem pesisir khas, yaitu Ekosistem Terumbu Karang. Ekosistem ini merupakan ekosistem unik dimana memiliki tingkat biodiversitas tertinggi dari ekosistem lainnya (Dornelas et al., 2006). Luasan terumbu karang di Indonesia mencakup lebih dari 10% ekosistem terumbu karang dunia (Spalding et al., 2001). Keberadaan terumbu karang sangat penting karena banyak spesies yang hidup di dalamnya karena fungsi ekologi terumbu karang dapat sebagai *feeding ground* dan *nursery ground* (Mumby et al., 2008).

Saat ini, kondisi terumbu karang secara global terus mengalami penurunan. Faktor-faktor seperti kenaikan suhu global yang menyebabkan karang menjadi memutih (*Coral Bleaching*) (Hoegh-Guldberg, 1999), dan peningkatan jumlah predator karang (*Achantaster plancii* dan *Drupella* sp.) (Tokeshi & Daud, 2011). Selain itu, faktor eksternal yang berasal dari aktivitas manusia juga memiliki andil yang besar terhadap kondisi terumbu karang. Aktivitas serta pencemaran lingkungan dari manusia yang tidak terkendali mengganggu keberadaan lebih 58% terumbu karang di dunia (Hughes et al., 2003). Adapun penyebabnya antara lain: penambangan karang (Caras & Pasternak, 2009), penggunaan bom/sianida dan penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan (Edinger & Risk, 2000), proses pembangunan di daerah pesisir (Ryan et al., 2008), dan sampah laut yang berasal dari sungai (Purba et al., 2019).

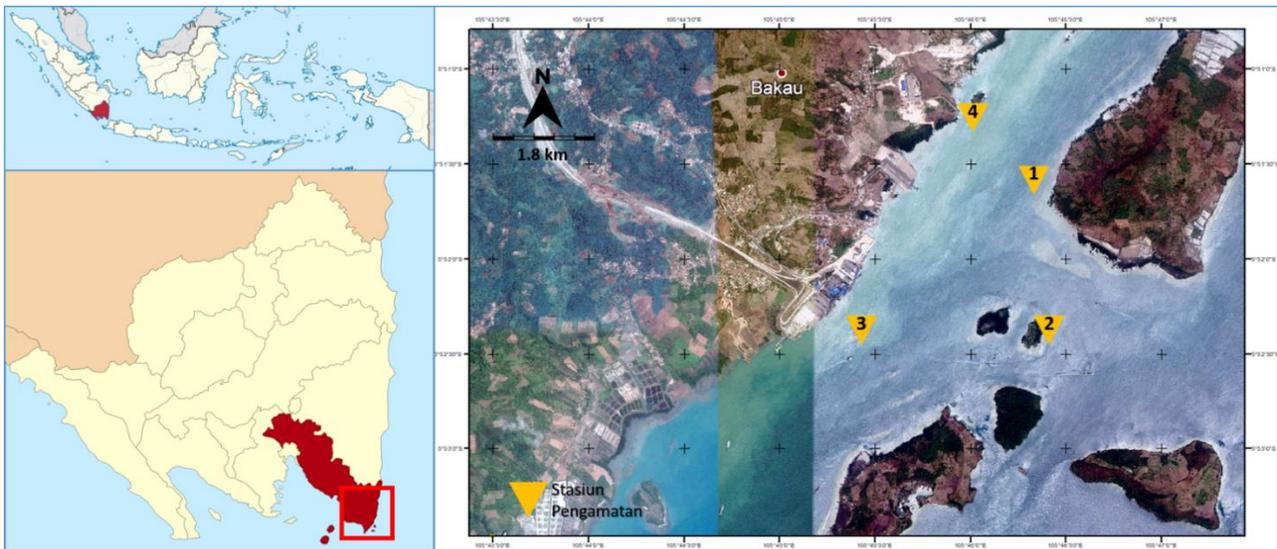
Pelabuhan laut sebagai sentra dari aktivitas transportasi laut dan perdagangan memiliki potensi yang besar mempengaruhi keberadaan dan kesehatan terumbu karang. Aktivitas pembangunan maupun pengembangan suatu kawasan pelabuhan akan meningkatkan sedimentasi di kolom perairan sehingga mempengaruhi penetrasi matahari yang dibutuhkan oleh terumbu karang untuk hidup. Selain itu, aktivitas kapal yang menunggu untuk bersandar di dermaga dapat berpotensi merusak terumbu karang dengan menurunkan jangkar di lokasi sekitar pelabuhan. Selain itu, terdapat juga limbah dari kapal berupa sisa minyak buangan dan spesies invasif yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan di sekitar perairan.

Penelitian ini dilakukan di sekitar Pelabuhan Laut Bakauheni yang berada di Kabupaten Lampung Selatan. Perairan dan pesisir di wilayah ini digunakan untuk berbagai macam kegiatan. Selain itu, di wilayah ini terdapat pelabuhan dengan intensitas aktivitas transportasi laut tinggi di Indonesia. Pelabuhan Laut Bakauheni adalah pelabuhan umum yang melayani penyeberangan antara ujung selatan Pulau Sumatra - Pulau Jawa (Faturachman et al., 2015). Berbagai tekanan lingkungan yang ada di perairan ini, ekosistem terumbu karang dapat mengalami tekanan dari tingginya aktivitas di pelabuhan ini. Untuk itu, studi ini dilakukan untuk melihat kondisi serta distribusi dari ekosistem terumbu karang di Pelabuhan Laut Bakauheni. Studi berfokus pada kondisi tutupan karang serta indeks kematian dan keanekaragaman dari ekosistem terumbu karang yang ada di sekitar Pelabuhan Laut Bakauheni.

METODE RISET

Lokasi Riset

Lokasi riset berada di pulau-pulau yang berada di sekitar Pelabuhan Laut Bakauheni, antara lain Pulau Rimaubalak, Pulau Dua, dan di sekitar pesisir dari Pelabuhan (Gambar 1). Area penelitian berada pada posisi 105°45' 10" BT dan 5° 51' 59" LS. Pemilihan titik stasiun menggunakan purposive sampling (Sugiyono, 2008) membagi stasiun kedalam dua kondisi, "kontrol" dan "terganggu" dengan tujuan melihat variasi tutupan karang berdasarkan letak yang berbeda-beda.



Gambar 1. Lokasi Riset di Pelabuhan Laut Bakauheni (Kotak Merah). Terdapat empat stasiun pengamatan yang terbagi dalam dua Kategori: berada di Pulau (Stasiun 1,2) dan di Pesisir dari Pelabuhan (Stasiun 3,4)

Pemilihan lokasi secara geografis terbagi dua, berada di lokasi yang dekat dengan aktivitas utama pelabuhan (Stasiun 3 dan 4) sebagai kategori “terganggu” serta lokasi yang berada di pulau dan terletak di daerah yang relatif jauh dari aktivitas utama pelabuhan. (Stasiun 1 dan 2) sebagai kategori “kontrol” Pemilihan ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari aktivitas pelabuhan terhadap kondisi terumbu karang di lokasi tersebut. Profil kedalaman di Pelabuhan Bakauheni menurut Peta Batimetri Selat Sunda-Bakauheni PUSHIDROS-AL memiliki rentang 4 – 50 meter (Sobaruddin et al., 2017). Kedalaman kurang dari 10 meter berada di daerah sekitar pulau dan pesisir, kedalaman 10 – 20 meter berada disekitar alur pelayaran, sedangkan kedalaman lebih dari 20 meter berada di sisi bagian luar dari pelabuhan. Jenis pasang-surut campuran condong harian ganda dengan kecepatan arus rata-rata di sekitar perairan pelabuhan 0.008 – 1.1 m/s (Aryono et al., 2014).

Pengambilan Data

Pengambilan data tutupan terumbu karang menggunakan metode Line Intercept Transect (LIT) (Rittel & Webber, 1973) pada kedalaman 4-6 meter dengan panjang transek sepanjang 50 meter. Penentuan lokasi menggunakan pengamatan *Manta Tow* (Sukmara et al., 2001) untuk melihat titik pengamatan memenuhi kriteria. Penyelaman menggunakan *Self-Contained Underwater Breathing Apparatus* (SCUBA) dilakukan dalam proses pengambilan data terumbu karang yang dikelompokkan berdasarkan kategori bentuk kehidupan (*life form*). Pengelompokan *lifeform* terbagi menjadi kelompok Acropora, Non-Acropora, Karang Lunak (*Soft Coral*), *Sponge*, Alga, Karang Mati, serta lainnya. Kelompok Acropora terdiri dari *Acropora Branching* (ACB), *Acropora Digitate* (ACD), *Acropora Encrusting* (ACE), *Acropora Submassive* (ACS) dan *Acropora Tabulate* (ACT). Kemudian untuk kelompok Non-Acropora terdiri dari *Coral Branching* (CB), *Coral Encrusting* (CE), *Coral Foliose* (CF), *Coral Massive* (CM), *Coral Mushroom* (CMR) dan *Coral Submassive* (CS) (Syahrir et al., 2015). Sedangkan kelompok karang mati terdiri dari *Dead Coral* (DC) dan *Dead Coral Algae* (DCA).

Untuk mendukung data ini, data parameter oseanografi seperti suhu, salinitas serta kecerahan juga diambil. Hal ini untuk melihat bagaimana kondisi lingkungan secara fisik sebagai kriteria kondisi ideal untuk terumbu karang hidup.

Analisis Data

Data terumbu karang kemudian diolah untuk beberapa parameter penilaian. Persentase tutupan karang keras merupakan jumlah total panjang tutupan dari jenis Acropora dan Non-Acropora dibandingkan dengan panjang transek pengamatan. Untuk kategori lainnya (Karang Lunak, Karang Mati, *Sponge*, Alga serta lainnya) juga dilakukan perhitungan total tiap-tiap kategorinya.

$$\text{Persentase Tutupan Kategori} = \frac{\text{Jumlah titik kategori tersebut}}{\text{Jumlah titik acak}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Presentase tutupan karang berada pada rentang 0-100% yang menandakan kondisi terumbu karang di lokasi tersebut berada dalam kondisi Kurang Baik hingga Sangat Baik (English et al., 1994). Kondisi karang dikategorikan dalam kondisi Sangat Baik jika memiliki persentase tutupan karang lebih dari 75%. Sedangkan persentase tutupan karang kurang dari 25% dikategorikan memiliki tutupan karang yang Kurang Baik.

Selanjutnya dilakukan perhitungan beberapa Indeks Parameter Lingkungan yang mendukung analisa hasil riset. Indeks Kematian (*Mortality Index/MI*) (Gomez et al., 1994) dihitung berdasarkan perbandingan rasio dari total karang mati dibagi total dari karang hidup dengan karang mati. Rentang Nilai 0 -1 menandakan seberapa besar tren kematian dari suatu stasiun pengamatan dengan angka 1 sebagai kondisi karang di lokasi tersebut terjadi perubahan signifikan dari karang hidup ke karang mati. Indeks Shannon Wiener (English et al., 1994; Magurran, 1988) dihitung untuk melihat kestabilan dari ekosistem terumbu karang di lokasi tersebut. Indeks Keanekaragaman (H') memiliki nilai 0-3 untuk mengindikasikan suatu lokasi berada pada kondisi keanekaragaman rendah/tinggi. Selain itu Indeks ini juga dapat menggambarkan produktivitas ekosistem, tekanan pada ekosistem, dan kestabilan ekosistem. Semakin tinggi nilai indeks maka semakin tinggi pula keanekaragaman species, produktivitas ekosistem, tekanan pada ekosistem, dan kestabilan ekosistem.

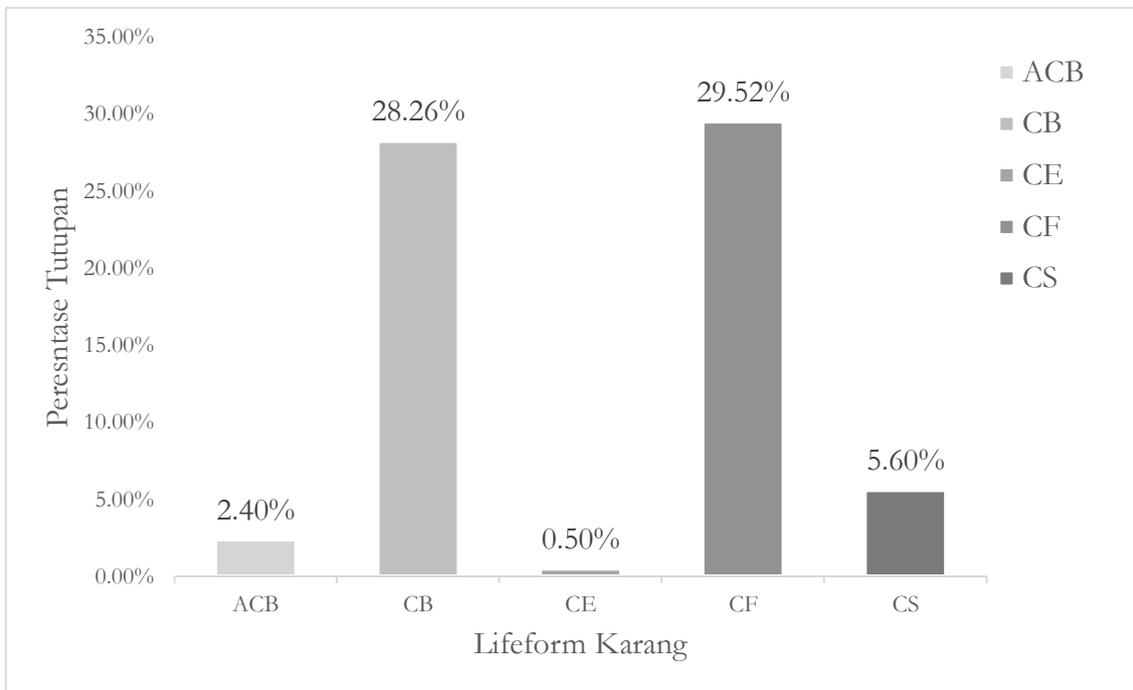
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Perairan

Suhu dan Salinitas di seluruh lokasi studi berada pada kondisi normal dan optimal untuk terumbu karang tumbuh. Suhu di keempat stasiun berkisar 29-31°C serta salinitas sebesar 31-33 ppt. Hal yang sama juga didukung oleh studi sebelumnya yang mengukur suhu serta salinitas dengan rentang yang sama (Riniatsih et al., 2017). Kondisi arus di lokasi ini berada pada rentang yang tidak terlalu berbeda saat pasang dengan surut. Kecepatan arus sebesar 0.008 – 0.23 m/s saat kondisi pasang dan 0.009 – 0.22 m/s saat kondisi surut (Aryono et al., 2014). Perbedaan yang terlihat dari kekeruhan perairan saat proses pengambilan data terumbu karang dimana lokasi yang berada dekat dengan daratan utama/ dermaga memiliki visibilitas perairan lebih rendah dibandingkan dengan lokasi yang berada lebih jauh dari daratan utama. Parameter fisik yang diambil di lokasi penelitian bertujuan untuk melihat syarat batas hidup dari terumbu karang. Dari parameter seperti suhu, salinitas, serta kecepatan arus yang didapatkan dari pengukuran riset ini, didapatkan nilai yang masuk ke dalam kriteria baik untuk hidup terumbu karang.

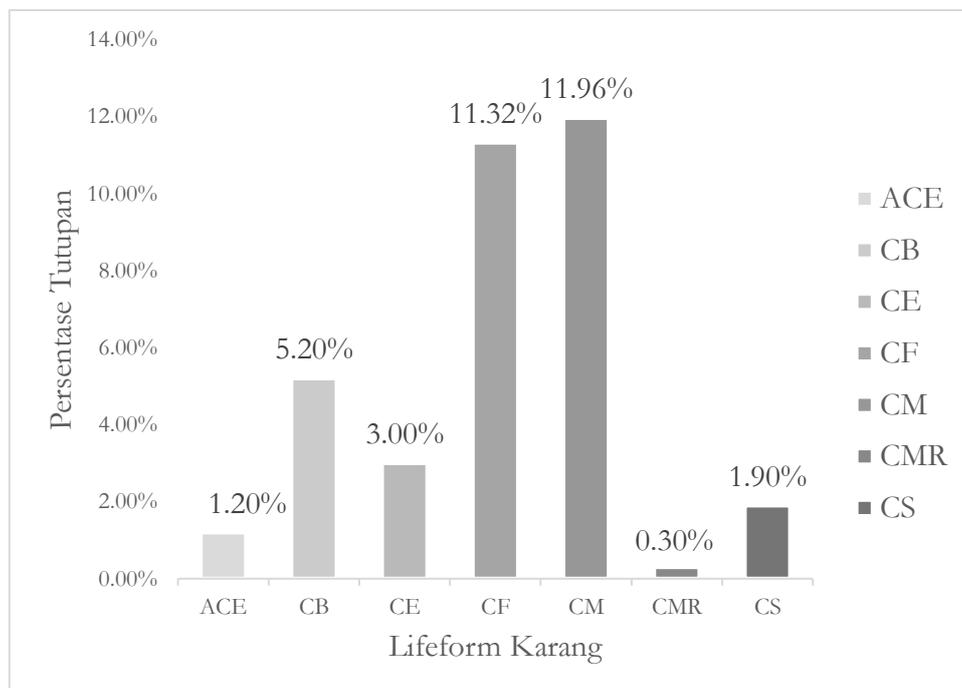
Tutupan Karang Keras

Tutupan karang keras di Stasiun 1 (S1) sebesar 66.28%. Kondisi tersebut masuk dalam kategori Baik. Ditemukan sebanyak 4 jenis *lifeform* dari karang keras yaitu *Acropora Branching* (ACB), *Coral Branching* (CB), *Coral Foliose* (CF), dan *Coral Submassive* (CS). Untuk karang mati di S1 sebesar 11% yang keseluruhannya masuk dalam kategori *Dead Coral Algae* (DCA) atau karang mati yang sudah tertutupi oleh alga. S1 berada pada perairan yang relatif terlindung karena berhadapan dengan daratan utama. Jenis pertumbuhan *Coral Foliose* (CF) atau karang berbentuk daun mendominasi di S1 dengan presentase sebesar 29.52%. CF yang berasal dari genus *Montipora* dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi perairan yang tenang (Faizal et al., 2019). Jenis *Coral Foliose* juga banyak ditemukan di perairan yang berdekatan dengan lokasi seperti di Kepulauan Anak Krakatau (Ferdiansyah et al., 2019), dan di Kepulauan Seribu (Nurrahman et al., 2020; Permana et al., 2020).



Gambar 2. Komposisi Karang Keras di Stasiun 1. Terdapat empat jenis pertumbuhan dengan dominasi pada kategori Non-Acropora

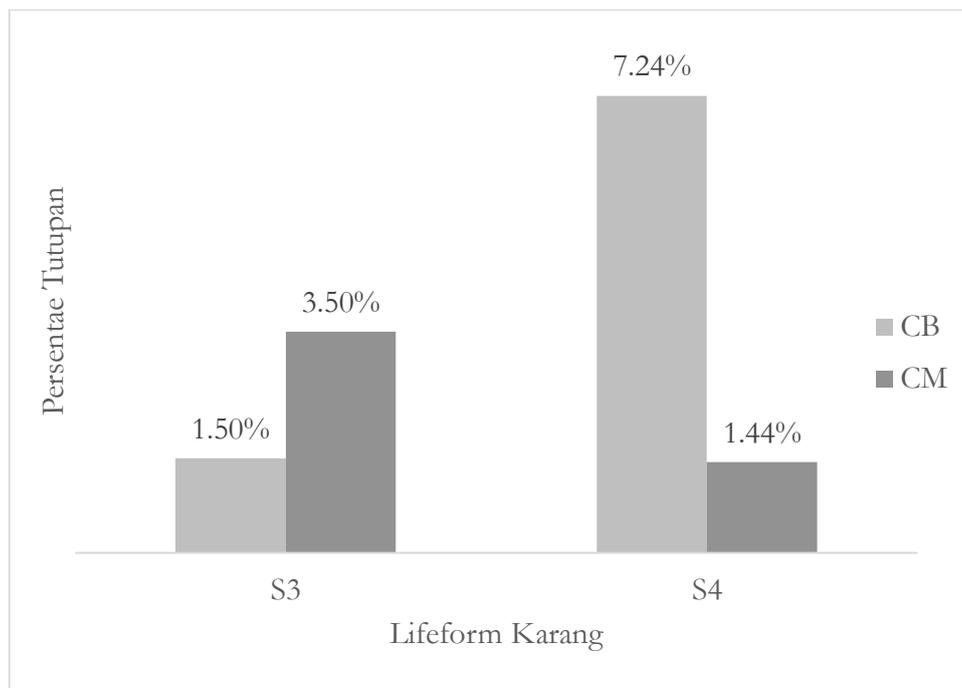
Persentase tutupan karang keras di Stasiun 2 (S2) sebesar 32.98%. Kondisi tersebut termasuk kategori Cukup Baik. Jumlah *lifeform* yang ditemukan di lokasi ini sebanyak 7 jenis dengan pembagian 1 jenis dari Acropora dan 6 lainnya dari Non-Acropora. *Coral Foliose* (CF) dan *Coral Massive* (CM) mendominasi di S2 dengan nilai masing-masing sebesar 11.32% dan 11.96%. Kedua jenis ini memiliki adaptasi yang tinggi, daya saing yang tinggi dan harapan hidup yang panjang terhadap lingkungan (Cleary et al., 2008). Untuk karang mati, jenis *Dead Coral Algae* (DCA) mendominasi sebesar 16.44% dari total tutupan karang mati sebesar 17.94%.



Gambar 3. Komposisi Karang Keras di Stasiun 2. Jenis Non-Acropora mendominasi di lokasi ini dengan dominasi CF dan CM serta CB sebagai 3 besar jenis dominan.

Tutupan karang keras di Stasiun 3 (S3) dan Stasiun 4 (S4) memiliki persamaan baik dari persentase tutupan dan jenis *lifeform* karang keras. Persentase tutupan karang keras pada S3 sebesar 5.04% dan S4 sebesar 8.68%. Besar persentase di bawah 25% masuk ke dalam kategori tutupan karang Kurang Baik. Jenis Karang Keras yang ada di lokasi ini hanya 2 jenis yaitu *Coral Branching* (CB) dan *Coral Massive* (CM). Jenis karang bercabang (CB) dapat tumbuh di lokasi yang memiliki perairan tenang (Nurrahman et al., 2020) dimana arus yang ada di lokasi ini relatif tenang karena berada di daerah dangkalan dengan posisi terlindung. Jenis karang ini cepat dalam proses pertumbuhan (Lirman, 2000) namun sangat rentan rusak oleh sedimentasi dan aktivitas nelayan (Duckworth et al., 2017).

Berbanding terbalik dengan tutupan karang keras yang rendah, tutupan karang mati di S3 dan S4 ini memiliki presentase yang cukup tinggi, 29.26% dan 30.56%. *Dead Coral Algae* (DCA) yang mendominasi di kedua stasiun merupakan bentuk dari kompetisi yang terjadi antara karang dengan alga (Jompa & McCook, 2003). Struktur kapur karang yang telah ditinggalkan oleh hewan karang menjadi ruang kompetisi bagi alga dan hewan karang untuk menempel dalam proses rekrutmen.



Gambar 4. Komposisi Karang Keras di Stasiun 3 dan 4. Hanya jenis Non-Acropora yang ditemukan di stasiun ini sebanyak 2 jenis.

Kondisi tutupan karang keras cukup bervariasi antar empat stasiun pengamatan. Namun terlihat suatu pola yang menyerupai jika melihat dari kondisi geografis dari stasiun pengamatan. Terdapat kemiripan dari Stasiun 1 (S1) dengan Stasiun 2 (S2) serta Stasiun 3 (S3) dengan Stasiun 4 (S4). S1 serta S2 berada di lokasi relatif jauh dengan pelabuhan, aktivitas lalu lintas kapal di lokasi ini pun tidak terlalu padat serta berada pada lokasi yang terlindung. Untuk S3 dan S4 berada di lokasi yang berdekatan dengan pelabuhan sehingga potensi gangguan menjadi lebih tinggi. Salah satu faktor yang terjadi adalah aktivitas pengembangan pelabuhan dengan menambah jumlah dermaga (*Jetty*). Konsekuensi dari pengembangan ini adalah terjadinya alih guna lahan di pesisir sehingga timbul sedimentasi. Terumbu karang mati banyak ditemukan di S3 dan S4 tertutup oleh sedimen yang dimana sedimentasi dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan karang (Faizal & Yuanita, 2017) yaitu dapat menutup polip-polip karang atau membuat perairan menjadi keruh sehingga penetrasi sinar matahari ke kolom air menjadi terhalang. Kondisi S3 dan S4 yang berada dekat dengan daratan utama juga didominasi oleh substrat pasir dengan persentase 40% dimana terumbu karang yang ditemukan di lokasi ini berbentuk potongan-potongan (*patch*) bukan berupa karang tepi (*fringing reef*).

Faktor lain yang dapat mempengaruhi kondisi terumbu karang di dekat daratan utama adalah muatan organik yang berasal dari daratan. Muatan organik dapat berupa logam berat yang dapat

mempengaruhi kondisi perairan sehingga ekosistem pesisir menjadi terganggu (Pratiwi, 2020). Selain itu, kandungan logam berat yang terlarut pada sedimen juga dapat berbahaya bagi biota dan manusia (Alisa et al., 2020).

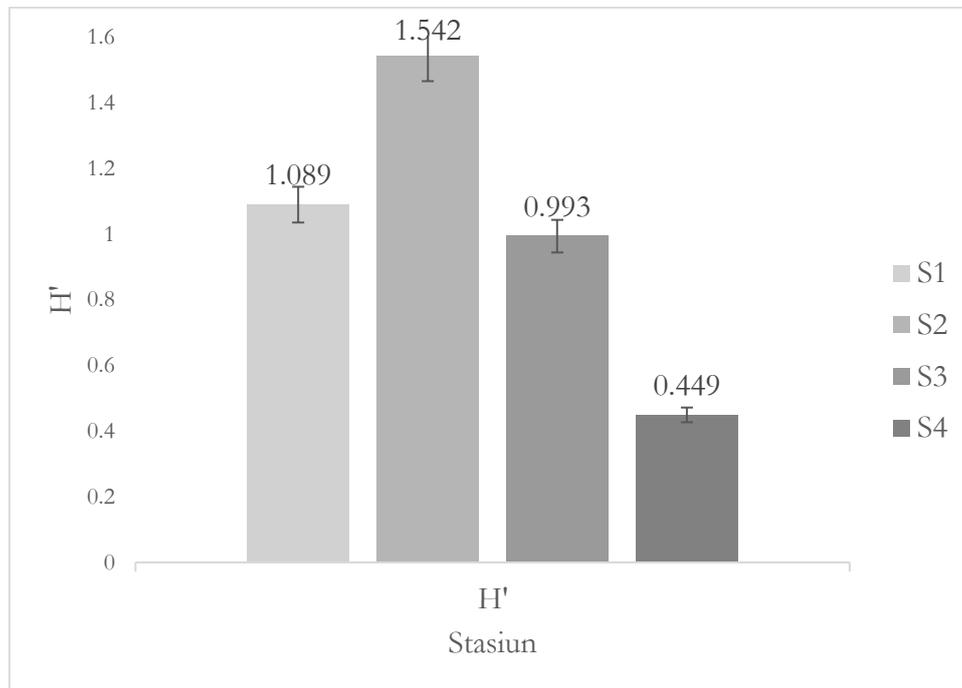
Indeks Lingkungan

Indeks Kematian

Indeks Kematian (MI) yang didapatkan dari keempat stasiun pengamatan berada pada rentang 0.14 – 0.85. rentang nilai cukup bervariasi dari kondisi Karang Hidup menjadi Karang Mati dalam kondisi rendah (< 0.5) hingga tinggi (>0.75). S1 dan S2 berada pada kategori indeks kematian tidak signifikan dengan nilai masing-masing stasiun sebesar 0.14 dan 0.35, sedangkan S3 dan S4 memiliki kategori indeks kematian signifikan dengan nilai masing-masing sebesar 0.78 – 0.85. Indeks Kematian berkaitan dengan kemampuan dari terumbu karang bertahan serta melakukan suksesi apabila terumbu karang di lokasi tersebut mengalami kerusakan. Kondisi yang ideal dari perairan suatu wilayah memegang peran penting untuk proses suksesi terumbu karang yang telah rusak. Kompetitor utama hewan karang terkait ruang yaitu alga, memiliki probabilitas yang lebih tinggi dibandingkan hewan karang pada kondisi yang kurang ideal bagi terumbu karang tumbuh dan berkembang di suatu lokasi.

Indeks Shannon-Wiener

Indeks Shannon-Wiener merupakan konsep perhitungan Keanekaragaman (H') yang relatif paling banyak digunakan (Magurran, 1988). Indeks ini menghitung jumlah perbandingan antar jenis/spesies dengan total jenis/spesies yang ditemukan dalam suatu lokasi. Indeks Keanekaragaman yang didapatkan pada keempat stasiun studi memiliki rentang 0.44 – 1.54.



Gambar 5. Indeks Keanekaragaman di empat Stasiun. Kategori Indeks berada pada kondisi rendah serta sedang.

Nilai $H' < 1$ terdapat pada S3 dan S4 mengindikasikan bahwa dilokasi tersebut ada tekanan ekologis yang berat sehingga ekosistem yang ada dilokasi menjadi tidak stabil. Sedangkan nilai H' 1-3 yang terdapat pada S1 dan S2 mengindikasikan bahwa di lokasi memiliki produktivitas yang cukup dengan tekanan ekologis dan kestabilan ekosistem yang seimbang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kondisi parameter fisik seperti suhu, salinitas, serta arus berada pada kondisi baik untuk hidup terumbu karang. Tutupan karang keras pada empat lokasi yang berada di sekitar Pelabuhan Laut Bakauheni berada pada rentang 5.04 – 66.28 %. Dominasi jenis karang kategori Non-Acropora berada di seluruh stasiun pengamatan. Indeks Kematian berada pada 0.14 – 0.85 sejalan dengan Indeks Keanekaragaman 0.44 – 1.54 mengklasterisasi perbedaan antar S1-S2 dengan S2-S3. Perbedaan lokasi stasiun pengamatan yang berada dekat dengan jauh dari dermaga utama berkaitan erat dengan kondisi ekosistem terumbu karang di lokasi tersebut.

Saran

Monitoring rutin terhadap kondisi terumbu karang di lokasi studi dengan pendekatan metode yang lebih aplikatif dapat dilakukan seperti menggunakan metode *Underwater Photo Transect* (UPT). Korelasi kondisi tutupan karang terhadap aktivitas lain seperti intensitas lalu lintas kapal juga dapat dikaji dalam studi berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Perhubungan Republik Indonesia dalam hal ini ASDP Indonesia Ferry yang telah memberikan izin serta akses dalam proses pengambilan data studi ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada *reviewer* dari artikel ini sehingga menambah kedalaman analisa dalam artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisa, C. A. G., Albirqi P, M. S., & Faizal, I. (2020). Kandungan Timbal dan Kadmium pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Akuatika Indonesia*, 5(1), 21–26. <https://doi.org/10.24198/jaki.v5i1.26523>
- Aryono, M., Purwanto, Ismanto, A., & Rina. (2014). Kajian Potensi Energi Arus Laut Di Perairan Selat Antara Pulau Kandang Balak Dan Pulau Kandang Lunik, Selat Sunda. *Journal of Oceanography*, 3(2), 230–235.
- Caras, T., & Pasternak, Z. (2009). Long-term environmental impact of coral mining at the Wakatobi marine park, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 52(10), 539–544.
- Cleary, D. F. R., De Vantier, L., Giyanto, Vail, L., Manto, P., De Voogd, N. J., Rachello-Dolmen, P. G., Tuti, Y., Budiyanto, A., Wolstenholme, J., Hoeksema, B. W., & Suharsono. (2008). Relating variation in species composition to environmental variables: A multi-taxon study in an Indonesian coral reef complex. *Aquatic Sciences*, 70(4), 419–431. <https://doi.org/10.1007/s00027-008-8077-2>
- Dornelas, M., Connolly, S. R., & Hughes, T. P. (2006). Coral reef diversity refutes the neutral theory of biodiversity. *Nature*, 440(7080), 80–82.
- Duckworth, A., Giofre, N., & Jones, R. (2017). Coral morphology and sedimentation. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1), 289–300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.036>
- Edinger, E. N., & Risk, M. J. (2000). Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biological Conservation*, 92(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00067-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00067-1)
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1994). *Survey Manual Tropical Marine Resources*.

- Faizal, I., Iriana, D., Riyantini, I., & Purba, N. P. (2019). The Status of Coral Reefs in The Seribu Islands National Park, Indonesia in Various Zones. *Global Scientific Journal*, 7(10), 165–175. <https://doi.org/10.1525/aa.1917.19.3.02a00170>
- Faizal, I., & Yuanita, N. (2017). Study of Coral Reef Ecosystem Vulnerability using Sediment Transport Modelling. *International Journal of Science and Research*, 6(6), 176–180. <https://doi.org/DOI:10.21275/ART20174137>
- Faturachman, D., Muslim, M., & Sudrajad, A. (2015). Analisis Keselamatan Transportasi Penyeberangan Laut Dan Antisipasi Terhadap Kecelakaan Kapal Di Merak-Bakauheni. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 14–21. <https://doi.org/10.36055/tjst.v10i2.6678>
- Ferdiansyah, M. H., Widiastuti, E. L., Ismail, T., & Susanto, G. N. (2019). Inventarization of Coral Reefs in the Waters of Rakata Island, Krakatau Islands. *Aquasains*, 8(1), 775. <https://doi.org/10.23960/aqs.v8i1.p775-782>
- Gomez, E. D., Aliño, P. M., Yap, H. T., & Licuanan, W. Y. (1994). A review of the status of Philippine reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 29(1), 62–68. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)90427-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-326X(94)90427-8)
- Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, Coral Bleaching And The Future Of The World's Coral Reefs. *Marine and Freshwater Research*, 50, 839–836. <https://doi.org/10.1071/MF99078>
- Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. B. C., & Kleypas, J. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, 301(5635), 929–933.
- Jompa, J., & McCook, L. J. (2003). Contrasting effects of turf algae on corals: massive *Porites* spp. are unaffected by mixed-species turfs, but killed by the red alga *Anotrichium tenue*. *Marine Ecology Progress Series*, 258, 79–86.
- Lirman, D. (2000). Fragmentation in the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck): growth, survivorship, and reproduction of colonies and fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 251(1), 41–57.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.
- Mumby, P. J., Broad, K., Brumbaugh, D. R., DAHLGREN P, C., Harborne, A. R., Hastings, A., Holmes, K. E., Kappel, C. V., Micheli, F., & Sanchirico, J. N. (2008). Coral reef habitats as surrogates of species, ecological functions, and ecosystem services. *Conservation Biology*, 22(4), 941–951.
- Nurrahman, Y. A., Kelautan, J. I., Tanjungpura, U., Barat, K., Kelautan, D., Padjadjaran, U., Barat, J., Nasional, T., & Karang, T. (2020). Kondisi Tutupan Terumbu Karang di Pulau Panjang Taman Nasional Condition of Coral Reefs Cover in Panjang Island, Seribu Islands National Park , Jakarta. *Akuatika Indonesia*, 5(1), 27–32.
- Permana, R., Akbarsyah, N., Putra, P., & Andhikawati, A. (2020). Analysis Condition of Coral Reef Covering in Pramuka Island Waters, Seribu Islands using Line Intercept Transect (LIT) Method. *Jurnal Riset Biologi Dan Aplikasinya*, 2(2), 77–80.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Purba, N. P., Pranowo, W. S., Simanjuntak, S. M., Faizal, I., Jasmin, H. H., Handyman, D. I. W., & Mulyani, P. G. (2019). Lintasan sampah mikro plastik di kawasan konservasi perairan Nasional Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur. *Depik*, 8(2), 125–134. <https://doi.org/10.13170/depik.8.2.13423>

- Riniatsih, I., Munasik, M., Suryono, C. A., Azizah, R., Hartati, R., Pribadi, R., & Subagiyo, S. (2017). Komposisi Makroalga Yang Berasosiasi Di Ekosistem Padang Lamun Pulau Tumpul Lunik, Pulau Rimau Balak Dan Pulau Kandang Balak Selatan, Perairan Lampung Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2), 117. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i2.1738>
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Ryan, K. E., Walsh, J. P., Corbett, D. R., & Winter, A. (2008). A record of recent change in terrestrial sedimentation in a coral-reef environment, La Parguera, Puerto Rico: A response to coastal development? *Marine Pollution Bulletin*, 56(6), 1177–1183.
- Sobaruddin, D. P., Armawi, A., & Martono, E. (2017). Model Traffic Separation Scheme (TSS) Di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I Di Selat Sunda Dalam Mewujudkan Ketahanan Wilayah. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 23(1), 104. <https://doi.org/10.22146/jkn.22070>
- Spalding, M., Spalding, M. D., Ravilious, C., & Green, E. P. (2001). *World atlas of coral reefs*. Univ of California Press.
- Sugiyono. (2008). Metodologi Penelitian. *Universitas Pendidikan Indonesia*, 1(Metodologi Penelitian), 1–58.
- Sukmara, A., Siahainenia, A. J., & Rotinsulu, C. (2001). Panduan Pemantauan terumbu Karang Berbasis Masyarakat Dengan Metoda Manta Tow. *Proyek Pesisir–CRMP Indonesia*. Jakarta, 48.
- Syahrir, M. R., Jayadi, A., Mf, M. Y., & Hanjoko, T. (2015). Codition of Coral Reef at Teluk Pandan Sub-District East Kutai District. *International Journal of Science and Engineering*, 8(1), 60–64. <https://doi.org/10.12777/ijse.8.1.60-64>
- Tokeshi, M., & Daud, J. R. P. (2011). Assessing feeding electivity in *Acanthaster planci*: A null model analysis. *Coral Reefs*, 30(1), 227–235. <https://doi.org/10.1007/s00338-010-0693-3>