

EVALUASI REKLAMASI LAUT PT TIMAH Tbk PROGRAM ARTIFICIAL REEF DI PERAIRAN REBO KABUPATEN BANGKA

EVALUATION OF SEA RECLAMATION BY PT TIMAH Tbk ARTIFICIAL REEF PROGRAM IN REBO WATERS, BANGKA REGENCY

Rahendra^{1*}, M. Taufik Toha¹, Maulana Yusuf²

¹Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

² Program Studi Magister Ekonomi, Fakultas Ekonomi, Universitas Sriwijaya

Jalan Padang Selasa No. 524 Bukit Besar, Palembang

Email: rahendraadnis@gmail.com

ABSTRAK

Perairan laut Rebo masih dalam kawasan studi AMDAL PT TIMAH Tbk yang merupakan area terdampak kegiatan penambangan timah di laut. Program reklamasi laut dengan penenggelaman modul *artificial reef* merupakan upaya untuk merehabilitasi habitat ikan dan organisme lainnya. Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi program reklamasi laut PT TIMAH Tbk program *artificial reef* yang telah dilakukan sejak Tahun 2018-2023. Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Juli 2024 pada lokasi penenggelaman modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023. Metode pengambilan data ikan menggunakan modifikasi dari *Belt Transect*. Metode perhitungan biomassa dimodifikasi dengan menambahkan beberapa suku ikan yang merupakan ikan target yang bernilai ekonomi. Waktu penenggelaman modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 menunjukkan jumlah jenis ikan terbanyak (40 jenis), H' tertinggi (3,20), dan biomassa terberat (2.908,80kg/ha). Rentang nilai keanekaragaman di semua lokasi berkisar antara 1,80-3,20 masuk dalam kriteria "sedang" dan "tinggi". Rentang nilai indeks dominansi berkisar 0,06-0,36 masuk dalam kriteria "sedang". Rentang nilai keseragaman berkisar 0,34-0,53 masuk dalam kriteria "sedang" dan "rendah". Rentang nilai biomassa ikan berkisar 129,66-2.908,80 kg/ha. Semakin lama modul *artificial reef* ditenggelamkan jenis ikan yang bergerombol semakin meningkat serta jenis ikan target berkurang karena kegiatan penangkapan. Kriteria nilai hasil analisis mengacu pada kriteria perhitungan untuk habitat alami (terumbu karang). Peneliti menyarankan perlu disesuaikan kriteria nilai rentang spesifik untuk habitat buatan pada kondisi lingkungan yang terganggu (kegiatan penambangan laut).

Kata kunci : *Artificial Reef*, PT. TIMAH Tbk, Reklamasi Laut, Ikan, Kriteria

ABSTRACT

The Rebo sea waters are still within the Environmental Impact Assessment (EIA) study area of PT TIMAH Tbk, which is an area affected by tin mining activities at sea. The marine reclamation program by deploying artificial reef modules is an effort to rehabilitate fish habitats and other organisms. This research aims to evaluate PT TIMAH Tbk's marine reclamation program through artificial reefs, which has been carried out from 2018 to 2023. The research was conducted from March to July 2024 at the locations where artificial reef modules were deployed in the 2019, 2021, and 2023 Obligatory Years. Fish data collection methods were modified from the Belt Transect method. Biomass calculation methods were modified by adding several fish species that are target fish of economic value. The deployment of artificial reef modules in the 2021 Obligatory Year showed the highest number of fish species (40 species), the highest H' (3.20), and the heaviest biomass (2,908.80 kg/ha). The diversity index range at all locations ranged from 1.80 to 3.20, falling into the "moderate" and "high" categories. The dominance index range was between 0.06 and 0.36, classified as "moderate". The evenness index range was between 0.34 and 0.53, classified as "moderate" and "low". The fish biomass range was between 129.66 and 2,908.80 kg/ha. The longer the artificial reef modules were submerged, the more schooling fish species increased, while target fish species decreased due to fishing activities. The value criteria of the analysis results refer to the calculation criteria for natural habitats (coral reefs). Researchers suggest that specific range value criteria should be adjusted for artificial habitats in disturbed environmental conditions (marine mining activities).

Keywords: *Artificial Reef*, PT. TIMAH Tbk, Sea Reclamation, Fish, Criteria

PENDAHULUAN

Saat ini 80% cadangan timah ada di laut. Setidaknya telah ditemukan 41.000 Ton bijih

timah di kedalaman lebih dari 50 meter di bawah permukaan laut. Sementara itu penemuan berikutnya diharapkan akan segera

menyusul. Sedangkan besarnya cadangan akan sangat bergantung pada skala tambang seperti apa yang akan diterapkan (Danhur et al., 2023). Tak heran jika akhirnya PT TIMAH Tbk memberikan konsentrasi yang lebih besar pada pertambangan timah di laut dengan tagline "Go Offshore Go Deeper" yang maksudnya semakin memaksimalkan pertambangan di laut (Sujitno, 2015).

Kerusakan alam akibat kegiatan penambangan yang menyebabkan kerusakan alam yang parah karena setelah penambangan selesai ditinggalkan begitu saja oleh oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab (*illegal mining*). Pelaku utama penambangan timah bukan saja perusahaan swasta, namun juga keterlibatan masyarakat dalam penambangan berupa Tambang Inkonvensional (TI Apung). Berdasarkan Jurnal Geologi Indonesia, dijelaskan bahwa penambangan timah yang menghasilkan limbah atau tailing, mengandung timbal signifikan. Kegiatan itu mengekspos kandungan logam di alam, sehingga mencemari perairan. Kegiatan pertambangan timah inkonvensional kini telah menjarah daratan Pulau Bangka dan Belitung. Kini kegiatan penambangan timah baik oleh perusahaan swasta maupun TI, tidak saja dilakukan di darat, namun sudah merambah ke laut. Aktivitas penambangan baik di darat maupun di laut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan dan juga memberikan dampak negatif bagi komunitas sekitar (Male et al., 2013 ; Rosyida dan Sasaoka, 2018).

Seiring makin meningkatnya kebutuhan logam timah di dunia, akibatnya kegiatan penambangan juga meningkat yang menyebabkan perubahan bentang alam semakin meningkatkan risiko pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup sehingga struktur dan fungsi dasar ekosistem pun yang menjadi penunjang kehidupan juga dapat rusak. Penambangan di laut sangat berpotensi merusak ekosistem laut. Ikan yang semakin berkurang membuat para nelayan kehilangan mata pencaharian. (Ibrahim, 2015).

Sumber daya laut memiliki sifat *common property* dan *open access* sehingga tidak hanya nelayan yang dapat memanfaatkan sumber daya yang terkandung di dalamnya. Menurut Tipy dan Udon (2014), tidak adanya keseimbangan antara nelayan, pemerintah, dan kapitalis dalam menggunakan laut berpengaruh terhadap kerentanan nelayan karena mereka menjadi kelompok yang paling dirugikan dari kegiatan pertambangan timah di laut. Oleh karena itu sangat perlu dilakukan kegiatan yang

bertujuan untuk melakukan pemulihan lingkungan yang terkena dampak dari kegiatan pertambangan timah di laut yang sering disebut dengan reklamasi laut.

Salah satu kebijakan pemerintah dan pelaku usaha pertambangan dalam memperbaiki kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan penambangan timah lepas pantai yaitu dengan program reklamasi laut. Kegiatan reklamasi laut yang dilakukan oleh PT TIMAH Tbk yaitu melakukan pembuatan dan penenggelaman *artificial reef*. Kegiatan penenggelaman modul *artificial reef* pada suatu perairan merupakan salah satu upaya yang perlu dilakukan untuk menanggulangi gangguan pada ekosistem di laut dengan menyediakan habitat baru untuk biota-biota pada perairan tersebut khususnya ikan karang dan penempelan alami.

Program reklamasi laut merupakan pembuatan habitat baru bagi biota laut untuk tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat memijah (*spawning ground*), dan tempat pembesaran (*nursery ground*) menjadi penting sebagai bahan evaluasi terkait tingkat keberhasilan dan kesesuaiannya. Untuk mengetahui nilai keberhasilan dari reklamasi laut yang dilakukan oleh PT TIMAH Tbk, diperlukan sebuah penilaian keberhasilan kegiatan reklamasi laut dan rekomendasi kriteria spesifik penilaian pada perairan yang terganggu (kegiatan penambangan laut).

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada bulan Juni 2023 yang berlokasi di Perairan Desa Rebo Kabupaten Bangka. Sampel yang diambil terdiri dari 3 stasiun yang meliputi lokasi penenggelaman modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.

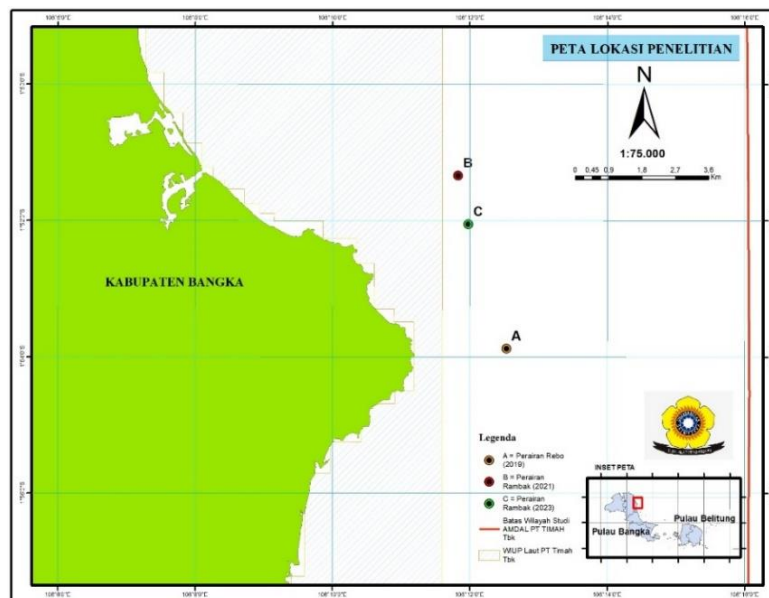
Pengambilan data ikan dengan metode modifikasi metode *belt transect* mengacu kepada Hill dan Wilkinson (2004). Modul *artificial reef* memiliki ukuran 2,5×2,5 m² sehingga dapat diasumsikan satu modul *artificial reef* mewakili luas 6,25 m².

Analisis Data

Keanekaragaman jenis dihitung:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Keterangan: $P_i = \sum n_i/N$; H' = indeks keanekaragaman spesies; P_i = jumlah individu suatu spesies ke- i per jumlah total seluruh spesies (n_i/N); N_i = jumlah individu spesies ke- i ; N = jumlah total individu



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Perairan Rebo

Penentuan kriteria (Odum, 1993):
 $H' < 1$ = keanekaragaman rendah;
 $1 < H' <= 3$ = keanekaragaman sedang;
 $H' > 3$ = keanekaragaman tinggi.

Indeks keseragaman dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{H'}{H_{maks}}$$

Keterangan: E = Indeks Keseragaman, H' = Indeks Keanekaragaman, $H_{maks} = \ln S$, S = Jumlah Spesies

Indeks dominansi dihitung berdasarkan rumus:

$$D = - \sum_{i=1}^n p_i$$

Keterangan: C = Indeks Dominansi p_i = Proporsi jumlah individu pada spesies ikan karang ke-i

Kelimpahan ikan dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Kelimpahan = \frac{\text{sediaan ikan}}{\text{luas transek}}$$

Untuk menghitung berat ikan digunakan data estimasi panjang ikan. Berat ikan dihitung menggunakan persamaan hubungan panjang berat sebagai berikut:

$$W = aL^b$$

Dari persamaan di atas W adalah berat ikan (gram), L adalah ukuran panjang ikan (cm), sedangkan a dan b adalah parameter

spesies spesifik. Nilai a dan b spesifik untuk tiap jenis ikan diperoleh dari Froese dan Pauly (2014). Untuk mengetahui biomassa ikan, maka diperlukan nilai berat untuk masing-masing individu ikan. Nilai tersebut dapat diestimasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat (gram)} = a \times (\text{Panjang (cm)})^b$$

Biomassa merupakan jumlah berat individu-individu ikan per luas area pengamatan. Rumus untuk menghitung biomassa ikan untuk setiap suku adalah sebagai berikut:

$$\text{Biomassa} = \frac{\text{Total Berat Ikan Setiap Suku (Kg)}}{\text{Jumlah modul artificial reef ditemukan} \times 6,25 \text{ m}}$$

Perhitungan biomassa menurut Edrus et al., (2017) berlaku pada ikan dengan suku Acanthuridae, Scaridae, Siganidae Haemulidae, Lethrinidae, Lutjanidae, dan Serranidae. Penelitian ini, Peneliti melakukan memodifikasi dengan menambahkan jumlah suku ikan yang masuk dalam perhitungan biomassa. Suku ikan yang dimasukkan merupakan ikan target di modul artificial reef yang memiliki nilai ekonomis tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada modul artificial reef reklamasi laut PT TIMAH Tbk yang telah dilakukan pada Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023 di Perairan Rebo tersaji pada Tabel 2, 3 dan 4. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada Tanggal 01 Juni 2024.

Tabel 1. Titik Koordinat, Tahun Peneggelaman, dan Waktu Penelitian

Koordinat		Tahun	Waktu Penelitian
X	Y	Peneggelaman	
634451	9790177	2019	Maret – Juli 2024
633149	9794853	2021	
633424	9793535	2023	

Keterangan: Koordinat X dan Y adalah UTM WGS 84 Zone 48S

Tabel 2. Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Dominasi (D), Indeks Keseragaman (E), Kepadatan (D_i), Jumlah, dan Jenis Ikan di Lokasi Peneggelaman Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019

Jenis ikan	Famili	Nama lokal	Σ	P_i (n_i/N)	$\ln P_i$	(H')	(D)	(E)	D_i
<i>Lutjanus vitta</i>	Lutjanidae	Seruit Ginggang	17	0,03	3,57	0,10	0,00	0,28	6,46
<i>Lutjanus carponotatus</i>		Seruit Karang	1	0,00	6,41	0,01	0,00		
<i>Lutjanus madras</i>		Seruit	53	0,09	2,44	0,21	0,01		
<i>Siganus javus</i>	Siganidae	Libem	9	0,01	4,21	0,06	0,00		
<i>Siganus margaritiferus</i>		Libem	9	0,01	4,21	0,06	0,00		
<i>Selaroides leptolepis</i>	Carangidae	Ciw	354	0,58	0,54	0,31	0,34		
<i>Diagramma pictum</i>	Haemullidae	Seminyak	8	0,01	4,33	0,06	0,00		
<i>Pomadasys argenteus</i>		Kekapas	37	0,06	2,80	0,17	0,00		
<i>Cephalopholis boenak</i>	Serranidae	Kerapu Hitam	1	0,00	6,41	0,01	0,00		
<i>Platax teira</i>	Ephippidae	Tudung Belangak	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Choerodon schoenleinii</i>	Labridae	Ketarap	7	0,01	4,46	0,05	0,00		
<i>Halichoeres dussumieri</i>		Ketarap	6	0,01	4,62	0,05	0,00		
<i>Halichoeres hartzfeldii</i>		Ketarap	9	0,01	4,21	0,06	0,00		
<i>Halichoeres bicolor</i>		Ketarap	6	0,01	4,62	0,05	0,00		
<i>Amphiprion polymnus</i>	Pomacentridae	Ikan Badut	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Pomacentrus simsiang</i>		Betok Laut	4	0,01	5,02	0,03	0,00		
<i>Pentapodus setosus</i>	Nemipteridae	Kerisi Ijau	9	0,01	4,21	0,06	0,00		
<i>Scolopsis vosmeri</i>		Kerisi	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Scolopsis monogramma</i>		Kerisi Pasir	6	0,01	4,62	0,05	0,00		
<i>Aeoliscus strigatus</i>	Centriscidae	Tunjang Langit	38	0,06	2,77	0,17	0,00		
<i>Cymbacephalus bosschei</i>	Platycephalidae	Bebaji	1	0,00	6,41	0,01	0,00		
<i>Parachaetodon ocellatus</i>	Chaetodontidae	Tumpit-tumpit	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Chelmon rostratus</i>		Kepe-kepe	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Apogon cavitensis</i>	Apogonidae	Seriding Laut	5	0,01	4,80	0,04	0,00		
<i>Ostracion rhinorhynchus</i>	Ostracidae	Buntal Kutak	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Arothron immaculatus</i>	Tetraodontidae	Buntal panda	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Arothron stellatus</i>		Buntal	1	0,00	6,41	0,01	0,00		
<i>Parapercis sp.</i>	Pinguipedidae	Ikan Raja	7	0,01	4,46	0,05	0,00		
<i>Upeneus tragula</i>	Mullidae	Biji Nangka	2	0,00	5,71	0,02	0,00		
<i>Acreichthys tomentosus</i>	Monacanthidae	Ikan Tanduk	1	0,00	6,41	0,01	0,00		
<i>Centrogenys vaigiensis</i>	Centrogenyidae	Lekok Batu	1	0,00	6,41	0,01	0,00		
Total			606			1,81	0,36		

Jenis ikan yang ditemukan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 sebanyak 31 jenis dari 19 famili. Untuk Tahun Kewajiban 2021 sebanyak 40 jenis dari 16 famili dan untuk Tahun Kewajiban 2023 sebanyak 32 dari 16 famili identifikasi jenis ikan mengacu kepada Allen (1999) serta Kuitert dan Tono-zuka (2001). Data hasil analisis ikan pada modul *artificial reef* tersaji pada Tabel 5.

Jumlah Jenis Ikan

Jumlah jenis ikan tertinggi ditemukan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 sebanyak 40 jenis ikan. Kondisi modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 pada fase puncak habitat buatan yaitu 3 tahun setelah

peneggelaman. Pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 jumlah jenis ikan sebanyak 32 jenis. Jumlah jenis ikan lebih tinggi dibandingkan Tahun Kewajiban 2019 dengan selisih 1 jenis ikan. Modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 baru satu tahun setelah peneggelaman sehingga kondisi baru menuju kondisi yang alami seperti habitat terumbu karang.

Jumlah jenis ikan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 sebanyak 31 jenis merupakan jumlah jenis yang paling sedikit dibandingkan dengan tahun kewajiban lainnya. Modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 dengan usia 6 tahun setelah peneggelaman secara umum telah menjadi

habitat yang alami serta telah dimanfaatkan nelayan sebagai *fishing ground*. Beberapa modul *artificial reef* juga ditemukan dalam kondisi yang terpisah yang disebabkan karena tersangkut jangka perahu nelayan. Bekas alat tangkap berupa pancing juga ditemukan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 yang menegaskan bahwa area tersebut merupakan *fishing ground*.

Indeks keanekaragaman (H')

Nilai indeks keanekaragaman (H') ikan tertinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 dengan nilai 3,20 yang masuk dalam kriteria "tinggi". Nilai indeks keanekaragaman yang tinggi menunjukkan bahwa kondisi struktur komunitas jenis ikan beragam dan tidak ada jenis ikan dengan individu yang dominan. Dari 40 jenis ikan yang

ditemukan yang tergolong dalam 16 famili merupakan ikan pionir, ikan mayor, ikan indikator dan ikan target. Jenis Ikan Ciw (*Selaroides leptolepis*) merupakan ikan yang disebut sebagai ikan pionir habitat buatan modul *artificial reef* karena selalu ditemukan di semua lokasi peneggelaman modul *artificial reef*. Jenis ikan indikator penting yang menunjukkan bahwa habitat buatan semakin alami adalah kehadiran ikan pemakan polip karang atau *coralivore*. Ikan *coralivore* pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 ditemukan sebanyak 2 jenis yaitu Ikan *Chelmon rostratus* dan *Coradion chrysozonus*.

Nilai indeks keanekaragaman (H') pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 dengan nilai 3,00 yang juga masuk dalam kriteria "tinggi". Nilai indeks keanekaragaman dalam kriteria "tinggi" menunjukkan bahwa

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Dominasi (D), Indeks Keseragaman (E), Kepadatan (D_i), Jumlah, dan Jenis Ikan di Lokasi Peneggelaman Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2021

Jenis ikan	Famili	Nama lokal	Σ	P _i (n _i /N)	Ln P _i	(H')	(D)	(E)	D _i
<i>Selaroides leptolepis</i>	Carangidae	Ciw	97	0,13	2,03	0,27	0,02	0,48	5
<i>Alepes</i> sp.		Daun Samak	15	0,02	3,89	0,08	0,00		
<i>Lutjanus madras</i>	Lutjanidae	Seruit	82	0,11	2,20	0,24	0,01		
<i>Lutjanus vitta</i>		Seruit Ginggang	33	0,04	3,11	0,14	0,00		
<i>Lutjanus russelli</i>		Tande-tande	20	0,03	3,61	0,10	0,00		
<i>Lutjanus carponotatus</i>		Seruit Karang	2	0,00	5,91	0,02	0,00		
<i>Lutjanus malabaricus</i>		Kakap Merah	3	0,00	5,50	0,02	0,00		
<i>Lutjanus erythropterus</i>		Seruit	4	0,01	5,22	0,03	0,00		
<i>Lutjanus johnii</i>		Sisik Tembaga	13	0,02	4,04	0,07	0,00		
<i>Diagramma pictum</i>	Haemulidae	Seminyak	21	0,03	3,56	0,10	0,00		
<i>Sepia latimanus</i>	Sepiidae	Sutong Maban	2	0,00	5,91	0,02	0,00		
<i>Acreichthys tomentosus</i>	Monacanthidae	Ikan Tanduk	15	0,02	3,89	0,08	0,00		
<i>Monacanthus chinensis</i>		Ikan Tanduk	10	0,01	4,30	0,06	0,00		
<i>Arothron stellatus</i>	Traodontidae	Buntal Besar	12	0,02	4,12	0,07	0,00		
<i>Arothron reticularis</i>		Buntal	2	0,00	5,91	0,02	0,00		
<i>Arothron manilensis</i>		Buntal	4	0,01	5,22	0,03	0,00		
<i>Arothron immaculatus</i>		Buntal Panda	4	0,01	5,22	0,03	0,00		
<i>Ephinephelus coioides</i>	Serranidae	Kerapu	9	0,01	4,41	0,05	0,00		
<i>Epinephelus sexfasciatus</i>		Kerapu	17	0,02	3,77	0,09	0,00		
<i>Cephalopholis boenak</i>		Kerapu	13	0,02	4,04	0,07	0,00		
<i>Siganus javus</i>	Siganidae	Libem	20	0,03	3,61	0,10	0,00		
<i>Siganus margaritiferus</i>		Libem	26	0,04	3,34	0,12	0,00		
<i>Pentapodus paradiseus</i>	Nemipteridae	Kurisi Hijau	7	0,01	4,66	0,04	0,00		
<i>Pentapodus setosus</i>		Kurisi Bali	34	0,05	3,08	0,14	0,00		
<i>Scolopsis monogramma</i>		Kurisi Pasir	17	0,02	3,77	0,09	0,00		
<i>Halichoeres dussumieri</i>	Labridae	Jejeli	2	0,00	5,91	0,02	0,00		
<i>Choerodon schoenleinii</i>		Katarap	8	0,01	4,52	0,05	0,00		
<i>Upeneus tragula</i>	Mullidae	Biji Nangka	17	0,02	3,77	0,09	0,00		
<i>Apogon cavitensis</i>	Apogonidae	Seriding	22	0,03	3,51	0,10	0,00		
<i>Apogon</i> sp.		Seriding	41	0,06	2,89	0,16	0,00		
<i>Lithrinus nebulosus</i>	Lethrinidae	Ketambak	16	0,02	3,83	0,08	0,00		
<i>Pomacentrus simsiang</i>	Pomacentridae	Betok Laut	11	0,01	4,20	0,06	0,00		
<i>Neoglyphidodon bonang</i>		Betok Laut	5	0,01	4,99	0,03	0,00		
<i>Neopomacentrus azysron</i>		Betok Laut	62	0,08	2,48	0,21	0,01		
<i>Neopomacentrus cyanomos</i>		Betok Laut	46	0,06	2,77	0,17	0,00		
<i>Pomacentrus cuneatus</i>		Betok Laut	5	0,01	4,99	0,03	0,00		
<i>abudedefduf vaigiensis</i>		Betok Laut	3	0,00	5,50	0,02	0,00		
<i>Coradion chrysozonus</i>	Chaetodontidae	Kepe-kepe	3	0,00	5,50	0,02	0,00		
<i>Chelmon rostratus</i>		Kepe-kepe	2	0,00	5,91	0,02	0,00		
<i>Platax teira</i>	Ephippidae	Tudung Belangak	12	0,02	4,12	0,07	0,00		
Total			737			3,20	0,06		

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Dominasi (D), Indeks Keseragaman (E), Kepadatan (D_i), Jumlah, dan Jenis Ikan di Lokasi Peneggelaman Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2023

Jenis Ikan	Famili	Nama lokal	Σ	P _i (n _i /N)	Ln P _i	(H')	(D)	(E)	D _i
<i>Selaroides leptolepis</i>	Carangidae	Ciw	57	0,20	1,63	0,32	0,04	0,53	1
<i>Alepes</i> sp.		Selar	9	0,03	3,48	0,11	0,00		
<i>Carangoides dinema</i>		Kuwe/Bulat	7	0,02	3,73	0,09	0,00		
<i>Lutjanus vitta</i>	Lutjanidae	Seruit Ginggang	16	0,05	2,90	0,16	0,00		
<i>Lutjanus madras</i>		Seruit	34	0,12	2,15	0,25	0,01		
<i>Lutjanus russelli</i>		Tande-tande	16	0,05	2,90	0,16	0,00		
<i>Lutjanus malabaricus</i>		Kakap Merah	5	0,02	4,06	0,07	0,00		
<i>Lutjanus johnii</i>		Jarang Gigi	12	0,04	3,19	0,13	0,00		
<i>Diagramma pictum</i>	Haemulidae	Seminyak	14	0,05	3,03	0,15	0,00		
<i>Acreichthys tomentosus</i>	Monacanthidae	Ikan Tanduk	2	0,01	4,98	0,03	0,00		
<i>Monacanthus chinensis</i>		Ikan Tanduk	2	0,01	4,98	0,03	0,00		
<i>Arothron stellatus</i>	Traodontidae	Buntal Besar	3	0,01	4,57	0,05	0,00		
<i>Arothron reticularis</i>		Buntal Grong	2	0,01	4,98	0,03	0,00		
<i>Ephinephelus coioides</i>	Serranidae	Kerapu	4	0,01	4,29	0,06	0,00		
<i>Epinephelus sexfaciatus</i>		Kerapu	4	0,01	4,29	0,06	0,00		
<i>Plectropomus maculatus</i>		Kerapu Sunuk	1	0,00	5,67	0,02	0,00		
<i>Siganus javus</i>	Siganidae	Libem	13	0,04	3,11	0,14	0,00		
<i>Siganus guttatus</i>		Libem	4	0,01	4,29	0,06	0,00		
<i>Pentapodus setosus</i>	Nemipteridae	Kerisi Ijau	7	0,02	3,73	0,09	0,00		
<i>Scolopsis vosmeri</i>		Kerisi Pasir	2	0,01	4,98	0,03	0,00		
<i>Scolopsis monogramma</i>		Kerisi Pasir	5	0,02	4,06	0,07	0,00		
<i>Choerodon schoenleinii</i>	Labridae	Ketarap	3	0,01	4,57	0,05	0,00		
<i>Neoglyphidodon bonang</i>	Pomacentridae	Betok Laut	2	0,01	4,98	0,03	0,00		
<i>Neopomacentrus azysron</i>		Betok Laut	14	0,05	3,03	0,15	0,00		
<i>Neopomacentrus cyanomos</i>		Betok Laut	17	0,06	2,84	0,17	0,00		
<i>Sargocentron rubrum</i>	Holocentridae	Ire	7	0,02	3,73	0,09	0,00		
<i>Taeniura iymma</i>	Dasyatidae	Pari	4	0,01	4,29	0,06	0,00		
<i>Platax teira</i>	Ehippidae	Tudung Belangak	6	0,02	3,88	0,08	0,00		
<i>Apogon cavitensis</i>	Apogonidae	Seriding	5	0,02	4,06	0,07	0,00		
<i>Apogon</i> sp.		Seriding	5	0,02	4,06	0,07	0,00		
<i>Caesio cuning</i>	Caesionidae	Delah	7	0,02	3,73	0,09	0,00		
<i>Chelmon rostatus</i>	Chaetodontidae	Kepe-kepe	2	0,01	4,98	0,03	0,00		
Total			291			3,00	0,08		

Tabel 5. Hasil Analisis Data Ikan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023 Di Perairan Rebo Kabupaten Bangka

ARTIFICIAL REEF						
Tahun Kewajiban	ΣJenis	H'	D	E	Kepadatan (Indv/m ²)	Biomassa (kg/ha)
2019	31	1,81	0,36	0,34	6	1.718,30
2021	40	3,20	0,06	0,48	5	2.908,80
2023	32	3,00	0,08	0,53	1	129,66
Rata-rata	34±5	2,67±0,75	0,17±0,17	0,45±0,10	4±3	1.585,59±1.394,31

jumlah jenis ikan beragam atau tidak ditemukan jenis ikan dengan jumlah individu yang dominan.

Nilai indeks keanekaragaman (H') pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 dengan nilai 1,81 dan masuk dalam kriteria "sedang" merupakan nilai H' yang paling rendah dibandingkan dua tahun kewajiban lainnya. Nilai indeks keanekaragaman dipengaruhi oleh jumlah jenis ikan dan jumlah individu ikan pada jenis tertentu. Ditemukan juga jenis ikan dengan jumlah individu yang

cukup dominan yaitu Ikan Ciw sebanyak 354 ekor atau 58% dari total individu ikan yang ditemukan. Area modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 telah menjadi area *fishing ground* oleh nelayan setempat. Penangkapan ikan yang intensif pada area modul *artificial reef* dapat mengurangi jenis ikan tertentu mengingat area modul *artificial reef* yang terbatas. Secara umum area modul *artificial reef* juga telah menjadi habitat buatan yang alami karena ditemukan ikan pemakan polip karang sebanyak 2 jenis yaitu *Parachaetodon*

ocellatus dan *Chelmon rostratus*. Keberadaan ikan pemakan polip karang menunjukkan modul *artificial reef* dari rangka besi yang ditenggelamkan telah ditumbuhi terumbu karang alami.

Indeks Dominasi (D)

Nilai indeks dominasi (D) tertinggi yaitu 0,36 dan masuk dalam kriteria "sedang" ditemukan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019. Nilai indeks keanekaragaman dalam kriteria "sedang" menunjukkan bahwa terdapat jenis ikan dengan jumlah individu yang lebih banyak dari pada jumlah individu jenis lainnya. Jenis Ikan Ciw (*Selaroides leptolepis*) ditemukan sebanyak 354 atau 58% dari total jumlah individu ikan yang ditemukan. Ikan Ciw memang memiliki karakteristik yang bergerombol atau *schooling*. Kehadiran Ikan Ciw pada modul *artificial reef* diyakini sebagai penarik ikan jenis ikan lain untuk datang ke area modul. Dengan demikian Ikan Ciw dianggap sebagai ikan pionir habitat buatan seperti modul *artificial reef*. Jenis Ikan Ciw juga bukan merupakan target penangkapan nelayan dengan alat tangkap pancing dan bubu. Ikan Ciw umumnya ditangkap dengan menggunakan jaring. Jaring tidak cocok dioperasikan di area modul *artificial reef* karena sering tersangkut. Dengan demikian Ikan Ciw tidak akan terpengaruh oleh aktivitas penangkapan ikan yang menyebabkan jumlah individu Ikan Ciw lebih banyak dari jenis ikan lainnya.

Nilai indeks dominasi (D) Tahun Kewajiban 2021 dan 2023 masuk dalam kriteria "rendah" dengan nilai 0,06 dan 0,08. Nilai indeks dominasi yang rendah menunjukkan bahwa jenis ikan beragam dan tidak ditemukan 1 jenis ikan dengan jumlah individu yang dominan. Modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 atau 3 tahun setelah penenggelaman semakin alami dan berada di fase puncak. Struktur modul yang masih baik dan jenis ikan dengan individu yang merata merupakan keseimbangan komunitas antar jenis ikan. Sementara modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 baru menuju kealamiah atau dengan kata lain semakin alami. Sehingga nilai indeks dominasinya rendah.

Indeks Keseragaman (E)

Nilai indeks keseragaman (E) ikan pada modul *artificial reef* untuk Tahun Kewajiban 2021 dan 2023 masuk kriteria "sedang". Nilai indeks keseragaman yang diperoleh dari hasil analisis adalah 0,48 untuk Tahun Kewajiban

2021 dan 0,53 untuk Tahun Kewajiban 2023. Semakin tinggi nilai indeks keseragaman ikan memberikan gambaran bahwa jumlah individu setiap jenis ikan merata. Pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 yang baru 1 tahun setelah penenggelaman secara umum jumlah individu tiap jenis ikan masih merata. Sementara untuk Tahun Kewajiban 2021 nilai indeks keseragaman lebih kecil jika dibandingkan dengan Tahun Kewajiban 2023 namun masih dalam kriteria yang sama.

Nilai indeks keseragaman (E) ikan pada modul *artificial reef* untuk Tahun Kewajiban 2019 sebesar 0,34 yang masuk kriteria "rendah". Nilai indeks keseragaman yang rendah menunjukkan bahwa sebaran jumlah individu setiap jenis ikan tidak sama. Terdapat ikan dengan jumlah individu yang banyak dan terdapat pula ikan dengan individu yang sedikit. Pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 ditemukan Ikan Ciw (*Selaroides leptolepis*) dengan jumlah 354 atau 58% dari jumlah total individu ikan. Banyaknya jumlah individu Ikan Ciw karena ikan tersebut memiliki karakteristik yang bergerombol. Selain itu, Ikan Ciw juga bukan merupakan ikan target penangkapan dengan alat tangkap pancing dan bubu sehingga jumlah individunya cenderung lebih banyak dibandingkan jenis ikan lainnya.

Nilai Kepadatan Ikan

Nilai kepadatan ikan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 sebesar 6 ekor/m² dan masuk dalam kriteria "jarang". Secara umum nilai kepadatan ikan untuk Tahun Kewajiban 2019 merupakan nilai tertinggi untuk 2 tahun kewajiban lainnya. Nilai kepadatan ikan menunjukkan besaran jumlah ikan persatuan area. Secara umum struktur komunitas ikan yang menempati modul *artificial reef* sudah cukup beragam dengan besaran jumlah individu yang tergolong banyak. Penentuan jumlah kepadatan ikan juga bergantung pada area pengamatan. Pada area modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 kondisi modul sudah tidak lengkap sehingga area pengamatan menjadi lebih kecil. Hal inilah yang juga mempengaruhi nilai kepadatan ikan Tahun Kewajiban 2019 lebih besar dibandingkan 2 tahun lainnya.

Nilai kepadatan ikan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 dan 2023 dengan nilai 5 dan 1 ekor/m² masuk dalam kriteria "sangat jarang". Secara umum kondisi struktur komunitas ikan yang mendiami modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 dan 2023 sudah cukup baik. Jumlah jenis nilai keanekaragaman yang tinggi. Rendahnya nilai

kepadatan secara umum dipengaruhi oleh jumlah individu ikan yang banyak dan besaran area pengamatan. Pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 dan 2023 secara umum belum ditemukan ikan dengan jumlah individu yang dominan. Selain itu modul *artificial reef* yang ditenggelamkan masih lengkap sehingga area pengamatan cukup luas.

Nilai Biomassa Ikan

Nilai biomassa ikan paling tinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 sebesar 2.908,90 kg/ha. Nilai biomassa ikan dipengaruhi oleh ukuran panjang ikan. Pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 ditemukan ikan dengan ukuran panjang maksimal pada perhitungan nilai biomassa yaitu Ikan Jarang Gigi (*Lutjanus johnii*) dan Ikan Seminyak (*Diagramma pictum*). Dari 40 jenis ikan yang ditemukan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 sebanyak 15 jenis masuk dalam perhitungan nilai biomassa karena merupakan ikan target penangkapan dan memiliki nilai ekonomis.

Nilai biomassa ikan untuk Tahun Kewajiban 2019 dengan nilai 1.718,30 kg/ha merupakan nilai biomassa terbanyak selanjutnya. Secara umum lokasi penenggelaman modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 telah menjadi habitat hidup bagi berbagai jenis ikan. Hal ini dibuktikan dengan beragamnya jenis famili ikan dibandingkan modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 dan 2023. Karena kondisi struktur modul *artificial reef* yang sudah mulai

korosif dan adanya dampak dari penangkapan ikan yang menyebabkan nilai biomassa lebih rendah. Secara usia penenggelaman modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 lebih lama (6 tahun) setelah penenggelaman yang seharusnya modulnya lebih alami serta nilai biomassa ikan yang tinggi. Penangkapan ikan yang masif dilokasi penenggelaman modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 juga menyebabkan beberapa jenis ikan target tidak lagi dijumpai seperti Ikan Jarang Gigi (*Lutjanus johnii*). Kehadiran Ikan Jarang Gigi pada area modul *artificial reef* cukup memberikan dampak yang signifikan pada perhitungan nilai biomassa ikan karena ukuran panjang umumnya lebih besar dibandingkan jenis ikan lainnya.

Nilai biomassa terendah pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 yaitu sebesar 129,66 kg/ha. Nilai biomassa Tahun Kewajiban 2019 yang lebih rendah dibandingkan 2 tahun kewajiban lainnya secara umum adalah hal yang wajar mengingat modul baru 1 tahun setelah penenggelaman. Secara umum modul *artificial reef* yang baru ditenggelamkan baru ditempati ikan-ikan mayor dan indikator dengan ukuran yang relatif kecil. Peneliti menyarankan untuk menetapkan standar nilai kriteria yang lebih spesifik untuk habitat buatan pada kondisi lingkungan yang terganggu (kegiatan penambangan laut). Dari hasil penelitian, Peneliti merekomendasikan kriteria spesifik untuk struktur komunitas ikan dan penempelan alami (Tabel 6 - 7).

Tabel 6. Rekomendasi Nilai Kriteria Spesifik Struktur Komunitas Ikan

Kriteria	Jenis ikan*	D*	H'	E*	NR (jenis)
Rendah	<10	D<0,30	$H' \leq 1$	E<0,4	<10
Sedang	10 - 20	0,30<D<0,60	$1 < H' < 2,2$	0,4<E<0,6	10 - 20
Tinggi	>20	D>0,60	$H' > 2,2$	E>0,6	>20

Keterangan : *Nilai kriteria yang sesuai dengan referensi; (tanpa bintang) Nilai kriteria spesifik yang dilakukan modifikasi

Tabel 7. Rekomendasi Nilai Kriteria Spesifik Kelimpahan dan Biomassa Ikan

Kriteria	Kelimpahan (indv/m)	Biomassa (kg/ha)*
Rendah	<3	<300
Sedang	3 - 6	300 - 600
Tinggi	>6	>600

Keterangan : *Nilai kriteria yang sesuai dengan referensi; (tanpa bintang) Nilai kriteria spesifik yang dilakukan modifikasi

KESIMPULAN

Jenis ikan paling banyak ditemukan pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 sebanyak 40 jenis. Indeks keanekaragaman (H') ikan tertinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 dengan nilai 3,20 dan masuk dalam kriteria "tinggi". Indeks dominasi (D) tertinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 dengan nilai 0,36 dan masuk dalam kriteria "sedang". Pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 ditemukan jenis ikan yang bergerombol yang tidak terpengaruh kegiatan penangkapan. Indeks keseragaman (E) tertinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 dengan nilai 0,53 dan masuk dalam kriteria "sedang". Kepadatan ikan tertinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 dengan jumlah 6 ekor/m². Nilai biomassa ikan tertinggi pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2021 sebesar 2.908,80 kg/ha. Selanjutnya pada pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2019 sebesar 1.718,30 kg/ha dan yang terendah pada modul *artificial reef* Tahun Kewajiban 2023 sebesar 129,66 kg/ha. Kewajiban 2023 sebanyak 10 jenis. Semakin lama modul *artificial reef* ditenggelamkan jenis ikan yang bergerombol jumlah semakin meningkat. Serta jenis ikan target berkurang karena adanya kegiatan penangkapan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT TIMAH Tbk, Yayasan sayang Babel Kite, dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan moral maupun materil.

REFERENSI

- Allen, N.J., & Meyer, J.P. 1990. The measurement and antecedents of affective, continuance, and normative commitment to the organization. *Journal of Occupational Psychology*, 63(1):1-18. DOI: 10.1111/j.2044-8325.1990.tb00506.x
- Budianta, D., Gofar, N., & Andika, G.A. 2013. Improvement of sand tailing fertility derived from post tin mining using leguminous crop applied by compost and mineral soil. *Journal of Tropical Soils*, 18(3):217-223. DOI: 10.5400/jts.2013.18.3.217
- Colin, P.L., & Arneson, C. 1995. Tropical pacific invertebrates. USA: Coral Reef Press.
- Dahnur, H., & Alexander, H.B. 2023. 80 Persen Cadangan Timah Ada di Laut, Pemerintah Beri Persetujuan Ruang Laut. <https://www.kompas.com/properti/read/2023/03/09/203000821/80-persen-cadangan-timah-ada-di-laut-pemerintah-beri-persetujuan-ruang?page=all>. [diakses 11-07-2024].
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. 1997. Survey manual for tropical marine resources 2nd edition. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- FishBase. 2005. www.fishbase.org. [diakses 11-07-2024].
- Froese, R., & Pauly, D.. 2008. FishBase. World Wide Electronic Publication. <http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.ID.genusname=??speciesname=??>. [diakses 11-07-2024].
- Hill, J., & Wilkinson, C. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reef. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Ibrahim, I. 2015. Dampak penambangan timah ilegal yang merusak ekosistem di Bangka Belitung. *Selisik*, 1(1):77-90. DOI: 10.35814/selisik.v1i1.626
- Male, Y.T., Brushett, A., Pocock, M., & Nanlohy, A. 2013. Recent mercury contamination from artisanal gold mining on Buru Island, Indonesia - Potential future risks to environmental health and food safety. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2):428-433. DOI: 10.1016/2013.09.011.
- McClanahan, T.R., & Jadot, C. 2017. Managing coral reef fish community biomass is a priority for biodiversity conservation in Madagascar. *Marine Ecology Progress Series*, 580:169-190. DOI: 10.3354/meps12267.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 7 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang Pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII Tentang Baku Mutu Air Laut.
- Peraturan Menteri KKP RI No. 26 Tahun 2021 tentang Pencegahan Pencemaran, Pencegahan Kerusakan, Rehabilitasi, Dan Peningkatan Sumber Daya Ikan Dan Lingkungannya. Jakarta. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2004. Air dan air limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetric. SNI 06-6989.3-2004.

- Sujitno, S. 2015. Timah Indonesia Sepanjang Sejarah. Jakarta: PT. Timah (Persero) Tbk.
- Tipyan, C., & Udon, F.M. 2014. Dynamic livelihood strategies of fishery communities in Ban Don Bay, Suratthani, Thailand. *Asian Social Science*, 4(11):1126–1138.
- Odum, E.P. 1971. Fundamental of ecology. 3rd edition. Philadelphia: W.B Saunders Company
- Utami, T.S. 2010. Suksesi komunitas ikan karang pada lokasi rehabilitasi terumbu karang di Pulau Kelapa, Kepulauan Seribu [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.