

KONDISI TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SEKITAR AREA PKP2B PT. KALTIM PRIMA COAL, KUTAI TIMUR [*Coral Reef Condition in Waters Surrounding PKP2B PT. Kaltim Prima Coal, East Kutai*]

Omega Raya Simarankir^{1,2*}, Firmansyah Tawang^{1,3}, Irwan^{1,3}, Ayub⁴, Sila Kartika Sari⁴, Derta Prabuning⁴

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur

²Laboratorium Selam Ilmiah, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur

³Amphibi Diving Club

⁴Reef Check Indonesia

email: omega.raya8@gmail.com

ABSTRACT

The condition of coral reefs is influenced by natural and anthropogenic factors. Anthropogenic activities such as coal mining will eventually have an impact on the surrounding ecosystems including coral reefs. This study aims to determine the condition of coral reefs in the waters around the operating areas of PKP2B PT. Kaltim Prima Coal. This study is a preliminary study as a database that provides data on the health of coral reefs in the vicinity of the operation of mining companies in East Kutai Regency. Data was collected at Bengalon Reef, Kellie's Reef and South Marker in March 2019 using Reef Check method, focusing on three indicators namely substrate, fish, and invertebrate. The line transects used in this method was 100 m long and was divided into 4 segments. Physical and chemical parameters of the waters measured were current speed, brightness, pH, salinity, and water temperature. The condition of coral reefs in the study location was in medium category. The quality of the waters was in tolerance range of life support and coral growth. Indicator fish found were Chaetodontidae, Lutjanidae, Scaridae and Serranidae. Indicator invertebrates found were *Holothuria edulis*, *Panulirus sp.* and *Tridacna spp.* The dominant impact of damage to coral reefs were boat anchors and fishing nets rubbish, while the impact of activity damage has not been seen.

Key words: *Coral Cover, East Kutai, PT. Kaltim Prima Coal, Reef Check*

ABSTRAK

Kondisi terumbu karang dipengaruhi faktor alamiah dan antropogenik. Kutai Timur merupakan Kabupaten dengan aktivitas tambang batubara terbesar di Kalimantan Timur. Aktivitas antropogenik tersebut tentunya lama kelamaan akan berdampak pada ekosistem sekitarnya termasuk terumbu karang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi terumbu karang di perairan sekitar area Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) perusahaan tambang batubara terbesar di Kabupaten Kutai Timur yaitu PT. KALTIM Prima Coal. Pengambilan data dilakukan pada bulan Maret 2019 dengan menggunakan metode Reef Check, terfokus pada tiga indikator yaitu substrat, ikan, dan avertebrata. Transek garis yang digunakan pada metode ini ialah sepanjang 100 m dan dibagi menjadi 4 segmen. Parameter fisika dan kimia perairan yang diukur yaitu kecepatan arus, kecerahan, pH, Salinitas, dan suhu perairan. Kondisi terumbu karang di lokasi penelitian tergolong dalam kategori sedang. Kualitas perairan masih berada pada kisaran toleransi pendukung kehidupan dan pertumbuhan karang. Ikan indikator yang ditemui yaitu Chaetodontidae, Lutjanidae, Scaridae dan Serranidae. Avertebrata indikator yaitu *Holothuria edulis*, *Panulirus sp.* dan *Tridacna spp.* Dampak kerusakan terumbu karang yang dominan adalah jangkar kapal dan sampah jaring nelayan, sedangkan dampak kerusakan aktivitas pertambangan belum terlihat.

Kata kunci: *Kutai Timur, PT. Kaltim Prima Coal, Reef Check, Tutupan Karang*

PENDAHULUAN

Wilayah perairan Kabupaten Kutai Timur dengan panjang garis pantai 152 km, terletak dalam wilayah perairan Selat Makassar dan Laut Sulawesi. Perairan Kutai Timur merupakan bagian dari segitiga terumbu karang dunia yang terkenal memiliki keanekaragaman hayati laut yang tinggi. Menurut (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2009), segitiga terumbu karang tersebut merupakan perairan dengan ±500 jenis karang yang menopang ketahanan pangan dan perekonomian jutaan masyarakat pesisir. Besarnya potensi pemanfaatan terumbu karang dapat menyebabkan degradasi terhadap terumbu karang. Berbagai tekanan datang dari aktivitas antropogenik maupun alamiah seperti praktek perikanan yang merusak, penangkapan berlebihan, pariwisata tidak ramah lingkungan,

pesatnya pembangunan, polusi, sedimentasi, pengasaman laut, tsunami, predasi dan saat ini yang terbesar adalah pemutihan karang akibat dari perubahan iklim (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2009; Burke *et al.*, 2012; Simarankir *et al.*, 2015; Lam *et al.*, 2019; Hadi *et al.*, 2020).

Potensi sumberdaya alam di Kutai Timur sangat besar sehingga menimbulkan eksploitasi terhadap sumber daya tersebut. Salah satu potensi tersebut adalah batubara sehingga terdapat banyak perusahaan tambang batubara yang beroperasi di Kabupaten Kutai Timur. PT. Kaltim Prima Coal merupakan perusahaan tambang batubara terbesar di Kabupaten Kutai Timur. Lama kelamaan aktivitas pertambangan tersebut juga akan mempengaruhi kondisi ekosistem di sekitarnya termasuk terumbu karang. Menurut (Grech *et al.*,

*Kontributor Utama

*Diterima: 13 Agustus 2020 - Diperbaiki: 9 Maret 2022- Disetujui: 9 Maret 2022

2016), tambang batu bara akan menyumbang emisi gas rumah kaca yang memperburuk resiko perubahan iklim secara global dan mempengaruhi kondisi terumbu karang secara khusus. Aktivitas pertambangan dapat meningkatkan sedimentasi, pendangkalan dan masukan logam berat pada suatu perairan.

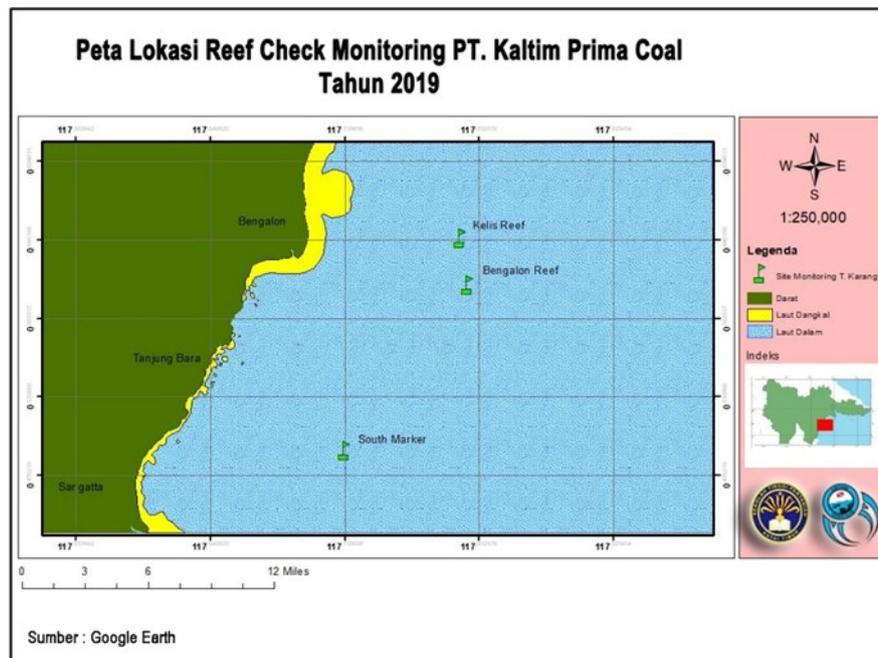
Kondisi terumbu karang di perairan Kutai Timur rentan terhadap faktor antropogenik dan alamiah seperti penangkapan ikan, pariwisata, predasi, pemanasan global dan aktivitas pertambangan. Usaha dalam menyelamatkan ekosistem terumbu karang terkendala dengan belum tersedianya data memadai terkait kondisi terumbu karang itu sendiri. Minimnya data ini juga merupakan tantangan yang dihadapi di Kutai

Timur. Penelitian ini dilakukan di perairan Kutai Timur untuk mengetahui kondisi terumbu karang di perairan sekitar area Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B). Data yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengelolaan terumbu karang berkelanjutan khususnya di Kutai Timur.

BAHAN DAN CARA KERJA

Waktu dan lokasi

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Maret 2019 di tiga stasiun penelitian (*Bengalon Reef, Kellie's Reef, dan South Marker*) yang berada di perairan sekitar beroperasinya PT. Kaltim Prima Coal. Peta lokasi penelitian disajikan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian (*research location*)

Pengumpulan dan analisis data

Metode survei digunakan dalam penelitian ini dan data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Data yang dikumpulkan berupa substrat dasar, ikan dan avertebrata indikator serta dampak kerusakan terumbu karang. Data pendukung berupa kualitas perairan yang diambil yaitu kecepatan arus, kecerahan, pH, salinitas, dan suhu.

Pengukuran kualitas perairan dilakukan secara insitu. Pengumpulan data substrat, ikan, avertebrata dan dampak kerusakan terumbu karang dilakukan dengan metode *Reef Check*. Metode ini memberikan informasi lengkap terkait kondisi ekosistem terumbu karang melalui substrat dasar perairan, ikan target dan avertebrata serta dampak

kerusakan terumbu karang (Hodgson *et al.*, 2006). Pendataan substrat dasar menggunakan metode *Point Intercept Transect (PIT)* dan pendataan ikan serta avertebrata menggunakan metode *Underwater Visual Census (UVC)*, yang dilakukan di sepanjang transek garis yang sama. Pendataan dampak kerusakan terumbu karang dilakukan bersamaan dengan pendataan avertebrata indikator. Ilustrasi pendataan *Reef Check* disajikan pada Gambar 2.

Pengamatan indikator *reef check* dilakukan dengan penyelaman scuba di sepanjang 100 m transek garis tiap stasiun. Metode PIT digunakan untuk estimasi tutupan komunitas bentik yang menetap (Hill dan Wilkinson 2004). Metode ini dilakukan dengan membentang transek garis (*roll*

meter) pada hamparan terumbu karang sepanjang 100 m yang dibagi menjadi empat segmen. Pengamat mencatat kategori komunitas benthik yang berada tepat di bawah transek garis dengan interval 0,5 m. Persentase tutupan substrat diperoleh dengan modifikasi rumus (English *et al.*, 1997):

$$\% \text{ tutupan} = \left(\frac{\text{Jumlah titik per kategori}}{\text{Jumlah total titik dari suatu transek}} \right) \times 100\%$$

Kemudian indeks mortalitas dihitung untuk mengetahui besarnya perubahan menjadi karang mati (Gomez dan Yap, 1988):

$$\text{Indeks mortalitas} = \frac{\% \text{ karang mati}}{\% \text{ karang mati} + \% \text{ karang hidup}}$$

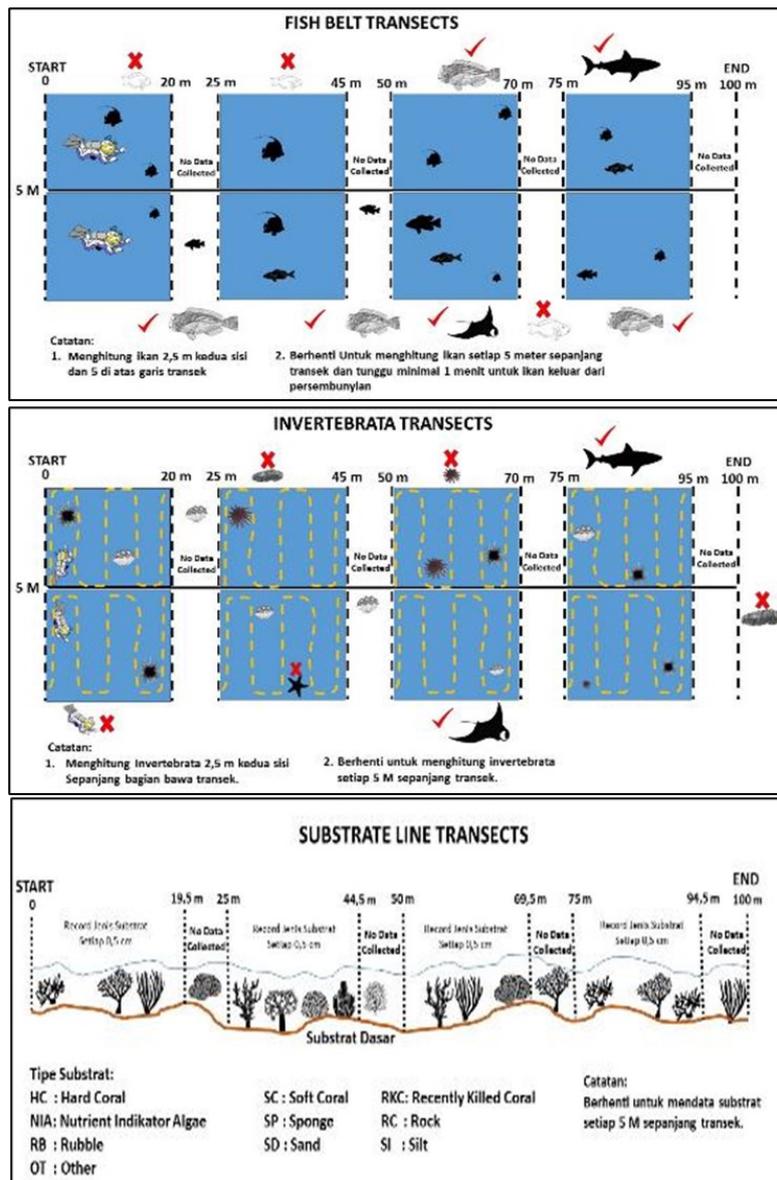
Metode UVC dilakukan pada pendataan ikan dan avertebrata indikator. Jenis ikan dan avertebrata indikator yang didata merupakan target tangkapan untuk konsumsi, koleksi akuarium, dan fungsi ekologis lainnya (Tabel 1). Pendataan ikan indikator dilakukan pertama kali setelah

pembentangan transek garis. Metode yang digunakan dalam pendataan ikan ialah UVC, yaitu pendata ikan berenang secara perlahan di sepanjang transek garis 4 x 20 m dan mencatat ikan indikator yang dijumpai. Metode ini sejatinya berbentuk terowongan-imajiner atau transek sabuk, dengan tinggi 5 m dan lebar 5 m yang berpusat di transek garis. Berdasarkan metode Reef Check, survei ikan mengacu pada transek garis sepanjang 100 m yang dibagi menjadi empat segmen.

Transek garis pada pendataan avertebrata dan dampak kerusakan adalah sama dengan pendataan ikan target. Metode yang digunakan ialah UVC, pendata berenang secara perlahan di sepanjang transek sabuk 4 x 20 m dengan lebar 5 m dan mencatat avertebrata serta dampak kerusakan yang dijumpai. Kelimpahan ikan dan avertebrata indikator dihitung dengan jumlah total target pada pemantauan ke-i per luasan transek pengamatan. Dampak kerusakan dinilai sebagai berikut: 0 = tidak ada, 1 = rendah, 2 = sedang, 3 =tinggi.

Tabel 1. Daftar jenis ikan dan avertebrata indikator Reef Check. (*List of fish and invertebrate species Reef Check indicator*).

Nama Umum (Common Name)	Nama Latin (Latin Name)	Indikator (Indicator)
Jenis Ikan		
<i>Butterflyfish</i>	Chaetodontidae	Overfishing, koleksi akuarium
<i>Grouper (>30cm)</i>	Serranidae	Overfishing, live reef fish trade (LRFT)
<i>Sweetlips</i>	Haemulidae	Overfishing
<i>Moray Eel</i>	Muraenidae	Overfishing
<i>Parrotfish (>20cm)</i>	Scaridae	Overfishing
<i>Snapper</i>	Lutjanidae	Overfishing
<i>Barramundi Cod</i>	<i>Cromileptes altivelis</i>	Overfishing, LRFT, spearfishing
<i>Bumphead Parrotfish</i>	<i>Bolbometopon muricatum</i>	Overfishing
<i>Humphead Wrasse</i>	<i>Cheilinus undulatus</i>	Overfishing, LRFT
Jenis Avertebrata		
<i>Banded Coral Shrimp</i>	<i>Stenopus hispidus</i>	Koleksi akuarium
<i>Lobster</i>	<i>Panulirus</i> sp.	Overfishing
<i>Black Sea Urchin</i>	<i>Diadema</i> spp.	Overfishing
<i>Pencil Urchin</i>	<i>Eucidaris</i> spp.	Perdagangan cinderamata
<i>Collector Urchin</i>	<i>Triploneustes</i> spp.	Pemanenan berlebihan
<i>Triton</i>	<i>Charonia</i> spp.	Perdagangan cinderamata
<i>Crown-of-thorns Starfish</i>	<i>Acanthaster planci</i>	Ledakan populasi
<i>Sea Cucumber</i>	<i>Holothuria edulis</i> <i>Theleota ananas</i>	Pemanenan berlebihan
<i>Giant Clam</i>	<i>Stichopus chloronotus</i> <i>Tridacna</i> spp.	Pemanenan berlebihan



Gambar 2. Ilustrasi metode pengambilan data ekologi (RCI, 2019). (Illustration of ecological data collection method (RCI, 2019)).

HASIL
Parameter fisika dan kimia perairan

Pengukuran parameter fisika dan kimia di lokasi penelitian menunjukkan nilai yang masih

berada pada nilai toleransi pertumbuhan dan perkembangan karang (Tabel 2).

Tabel 2. Parameter fisika dan kimia Perairan. (*Physical and chemical waters parameters*).

Paramater Fisika dan Kimia (<i>Parameters of Physics and Chemistry</i>)	Lokasi Survei (<i>Survey Location</i>)		
	Bengalon Reef	Kellie's Reef	South Marker
Kecepatan Arus (m/s)	0,2	0,3	0,3
Kecerahan (%)	100	100	100
pH	7,91	8,28	8,30
Salinitas (‰)	31	31	31
Suhu (°C)	29	29	29

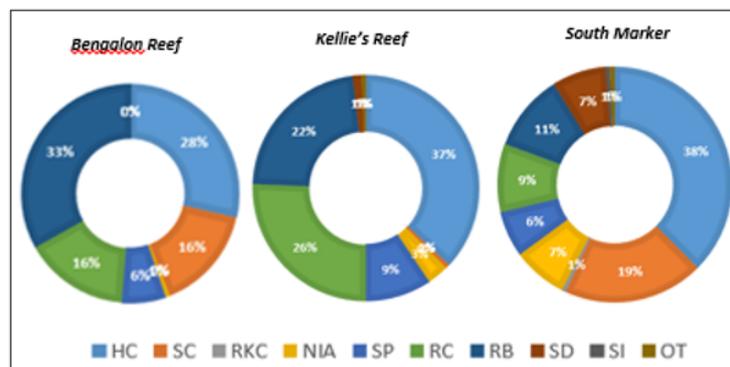
Substrat dasar perairan, ikan dan avertebrata indikator

Persentase tutupan karang keras hidup tertinggi ditemukan di *Kallie's Reef* yaitu 37,5%, yang diikuti oleh *South Marker* (36,9%) dan *Bengalon Reef* (27,5%). Komposisi tutupan substrat dasar pada ketiga stasiun didominasi oleh kategori karang keras kemudian diikuti oleh patahan karang (RB) dan batu (RC) (Gambar 3). Indeks mortalitas karang tertinggi di *Bengalon Reef* (0,54), kemudian secara berturut turut diikuti oleh *South Marker* (0,38), dan *Kellie's Reef* (0,23).

Kategori bentik hidup lainnya yang ditemukan >10% adalah karang lunak (SC) dengan persentase tertinggi ditemukan di *Kallie's Reef*, yaitu 19,30%, yang diikuti oleh *Bengalon Reef* (15,00%). Kategori bentik lainnya yang ditemukan >10% adalah batu (RC) dan patahan karang mati (RB). Tutupan bebatuan >10% ditemukan di *South Marker* dan *Bengalon Reef*, sedangkan patahan karang mati tertinggi ditemukan di *Bengalon Reef* sebesar 31,80%, kemudian *South Marker* sebesar

22,5%. Kedua kategori bentik ini merupakan dua produk dari karang yang telah mati yang dapat menjadi media penempelan anakan karang. Proses pertumbuhan karang didukung juga dengan minimnya alga di ketiga stasiun yaitu ≤10%.

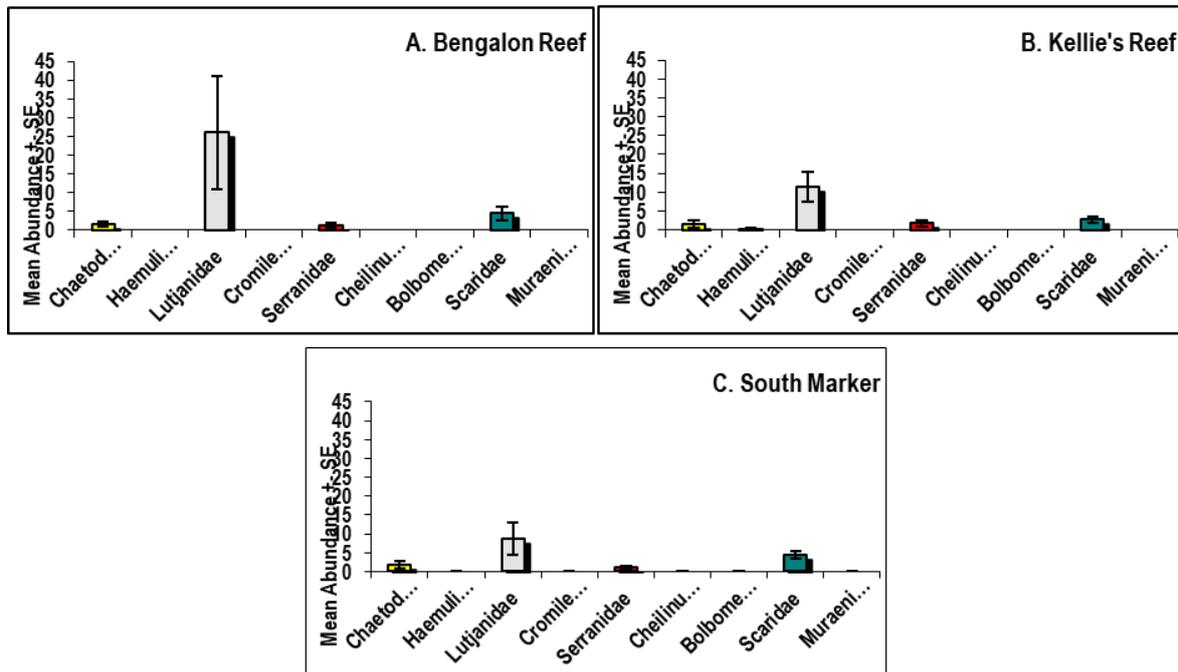
Kondisi terumbu karang berkaitan dengan keberadaan ikan dan avertebrata indikator. Hasil penelitian menunjukkan kesamaan jenis-jenis ikan indikator yang ditemui pada ketiga stasiun penelitian yaitu Chaetodontidae, Lutjanidae, Scaridae dan Serranidae (Gambar 4). Terdapat tiga jenis avertebrata indikator, yaitu *Holothuria edulis*, *Panulirus* sp. dan *Tridacna* spp. (Gambar 5). Dampak kerusakan dilihat dari perubahan fisik dan gradasi warna pada karang. Dampak kerusakan pada terumbu karang yang ditemukan adalah kerusakan yang disebabkan jangkar kapal, sampah jaring nelayan, aktivitas penyelaman, dan penyakit karang (Gambar 6).



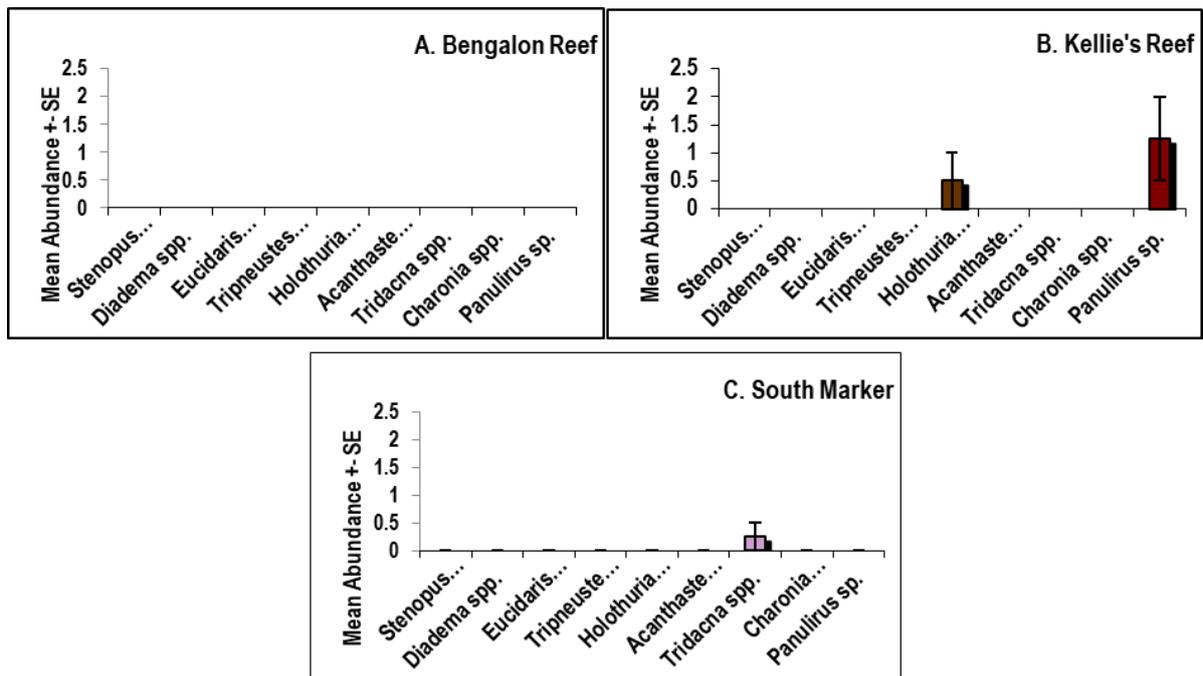
Keterangan:

- HC : Hard Coral
- SC : Soft Coral
- RKC : Recently Killed Coral
- NIA : Nutrient Indicator Algae
- SP : Sponge
- RC : Rock
- RB : Rubble
- SD : Sand
- SI : Silt
- OT : Other

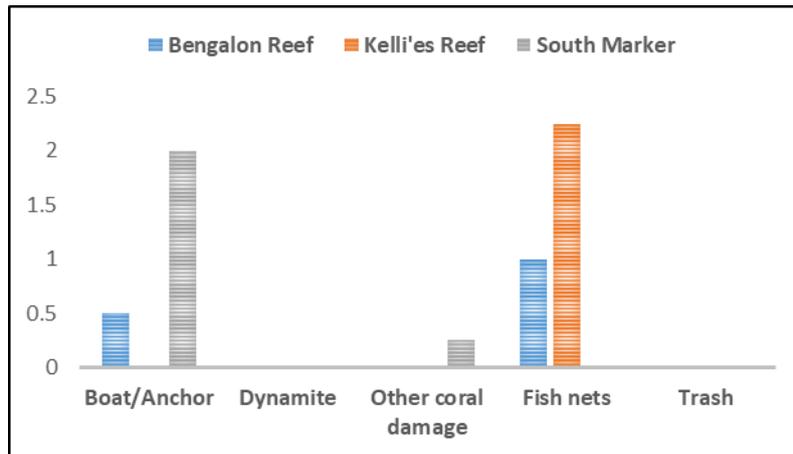
Gambar 3. Komposisi tutupan substrat dasar. (*Percentage composition of substrate cover*).



Gambar 4. Kelimpahan ikan indikator (ind/100m²). (Fish indicator abundance).



Gambar 5. Kelimpahan avertebrata indikator (ind/100m²). (Invertebrate indicator abundance).



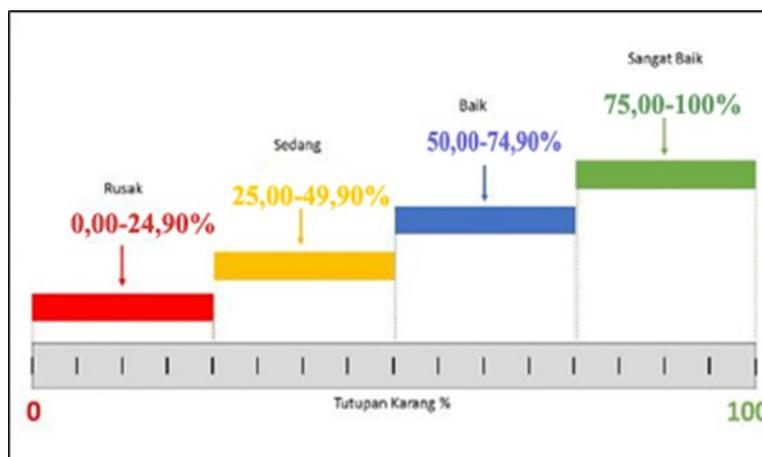
Gambar 6. Peringkat dampak kerusakan terumbu karang. (*Impact level of coral reefs damage*).

PEMBAHASAN

Karakteristik perairan dilihat dari fisika dan kimia perairan yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan karang yaitu arus, kecerahan perairan, pH, salinitas, dan suhu. Menurut (Supriharyono, 2000), faktor fisika dan kimia perairan dapat mempengaruhi kehidupan dan laju pertumbuhan karang. Hasil pengukuran fisika dan kimia perairan menunjukkan bahwa ketiga stasiun tidak memiliki perbedaan yang signifikan dan masih berada pada kisaran normal bagi pertumbuhan karang (Tabel 2).

Persentase tutupan karang keras hidup pada ketiga stasiun penelitian berada pada kisaran 27,50–37,50%. Mengacu pada kategori kondisi tutupan karang keras Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 04 Tahun 2001 (Gambar 7), tutupan karang keras di ketiga stasiun penelitian tergolong kedalam kategori **sedang** (25–49,90%).

Kategori bentuk hidup lainnya yang ditemukan adalah karang lunak (SC) dengan persentase tertinggi ditemukan di *Kallie's Reef*. Tersedianya karang lunak dapat menjadi indikator pemulihan terumbu karang. Kategori bentuk lainnya yang ditemukan adalah batu (RC) dan patahan karang mati (RB). Kedua kategori bentuk ini merupakan dua produk dari karang yang telah mati yang dapat menjadi media penempelan anakan karang. Proses pertumbuhan karang didukung juga dengan minimnya alga di ketiga stasiun. Menurut (Simarangkir *et al.*, 2015), persentase karang keras hidup berbanding terbalik dengan alga. Kondisi rendahnya tutupan alga ini diduga adanya peranan ikan herbivora yang optimal dan kualitas perairan yang sesuai bagi kehidupan karang.



Gambar 7. Kategori tutupan karang keras KEPMENLH No. 04 Tahun 2001. (*Hard coral cover category*).

Indeks mortalitas karang berkisar 0,23–0,54, menurut (Gomez dan Yap, 1988), indeks ini menunjukkan besarnya perubahan karang hidup menjadi karang mati. Indeks kematian karang pada *Kellie's Reef* dan *South Marker* menunjukkan nilai mendekati 0 yaitu kematian karang masih dalam tingkatan rendah, sedangkan pada *Bengalon Reef* menunjukkan nilai mendekati 1 yaitu kematian karang menuju ke tingkatan tinggi, dimana terdapat perubahan yang berarti menjadi karang mati. Indeks mortalitas ini dapat dijadikan alarm peringatan untuk menjaga kondisi terumbu karang, walaupun terlihat terdapat potensi pemulihan alami di ketiga stasiun penelitian. Hal ini mengingatkan pentingnya terumbu karang sebagai habitat berbagai ikan dalam mencari makan, berkembang biak dan perlindungan (Veron, 2000).

Hasil penelitian menunjukkan kesamaan ikan target yang ditemui di tiga stasiun penelitian yaitu Chaetodontidae, Lutjanidae, Scaridae dan Serranidae. Khusus *Kellie's Reef* terdapat penambahan ikan target yang teramat yaitu Haemulidae, namun dengan kelimpahan yang rendah. Kelimpahan ikan tertinggi ditemukan pada Lutjanidae di ketiga stasiun. *Bengalon Reef* memiliki kelimpahan Lutjanidae tertinggi diantara stasiun lainnya. Ikan jenis ini sering disebut sebagai ikan kakap, yang merupakan salah satu ikan ekonomis penting, sekaligus salah satu jenis ikan yang terdampak *overfishing* di banyak lokasi terumbu karang di dunia. Tingginya kemunculan Lutjanidae di *Bengalon Reef* harus diimbangi dengan aktivitas ramah lingkungan baik dari segi pariwisata maupun aktivitas penangkapan yang ada.

Kelimpahan Scaridae ditemukan di ketiga stasiun. Ikan jenis ini berperan penting dalam kesuksesan pertumbuhan karang terkait kompetisi ruang dengan alga. Lebih lanjut, karang keras juga membutuhkan peran ikan karang, seperti ikan herbivora dalam mendukung pertumbuhan maupun suksesi karang, sebagaimana dijelaskan (Green dan Bellwood, 2009), yaitu ikan-ikan tersebut merupakan pembatas pertumbuhan alga yang merupakan kompetitor karang keras dalam

pemanfaatan ruang. Sedikit atau tidak adanya ikan indikator dapat mengindikasikan penangkapan ikan berlebih dimasa lampau untuk memenuhi target permintaan pasar. Namun yang menjadi catatan penting ialah dugaan ini dapat diperkuat melalui data pemantauan secara berkala.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis avertebrata indikator, sedangkan enam jenis lainnya tidak ditemukan. Jenis avertebrata yang ditemukan yaitu *Holothuria edulis*, *Panulirus* sp. dan *Tridacna* spp. *Tridacna* spp hanya ditemukan 1 ind/100m² di *South Marker*, sedangkan dua avertebrata lainnya, yaitu *Holothuria edulis* dan *Panulirus* sp. juga ditemukan masing-masing 1 ind/100m² di *Kellie's Reef*.

Dampak kerusakan terumbu karang dilihat dari penampakan fisik seperti gradasi atau perubahan warna pada terumbu karang dan perubahan bentuk menjadi patahan karang. Kerusakan terumbu karang yang ditemukan pada ketiga stasiun diduga diakibatkan jangkar kapal, jaring nelayan dan penyebab kerusakan lain (aktivitas penyelaman, *Drupella* dan penyakit karang), namun dengan komposisi berbeda dengan kategori rendah hingga sedang (Gambar 6). Jangkar kapal dan jaring nelayan dominan berdampak terhadap kerusakan terumbu karang.

Dampak penggunaan jaring nelayan tertinggi di *Kellie's Reef* yaitu berada pada kategori sedang menuju tinggi (level 2,25), sedangkan dampak penggunaan jangkar kapal tertinggi di *South Marker* yaitu berada pada kategori sedang (level 2). Sampah berupa jaring nelayan menutupi hamparan karang yang berada di bawahnya sehingga dapat menghambat pertumbuhan karang bahkan menyebabkan kematian karang (Gambar 8). Sedangkan, dampak jangkar kapal terlihat dari tingginya patahan karang yang ditemui. Kondisi demikian penting untuk ditindak lanjuti sehingga dampak yang ditimbulkan dapat diminimalisir. Dengan demikian diharapkan pemantauan kondisi terumbu karang dapat dilakukan secara berkala sehingga menjadi alarm peringatan bagi aktivitas pertambangan di Kutai Timur dan aktivitas antropogenik lainnya.



Gambar 8. Kerusakan terumbu karang pada lokasi penelitian. (*Damage of coral reef in site*).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi terumbu karang di lokasi penelitian tergolong dalam kategori **sedang** (KepMen LH 04/2001). Dampak kerusakan terumbu karang yang ditemukan di lokasi penelitian adalah dikarenakan jangkar kapal, sampah jaring nelayan, aktivitas penyelaman, predasi oleh *Drupella*, dan penyakit karang. Sedangkan dampak aktivitas pertambangan terhadap kerusakan terumbu karang belum terlihat. Penting dilakukan pemantauan terumbu karang secara berkala untuk menyediakan data bagi pertimbangan pengelolaan terumbu karang yang berkelanjutan. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menganalisis parameter kimia dan sedimen perairan sehingga dapat lebih lengkap menggambarkan dampak aktivitas pertambangan pada kawasan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kolaborasi antara STIPER Kutai Timur, Reef Check Indonesia dan PT. KPC pada tahun 2019. Penulis mengucapkan terima kasih banyak atas kerja samanya selama tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M. and Perry, A., 2012. *Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle*. World Resources Institute. Washington DC.
- English, S., Wilkinson, C. and Baker, V., 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources (2nd Edition)*. Australia Institute of Marine Science. Townsville.
- Gomez, E.D. and Yap, H.Y., 1988. *Monitoring Reef Condition*. In: Kenchington RA, Hudson BET, editor. *Coral Reef management handbook*. UNESCO Regional office science and technology for southeast asia. Jakarta.
- Grech, A., Pressey, R.L. and Day, J.C., 2016. Coal, cumulative impact and the Great Barrier Reef. *Conservation Letters*, 9(3), pp.200–207.
- Green, A.L., and Bellwood, D.R., 2009. *Monitoring Functional Groups of Herbivorous Reef Fishes as Indicators of Coral Reef Resilience-a Practical Guide for Coral Reef Managers in the Asia Pacific Region*. IUCN. Gland.
- Hadi, T.A., Abrar, M., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyanto, A., Dzumalek, A.R., Alifatri, L.O., Sulha, S. dan Suharsono, 2020. *The Status of Indonesian Coral Reefs 2019*. Puslit Oseanografi-LIPI. Jakarta.
- Hill, J. and Wilkinson, C., 2004. *Methods for ecological monitoring of coral reefs. A resource for manager, Ver 1*. Australian Institute of Marine Science. Townsville.
- Hoegh-Guldberg, O., Hoegh-Guldberg, H., Veron, J.E.N., Green, A., Gomez, E.D., Lough, J., King, M., Ambariyanto, Hansen, L., Cinner, J., Dews, G., Russ, G., Schuttenberg, H.Z., Peñflor, E.L., Eakin, C.M., Christensen, T.R.L., Abbey, M., Areki, F., Rosemary, A.K., Tewflk, A. and Oliver, J., 2009. *The Coral Triangle and Climate Change: Ecosystems, People, and Societies at Risk*. WWF Australia. Brisbane.
- Lam, V.W.Y., Chavanich, S., Djoundourian, S., Dupont, S., Gaill, F., Holzer, G., Isensee, K., Katua, S., Mars, F., Metian, M. and Spencer, J.M.H., 2019. Dealing with the effect of ocean acidification on coral reef in the Indian Ocean and Asia. *Regional Studies in Marine*, 28: 100560.
- Simarangkir, O.R., Yulianda, F. dan Boer, M., 2015. Pemulihan komunitas karang keras pasca pemutihan karang di Amed Bali. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2): pp.158–163.
- Supriharyono., 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Djambatan. Jakarta.
- Veron, J.E.N., 2000. *Corals of the World. Vol 1–3*. Australian Institute of Marine Science. Australia.