

TESIS

**ANALISIS PROGRAM REKLAMASI LAUT
MENGUNAKAN *ARTIFICIAL REEF* DI PERAIRAN
REBO KABUPATEN BANGKA PT TIMAH Tbk**



Oleh

RAHENDRA

NIM. 03042622327007

**BKU PENGELOLAAN SUMBERDAYA BUMI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

TESIS

**ANALISIS PROGRAM REKLAMASI LAUT
MENGUNAKAN *ARTIFICIAL REEF* DI PERAIRAN
REBO KABUPATEN BANGKA PT TIMAH Tbk**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Teknik Pertambangan Pada Program Pascasarjana
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh :

RAHENDRA

NIM. 03042622327007

Dosen Pembimbing :

- 1. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT**
- 2. Prof. DR. Ir H. M. Taufik Toha, DEA**

**BKU PENGELOLAAN SUMBERDAYA BUMI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Analisis Program Reklamasi Laut Menggunakan *Artificial Reef* di Perairan Rebo Kabupaten Bangka PT TIMAH Tbk

TESIS

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Teknik Pertambangan Pada Program Pascasarjana
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

RAHENDRA

NIM. 03042622327007

Palembang, 17 Maret 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

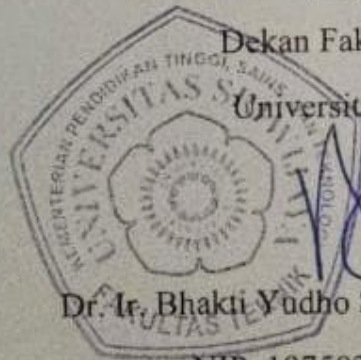
Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT
NIP. 195909251988111001

Prof. DR. Ir H. M. Taufik Toha, DEA
NIDK. 8864000016

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, ST., MT., IPM

NIP. 197502112003121002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis dengan judul “Analisis Program Reklamasi Laut Menggunakan *Artificial Reef* di Perairan Rebo Kabupaten Bangka PT TIMAH Tbk” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Tesis Fakultas Teknik, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada Tanggal 17 Maret 2025

Palembang, 17 Maret 2025

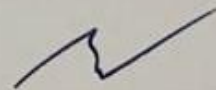
Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT
NIP. 195909251988111001

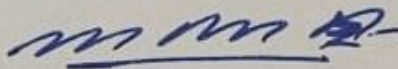


Anggota :

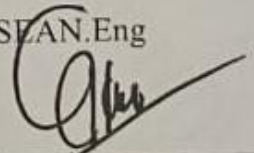
2. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT
NIP. 195909251988111001



3. Prof. DR. Ir H. M. Taufik Toha, DEA
NIDK. 8864000016



4. Prof. DR. Ir. Eddy Ibrahim, MS, CP, IPU, ASEAN.Eng
NIP. 196211221991021001



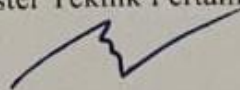
5. Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D
NIP. 195212101983031003



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Pertambangan


_____

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, ST., MT., IPM
NIP. 197502112003121002

Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT
NIP. 195909251988111001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahendra

NIM : 03042622327007

Judul : Analisis Program Reklamasi Laut Menggunakan *Artificial Reef* di
Perairan Rebo Kabupaten Bangka PT TIMAH Tbk

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya ilmiah sendiri yang di damping oleh tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.



Palembang, 17 Maret 2025


Rahendra

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahendra

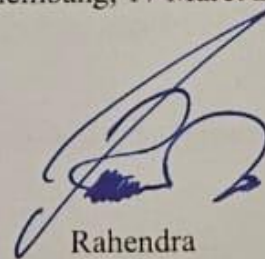
NIM : 03042622327007

Judul : Analisis Program Reklamasi Laut Menggunakan *Artificial Reef* di
Perairan Rebo Kabupaten Bangka PT TIMAH Tbk

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 17 Maret 2025



Rahendra

KATA PENGANTAR

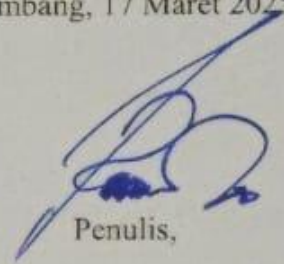
Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan judul Analisis Program Reklamasi Laut Menggunakan *Artificial Reef* di Perairan Rebo Kabupaten Bangka PT TIMAH Tbk.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik di Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, SE. M.Si., Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, ST.,MT.,IPM. Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS,CP,IPU,ASEAN.Eng Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS, MT, Koordinator Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS, MT sebagai Pembimbing Pertama.
6. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA sebagai Pembimbing Kedua.
7. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS,CP,IPU,ASEAN.Eng dan Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D sebagai Tim Penguji.
8. Bapak dan Ibu wakil dekan serta staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
9. Bapak dan Ibu staf pengajar Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
10. Kedua orang tua, Isteri serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan doa.
11. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya khususnya angkatan 2023 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan hasil penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulisan hasil penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaannya. Akhir kata penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Palembang, 17 Maret 2025



Penulis,

RINGKASAN

**BKU PENGELOLAAN SUMBERDAYA BUMI
PRODI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 17 Maret 2025

Rahendra; dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS, MT dan Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.

ANALISIS PROGRAM REKLAMASI LAUT MENGGUNAKAN *ARTIFICIAL REEF* DI PERAIRAN REBO KABUPATEN BANGKA PT TIMAH Tbk

xvii halaman + 91 halaman, 24 gambar, 14 tabel, 17 lampiran

Ringkasan

Kebutuhan logam timah yang terus meningkat secara global mendorong peningkatan aktivitas penambangan. Hal ini memicu perubahan bentang alam yang turut memperbesar risiko pencemaran dan kerusakan lingkungan, sehingga berpotensi merusak struktur dan fungsi ekosistem dasar sebagai pondasi kehidupan.

Perairan laut Rebo masih berada dalam batasan 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 direklamasi semenjak 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

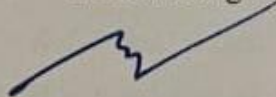
artificial reef Tahun Kewajiban 2021 menunjukkan jumlah jenis ikan terbanyak (40 jenis), H' tertinggi (3,20), dan biomassa terberat (2.908,80kg/ha). Rentang nilai keanekaragaman di semua lokasi berkisar antara 1,80-3,20 masuk dalam kriteria “sedang” dan “tinggi”. Rentang nilai indeks dominasi berkisar 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).

Artificial reef berpotensi meningkatkan keanekaragaman ikan, tetapi belum stabil dalam menjaga biomassa dan kepadatan jangka panjang. Perlunya intervensi kebijakan dan mitigasi gangguan eksternal untuk keberlanjutan ekosistem.

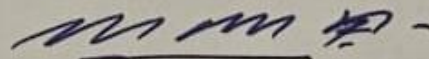
Palembang, 17 Maret 2025

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT
NIP. 195909251988111001

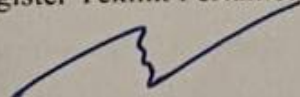
Pembimbing II



Prof. DR. Ir H. M. Taufik Toha, DEA
NIDK. 8864000016

Mengetahui,

Koordinator Jurusan Program Studi
Magister Teknik Pertambangan



Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT
NIP. 195909251988111001

SUMMARY

**EARTH RESOURCES MANAGEMENT
MINING ENGINEERING MASTER STUDY PROGRAM
POSTGRADUATE FACULTY OF ENGINEERING
SRIWIJAYA UNIVERSITY**

Scientific papers in the fom of thesis, 17th March 2025

*Rahendra ; supervised by Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT and Prof. DR.
Ir H. M. Taufik Toha, DEA*

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

SUMMARY

The continuously rising global demand for tin metal drives an increase in mining activities. This triggers landscape alterations that further amplify the risks of pollution and environmental degradation, thereby potentially undermining the structure and function of foundational ecosystems that sustain life.

Rebo Sea waters remain within the environmental impact assessment (AMDAL) study area of PT TIMAH Tbk, a zone affected by offshore tin mining activities. The marine reclamation program, involving the deployment of artificial reef modules, aims to rehabilitate fish habitats and other marine organisms. This research evaluates PT TIMAH Tbk's artificial reef-based marine reclamation program, implemented from 2018 to 2023. The study was conducted from March to July 2024 at sites where artificial reef modules were submerged during the Reclamation Obligation Years of 2019, 2021, and 2023. Fish data were collected using a modified Belt Transect method. Biomass calculations were adjusted by incorporating economically valuable target fish species. The 2021 Reclamation Obligation Year modules showed the highest fish diversity (40 species), the greatest Shannon-Wiener Index ($H' = 3.20$), and the highest biomass (2,908.80

kg/ha). Diversity Index (H'): Ranged from 1.80 to 3.20, classified as "moderate" to "high." Dominance Index (D): Ranged from 0.06 to 0.36, categorized as "moderate." Evenness Index (E): Ranged from 0.34 to 0.53, falling into "moderate" to "low" criteria.

The fish biomass values ranged from 129.66 to 2,908.80 kg/ha. The longer the artificial reef modules remain submerged, the greater the increase in schooling fish species, while target fish species decline due to fishing activities. The analytical criteria for these results refer to natural habitat (coral reef) assessment standards. Researchers recommend establishing specific threshold criteria tailored to artificial habitats in environmentally disturbed conditions (e.g., offshore mining areas).

Artificial reefs have the potential to enhance fish diversity but lack stability in maintaining long-term biomass and density. Policy interventions and mitigation of external disturbances are critical to ensure ecosystem sustainability.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
HALAMAN PERNYAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penambangan Laut.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Dampak Penambangan Timah di Laut.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Reklamasi Laut	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Tahapan Kegiatan Reklamasi Laut.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Artificial Reef	Error! Bookmark not defined.
2.3.3. Keberhasilan Kegiatan Reklamasi Laut.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Parameter Lingkungan	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Kecerahan.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Total Suspended Solid (TSS)	Error! Bookmark not defined.
2.5 Ikan Karang	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Tipe Ikan Karang	Error! Bookmark not defined.

2.3 Penempelan Alami (<i>Natural Recruitment</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.7 Kebaruan (<i>novelty</i>)	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN ...	Error! Bookmark not defined.
3.1. Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3. Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4. Pengambilan Data	Error! Bookmark not defined.
3.4.1. Ikan Karang	Error! Bookmark not defined.
3.4.2. Identifikasi Ikan Karang	Error! Bookmark not defined.
3.4.3. <i>Natural Recruitment</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.4. Identifikasi <i>Natural Recruitment</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.5. Parameter Lingkungan	Error! Bookmark not defined.
3.5 Metode Pengolahan dan Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
3.5.1 Indeks Keanekaragaman	Error! Bookmark not defined.
3.5.2 Indeks Keseragaman	Error! Bookmark not defined.
3.5.4 Kelimpahan Ikan	Error! Bookmark not defined.
3.5.5 Hubungan Panjang-Berat dan Estimasi Biomassa (modifikasi family)	Error! Bookmark not defined.
3.6 Hasil dan Rekomendasi	Error! Bookmark not defined.
3.7 Diagram Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASI DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
3.8 Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Monitoring <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 <i>Natural Recruitment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Kualitas Perairan	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Kondisi Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Jenis Ikan Pada Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Indeks Keanekaragaman (H') Ikan Pada Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.4 Indeks Dominansi (D) Ikan Pada Modul <i>Artificial Reef</i> ...	Error! Bookmark not defined.

4.2.5 Indeks Keseragaman (E) Ikan Pada Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.6 Kepadatan Ikan pada Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.7 Biomassa Ikan pada Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.8 Penempelan Alami pada Modul <i>Artificial Reef</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.9 Kualitas Perairan	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
4.1. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
4.2. Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	9
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.** Proses Penambangan Dengan Menggunakan Kapal Keruk..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.** Kapal Isap Produksi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.** Sistem Penggalan Kapal Isap Produksi **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.** Kapal Keruk *Bucket Wheel Dredge* (BWD)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 5.** Metode gali/penambangan *Bucket Wheel Dredge*...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 6.** *State of the Art***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 7.** Peta Lokasi Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 8.** Ilustrasi Konstruksi Modul *Artificial Reef* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 9.** Diagram Alir Identifikasi Ikan Karang..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 10.** Diagram Alir Identifikasi Natural Recruitment.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 11.** Diagram Alur Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 12.** Kondisi Modul *Artificial Reef* yang Strukturnya Mulai Rusak **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 13.** Pancing Ulur yang Tersangkut pada Modul *Artificial Reef*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 14.** Jaring yang tersangkut pada Modul *Artificial Reef***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 15.** Ikan Kakap Merah (*Lutjanus malabaricus*) pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2023**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 16.** Perbandingan Jenis Ikan Pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 17.** Nilai Indeks Keanekaragaman Ikan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 18.** Nilai Indeks Dominasi Ikan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 19.** Nilai Indeks Keseragaman (E) Ikan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023..... **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 20.** Nilai Kepadatan Ikan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 21.** Nilai Kepadatan Ikan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 22.** Nilai Jumlah Jenis Penempelan Alami pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 23.** Kecerahan Perairan pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 24.** *Total Suspended Solid* pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

- Tabel 1.** Tahapan Kegiatan Reklamasi Laut.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.** Penelitian yang telah dilakukan.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.** Koordinat dan Waktu Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.** Rundown Kegiatan Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5.** Alat dan Bahan Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 6.** Kriteria Dominasi, Keanekaragaman, Keseragaman dan Kisaran Kepadatan Ikan.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 7.** 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 **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 8.** 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 **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 9.** 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 **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 10.** Jumlah Jenis Penempelan Alami pada Modul *Artificial Reef* Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 11. Hasil Analisis Pengukuran Kecerahan Perairan .. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 12. Hasil Analisis *Total Suspended Solid* (TSS) **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 13. Perbandingan Kondisi Natural Recruitment pada Modul Artificial Reef Tahun Kewajiban 2019, 2021, dan 2023 **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 14. Pengambilan Data Ikan, Natural Recruitment, dan Kualitas Air .. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 15. Hasil Identifikasi Ikan**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 16. Hasil Identifikasi Organisme Penempelan Alami **Error! Bookmark not defined.**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ilmiah (Tesis) ini dengan tulus kepada **orang tua tercinta, isteri, anak-anak, kakak, abang, adik, serta keluarga besarku** yang selalu mendokan dan tak pernah lelah memberi dukungan, doa, dan pengorbanan tanpa syarat. Tak ada kata yang cukup untuk menggambarkan rasa terima kasihku atas doa, dukungan, dan pengorbanan kalian. Terima kasih juga kepada **Pendidik dan Pembimbingku** atas ilmu, kritik, bimbingan, dan kesabaran yang membentuk Tesis ini menjadi lebih nyata dan bermakna. Tak lupa juga kepada **teman-teman seperjuangan** untuk diskusi, motivasi, dan kebersamaan yang menguatkan.

Mengutip salah satu nasehat yang paling *masyhur* (terkenal) oleh **Imam Syafi’I rahimahullaah** tentang pentingnya menuntut ilmu, yaitu “*Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan*”. **Imam Hasan al-Bashri rahimahullaah** menasehati bahwa mempelajari “*satu bab ilmu dan mengamalkannya lebih baik dari pada dunia dan isinya*”. Selain itu, beliau juga menasehati tentang pentingnya menolak sikap menunda-nunda dalam menuntut ilmu.

Untuk semua pihak yang tidak dapat kusebut satu per satu, semoga Tesis ini menjadi salah satu bentuk dedikasi dan menjadi bukti rasa syukur Kepada **Allah Sang Pencipta Ilmu** dan penghargaan terdalamku kepada semuanya yang telah menjadi bagian dari setiap halaman dalam perjalanan akademisku. Akhir kata “*Tesis ini bukan akhir, melainkan pijakan untuk terus melangkah—mengukir kontribusi, menebar manfaat, dan mengejar cahaya ilmu yang tak pernah padam.*”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini sekitar 80% cadangan bijih timah berada di perairan/laut. Sumberdaya yang tersedia adalah 41.000 ton bijih timah dengan dalam yang cukup bervariasi hingga 50 meter di bawah permukaan laut. Dengan harapan penemuan baru, PT TIMAH Tbk bias lebih focus lagi pada pertambangan timah di laut. Hal ini harus di dukung dengan penemuan jumlah cadangan baru yang dihitung akan sangat bergantung pada skala tambang dan kapasitasnya seperti apa yang akan diterapkan nantinya (Danhur *et al.*, 2023). Oleh karena itu PT TIMAH Tbk memberikan perhatian yang lebih besar pada pertambangan timah di laut dengan *tagline* “Go Offshore Go Deeper” yang dapat diartikan lebih memaksimalkan kembali pertambangan di semua WIUP laut (Sujitno, 2015).

Tambang laut PT TIMAH Tbk sendiri menggunakan beberapa jenis peralatan yang terdiri dari yaitu Kapal Keruk (KK), Kapal Isap Produksi (KIP), Kapal Keruk *Bucket Wheel Dredge*, dan Ponton Isap Produksi (PIP) yang sebagian besar merupakan daerah yang telah dilakukan penambangan sebelumnya. Sistem Kapal Isap Produksi yang ada saat ini adalah dengan melakukan pengerukan pada lapisan tanah yang mengandung timah dengan menggunakan *cutter*, kemudian selanjutnya material penggalian tersebut dihisap dan dialirkan menggunakan pompa tanah menuju saring putar. Selanjutnya dilakukan proses pencucian pasir yang mengandung bijih timah tersebut dengan menggunakan alat pencucian yang dinamakan dengan Jig (Candra *et al.*, 2017). Proses penambangan dengan Kapal Keruk *Bucket Line Dredges* dengan cara melakukan pengerukan dengan ukuran mangkuk bervariasi mulai dari 7 *cuft* sampai sampai dengan 24 *cuft*. Kapal Keruk ini dapat beroperasi mulai dari kedalaman 15 meter hingga 50 meter dibawah permukaan laut dengan kemampuan gali mencapai lebih dari 3,5 juta meter kubik material setiap bulannya. Sedangkan Kapal Isap Produksi (KIP) proses penambangan melalui penggalian yang mencapai 25 meter di bawah permukaan laut sehingga dapat

menjangkau cadangan sisa dari kapal keruk. Sedangkan *Bucket Wheel Dredges* sendiri untuk proses penambangannya mempunyai kemampuan penggalian sekitar 70 meter di bawah permukaan laut (Sujitno, 2015).

Undang-undang (UU) No 4 tahun 2009 tentang Pertambangan mineral dan Batubara dan Undang-undang (UU) Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara menyatakan perlu dilakukan kegiatan pemulihan lingkungan melalui kegiatan reklamasi dan pascatambang. Kehadiran Tambang Inkonvensional (TI) ini dipicu dengan dikeluarkannya Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah (otonomi daerah) dan Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan No 146/MPP/Kep/4/1999 tentang pencabutan timah sebagai komoditas strategis (Hermawan *et al.*, 2010). Kerusakan alam ini diakibatkan oleh kegiatan penambangan yang tidak memiliki legalitas yang jelas yang dapat menyebabkan kerusakan alam yang cukup parah dikarenakan setelah kegiatan penambangan selesai atau berakhir, maka ditinggalkan begitu saja oleh oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab (*illegal mining*). Merujuk pada Jurnal Geologi Indonesia, dipaparkan bahwa kegiatan penambangan bijih timah akan menghasilkan limbah atau tailing yang mengandung timbal secara signifikan dengan cara mengekspos kandungan logam di alam, sehingga dapat mencemari perairan yang ada disekitarnya. Kegiatan penambangan bijih timah ini baik oleh perusahaan swasta maupun tambang masyarakat (TI), tidak hanya saja dilakukan di darat namun bahkan sudah merambah ke perairan (sungai dan laut). Aktivitas penambangan bijih timah ini dapat menyebabkan terjadinya kerusakan alam dan lingkungan dan juga memberikan dampak negatif bagi komunitas sekitar (Male *et al.*, 2013 ; Rosyida dan Sasaoka, 2018).

Seiring dengan meningkatnya permintaan global terhadap logam timah, aktivitas pertambangan timah semakin intensif dilakukan. Hal ini memicu transformasi bentang alam sekaligus meningkatkan risiko kontaminasi dan degradasi lingkungan hidup. Dampaknya, struktur dan fungsi dasar ekosistem yang menjadi sistem pendukung kehidupan pun mengalami kerusakan signifikan. Terlebih lagi, praktik penambangan timah di wilayah perairan laut memiliki potensi besar untuk mengganggu keseimbangan ekosistem kelautan. Material

pasir yang mengandung bijih timah dikeruk atau disedot dari dasar laut, kemudian limbahnya langsung dibuang begitu saja ke laut yang mengakibatkan sedimentasi dapat menutupi terumbu karang dan menyebabkan kerusakan dan kematian pada terumbu karang. Rusaknya terumbu karang dapat mengakibatkan berkurangnya sumber daya ikan di wilayah perairan Bangka Belitung, karena terumbu karang merupakan tempat hidup dan berkembang biak ikan-ikan. Ikan yang semakin berkurang membuat banyak nelayan kehilangan mata pencaharian. Kemiskinan pun semakin meningkat (Ibrahim, 2015). Pada dasarnya tidak ada kegiatan pertambangan yang tidak merusak lingkungan, baik di daratan maupun di perairan. Kerusakan akan membawa dampak bagi beberapa dekade mendatang bahkan bisa menjadikan kerusakan lingkungan dalam jangka waktu yang cukup panjang.

Penambangan timah lepas pantai tanpa dasar hukum yang jelas dapat menyebabkan kerusakan terumbu karang, mencemari pantai, dan mengganggu perkembangan perikanan serta mengganggu sistem sosial. Kerusakan lingkungan hidup yang terjadi di Bangka Belitung seperti yang tersebut diatas terjadi akibat eksploitasi secara berlebihan tanpa disertai upaya pemeliharaan dan konservasi lingkungan hidup, sehingga terjadilah pencemaran atas tanah, sungai, pantai dan laut (Ibrahim, 2015). Umumnya limbah timah yang dibuang sembarangan di perairan laut menimbulkan kesulitan oksigen yang diserap oleh biota laut yang tercemar sehingga mengganggu aktivitas jaringan pangan biota tersebut.

Kegiatan tambang memang menjadi ancaman tersendiri bila tidak dikelola dengan bijak dan cerdas. Profesi nelayan tercatat sebagai kelompok pekerjaan dengan tingkat kemiskinan tertinggi berdasarkan studi (Anna et al., 2019). Fenomena kemiskinan pada komunitas nelayan tidak hanya berasal dari faktor internal seperti mekanisme produksi, tetapi juga dipengaruhi kondisi eksternal yang terbentuk di lingkungan sekitarnya (Humaedi, 2012). Salah satu isu kritis yang berkontribusi adalah penurunan kualitas lingkungan di wilayah pesisir, lautan, dan kepulauan kecil (Helmi & Satria, 2012). Dampak perubahan lingkungan dan iklim semakin memperparah kerentanan mata pencaharian nelayan (Nissa, 2019). Kerentanan ini muncul ketika rumah tangga nelayan mengalami gangguan terhadap sumber daya penghidupan yang dimiliki, sehingga

keberlangsungan ekonominya terganggu bahkan terancam (Hahn *et al.*, 2009). Meski demikian, studi komparatif menunjukkan bahwa nelayan memiliki tingkat kerentanan yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan petani skala kecil (Dharmawan & Nissa, 2020). Faktor-faktor seperti perubahan iklim, dinamika pasar, dan regulasi pemerintah menjadi variabel dominan yang memengaruhi kerentanan penghidupan nelayan (C. Chen & Carr, 2015).

Kegiatan penambangan timah di laut menghasilkan limbah yang langsung dibuang ke perairan setelah tahapan pencucian. Anggoro (2001) mengemukakan bahwa pembuangan limbah industri yang berkelanjutan ke wilayah perairan dan pesisir berpotensi menimbulkan dampak ekologis yang merugikan. Paparan bahan pencemar secara terus-menerus di kawasan pesisir dapat memicu akumulasi substansi berbahaya dalam ekosistem akuatik. Mekanisme ini terutama terjadi ketika logam berat yang masuk ke perairan tidak terdifusi secara optimal akibat minimnya turbulensi dan arus laut. Bagian polutan yang tidak terdispersi atau terbawa ke laut lepas akan mengalami proses konsentrasi melalui mekanisme biokimia-fisika. Selanjutnya, logam berat tersebut tetap tersuspensi dalam kolom air (sebagai sedimen tersuspensi) sebelum akhirnya terendapkan dan terakumulasi dalam sedimen dasar perairan.

Sumber daya laut, sebagai aset bersama (*common property*) dengan akses terbuka (*open access*), memungkinkan pemanfaatannya tidak hanya terbatas pada nelayan, tetapi juga oleh beragam entitas lain. Tipyan dan Udon (2014) menyoroti bahwa ketidakseimbangan relasi kekuasaan antara komunitas nelayan, institusi pemerintah, dan pemilik modal dalam tata kelola ruang laut memperburuk kerapuhan sosial-ekonomi nelayan. Kondisi ini muncul karena nelayan kerap menempati posisi subordinat dalam kompetisi pemanfaatan sumber daya laut, menjadikan mereka kelompok yang paling rentan terdampak. Untuk menyamakan persepsi terkait reklamasi laut di dalam penelitian ini, penulis merasa perlu untuk menjelaskan perbedaan istilah reklamasi versi pertambangan dengan reklamasi versi kelautan perikanan dikarenakan antara reklamasi laut versi kegiatan pertambangan dengan reklamasi pantai tidaklah memiliki persamaan, sangat berbeda (Syari, 2024). Istilah “reklamasi laut” sendiri di dunia pertambangan Indonesia baru tertulis dalam peraturan pada Pasal 14, Peraturan Menteri ESDM

RI No. 07 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang Pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara. Sebelumnya, reklamasi lebih mengarah kepada reklamasi untuk lahan darat bukan untuk ekosistem laut. Sedikit terlambat memang. Kondisi ini diduga terkait dengan dominasi aktivitas pertambangan di Indonesia yang masih berpusat pada wilayah daratan. Eksploitasi sumber daya laut melalui pertambangan saat ini hanya tercatat pada sektor timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Pulau Bangka) dan Provinsi Kepulauan Riau (Pulau Kundur) (Syari, 2024). Di sisi lain, kebutuhan akan reklamasi di kawasan pesisir dan kepulauan kecil Indonesia diproyeksikan semakin mendesak di masa depan, terutama untuk mengakomodasi tuntutan ruang akibat pertumbuhan ekonomi dan ancaman kenaikan muka air laut. Praktik reklamasi di wilayah tersebut sebenarnya bukan inisiatif baru, mengingat telah diimplementasikan sejak periode Orde Baru. Namun, hingga saat ini belum ada dokumentasi komprehensif yang mencatat secara spesifik kapan reklamasi pertama kali dilaksanakan di Indonesia. Sejauh ini PT TIMAH Tbk tercatat sebagai perusahaan pertambangan pertama di Indonesia yang melakukan kegiatan reklamasi laut versi kegiatan pertambangan.

Seperti dijelaskan diatas Reklamasi pada kegiatan pertambangan merujuk pada Undang-undang No 4 tahun 2009 dan Undang-undang (UU) Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah panduan yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan kegiatan reklamasi laut berupa Analisis Program Reklamasi Laut pada *Artificial reef* Perairan Rebo PT TIMAH Tbk

Sebagai upaya mengatasi degradasi lingkungan akibat penambangan timah lepas pantai, Pemerintah Daerah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung bersama pelaku usaha tambang mengimplementasikan strategi reklamasi dan pemulihan ekosistem perairan. Salah satu inisiatif konkret dilakukan oleh PT TIMAH Tbk melalui program pembuatan dan penempatan *artificial reef* (rumah ikan) di lokasi terdampak, seperti di Perairan/laut Rebo yang mengalami

kerusakan ekologis akibat aktivitas pertambangan. Penenggelaman *artificial reef* ini bertujuan memulihkan ekosistem terumbu karang yang rusak sekaligus menyediakan habitat alternatif bagi biota laut, terutama ikan karang. Struktur *artificial reef*, atau tempat perlindungan ikan, umumnya dibangun dari material seperti beton, besi, atau bahan padat lain yang dirancang untuk meniru fungsi alami terumbu karang.

Kegiatan penenggelaman *artificial reef* mempertimbangkan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi masyarakat yang akan memberikan dampak positif bagi kegiatan masyarakat sekitar lokasi penelitian dan juga sekaligus akan mampu mengurangi dampak negatif akibat kegiatan penambangan timah. Oleh sebab itu, upaya reklamasi kegiatan penambangan timah di laut untuk dijadikan sebagai habitat baru biota laut yaitu tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat memijah (*spawning ground*), dan tempat pembesaran (*nursery ground*) menjadi penting untuk dipelajari keberhasilan kegiatan tersebut. Untuk mengetahui nilai keberhasilan dari reklamasi yang dilakukan oleh PT TIMAH Tbk, diperlukan sebuah penilaian keberhasilan kegiatan reklamasi laut. Penilaian ini menitikberatkan pada nilai indek keanekaragaman jenis ikan andalan, jenis ikan yang dominan serta kisaran kepadatan/m².

1.2 Perumusan Masalah

Pemasangan *artificial reef* atau terumbu buatan sebagai habitat ikan di suatu wilayah perairan memberikan dampak positif bagi ekosistem ikan karang maupun mata pencaharian nelayan. Hal ini disebabkan karena struktur terumbu buatan berperan sebagai daya tarik bagi ikan karang untuk bermigrasi, berkembang biak, serta meningkatkan populasi dan keragaman spesies di lokasi tersebut (Madduppa, 2016). Penyediaan habitat alternatif melalui pemasangan *artificial reef* pada perairan yang mengalami degradasi lingkungan memiliki peran krusial dalam menjaga keberlanjutan ekologis, khususnya untuk mendukung reproduksi sumber daya ikan. Oleh karena itu, kajian ilmiah di wilayah perairan yang telah dilakukan intervensi ekologis ini perlu dioptimalkan guna mengevaluasi efektivitas *artificial reef* berdasarkan parameter tertentu, seperti keberhasilan restorasi habitat dan peningkatan keanekaragaman hayati. Adapun dari rumusan masalah yang diketahui, hal-hal yang perlu di kaji diantaranya:

1. Apakah indikator kriteria keberhasilan reklamasi laut PT TIMAH Tbk sudah sesuai berdasarkan kondisi yang ada di lapangan?
2. Bagaimana faktor yang mempengaruhi komposisi komunitas jenis ikan dan penempelan alami (*natural recruitment*) pada lokasi penenggelaman modul *artificial reef* program reklamasi laut PT TIMAH Tbk?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Evaluasi penilaian proses reklamasi laut menitikberatkan pada komposisi jenis, nilai indek keanekaragaman jenis ikan, kisaran kepadatan/m² serta jumlah *natural recruitment* pada lokasi penenggelaman modul *artificial reef* yang sudah ditenggelamkan dengan usia penenggelaman yang berbeda yaitu Tahun 2019, 2021 dan 2023 (1, 3, dan 5 tahun setelah penenggelaman modul *artificial reef*).
2. Pelaksanaan evaluasi kegiatan reklamasi laut pada penenggelaman modul *artificial reef* hanya dilakukan pada 3 (tiga) tahun penenggelaman yang berbeda yaitu Tahun 2019, 2021 dan 2023 (1, 3, dan 5 tahun setelah penenggelaman modul *artificial reef*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis hasil kegiatan reklamasi laut PT TIMAH Tbk dengan program *artificial reef* di Perairan Rebo pada 3 (tiga) perlakuan waktu tahun pelaksanaan yang berbeda dari : (1) kondisi modul *artificial reef*, (2) komunitas ikan, dan (3) *natural recruitment* (Tahun 2019, 2021 dan 2023)
2. Mengevaluasi kriteria tingkat keberhasilan kegiatan reklamasi laut PT TIMAH Tbk dilihat dari nilai komposisi jenis ikan, indeks keanekaragaman jenis ikan, kisaran kelimpahan ikan, biomassa ikan, dan *natural recruitment*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak, antara lain:

1. Melihat perbedaan hasil program reklamasi laut pada tahun pelaksanaan yang berbeda (1, 3, dan 5 tahun setelah penenggelaman modul *artificial reef*).
2. Menemukan kriteria yang sesuai untuk menentukan tingkat keberhasilan program reklamasi laut pada modul *artificial reef*.
3. Menjadi bahan evaluasi terhadap program reklamasi bagi perusahaan pertambangan BUMN maupun swasta.
4. Memberikan informasi dan pertimbangan bagi pemerintah dan pelaku usaha pertambangan dalam upaya reklamasi dan rehabilitasi daerah lepas pantai.
5. Memberikan kontribusi bagi akademisi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan teknik pertambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. 2017. Respon Ikan Karang pada Area Apartemen Ikan di Perairan Tobololo dan Gamalama Kota Ternate. *Coastal and Ocean Journal* 1(1): 1 - 6.
- Akhrianti, I. 2014. Distribusi Spasial Dan Preferensi Habitat Bivalvia Di Pesisir Kecamatan Simpang Pesak Kabupaten Belitung Timur. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Allen, N.J. and Meyer, J.P. 1990. The Measurement and Antecedents of Affective, Continuance, and Normative Commitment to the Organization. *Journal of Occupational Psychology*, 63, 1-18.
- Anna Z, Yusuf AA, Alisjahbana AS, Ghina AA, Rahma. 2019. Are Fishermen Happier? Evidence from a Large-Scale Subjective Well-Being Survey in a Lower-MiddleIncome Country. *Marine Policy*. 106: 1-10.
- Andrian, Edwin. 2019. Analisis kelimpahan ikan karang di artificial reef dan di terumbu karang alami perairan karang melantut pantai Rebo Kabupaten Bangka. Diss. Universitas Bangka Belitung.
- Anggoro, S. 2011. Pengelolaan Dan Pemantauan Pencemaran dan Kerusakan Laut. Penerbit PT. Sains Plus Kemala Rahmadika.
- Armelia, D. Tono, T. E. P. S. B. Andini, E. D. 2018. Perbandingan Perencanaan Penambangan Bijih Timah Menggunakan BWD Kunder 1 Terhadap Kombinasi Kapal Isap Stripping Dengan BWD Kunder 1 PT TIMAH Tbk Di Laut Air Kantung, Kabupaten Bangka. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat. ISBN: 978-602-61545-0-7.
- Arifin, F., Dirgayusa, I.G.N.P., Faiqoh, E., 2017. Struktur Komunitas Ikan dan Tutupan Karang di Area Biorock Desa Pemuteran, Buleleng, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 3(1), 59-69 (2017).
- Arjuna, C. 2017. Analisis Kinerja Pompa Tanah Agar Sesuai Dengan Kapasitas Feed Yang Dibutuhkan Jig Primer Pada Kapal Isap Produksi 17 di Laut Cupat Luar, Unit Penambangan Laut Bangka PT. Timah (Persero), Tbk Vol 1, No 4 (2017).
- 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.
- Candra, D. P. Taufik, A. A. Syarifudin. 2017. Studi Pengaruh Kinerja Pompa Tanah pada Kapal Isap Produksi 16 Untuk Mengurangi Kehilangan Bijih Timah di Laut Teluk Limau PT TIMAH (Persero) Tbk, Unit Laut Bangka. (Tesis) Universitas Sriwijaya.

- Colin, P. L., Arneson, C. 1995. *Tropical Pacific Invertebrates*. Coral Reef Press. USA.
- Chen, C., Carr, D. 2015. The importance of place: Unraveling the vulnerability of fisherman livelihoods to the impact of marine protected areas. *Applied Geography*, 59, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.10.015>
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut; Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dahnur, H dan 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>.
- Dharmawan, A. H., Nissa, Z. N. A. 2020. Rural livelihood vulnerability and resilience: A typology drawn from case studies of small-scale farmers and fishermen in Indonesia. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 08(01), 1–13. <https://doi.org/10.22500/8202028458>.
- Djamali, A dan P. Darsono, 2005. *Petunjuk Teknis Lapangan untuk Penelitian Ikan Karang di Ekosistem terumbu Karang. Materi Kursus. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah-LIPI*. Jakarta.
- Dokumen Rencana Reklamasi Laut PT TIMAH Tbk Tahun 2021-2025
- Desistiano, M. 2008. *Perbandingan Kelimpahan Ikan Karang pada Terumbu Buatan Biorock dengan Transplantasi Karang di Tanjung Lesung, Banten*. [skripsi]. Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Edrus, I. N., dan Suharti, S. R. 2017. Sumber Daya Ikan Karang di Taman Wisata Alam Gili Matra, Lombok Barat. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 22(4), 225-242.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- English, S., Wilkinson, C., dan Baker, V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources* 2nd edition. Australian Institute of Marine Science. Townsville.
- FishBase. 2005. www.fishbase.org.
- Froese R dan Pauly D. 2008. FishBase. World Wide Electronic Publication. <http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.ID.genusname=??speciesname=??.php>. [12-11-2018].
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. 2009. The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>.

- Haryono, Mubarak, A. A. 2022. Analisis Kekuatan Pengaruh Model *Bracing* Terhadap Pondasi *Katrol Ladder* Pada Kapal Isap Produksi (KIP). *Construction and Material Journal*. Volume 4 No.3 2022.
- Helmi, A., & Satria, A. (2012). Strategi Adaptasi Nelayan Terhadap Perubahan Ekologis. *Makara Human Behavior Studies in Asia*, 16(1), 68-78. <https://doi.org/10.7454/mssh.v16i1.1494>.
- Henny, C. 2011. Bioakumulasi Beberapa Logam Pada Ikan di Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka. *Puslit Limnologi-LIPI. LIMNOTEK* (2011) 18 (1) : 83-95.
- Hermawan, A., Asmarhansyah, dan Abdul Choliq. 2010. Transformasi Petani Menjadi Penambang Timah di Bangka Belitung. *Prosiding: Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Universitas Diponegoro, Semarang. 9 -10 Juni 2010. Hal 323 – 334.
- Hill, J. Wilkinson, C. 2004. *Methods for Ecological Monitoring of Coral Reef*. Australian Institute of Marine Science. Australia. Townsville.
- Hutomo, M. 1986. Coral Reef Fish Resources and Their Relation to Reef Condition: some Case Studies in Indonesia Waters. *Biotrop Spec. Publ* (19): 67-78.
- Humaedi, A. M. 2012. KEMISKINAN NELAYAN: Studi Kasus Penyebab Eksternal dan Upaya Revitalisasi Tradisi Pengentasannya di Kaliori, Rembang, Jawa Tengah. *Pusat Penelitian Kemasyarakatan dan Kebudayaan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. J. Sosek KP Vol. 7 No. 2 Tahun 2012*.
- Ibrahim, I. 2015, Dampak Penambangan Timah Ilegal Yang Merusak Ekosistem di Bangka Belitung, *Selisik*, Vol., No. 1.
- Julián Blasco, Peter M. Chapman, Olivia Campana, Miriam Hampel. 2016. *Marine Ecotoxicology*. https://www.google.co.id/books/edition/Marine_Ecotoxicology/0QRKCgAAQBAJ?hl=en&gbpv=1&printsec=frontcover dalam https://www.gramedia.com/best-seller/reklamasi/#Pengertian_Reklamasi.
- Madduppa, H., Subhan, B., Arafat, D., dan Zamani, N.P. 2016. Riset dan Inovasi Terumbu Karang dan Proses Pemilihan Teknik Rehabilitasi: Sebuah Usulan Menghadapi Gangguan Alami dan Antropogenik Kasus di Kepulauan Seribu. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan* 3(2):45-54.
- Manik, N. D. J. 2014. Kebijakan Pertambangan Laut Timah Yang Berdampak Pada Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertambangan. PROMINE Vol. 2 No. 2. 2014*.
- 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, 428–433.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.09.011>.
- McClanahan TR, Jadot C. 2017. Managing coral reef fish community biomass is a priority for biodiversity conservation in Madagascar. *Marine Ecology Progress Series*. 580:169-190.
- Muhtadi, A., Muhammad Reza Cordova dan Yon Vitner. 2014. *Diktat Praktikum Ekologi Perairan*. Bogor: IPB Press.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Kantor Menteri Negara Kependudukan Lingkungan Hidup 2004. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Kep51/MENEGLH/ 2004. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Lemoine, R. H. Paxton, B. A. Anisfeld, C. Shimon, Rosemond, C. R. Peterson, H. C. 2019. Selecting the optimal artificial reefs to achieve fish habitat enhancement goals. *Biological Conservation* Volume 238, October 2019, 108200.
- Luthfi, O. M., Isdianto, A., Sirait, A. P. R., Putranto, T. W., dan Affandi, M. 2021. Ecology of cubes artificial reef of Pantai Damas, East Java, Indonesia. *Ecology, Environment and Conservation dalam* <https://news.unair.ac.id/2021/12/29/ekologi-terumbu-karang-buatan-pantai-damas/?lang=id>.
- Rachmawati, R. C., Sari, M. G., Meilani, A. I., Azuhro, V., dan Ullia, F. 2023. Identifikasi Keanekaragaman Hewan Invertebrata di Pesisir Pantai Nyamplung Kabupaten Rembang. *Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, Vol. 15 No. 1.
- Rismika, T. Purnomo, P. E. 2019. Kebijakan Pengelolaan Ekosistem Laut Akibat Pertambangan Timah di Provinsi Bangka Belitung. *PUBLISIA: Jurnal Ilmu Administrasi Publik*. Volume: 4 (1) 2019.
- Ricmond, R. H. 1997. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reef. In: Birkeland (ed.), *Life and death of coral reefs*. New York: Chapman dan Hall. Hal. 175-197.
- Rosyida, I., & Sasaoka, M. 2018. Local political dynamics of coastal and marine resource governance: A case study of tin-mining at a coastal community in Indonesia. *Environmental Development*, 26(17), 12–22.
<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.03.003>.
- Pamungkas, A. dan Husrin, S., 2020. Pemodelan Sebaran Sedimen Tersuspensi Dampak Penambangan Timah di Perairan Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2):353-366.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.27875>.

- 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 Kelautan dan Perikanan Nomor 26 Tahun 2021 Tentang Pencegahan Pencemaran, Pencegahan Kerusakan, Rehabilitasi, dan Peningkatan Sumber Daya Ikan dan Lingkungannya.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.48/Menhut-II/2014. Tentang Tata Cara Pelaksanaan Pemulihan Ekosistem Pada Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam.
- Peraturan Presiden Nomor 121 Tahun 2012 tentang Rehabilitasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 122 Tahun 2012 tentang Reklamasi di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 121 Tahun 2012 Tentang Rehabilitasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Peraturan Menteri KKP RI No. 26 Tahun 2021 tentang Pencegahan Pencemaran, Pencegahan Kerusakan, Rehabilitasi, Dan Peningkatan Sumber Daya Ikan Dan Lingkungannya. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Sandi Sembiring, Y. R., Umaini, F., & Azzahra, N. 2022. BULLET : Jurnal Multidisiplin Ilmu TAHUN 2020 DI BANGKA BELITUNG. 1(03). <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet>.
- Sirait, R. P. A. Luthfi, M. O. Isdianto, A. 2021. Karakteristik Fisik Terumbu Buatan (*Artificial Reef*) Pasca Penenggalaman Tahun 2017 di Pantai Damas Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science* Vol. 10 (1) - 2021.
- Seaman J. W. 2000. *Artificial Reef Evaluation with Application to Natural Marine Habitats*. CRC Press, Boca Raton, 260 pp.
- Setiapermana, D. 1996. *Potensi Wisata Bahari Pulau Mapor*. Jakarta, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi LIPI.
- 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.
- Subhan, B., Arafat, D., Jundulloh, M.A.A, Arya, A.G.T.V., Setiawan, A., Wibowo, M.M., Astika, K., Karissa, P.T., Trialfhianty, T.I., Bachtiar, R., Akbar, N., Aisyah, S.Z., Ayu, I.,P. 2024. Monitoring coral reef conditions in the Biorock Pemuteran rehabilitation area during the 2016 coral bleaching. *BIO Web of Conferences* 106, 02004 (2024).

- Subowo, M.S., Widodo, dan A. Nugraha. 1999. Status dan Penyebaran Pb, Cd, dan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya. Prosiding. Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor.
- Sujitno, Sutedjo (2015). Timah Indonesia Sepanjang Sejarah. Jakarta: PT. Timah (Persero) Tbk.
- Syafrullah, R. *et al.* 2019. Sistem *Vertical Digging*, *Bench*es atau Kombinasi Manakah yang Akan Memberikan Tingkat Keberhasilan Paling Tinggi Dalam Aktivitas Penambangan Kapal Keruk (Indonesia: Prosiding TPT XXVIII PERHAPI).
- Syari, I. A. 2024. Reklamasi Laut – Rehabilitasi Ekosistem Laut Dalam Perspektif Pertambangan. Bangka. UBBPress.
- Syari, I. A. Supanji, R. Apriyanto, H. Utama, Z. Paradise, M. Y. Ferizal, J. 2023. Evaluasi Jenis Rumpon di Perairan Rebo Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Journal of Tropical Marine Science* Vol.6 (1):59-68, April 2023
- Syari, I. A. Sudrajat, J. Octaviano, H. A. Hutapean, B. Adnis, R. Taruk Allo, A. O. 2019. Implementation of offshore reclamation methods on an old tin mining area on Bangka Island, Indonesia. *Mine Closure 2019* - AB Fourie & M Tibbett (eds). © 2019 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9876389-3-9
- 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. W.B Saunders Company. Philadelphia.
- Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batu Bara.
- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batu Bara.
- Utama, Z., Suptarman, O., Adibrata, S., Perbandingan Kelimpahan Ikan Karang Pada Fish Shelter Di Karang Melantut Pantai Rebo Dan Pantai Matras Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka. *Aquatic Science Jurnal Ilmu Perairan*. Volume 1 Nomor 2, Oktober 2019.
- Utami, T.S. 2010. Suksesi Komunitas Ikan Karang Pada Lokasi Rehabilitasi Terumbu Karang Di Pulau Kelapa, Kepulauan Seribu. [Skripsi]. Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.