



KARAKTERISTIK PENGIKATAN DAN STABILITAS HAMPARAN PECAHAN KARANG (*RUBBLE BEDS*) DI TAMAN NASIONAL LAUT BUNAKEN, SULAWESI UTARA

SATRIO HANI SAMUDRA



**PROGRAM MAGISTER ILMU KELAUTAN
DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Karakteristik Pengikatan dan Stabilitas Hamparan Pecahan Karang (*Rubble Beds*) di Taman Nasional Laut Bunaken, Sulawesi Utara” 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, Agustus 2024

Satrio Hani Samudra
C5501231038

@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.



RINGKASAN

SATRIO HANI SAMUDRA. Karakteristik Pengikatan dan Stabilitas Hamparan Pecahan Karang (*Rubble Beds*) di Taman Nasional Laut Bunaken, Sulawesi Utara. Dibimbing oleh DIETRIECH G. BENGEN, TRIES BLANDINE RAZAK, dan TANIA M. KENYON.

Perairan Taman Nasional Bunaken (TNB) yang termasuk ke dalam kawasan konservasi, terkenal dengan keanekaragaman hayati lautnya yang tinggi, khususnya pada ekosistem terumbu karang. Namun demikian, tekanan alami dan antropogenik yang terjadi secara berkala pada ekosistem terumbu karang di TNB, mengakibatkan transformasi ekosistem terumbu karang yang sehat menjadi rusak, seperti hamparan pecahan karang (*rubble*). Lebih dari 40 tahun, kondisi hamparan *rubble* di wilayah perairan TNB tidak mengalami kestabilan dan berubah menjadi ekosistem terumbu alami. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik fisik, komposisi biota pengikat, serta stabilitas hamparan *rubble* di perairan TNB.

Penelitian ini dilaksanakan di perairan TNB, yaitu Pulau Manado Tua, Pulau Bunaken, dan Pulau Siladen pada bulan Maret hingga Desember 2023. Pengamatan dilakukan dengan penyelaman SCUBA, dengan mengamati 90 sampel *rubble* pada setiap stasiun. Pengamatan karakteristik fisik *rubble* dilakukan untuk setiap sampel dan kemiringan serta kedalaman substrat dilakukan di setiap transek kuadrat. Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sample* dengan alat bantu *belt transect*. Analisis data mencakup komposisi relatif kategori bentuk dan morfologi *rubble*, probabilitas pengikatan dan stabilitas *rubble* dengan *generalized linear mixed-effect model* (GLMM), serta komposisi biota pengikat dengan PERMANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas, kemiringan, dan ketebalan hamparan *rubble*, panjang *rubble*, serta jumlah rekrutmen karang bervariasi signifikan antarstasiun. Model probabilitas pengikatan dan stabilitas *rubble* dari 360 sampel yang diambil ditinjau berdasarkan kemiringan lereng, ketebalan hamparan dan panjang *rubble*, serta morfologi *rubble*. Sebanyak 18% dari sampel *rubble* mengalami pengikatan, dengan probabilitas pengikatan *rubble* tertinggi dimiliki oleh morfologi *rubble other* (25%), tingkat probabilitas pengikatan *rubble* yang semakin tinggi seiring dengan bertambahnya kedalaman dan panjang *rubble*, namun menurun seiring dengan bertambahnya kemiringan lereng. Sementara hanya 7% dari seluruh sampel *rubble* mengalami stabilitas, dengan probabilitas pengikatan meningkat signifikan seiring dengan bertambahnya panjang *rubble*. Tidak ada perbedaan komposisi biota pengikat antarstasiun, dengan CCA sebagai biota pengikat paling umum yang ditemukan (46%), diikuti dengan spons (17%) dan karang keras (14%).

Hamparan *rubble* terluas terdapat pada wilayah landai (Siladen Selatan), sementara terkecil pada wilayah curam (Manado Tua). Probabilitas pengikatan meningkat seiring dengan bertambahnya panjang dan ketebalan hamparan *rubble*, namun menurun seiring dengan curamnya lereng. Probabilitas stabilitas hanya meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya panjang *rubble*. Ditemukan tujuh jenis biota pengikat dan satu pengikatan abiotik pada sampel *rubble* yang ada di lokasi studi.

Kata kunci: Biota pengikat, karang keras, pengikatan, stabilitas, restorasi, Bunaken



SUMMARY

SATRIO HANI SAMUDRA. Binding and Stability Characteristics of Rubble Beds in the Bunaken Marine National Park, North Sulawesi. Supervised by DIETRIECH G. BENGEN, TRIES BLANDINE RAZAK, and TANIA M. KENYON.

The waters of Bunaken National Park (TNB), which are included in the conservation area, are well known for their high marine biodiversity, in particular the coral reef ecosystem. However, natural and anthropogenic pressures that occur periodically on coral reef ecosystems in TNB, resulted in the transformation of healthy coral reef ecosystems into damaged ones, such as a rubble beds. For more than 40 years, the condition of the rubble beds in TNB waters has not experienced stability and turned into a natural reef ecosystem. This research aims to analyze the physical characteristics, composition of binding organism, and stability of rubble beds in TNB waters.

This research was carried out in TNB waters, namely Manado Tua Island, Bunaken Island and Siladen Island from March to December 2023. Observations were carried out using SCUBA diving, by observing 90 rubble samples at each station. Observations of the physical characteristics of rubble were carried out for each sample and the slope and depth of the substrate were carried out at each quadrat transect. Sampling was taken using a purposive sample method with a belt transect tool. Data analysis includes the relative composition of benthic categories and rubble morphology, binding probability and rubble stability using generalized linear mixed-effect models (GLMM), as well as binding biota composition using PERMANOVA. The results showed that the area, slope and thickness of the rubble bed, the length of the rubble and the amount of coral recruitment varied significantly between stations. Models of the probability of binding and stability of rubble from 360 samples taken were reviewed based on slope slope, bed thickness and rubble length, as well as rubble morphology. As many as 18% of the rubble samples undergone binding, with the highest probability of rubble binding belonging to other rubble morphology (25%), the level of rubble binding probability which was higher as the depth and length of the rubble increased, but decreased as the slope angle increased. Meanwhile only 7% of all rubble samples undergone stability, with the binding probability increasing significantly as the rubble length increased. There were no differences in the composition of binding biota between stations, with CCA as the most common binding biota found (46%), followed by sponges (17%) and hard corals (14%).

The widest length of rubble is found in the steeper area (Siladen Selatan), while the smallest is in the gentle slope area (Manado Tua). The probability of binding increases with increasing length and thickness of the rubble bed, but decreases with steeper slopes. The probability of stability only increases significantly as the rubble length increases. Seven types of binding biota and one abiotic binding type were found in the rubble samples at the study location.

Keywords: Binding organism, hard coral, binding, *rubble*, stability, restoration, Bunaken

@Hak
p
m
k
IPB
University

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 University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
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 apa pun tanpa izin IPB.

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.

**KARAKTERISTIK PENGIKATAN DAN STABILITAS
HAMPARAN PECAHAN KARANG (*RUBBLE BEDS*) DI
TAMAN NASIONAL LAUT BUNAKEN, SULAWESI UTARA**

**SATRIO HANI SAMUDRA
C5501231038**

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

**PROGRAM MAGSITER ILMU KELAUTAN
DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

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.

Tim penguji pada Ujian Tesis:
1. Prof. Dr. Ir. Neviaty P. Zamani, M.Sc.
2. Dr. Beginer Subhan, S.Pi., M.Si.

Judul Tesis : Karakteristik Pengikatan dan Stabilitas Hamparan Pecahan Karang (*Rubble Beds*) di Taman Nasional Laut Bunaken, Sulawesi Utara
Nama : Satrio Hani Samudra
NIM : C5501231038

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Dietriech G. Bengen, DAA, DEA



Pembimbing 2:
Dr. Tries Blandine Razak



Pembimbing 3:
Dr. Tania Kenyon



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Yuli Naulita, S.Pi., M.Sc.
NIP 196607121991032003



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP. 196307311988031002



Tanggal Ujian: 15 Juli 2024

Tanggal Lulus:



@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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wata'ala* atas limpahan rahmat serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis yang berjudul “Karakteristik Pengikatan dan Stabilitas Padang *Rubble (Rubble Beds)* di Taman Nasional Laut Bunaken, Sulawesi Utara” dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Dietriech G. Bengen, DEA, DAA selaku ketua komisi pembimbing yang sudah memberikan arahan utama serta bimbingan dalam pengerjaan tesis ini sehingga dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah disepakati Bersama.
2. Ibu Dr. Tries Blandine Razak dan Dr. Tania M. Kenyon selaku pembimbing kedua dan ketiga yang telah membimbing dalam proses analisis dan interpretasi data, memberi dukungan moral, serta arahan dalam proses penulisan tesis.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Neviaty P. Zamani, M.Sc. sebagai penguji luar komisi yang banyak memberikan saran dan masukan dalam ujian akhir.
4. Bapak Anton Wijonarno, Ibu Suci Septriana, Adik Aryo Dimas, serta keluarga yang senantiasa selalu memberikan dukungan dan kasih sayang kepada penulis sedari kecil hingga saat ini.
5. Rekan, Jane Cita Syafitri Sudrajat, S.Kel., yang senantiasa menemani, memberikan dukungan dalam suka dan duka, serta memberikan dukungan yang sangat banyak baik di dalam maupun luar urusan perkuliahan.
6. Para pengajar serta staf di Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK-IPB University atas pengetahuan dan jasa yang telah disampaikan selama proses pembelajaran.
7. Petugas Taman Nasional Bunaken yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan penelitian di wilayah perairan Taman Nasional Bunaken.
8. Teman-teman Pascasarjana IKL 2022 dan 2023 untuk diskusi, bantuan, serta dukungan selama proses perkuliahan berlangsung.

Bogor, Agustus 2024

Satrio Hani Samudra



@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	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	ii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
2.4 Analisis Data dan Statistik	6
2.4.1 Komposisi Bentik dan Morfologi <i>Rubble</i>	6
2.4.2 Probabilitas Pengikatan dan Stabilitas <i>Rubble</i>	6
2.4.3 Komposisi Biota Pengikat (<i>Binder</i>) pada <i>Rubble</i>	8
III HASIL DAN PEMBAHASAN	9
3.1 Karakteristik Hamparan dan Fragmen <i>Rubble</i>	9
3.2 Probabilitas Stabilitas dan Pengikatan <i>Rubble</i>	12
3.3 Komposisi Biota Pengikat	15
IV PENUTUP	18
4.1 Kesimpulan	18
4.2 Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

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

DAFTAR TABEL

1	Kumpulan studi terkait pengaruh hidrodinamika terhadap transpor dan frekuensi pergerakan <i>rubble</i>	2
2	Deskripsi model yang digunakan untuk menganalisis data hamparan dan fragmen <i>rubble</i> (tiap baris merepresentasikan satu model).	6
3	Karakteristik hamparan <i>rubble</i> pada setiap stasiun	9
4	Hasil uji Kruskal-wallis probabilitas pengikatan serta stabilitas hamparan dan fragmen rubble	12

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi pengambilan data penelitian di Perairan TNB	4
2	Metode Pengambilan Data Karakteristik <i>Rubble</i> (modifikasi dari Kenyon 2021)	5
3	Komposisi morfologi <i>rubble</i> pada empat stasiun	10
4	Karakteristik hamparan dan fragmen <i>rubble</i> pada empat stasiun	11
5	Jumlah <i>rubble</i> yang mengikat (kiri) dan stabil (kanan) pada setiap stasiun	12
6	Probabilitas pengikatan (kiri) dan stabilitas (kanan) <i>rubble</i> berdasarkan perbedaan morfologi	13
7	Model probabilitas pengikatan (atas) dan stabilitas (bawah) berdasarkan i) kemiringan lereng (kiri), ii) ketebalan hamparan <i>rubble</i> (tengah), iii) panjang <i>rubble</i> (kanan)	14
8	Contoh biota pengikat (kiri): (a) <i>acidian</i> , (b) karang lunak, (c) turf algae, (d)-(e) makroalgae, (f)-(g) karang keras, (h)-(i) spongs, (j)-(k) CCA, (l) <i>solid</i> ; dan persentase komposisi biota pengikat (kanan) pada lokasi studi.	15

DAFTAR LAMPIRAN

1	Tipe biota yang ditemukan di hamparan <i>rubble</i>	26
2	Karakteristik hamparan dan fragmen <i>rubble</i> berdasarkan analisis GLMM pada seluruh stasiun.	26
3	Model GLMM untuk luas hamparan <i>rubble</i> pada setiap stasiun.	27
4	Hasil uji PERMANOVA perbedaan komposisi biota pengikat terhadap berdasarkan stasiun	27