

PEMUTIHAN KARANG DI AREA PERLINDUNGAN LAUT DAN AREA REHABILITASI KARANG *SMILING CORAL* PULAU PRAMUKA, KEPULAUAN SERIBU

ZULFANDRA BACHRUL KALAM



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KEALUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pemutihan Karang di Area Perlindungan Laut dan Area Rehabilitasi Karang *Smiling Coral* Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Zulfandra Bachrul Kalam
C5501241023



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

ZULFANDRA BACHRUL KALAM. Pemutihan Karang di Area Perlindungan Laut dan Area Rehabilitasi Karang *Smiling Coral* Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. Dibimbing oleh BEGINER SUBHAN, NEVIATY PUTRI ZAMANI dan NYOMAN METTA NYANAKUMARA NATIH

Peristiwa pemutihan karang global keempat yang dikonfirmasi NOAA pada April 2024 terjadi bahkan sebelum puncak El-Niño, mengindikasikan bahwa pemanasan antropogenik kini menjadi faktor dominan di balik anomali termal lautan tropis. Kepulauan Seribu, yang berada pada lintang rendah dengan frekuensi pemutihan tertinggi secara global, menghadapi tekanan ganda berupa degradasi lokal dan stres termal regional.

Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi tutupan karang keras dan tingkat pemutihan karang di area perlindungan laut di Gosong Pramuka (APL) dan area rehabilitasi yang dikelola *Smiling Coral* Indonesia (ARS) di selatan Pulau Pramuka. Penelitian dilaksanakan pada Januari 2024 di dua area terumbu karang di sekitar Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, pada tiga kedalaman (5 m, 10 m, dan 15 m). Data foto dikumpulkan dari transek kuadran berukuran 1 m × 1 m dengan modifikasi metode dari Yvone *et al.* 2016. Identifikasi *lifeform* dan genus karang menggunakan Coral Finder 2021 kemudian estimasi tutupan menggunakan perangkat lunak CPCe V4.1. Analisis data meliputi uji Mann-Whitney U, uji Kruskal-Wallis, dan korelasi Spearman pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$.

Kondisi terumbu karang di APL tergolong buruk pada semua kedalaman (dengan rerata $HC_{APL} = 12,88 \pm 7,77\%$) dengan dominasi tutupan substrat oleh DC (karang mati), DCA (*dead coral with algae*), dan *rubble* (pecahan karang), sedangkan di ARS mencatatkan tutupan HC (karang keras) lebih tinggi ($HC_{ARS} = 38,32 \pm 25,53\%$) dan berbeda signifikan ($U = 9,00$; $p = 0,006$) karena dibantu oleh tutupan karang hasil transplantasi yang aktif dikelola *Smiling Coral* Indonesia, dengan perbedaan antar lokasi terbukti signifikan ($U_{HC} = 9,0$; $p = 0,006$). Pemutihan karang di area perlindungan ($BI_{APL} = 81,33\%$) teramati lebih parah dibandingkan area rehabilitasi ($BI_{ARS} = 25,96\%$) dan menunjukkan perbedaan signifikan ($U_{CBI} = 81,0$; $p = 0,0004$) meskipun suhu perairan antar lokasi menunjukkan nilai yang seragam ($\sim 30^\circ C$). Tidak ada perbedaan signifikan dari kejadian pemutihan karang antar kedalaman ($p > 0,05$), namun ada korelasi negatif yang kuat antara tutupan karang keras dan karang yang memutih ($rs = -0,681$; $p = 0,002$), sehingga kondisi lingkungan lokal menentukan besar-kecilnya dampak pemutihan terhadap ekosistem terumbu karang.

Dijumpai 7 dan 9 *lifeform* karang keras di APL dan ARS, dengan tipe dominan CF (*Coral Foliose*), CMR (*Coral Mushroom*) dan CM (*Coral Massive*) sedangkan di ARS didominasi oleh CB (*Coral Branching*). Keragaman genera karang keras di APL sangat tinggi dengan dijumpainya 21-28 genus namun yang memiliki kondisi sehat hanya 6-10%. Di area rehabilitasi SCI (ARS) keragaman jenis karang hanya 18 genus di kedalaman 10 meter, sedangkan di 15 meter dan 5 meter ada 11 dan 6 genus saja dengan kondisi sehat mencapai 48-59%. Semua *lifeform* karang keras di APL rentan karena pemutihannya tinggi (73-83%), sedangkan di ARS hanya 22-33%. Genus karang keras yang dominan di APL adalah *Pachyseris* dan *Pleuractis*, sementara di ARS didominasi *Porites*.

Keragaman genus karang yang lebih tinggi di APL (21–28 genera) tidak serta merta mencerminkan kondisi terumbu karang yang lebih baik dibandingkan area rehabilitasi, karena persentase pemutihannya sangat tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa Area Rehabilitasi *Smiling Coral* mengalami dampak pemutihan yang lebih rendah dibandingkan area perlindungan laut pada peristiwa pemutihan 2024, meskipun terpapar suhu yang serupa. Terumbu karang di Area Rehabilitasi menunjukkan indikasi ketahanan terhadap pemutihan yang lebih baik dibandingkan APL pada saat pengamatan. Integrasi program rehabilitasi aktif dalam pengelolaan area perlindungan merupakan langkah mendesak untuk membangun ketahanan ekosistem terumbu karang di Pulau Pramuka dan Kepulauan Seribu.

Kata kunci: pemutihan karang, karang keras, area rehabilitasi, area perlindungan laut, Pulau Pramuka,

SUMMARY

ZULFANDRA BACHRUL KALAM. Coral Bleaching in the Marine Protected Area and Coral Rehabilitation Area of Smiling Coral, Pramuka Island, Thousand Islands. Dibimbing oleh BEGINER SUBHAN, NEVIATY PUTRI ZAMANI dan NYOMAN METTA NYANAKUMARA NATIH

The fourth global coral bleaching event confirmed by NOAA in April 2024 occurred even before the peak of El-Niño, indicating that anthropogenic warming has become the dominant driver of thermal anomalies in tropical oceans. The Thousand Islands Archipelago, situated at low latitudes where bleaching frequency is among the highest globally, faces a dual pressure of local degradation and regional thermal stress.

This study aimed to analyze hard coral cover conditions and coral bleaching prevalence at the marine protected area in Gosong Pramuka (MPA) and the rehabilitation area managed by Smiling Coral Indonesia (ARS) in the southern part of Pramuka Island. The study was conducted in January 2024 at two reef areas around Pramuka Island, Thousand Islands, at three depths (5 m, 10 m, and 15 m). Photo data were collected from 1 m × 1 m quadrat transects using a modified method from Yvone et al. 2016. Lifeform and coral genus identification used Coral Finder 2021, and cover estimation was performed using CPCe V4.1 software. Data analyses included the Mann-Whitney U test, Kruskal-Wallis test, and Spearman rank correlation at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Reef conditions at the MPA were classified as poor across all depths (mean $HC_{APL} = 12.88 \pm 7.77\%$) with substrate dominated by DC (dead coral), DCA (dead coral with algae), and rubble, while the ARS recorded higher hard coral cover ($HC_{ARS} = 38.32 \pm 25.53\%$) assisted by transplanted coral cover actively managed by Smiling Coral Indonesia, with the difference between sites statistically significant ($U_{HC} = 9.0$; $p = 0.006$). Coral bleaching at the protected area ($Bl_{APL} = 81.33\%$) was observed to be more severe than at the rehabilitation area ($Bl_{ARS} = 25.96\%$), showing a significant difference ($U_{CBI} = 81.0$; $p = 0.0004$) despite uniform water temperatures between sites ($\sim 30^\circ\text{C}$). No significant difference in coral bleaching was found among depth strata ($p > 0.05$), yet a strong negative correlation was found between hard coral cover and bleaching prevalence ($r_s = -0.681$; $p = 0.002$), indicating that local environmental conditions determine the magnitude of bleaching impacts on coral reef ecosystems.

Seven and nine hard coral lifeforms were recorded at the APL and ARS respectively, with dominant types being CF (Coral Foliose), CMR (Coral Mushroom), and CM (Coral Massive) at the MPA, while the ARS was dominated by CB (Coral Branching). Hard coral genus diversity at the APL was very high with 21–28 genera recorded, yet only 6–10% were in healthy condition. At the SCI rehabilitation area (ARS), genus diversity reached only 18 genera at 10 m depth, while at 15 m and 5 m there were 11 and 6 genera respectively, with healthy condition reaching 48–59%. All hard coral lifeforms at the ARS were vulnerable due to high bleaching prevalence (73–83%), while at the ARS it was only 22–33%. The dominant hard coral genera at the APL were *Pachyseris* and *Pleuractis*, while the ARS was dominated by *Porites*. Higher genus diversity at the APL (21–28 genera) did not necessarily reflect better reef condition compared to the

rehabilitation area, as bleaching prevalence was very high. These findings confirm that the coral rehabilitation area managed by Smiling Coral Indonesia experienced substantially lower bleaching impact than the marine protected area during the 2024 bleaching event, despite similar thermal exposure." "The coral reefs in the SCI rehabilitation area showed better indication of bleaching resistance at the time of observation. Integration of active rehabilitation programs into protected area management is an urgent step toward building coral reef ecosystem resilience on Pramuka Island and throughout the Thousand Islands Archipelago.

Keywords: coral bleaching, hard coral, rehabilitation area, marine protected area, Pramuka Island

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

**PEMUTIHAN KARANG DI AREA PERLINDUNGAN LAUT
DAN AREA REHABILITASI KARANG *SMILING CORAL*
PULAU PRAMUKA, KEPULAUAN SERIBU**

ZULFANDRA BACHRUL KALAM

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Kelautan

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Dr. Adriani Sunuddin, S.Pi.,M.Si.
- 2 Dr. Rastina, S.T., M.T.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Pemutihan Karang di Area Perlindungan Laut dan Area Rehabilitasi Karang *Smiling Coral* Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu
 Nama : Zulfandra Bachrul Kalam
 NIM : C5501241023

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
 Dr. Beginer Subhan, S.Pi., M.Si.



Pembimbing 2:
 Prof. Dr. Ir. Neviaty P. Zamani, M.Sc.



Pembimbing 3
 Dr. Ir. Nyoman Metta N Natih, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
 Prof. Dr. Ir. Neviaty P. Zamani, M.Sc.
 NIP. 19641014 198803 2 001

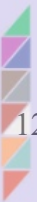


Dekan Fakultas/Sekolah :
 Dr. Beginer Subhan, S.Pi., M.Si.
 NIP. 19800118 200501 1 003



Tanggal Ujian:
 (18 Juni 2026)

Tanggal Lulus:
 ()



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2025 sampai bulan Mei 2026 ini ialah pemutihan karang, dengan judul “Pemutihan Karang di Area Perlindungan Laut dan Area Rehabilitasi Karang Smiling Coral Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu”.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu dan membimbing dalam penyelesaian Tesis ini, diantaranya kepada:

- 1 Dr. Beginer Subhan, S.Pi.,M.Si., selaku Ketua Komisi Pembimbing yang telah banyak memberikan saran, arahan, serta motivasi kepada penulis dalam penyelesaian Tesis ini
- 2 Prof. Dr. Ir. Neviaty P. Zamani, M.Sc., dan Dr. Ir. Nyoman Metta N selaku Anggota komisi pembimbing yang telah banyak memberikan saran, arahan, serta motivasi kepada penulis dalam penyelesaian Tesis ini
- 3 Dr. Adriani Sunuddin, S.Pi., M.Si sebagai dosen penguji dan Dr. Rastina, S.T., M.T. sebagai dosen perwakilan program studi.
- 4 Kedua orang tua, Bapak Asep Kamalludin dan Almh. Ibu Neneng Haryati, kakak kandung Candrika Iczha Risbaya beserta keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi secara finansial dan rohani selama penulis melaksanakan perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir.
- 5 Karmelia Putri, yang senantiasa memberikan dukungan, pengertian, dan semangat kepada penulis dalam setiap proses penyusunan tesis ini, baik dalam suka maupun duka.
- 6 Teman-teman IKL 2023 dan 2024 yang selalu memberikan dukungan serta doa kepada penulis.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Zulfandra Bachrul Kalam



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	16
DAFTAR GAMBAR	16
LAMPIRAN	17
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
2.4 Analisis data	4
III HASIL	6
3.1 Uji normalitas populasi karang	6
3.2 Kondisi ekosistem terumbu karang	6
3.3 Kondisi pemutihan karang	7
3.4 Pengaruh kedalaman terhadap pemutihan	16
3.5 Korelasi karang keras dan karang memutih	16
IV PEMBAHASAN	17
4.1 Perbandingan komunitas karang di APL dan ARS	17
4.2 Pemutihan karang berdasarkan kedalaman di APL dan ARS	18
4.3 Jenis karang yang rentan pemutihan di APL dan ARS	20
4.4 Potensi pemulihan dan Implikasi	21
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	28

DAFTAR TABEL

1	Sejarah pemutihan karang dunia	1
2	Kategori tutupan karang Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 4 Tahun 2001	4
3	Kriteria pemutihan karang	4
4	Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk	6
5	Hasil Uji Mann-Whitney U perbandingan tutupan HC dan persentase pemutihan antara APL dan ARS	7
6	Hasil Uji Kruskal-Wallis perbedaan pemutihan antar kedalaman	16
7	Hasil Uji Korelasi Spearman	16

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian di Area Perlindungan Laut Pulau Pramuka dan Area Rehabilitasi <i>Smiling Coral</i> Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu	3
2	Pengambilan data terumbu karang	3
3	Persentase Tutupan Karang (a) APL dan (b) ARS pada 3 kedalaman, 5m, 10m, dan 15m.	7
4	Persentase pemutihan karang berdasarkan kedalaman	8
5	Hard Coral berdasarkan bentuk pertumbuhan di APL dan ARS (a 5m, b 10m, c 15m).	8
6	Hard Coral berdasarkan genus di APL dan ARS (a 5m, b 10m, c 15m).	9
7	Pemutihan karang berdasarkan bentuk pertumbuhan di kedalaman 5 m (a) APL dan (b) ARS	10
8	Pemutihan karang berdasarkan genera di kedalaman 5 m (a) APL dan (b) ARS	11
9	Pemutihan karang berdasarkan bentuk pertumbuhan di kedalaman 10 m (a) APL dan (b) ARS	12
10	Pemutihan karang berdasarkan genera di kedalaman 10 m (a) APL dan (b) ARS	13
11	Pemutihan karang berdasarkan bentuk pertumbuhan di kedalaman 15 m (a) APL dan (b) ARS	14
12	Pemutihan karang berdasarkan genera di kedalaman 15 m (a) APL dan (b) ARS	15
13	Kondisi pemutihan di APL dan ARS	19
14	Genus <i>Pachyseris</i> (a) dan <i>Pleuractis</i> (b) di APL	20
15	Genus <i>Porites</i> di area rehabilitasi <i>Smiling Coral</i>	21

LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Tabel Data pemutihan karang di APL	1
2	Lampiran 2 Tabel data pemutihan karang di ARS	10

