



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: e63043a8-f47f-4b9b-810a-764f58464163

laporan akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

PENYUSUNAN INDEKS RESILIENSI TERUMBU KARANG

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Kemaritiman	-		Biologi (dan Bioteknologi Umum)

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional			SBK Riset Dasar	3	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
IMAM BACHTIAR - Ketua Pengusul	Universitas Mataram	Pendidikan Biologi	Koordinator penelitian, analisis data, penulis laporan, pengambilan data (back-up)	257614	3
EDWIN JEFRI -	Universitas	Ilmu Kelautan	Pengambilan data rugositas	6754674	2

Anggota Pengusul	Mataram		terumbu karang, analisis data		
---------------------	---------	--	-------------------------------	--	--

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Pelaksana Penelitian	Dr. Udhi Eko Herawan

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Buku referensi	Review	Mataram University Press
1	Buku referensi	Terbit	Mataram University Press
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi		Asian Fisheries Science
3	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi		Indonesian Journal of Marine Science

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Published	Indonesian Journal of Marine Science
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Sedang direview	Indonesian Journal of Marine Science
2	Artikel di Jurnal Internasional		Indonesian Journal of

	Terindeks di Pengindeks Bereputasi		Marine Science
3	Artikel ilmiah pada jurnal internasional bereputasi 200 terbaik (Q1) dengan status accepted		Egyptian Journal of Aquatic Research

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Total RAB 3 Tahun Rp. 435,700,000

Tahun 1 Total Rp. 149,600,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	2	665,000	1,330,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	2	475,000	950,000
Bahan	ATK	-	Paket	1	576,000	576,000
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	4	300,000	1,200,000
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	12	3,392,000	40,704,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	49	430,000	21,070,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	46	658,000	30,268,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	29	1,338,000	38,802,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	120	100,000	12,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran lptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	1	2,700,000	2,700,000

Tahun 2 Total Rp. 145,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	2	520,000	1,040,000

Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	150,000	150,000
Bahan	ATK	-	Paket	1	480,000	480,000
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	20	140,000	2,800,000
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	12	3,080,000	36,960,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	44	365,000	16,060,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	45	630,000	28,350,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	40	660,000	26,400,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	120	100,000	12,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	3	420,000	1,260,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	17,000,000	17,000,000

Tahun 3 Total Rp. 141,100,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	1	520,000	520,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	150,000	150,000
Bahan	ATK	-	Paket	1	572,000	572,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	67	600,000	40,200,000
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	16	210,000	3,360,000
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	18	1,340,000	24,120,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	67	380,000	25,460,000

Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	18	1,231,000	22,158,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	108	100,000	10,800,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	3	420,000	1,260,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000

6. KEMAJUAN PENELITIAN

A. RINGKASAN

Terumbu karang merupakan aset ekonomi yang sangat penting bagi ratusan juta masyarakat pesisir. Kemampuan terumbu karang pulih secara alami dari gangguan, atau resiliensi terumbu karang, menjadi bagian yang sangat penting di dalam pengelolaan terumbu karang. Pengukuran resiliensi terumbu karang sudah dikembangkan dalam dua dekade terakhir. Dari empat metode pengukuran resiliensi yang tersedia, belum ada yang digunakan sebagai prosedur standar di dalam pengelolaan terumbu karang. Indeks resiliensi dari Bachtiar et al. menjadi yang paling praktis, karena pengukurannya dapat dilakukan oleh pengelola kawasan konservasi perairan di Indonesia. Pengukuran ketiga indeks resiliensi yang lain hanya dapat dilakukan oleh peneliti. Indeks resiliensi yang praktis tersebut, sayangnya, hanya dapat digunakan pada data yang diambil dengan metode transek garis (LIT, line intercept transect). Saat ini, pengambilan data terumbu karang sudah beralih ke metode transek foto bawah air (UPT, underwater photo transect), yaitu metode yang secara resmi digunakan oleh Pusat Riset Oseanografi (PRO). Indeks tersebut juga perlu dilengkapi dengan variabel indikator yang lebih kuat dari rekrutmen karang, hewan herbivora, dan efektivitas pengelolaan.

Penelitian ini bertujuan menyusun indeks untuk mengukur tingkat resiliensi terumbu karang. Penelitian ini dimulai dari memiliki TKT (tingkat kesiapan teknologi) 1, dan akan berakhir dengan TKT 3 pada tahun ketiga. Pada tahun pertama, penelitian ini menghasilkan suatu rumus indeks untuk mengukur tingkat resiliensi terumbu karang, untuk data dari metode UPT. Penyusunan indeks tersebut akan menggunakan data dari PRO, dan data tambahan yang diambil di tiga terumbu karang terbaik di Kepulauan Indonesia. Di tahun kedua, penelitian akan melakukan ujicoba indeks yang dihasilkan untuk menilai tingkat resiliensi terumbu karang di tiga lokasi lainnya di Kawasan Sunda Shelf dan Samudra Hindia. Di tahun ketiga, penelitian akan memodifikasi indeks untuk data PIT sehingga dihasilkan suatu metode standar untuk penilaian indeks resiliensi terumbu karang nasional, baik menggunakan data UPT maupun PIT.

Ada empat macam data yang dibutuhkan untuk menyusun indeks. Pengambilan data substrat terumbu karang dilakukan dengan metode UPT (50 m). Data ikan terumbu karang akan diambil dengan metode sensus visual (UVC, underwater visual census) pada transek sabuk (350 m²). Data rekrutmen karang

diambil dengan metode UVC pada kuadrat (1 m²) di transek UPT. Data kompleksitas habitat diambil dengan transek pita-rantai. Data multivariat yang dihasilkan akan dianalisis dengan BEST (biological environmental stepwise) untuk mereduksi jumlah variabel indikator. PCA (principal component analysis) akan digunakan untuk menentukan bobot dari variabel indikator yang terpilih di dalam indeks.

Penelitian tahun pertama telah menghasilkan sebuah rumus indeks untuk mengukur resiliensi terumbu karang. Indeks resiliensi terumbu karang tersebut menggunakan 10 variabel indikator, yang meliputi tutupan karang Acropora (ACC), tutupan karang non-acropora (NAC), rugositas terumbu (RUG), kelimpahan anakan karang (REA), keanekaragaman spesies ikan herbivora (FHD), kelimpahan ikan herbivora (FHA), kelimpahan Diadema (DIA), tutupan karang lunak (SOC), tutupan makroalga (AMC), dan tutupan pecahan karang (RCC). Secara teoritis indeks resiliensi terumbu karang mempunyai nilai minimal 0,00 dan nilai maksimal 2,61. Uji coba penilaian indeks resiliensi terumbu karang di Ternate, Raja Ampat, dan Biak menemukan nilai rata-rata (\pm SD) indeks secara berurutan 0,659(\pm 0,074), 0,626(\pm 0,059), dan 0,881(\pm 0,141). Rentangan nilai indeks antara 0,521 sampai 1,125. Penelitian tahun kedua akan memvalidasi kegunaan dan akurasi indeks.

Rumus indeks resiliensi terumbu karang sebagai berikut:

$$RI_{cr} = [0,04(2(100-0) / ((100-0)+(100-NAC))-1) + 0,05(2(25-0) / ((25-0)+(25-RUG))-1) + 0,27(2(30-0) / ((30-0)+(30-REA))-1) + 0,46(2(40-0) / ((40-0)+(40-FHD))-1) + 0,35(2(40-0) / ((40-0)+(40-FHA))-1) + 0,48(2(100-0) / ((100-0)+(100-DIA))-1) + 0,34(2(100-0) / ((100-0)+(100-ACC))-1) - 0,22(2(100-0) / ((100-0)+(100-SOC))-1) - 0,27(2(100-0) / ((100-0)+(100-AMC))-1) - 0,28(2(100-0) / (((100-0)+(100-RCC))-1) + 0,27]$$

B. KATA KUNCI

resiliensi; terumbu karang; penilaian

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengurangan indikator

Dari 18 variabel yang menjadi calon indikator indeks perlu dikurangi agar menghasilkan indeks yang lebih praktis dengan jumlah variabel indikator yang lebih sedikit. Pengurangan variabel yang pertama dilakukan dengan melihat koefisien korelasi antar 18 variabel calon indikator. Pada tahapan ini dua variabel dipilih salah satu jika mempunyai koefisien korelasi yang sangat tinggi dengan variabel lain ($r > 0,4296$, $n = 35$, $p < 0,01$), terutama jika keduanya di dalam komponen yang sama. Hasil penapisan pertama dengan koefisien korelasi mengeluarkan 6 (enam) variabel dari calon indikator, karena variabel tersebut mempunyai koefisien korelasi yang sangat tinggi ($p < 0,01$) dengan variabel lainnya.

Pengeluaran variabel yang mempunyai koefisien korelasi tinggi dilakukan berdasarkan alasan kepraktisan dan keterwakilan komponen resiliensi. REG dikeluarkan dari calon indikator karena berkorelasi kuat dengan REA (Tabel 3). Pengambilan data REA lebih mudah dilakukan daripada REG, sehingga REG dikeluarkan dan REA yang dijadikan calon indikator. FHC dan ACC juga mempunyai koefisien korelasi yang sangat tinggi. Keduanya mewakili komponen resiliensi yang berbeda dan tidak ada variabel penggantinya. FHC dipilih untuk dikeluarkan karena penghitungan FHC di dalam indeks ternyata membuat indeks sulit diinterpretasikan. TAC dikeluarkan karena mempunyai koefisien korelasi yang sangat tinggi dengan empat variabel lainnya, yaitu RCC, ATC, FHD, dan FHA. Variabel SSC mempunyai korelasi sangat tinggi dengan tiga variabel lainnya, sehingga dikeluarkan dari daftar calon variabel. Variabel HCC, OFC, dan ATC dikeluarkan karena memiliki hubungan korelasi yang sangat tinggi dengan dua variabel lainnya. Setelah dikeluarkan 7 (tujuh) calon variabel indikator masih tersisa 11 calon variabel indikator indeks resiliensi.

Pengurangan indikator tahap kedua dilakukan dengan menggunakan analisis BEST (*Biological Environmental Stepwise*). BEST adalah statistik multivariat yang berfungsi untuk memilih variabel lingkungan terbaik dalam menjelaskan pola komunitas. Pengurangan variabel lingkungan disarankan asalkan nilai koefisien korelasi dengan seluruh variabel awal (ρ) tidak kurang dari 0,95¹. Dengan menggunakan analisis BEST terpilih 11 calon variabel indikator yang menjadi 10 variabel indikator.

Tabel 3. Koefisien korelasi Product-Moment dari 18 variabel yang menjadi calon indikator indeks resiliensi. Angka yang dicetak tebal (*bold*) menunjukkan koefisien korelasi $r_{pm} > 0,4296$ ($P < 0,01$). Nama 7 (tujuh) variabel yang dicetak tebal dengan hialit abu-abu dihapus dari daftar calon variabel indikator.

	NAC	RCC	SSC	SOC	RUG	REG	REA	HCC	ATC	OFC	FHE-D	FHE-A	FHEB	FS	TAC	DIA	ACC	FHC
NAC	1																	
RCC	-0.25	1																
SSC	-0.451	-0.008	1															
SOC	-0.117	0.207	0.476	1														
RUG	-0.146	-0.070	0.230	0.345	1													
REG	-0.052	-0.070	0.344	-0.065	-0.084	1												
REA	0.047	0.031	0.082	-0.296	-0.151	0.719	1											
HCC	0.703	-0.314	-0.637	-0.257	-0.084	-0.087	-0.003	1										
ATC	-0.141	-0.446	0.093	-0.132	-0.124	0.145	0.067	-0.183	1									
OFC	-0.254	0.148	0.248	0.624	0.121	-0.374	-0.448	-0.292	-0.155	1								
FHD	-0.105	-0.193	0.120	-0.089	0.025	-0.074	0.009	-0.357	0.309	-0.018	1							
FHA	-0.182	-0.185	0.260	0.002	-0.226	0.251	0.166	-0.290	0.296	-0.068	0.406	1						
FHEB	0.246	-0.211	-0.185	-0.283	-0.167	-0.071	-0.050	0.045	0.166	-0.103	0.422	0.286	1					
AMC	-0.110	0.285	-0.162	-0.170	-0.146	-0.065	-0.047	-0.170	0.288	-0.294	-0.319	-0.121	-0.2	1				
TAC	-0.100	-0.562	0.123	-0.156	-0.066	0.252	0.217	-0.186	0.606	-0.091	0.654	0.551	0.303	-0.283	1			
DIA	-0.078	-0.163	-0.033	-0.306	0.188	0.237	0.376	-0.191	0.198	-0.247	0.429	0.212	0.369	-0.114	0.622	1		
ACC	-0.208	-0.137	-0.347	-0.216	0.056	-0.059	-0.060	0.550	-0.085	-0.103	-0.368	-0.186	-0.227	-0.104	-0.139	-0.172	1	
FHC	-0.165	0.073	0.167	0.361	0.517	0.131	0.117	0.226	-0.238	0.019	-0.214	-0.075	-0.398	-0.212	-0.142	-0.028	0.505	1

$r_{pm}(0.05, 37) = 0.4296$

Kesepuluh indikator tersebut meliputi:

- 1) Tutupan karang non-acropora (NAC)
- 2) Rugositas terumbu karang (RUG)
- 3) Tutupan karang lunak (SCC)
- 4) Kelimpahan rekrutmen karang (REA)
- 5) Ikan herbivora, keanekaragaman (FHD)
- 6) Ikan herbivora, kelimpahan (FHA)
- 7) Ikan herbivora, biomasa (FHA)
- 8) Tutupan makroalga (AMC)
- 9) Diadema, kelimpahan (DIA)
- 10) Tutupan karang Acropora (ACC)

Kesepuluh variabel indikator terpilih tersebut mempunyai korelasi dengan 11 variabel sebelumnya dengan nilai $\rho=0,959$, yang memiliki taraf signifikansi 0,01. Jumlah variabel indikator tidak dapat diturunkan sampai 9 variabel karena nilai ρ maksimal 0,950 (Tabel 4). Dari delapan kombinasi variabel yang dapat digunakan ($\rho>0,950$), dipilih kombinasi variabel yang kelima, yaitu dengan mengeluarkan biomasa ikan terumbu karang (FHB). Pengukuran FHB dilakukan dengan estimasi ukuran ikan di dalam air, suatu ketrampilan yang jauh lebih sulit dikuasai dibandingkan pengukuran tutupan substrat terumbu karang, misalnya RCC, ACC, NAC, atau SOC. Pengeluaran variabel indikator FHB tidak hanya mengurangi jumlah variabel yang dibutuhkan untuk menilai indeks resiliensi, tetapi juga mempermudah penggunaan indeks resiliensi dalam pengelolaan terumbu karang.

Tabel 4. Hasil analisis BEST untuk mengurangi jumlah variabel indikator.

Jumlah variabel	Koefisien korelasi	Kombinasi variabel	Variabel dihapus
10	0,978	NAC, RUG, RCC, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, ACC	DIA
10	0,975	NAC, RUG, RCC, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA	ACC
10	0,974	NAC, RCC, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	RUG
10	0,973	NAC, RUG, RCC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	SOC
10	0,971	NAC, RUG, RCC, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	FHB
10	0,969	NAC, RUG, RCC, SOC, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	REA
10	0,969	NAC, RUG, RCC, SOC, REA, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	FHD
10	0,967	RUG, RCC, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	NAC
10	0,959	NAC, RUG, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA, ACC	RCC
9	0,950	NAC, RCC, SOC, REA, FHD, FHA, FHB, AMC, DIA	RUG, ACC

Di antara kesepuluh variabel indikator yang terpilih ada tiga variabel yang mempunyai skala berbeda dari variabel yang lainnya. Kelimpahan ikan herbivora (FHA) mempunyai rentangan data yang sangat besar, yaitu antara 0 sampai 1499 per transek (350 m²). Data kelimpahan ikan herbivora yang sangat besar tersebut dapat terjadi ketika ikan Acanthuridae yang bergerombol (*schooling*) melintasi transek. Dari data seluruh Indonesia tahun 2018 diperoleh rata-rata kelimpahan (\pm SD) ikan herbivora 94,9 \pm 125,66, dan median 67. Agar variabel ini mempunyai skala yang setara dengan variabel yang lainnya (rentangan 0-100) maka nilai kelimpahan ikan herbivora (FHA) dihitung sebagai akar kuadrat dari jumlah individu per transek, sebagai berikut:

$$FHA = \sqrt{\text{kelimpahan ikan herbivora}}$$

Penyusunan indeks resiliensi membutuhkan nilai maksimal dari setiap variabel indikator. Nilai maksimal FHA dari penggunaan akar kuadrat tersebut adalah 38. Nilai maksimal yang digunakan di dalam penyusunan rumus indeks dipilih 40, agar nilai maksimal ini tidak terlampaui oleh data lapangan dalam pengukuran indeks resiliensi di masa depan.

Kasus yang sama juga terjadi pada variabel kelimpahan *Diadema* (DIA), hewan herbivora yang merupakan pengganti peran ekologis herbivora ketika ikan herbivora mengalami tekanan panangkapan. DIA memiliki rentangan data antara 0 hingga 323 individu, dengan rata-rata (\pm SD) adalah 26,3 \pm 48,65. Nilai DIA dihitung dengan akar kuadrat dari kelimpahan di alam.

$$DIA = \sqrt{\text{kelimpahan Diadema}}$$

Dengan akar kuadrat tersebut, nilai DIA antara 0-18. Agar nilai maksimal tidak terlampaui oleh data baru di lapangan, maka nilai maksimal DIA pada penyusunan indeks resiliensi terumbu karang ditetapkan 20.

Mendefinisikan Terumbu Karang Acuan

Indeks resiliensi terumbu karang ini disusun dengan mengadopsi indeks resiliensi komunitas mikroba tanah dari Orwin and Wardle.² Rumus indeks resiliensi komunitas mikroba tanah tersebut sebagai berikut:

$$RS_t = \left[\frac{2 (|D_0|)}{(|D_0|) + (|D_x|)} \right] - 1$$

Rumus (1)

RS_t= Indeks resiliensi pada waktu t, D₀=perbedaan antara sebelum dan sesudah gangguan di komunitas kontrol, D_x= perbedaan antara sebelum dan sesudah gangguan di komunitas terdampak.

Di dalam Rumus (1) tersebut, D₀ kemudian dimodifikasi sebagai perbedaan nilai ideal suatu variabel terumbu karang antara yang terbaik dan yang terburuk. D_x diganti sebagai perbedaan nilai suatu variabel hasil observasi dengan nilai ideal terbaiknya. Terumbu karang ideal didefinisikan sebagai acuan kondisi terumbu karang sebelum terjadi gangguan. Terumbu karang acuan tersebut mempunyai nilai maksimal pada semua indikator yang mempunyai dampak positif terhadap resiliensi, dan memiliki nilai minimal pada indikator yang

berdampak negatif. Contohnya, terumbu karang acuan mempunyai nilai maksimal 100% pada indikator NAC dan ACC tetapi nilainya 0% pada indikator SOC, RCC dan AMC (Tabel 5). Dengan demikian, terumbu karang acuan adalah terumbu karang imajiner yang memiliki indeks resiliensi tertinggi.

Tabel 5. Nilai minimum dan maksimum variabel indikator indeks resiliensi. Nilai maksimum di kolom keterangan berdasarkan data dari 327 transek tahun 2018.

Variabel	Minimum	Maksimum	Keterangan
1) Tutupan karang Non-Acropora (NAC)	0	100	%, maksimum 46%
2) Rugositas terumbu karang (RUG)	0	25	maksimum 19,0
3) Tutupan karang lunak (SOC)	0	100	%, maksimum 61,4%
4) Tutupan pecahan karang (RCC)	0	100	%, maksimum 67,5%
5) Kelimpahan anakan karang (REA)	0	30	maksimum 25 (m ²)
6) Keanekaragaman ikan herbivora (FHD)	0	40	maksimum 37 spesies (350 m ²)
7) Kelimpahan ikan herbivora (FHA)	0	40	akar kuadrat, maksimum 38,1 individu (350 m ²)
8) Tutupan makroalga (AMC)	0	100	maksimum 30,1%
9) Kelimpahan <i>Diadema</i> (DIA)	0	20	akar kuadrat, maksimum 17,9 (350 m ²)
10) Tutupan karang Acropora (ACC)	0	100	%, maksimum 46,7%

Untuk memperoleh definisi terumbu karang imajiner tersebut, maka dibutuhkan nilai minimal dan maksimal dari setiap variabel indikator di Tabel 5. Nilai minimal setiap variabel indikator secara teoritis adalah nol. Nilai maksimal dari variabel indikator bervariasi. Jika variabel indikator tersebut merupakan persentase tutupan substrat di terumbu karang, misalnya NAC, SOC, RCC, AMC dan ACC, maka nilainya ditetapkan 100%. Perlu diingat bahwa nilai maksimal dari $NAC + SOC + ACC + RCC + AMC = 100\%$. Tidak mungkin jumlah kelimanya lebih dari 100%. Nilai maksimal rugositas terumbu karang ditetapkan berdasarkan perhitungan teoritis. Hasil pengamatan di Ternate, Biak, dan Raja Ampat, nilai rugositas bervariasi antara 11,9 sampai 19,0, dengan rata-rata 14,82 dan median 14,75. Nilai maksimal rugositas ditetapkan sebagai 25, dengan perhitungan panjang transek rantai 4 m pada transek pita 10 m.

Nilai maksimal variabel indikator yang lainnya ditetapkan berdasarkan nilai maksimal hasil observasi dari data pemantauan kesehatan terumbu karang (RHM) Indonesia tahun 2018. Data tersebut diambil dari 25 lokasi dengan 327 transek, sehingga dianggap mencerminkan hasil observasi di seluruh Kepulauan Indonesia. Variabel indikator ikan herbivora, yaitu FHD dan FHA, mempunyai nilai maksimal hasil observasi 37 spesies dan 28,1 individu per transek. Nilai maksimal dari kedua variabel indikator tersebut ditetapkan sedikit lebih tinggi dari nilai maksimalnya, yaitu 40 spesies dan 40 individu per transek. Kelimpahan *Diadema* (DIA) juga diperlakukan sama. Nilai maksimal hasil observasi 17,9 individu, dan nilai maksimal yang digunakan adalah 20 individu per transek. Nilai maksimal FHA dan DIA dianggap tidak akan terlampaui karena nilai tersebut merupakan hasil transformasi akar kuadrat. Nilai yang sebenarnya jauh lebih besar atau kuadrat dari nilai tersebut.

Variabel indikator diurutkan dari yang mempunyai nilai positif terhadap resiliensi ke yang mempunyai nilai negatif agar mengurangi peluang kesalahan dalam penghitungan. AMC, SOC, dan RCC dituliskan di urutan belakang. Setelah semua nilai maksimal terumbu karang acuan dimasukkan ke dalam rumus, maka rumus indeks resiliensi terumbu karang (RI_{cr}) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 RI_{cr} = & \left[\left(\frac{2(100 - 0)}{((100 - 0) + (100 - NAC))} - 1 \right) + \left(\frac{2(25 - 0)}{((25 - 0) + (25 - RUG))} - 1 \right) \right. \\
 & + \left(\frac{2(30 - 0)}{((30 - 0) + (30 - REA))} - 1 \right) + \left(\frac{2(40 - 0)}{((40 - 0) + (40 - FHD))} - 1 \right) \\
 & + \left(\frac{2(40 - 0)}{((40 - 0) + (40 - FHA))} - 1 \right) + \left(\frac{2(20 - 0)}{((20 - 0) + (20 - DIA))} - 1 \right) \\
 & + \left(\frac{2(100 - 0)}{((100 - 0) + (100 - ACC))} - 1 \right) - \left(\frac{2(100 - 0)}{((100 - 0) + (100 - AMC))} - 1 \right) \\
 & \left. - \left(\frac{2(100 - 0)}{((100 - 0) + (100 - SOC))} - 1 \right) - \left(\frac{2(100 - 0)}{((100 - 0) + (100 - RCC))} - 1 \right) \right]
 \end{aligned}$$

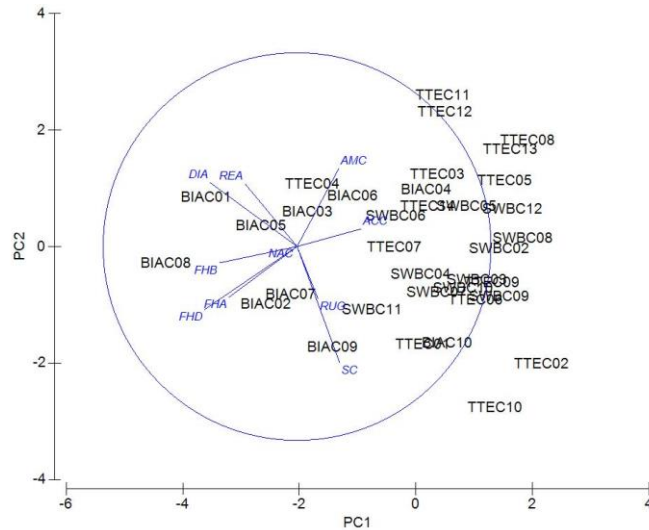
Rumus (2)

Nama-nama variabel di dalam rumus adalah nilai variabel indikator hasil observasi pada terumbu karang yang dinilai indeks resiliensinya.

Persamaan pada Rumus (2) tersebut kemudian diberikan bobot pada masing-masing variabel indikator agar memiliki akurasi yang lebih baik, dengan menggunakan PCA (*principal component analysis*). Hasil PCA menunjukkan bahwa PC1 dan PC2 mempunyai ragam kumulatif sebesar 42,8% (Tabel 6, Gambar 3). Bobot setiap indikator diberikan secara obyektif berdasarkan kontribusi ragam dari setiap variabel pada komponen utama pertama (PC1), sebagaimana disajikan pada Tabel 7. Dengan pemberian bobot pada variabel indikator ke dalam Rumus (3) diperoleh nilai minimal indeks resiliensi adalah -0,27, sedangkan nilai maksimalnya 2,01. Agar lebih mudah dibaca, maka nilai minimal indeks perlu diubah menjadi 0,00 dengan penambahan faktor koreksi +0,27.

Tabel 6. Variasi kumulatif yang dapat dijelaskan oleh setiap komponen utama (PC, principle component) dari PCA.

PC	Eigenvalues	% Ragam	Ragam kumulatif %
1	2,49	24,9	24,9
2	1,62	16,2	41,1
3	1,47	14,7	55,8
4	1,17	11,7	67,6
5	1,07	10,7	78,2



Gambar 3. Hasil PCA dari 10 variabel indikator indeks resiliensi terumbu karang

Tabel 7. Kontribusi ragam setiap variabel indikator resiliensi pada PC1, yang digunakan di dalam pemberian bobot variabel.

Variabel	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
NAC	0,044	0,231	-0,487	0,299	-0,535
RUG	-0,049	0,298	0,081	0,524	0,658
REA	0,349	-0,267	-0,145	0,356	-0,161
FHD	0,458	0,242	0,202	-0,203	0,101
FHA	0,367	0,100	0,406	-0,357	-0,153
DIA	0,483	-0,297	-0,129	0,197	0,259
ACC	-0,339	0,099	-0,382	-0,384	0,258
SOC	-0,217	0,468	0,404	0,265	-0,244
AMC	-0,269	-0,522	0,148	-0,056	0,034
RCC	-0,247	-0,359	0,426	0,285	-0,164

$$\begin{aligned}
 RI_{cr} = & \left[0,04 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-NAC)} - 1 \right) + 0,05 \left(\frac{2(25-0)}{(25-0) + (25-RUG)} - 1 \right) + 0,27 \left(\frac{2(30-0)}{(30-0) + (30-REA)} - 1 \right) \right. \\
 & + 0,46 \left(\frac{2(40-0)}{(40-0) + (40-FHD)} - 1 \right) + 0,35 \left(\frac{2(40-0)}{(40-0) + (40-FHA)} - 1 \right) \\
 & + 0,48 \left(\frac{2(20-0)}{(20-0) + (20-DIA)} - 1 \right) + 0,34 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-ACC)} - 1 \right) \\
 & - 0,22 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-SOC)} - 1 \right) - 0,27 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-AMC)} - 1 \right) \\
 & \left. - 0,28 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-RCC)} - 1 \right) \right]
 \end{aligned}$$

Rumus (3)

Dengan adanya pemberian bobot dan faktor koreksi ke dalam Rumus (4), indeks resiliensi RI_{cr} sekarang mempunyai nilai maksimal 2,28, sedangkan nilai minimalnya 0,00. Nilai ini dianggap mudah diinterpretasikan dan dikomunikasikan oleh peneliti terumbu karang. Rumus indeks tersebut merupakan rumus indeks resiliensi yang dapat digunakan untuk menilai tingkat resiliensi terumbu karang pada waktu t. Kondisi resiliensi terumbu karang pada waktu t mestinya berkurang setelah ada gangguan atau mengalami tekanan lingkungan.

$$\begin{aligned}
 RI_{cr} = & \left[0,04 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-NAC)} - 1 \right) + 0,05 \left(\frac{2(25-0)}{(25-0) + (25-RUG)} - 1 \right) + 0,27 \left(\frac{2(30-0)}{(30-0) + (30-REA)} - 1 \right) \right. \\
 & + 0,46 \left(\frac{2(40-0)}{(40-0) + (40-FHD)} - 1 \right) + 0,35 \left(\frac{2(40-0)}{(40-0) + (40-FHA)} - 1 \right) \\
 & + 0,48 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-DIA)} - 1 \right) + 0,34 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-ACC)} - 1 \right) \\
 & - 0,22 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-SOC)} - 1 \right) - 0,27 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-AMC)} - 1 \right) \\
 & \left. - 0,28 \left(\frac{2(100-0)}{(100-0) + (100-RCC)} - 1 \right) + 0,27 \right]
 \end{aligned}$$

(Rumus 4)

Hasil simulasi indeks resiliensi terumbu karang (IRK atau RI_{cr}) menunjukkan bahwa penggunaan indeks resiliensi ini praktis dan logis. Nilai maksimal indeks adalah 2,28, yang hanya dijumpai jika terumbu karang mempunyai tutupan $AMC=SOC=RCC=NAC=0\%$, sedangkan $ACC = 100\%$, dan 5 (lima) variabel yang lainnya mempunyai nilai maksimal (Tabel 8). Variabel NAC dan ACC tidak bebas, jumlah keduanya tidak dapat melebihi 100%. Pada kondisi yang hampir sama, dengan $AMC=SOC=RCC=ACC=0\%$ dan $NAC=100\%$, maka nilai IRTK=1,98. Pada kondisi $ACC=NAC=50\%$, $AMC=SOC=RCC=0\%$, dan lima variabel yang lain nilainya maksimal, maka nilai IRTK=2,06. Pengaruh ACC dan NAC berbeda karena keduanya mempunyai bobot yang berbeda. Nilai minimal (0,00) indeks diperoleh pada kondisi terumbu karang yang mempunyai tutupan makroalga (AMC) 100% dan nilai sembilan variabel indikator lainnya nol, atau tutupan karang lunak (SOC) 100% dan variabel yang lain nilainya nol.

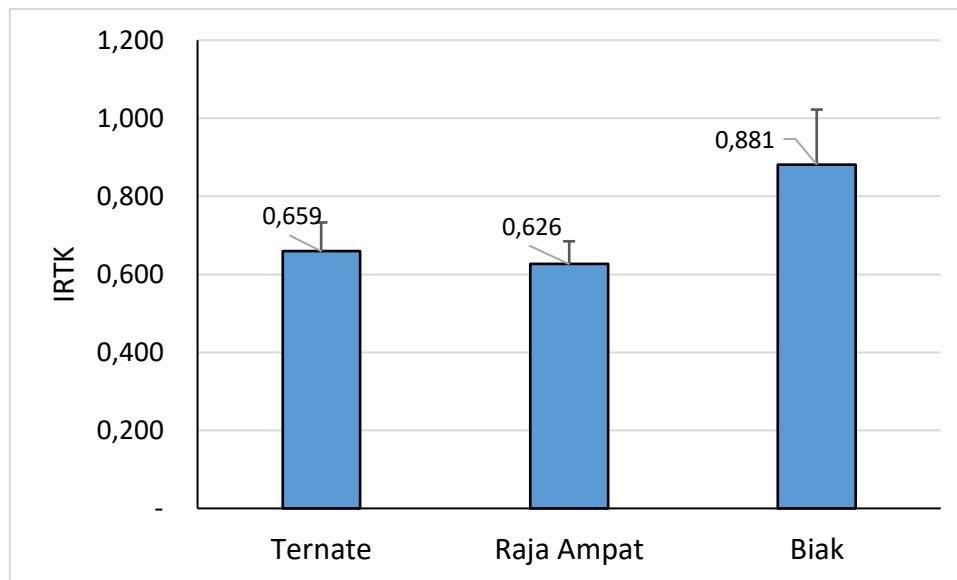
Tabel 8. Sebagian hasil simulasi penghitungan indeks resiliensi terumbu karang (IRTK)

NAC	RUG	REA	FHD	FHA	DIA	ACC	SOC	AMC	RCC	IRTK
0	25	15	40	40	20	100	0	0	0	2,28
10	25	15	40	40	20	90	0	0	0	2,22
100	25	15	40	40	20	0	0	0	0	1,98
50	25	15	40	40	20	50	0	0	0	2,06
0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0,00
0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0,05
0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0,02
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27

Ujicoba Indeks Resiliensi Terumbu Karang (IRTK)

Pada saat ini, terumbu karang yang memiliki 10 variabel indikator indeks hanya dijumpai di tiga kabupaten, yaitu Ternate, Biak, dan Raja Ampat. Perbandingan antar ketiga lokasi menunjukkan bahwa IRTK di

Biak lebih tinggi daripada di kedua lokasi lainnya (Gambar 4). Hasil uji Anova juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara IRTK di ketiga lokasi tersebut ($F = 20,61$, $df = 2, 32$, $P < 0,01$). Dengan menggunakan indeks yang baru ini kita dapat membandingkan resiliensi terumbu karang antar lokasi, sehingga memungkinkan memilih lokasi prioritas konservasi kawasan perairan secara obyektif. Hasil ujicoba indeks di ketiga lokasi tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan indeks resiliensi ini mudah dilakukan dan mudah diperbandingkan.



Gambar 3. Perbandingan indeks resiliensi terumbu karang (IRTK) antara Ternate, Raja Ampat, dan Biak. Batang galat menunjukkan 1 SD.

Pembahasan

Indeks yang dihasilkan dalam penelitian ini sudah dapat digunakan untuk membandingkan secara kuantitatif resiliensi terumbu karang. Terumbu karang yang mempunyai nilai indeks resiliensi lebih tinggi seharusnya menunjukkan kemampuan pulih kembali yang lebih besar. Perbandingan temporal resiliensi suatu terumbu karang juga dapat dilakukan dengan menggunakan indeks resiliensi terumbu karang ini. Saat ini, belum ada terumbu karang yang mempunyai data runtut waktu dengan variabel yang sama dengan indikator indeks ini, sehingga tidak dapat disajikan perbandingan temporal indeks resiliensi terumbu karang.

Indeks resiliensi terumbu karang ini dapat dianggap lebih baik daripada indeks yang dikembangkan sebelumnya, misalnya Indeks Bachtiar et al. ³. Penilaian dengan Indeks Bachtiar menunjukkan bahwa terumbu karang di kawasan Paparan Sunda (Sunda Shelf) memiliki resiliensi yang lebih tinggi daripada di kawasan Wallacea atau Samudra Pasifik ⁴. Hasil ini berbeda dengan fakta bahwa di Paparan Sunda terumbu karang mempunyai keanekaragaman dan kelimpahan ikan yang jauh lebih rendah dibandingkan terumbu karang di Wallacea dan Samudra Pasifik ⁵. Terumbu karang yang mempunyai resiliensi tinggi diharapkan juga tercermin dari keanekaragaman dan kelimpahan ikannya. Ketidak-selarasan tersebut berhasil diperbaiki di dalam indeks yang dihasilkan pada penelitian ini. Indeks di dalam penelitian ini telah memasukkan dua variabel indikator dari ikan terumbu karang, yaitu FHD dan FHA. Biomasa ikan dan rasio ikan herbivora karnivora juga pada awalnya terdaftar sebagai calon variabel indikator indeks, tetapi tidak lolos di dalam proses seleksi. Hasil ujicoba indeks

di ketiga lokasi tersebut juga menunjukkan bahwa Biak mempunyai IRTK tertinggi. Di antara ketiga lokasi ujicoba, Biak juga yang paling tinggi di dalam keanekaragaman dan kelimpahan ikan terumbu karang, baik ikan koralivora, herbivora, maupun karnivora⁵.

Dibandingkan dengan Indeks Bachtiar et al.³ sebelumnya, indeks resiliensi terumbu karang di dalam penelitian ini juga mengandung kelemahan, yaitu tidak menyertakan keanekaragaman jenis (genus) ataupun fungsi ekologis (*life form*) karang. Hilangnya variabel keanekaragaman jenis atau fungsi ekologis karang dari daftar calon indikator adalah kejadian yang tidak diharapkan. Rencana penggunaan variabel keanekaragaman jenis dan kelompok fungsional karang tidak terlaksana karena penelitian ini sangat tergantung datanya pada mitra. Ketika mitra penelitian mengalami gangguan sehingga tidak dapat menyediakan semua data yang dibutuhkan, maka pengembangan indeks resiliensi ini juga ikut terganggu. Indeks resiliensi yang dihasilkan ini dapat dianggap sebagai yang terbaik yang dapat dilakukan dalam kondisi penelitian yang terganggu.

Indeks resiliensi terumbu karang di dalam penelitian ini, masih perlu diujicoba pada terumbu karang yang memiliki kondisi jauh berbeda. Penelitian lanjutan ini diperlukan untuk memvalidasi akurasi dan presisi indeks. Bachtiar et al. membagi kawasan perairan Kepulauan Indonesia menjadi empat, yaitu Samudra Hindia, Paparan Sunda, Wallacea, dan Samudra Pasifik⁵. Indeks resiliensi ini dikembangkan berdasarkan data dari tiga lokasi, yang ketiganya berada pada kawasan Samudra Pasifik. Validasi indeks pada terumbu karang di kawasan Paparan Sunda sangat dibutuhkan untuk melihat akurasi dan presisi indeks dalam mendeteksi perbedaan resiliensi ekosistem terumbu karang. Paparan Sunda memiliki tipe terumbu karang yang banyak berbeda dari yang terdapat di kawasan Samudra Pasifik. Validasi indeks juga akan memperluas potensi penggunaan indeks di masa mendatang.

Indeks resiliensi yang dihasilkan di dalam penelitian ini tidak hanya berpotensi untuk digunakan di Indonesia saja, melainkan juga di luar Indonesia. Alasan pertama, pengukuran indeks ini sangat praktis, yang dapat dilakukan oleh semua penyelam dengan seminggu pelatihan. Semua variabel indikator di dalam indeks mudah diukur tidak hanya oleh peneliti yang ahli, melainkan juga oleh peneliti pemula. Di Indonesia, pelatihan untuk profesi penilai terumbu karang membutuhkan waktu seminggu saja, asalkan kemampuan selam calon penilai terumbu karang sudah baik. Dengan demikian, semua manajer kawasan konservasi dan stafnya dapat melakukan penilaian resiliensi terumbu karang secara mandiri, tanpa bantuan teknis dari konsultan. Alasan kedua, indeks resiliensi ini dibuat berdasarkan data dari kawasan yang dapat dianggap mewakili terumbu karang terbaik di dunia. Terumbu karang di Indonesia memiliki keanekaragaman dan produktivitas yang paling tinggi⁶. Tiga lokasi yang menjadi acuan dalam pengembangan indeks ini, Ternate, Raja Ampat, dan Biak, juga merupakan *hotspots* keanekaragaman dan kelimpahan ikan terumbu karang yang paling tinggi⁵. Nilai maksimal variabel indikator ditetapkan berdasarkan kondisi terumbu karang terbaik di Indonesia, sehingga tidak akan terlampaui oleh nilai yang dijumpai di terumbu karang dari luar Indonesia. Alasan ketiga, terumbu karang Indonesia merupakan salah satu yang paling kompleks di seluruh dunia. Dengan indeks yang dibuat pada kompleksitas habitat yang tinggi, maka indeks ini potensial untuk digunakan di terumbu karang di seluruh dunia yang kompleksitasnya lebih rendah. Hampir tidak ada tipe terumbu karang di seluruh dunia yang tidak dijumpai di Kepulauan Indonesia. Ketiga alasan tersebut memperkuat spekulasi bahwa jika ingin membuat suatu indeks pengukuran resiliensi terumbu karang yang berlaku di seluruh dunia, maka kita harus membuatnya berdasarkan data dari terumbu karang di Kepulauan Indonesia.

Penilaian resiliensi terumbu karang di masa depan membutuhkan indeks yang bersifat prediktif. Pada saat ini belum ada indeks yang mampu berfungsi seperti itu. Pengukuran resiliensi terumbu karang dengan suatu indeks semestinya tidak sekedar menilai berapa nilai dari terumbu karang tersebut, tetapi juga mampu memprediksi peluang apa saja yang tersedia bagi terumbu karang dengan nilai indeks tersebut. Misalnya, berapakah peluang terjadinya pemulihan dalam 10 tahun pada terumbu karang yang mempunyai indeks resiliensi 0,777? Berapakah nilai ambang batas yang menyebabkan terumbu karang tidak dapat diharapkan untuk pulih kembali? Jawaban dari pertanyaan-pertanyaan prediktif tersebut masih menunggu hasil penelitian-penelitian selanjutnya. Sains berkembang dari menjelaskan, memprediksi, dan kemudian mengendalikan. Pengembangan suatu indeks resiliensi seharusnya menuju ke arah tersebut, walaupun perjalanannya masih panjang.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Luaran Wajib:

Buku ber-ISBN sudah selesai 100%. Buku sudah dijual penerbit lewat online shop.

Luaran tambahan:

Artikel di jurnal bereputasi sudah selesai 100%.

Status artikel sudah ACCEPTED dan sudah PROOF-READ.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra unggah melalui BIMA.

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang bermitra dengan PRO (Pusat Riset Oseanografi) BRIN, karena penyusunan indeks dalam penelitian ini membutuhkan banyak data tambahan yang hanya tersedia di PRO. Disamping itu, PRO juga akan menjadi pengguna utama dari indeks resiliensi terumbu karang yang akan dihasilkan dalam penelitian ini. Karena itu, walaupun penelitian ini merupakan penelitian dasar tetapi membutuhkan kemitraan dengan PRO.

PRO sudah menugaskan seorang penelitiannya untuk menjadi mitra penelitian ini. Surat tugas sebagaimana terlampir. Peneliti dari PRO selalu dapat berkontribusi dalam mengambil data rekrutmen karang. Peneliti dari Universitas Mataram mengambil data rugositas terumbu karang. Peneliti dari PRO juga mendapat tugas untuk menyediakan data yang terdapat di PRO untuk digunakan dalam penyusunan indeks resiliensi terumbu karang.

PRO sudah menyediakan sebagian data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu data tutupan substrat terumbu karang. PRO tidak lagi melakukan pemantauan terumbu karang di tahun 2022, akibat reorganisasi BRIN yang sedang berlangsung, sehingga data yang mereka miliki paling baru tahun 2021. Proses reorganisasi P2O LIPI menjadi PRO BRIN juga membuat proses penyimpanan data berjalan tidak normal. PRO BRIN mempunyai data yang tersimpan rapi dari tahun 2016 sampai 2019, tetapi tidak di tahun 2020 dan 2021. Data tahun 2021 yang masih belum lengkap tersedia, yaitu data ikan terumbu karang. Reorganisasi lembaga riset ini membuat peneliti kesulitan menemukan data ikan terumbu karang tahun 2021. Jika di pertengahan bulan Oktober 2022, data ikan terumbu karang belum ditemukan, peneliti akan pergi ke PRO BRIN untuk membantu mencari data yang sangat penting tersebut.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kesulitan dalam penelitian ini adalah tidak adanya kegiatan rutin PRO dalam pemantauan kesehatan terumbu karang (RHM, reef health monitoring), karena BRIN sedang dalam proses reorganisasi. Tidak adanya kegiatan RHM membuat tidak tersedianya data substrat terumbu karang dan ikan terumbu karang, yang rencananya diambil bersamaan dengan kegiatan penelitian ini. Solusi yang tersedia adalah menggunakan data substrat terumbu karang tahun 2020 dan 2021, dan data ikan terumbu karang dari data tahun 2018. Disamping itu, ada 6 (enam) calon variabel indikator yang harus diganti dengan variabel baru, menyesuaikan dengan data yang tersedia.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Penelitian di tahun 2023 akan melakukan validasi penggunaan indeks resiliensi terumbu karang (IRTK) yang telah dibuat di tahun 2022. IRTK tersebut disusun berdasarkan data dari terumbu karang di kawasan Samudra Pasifik (Ternate, Biak, Raja Ampat). Penggunaan IRTK perlu diuji untuk terumbu karang di kawasan Paparan Sunda, yang paling berbeda dari terumbu karang di kawasan Samudra Pasifik. Validasi indeks tersebut akan menggunakan data dari terumbu karang di Natuna, Batam, dan Sabang.

Jika PRO masih belum melaksanakan program pemantauan kesehatan terumbu karang (RHM) pada tahun 2023, maka tim peneliti akan menggunakan data yang tersedia di PRO, antara tahun 2018-2021.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Clarke KR, Somerfield PJ, Gorley RN. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *J Exp Mar Biol Ecol.* 2018;366:56–69
2. Orwin KH, Wardle DA. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances. *Soil Biol Biochem.* 2004 Nov; 36(11):1907-1912.
3. Bachtiar I, Suharsono, Damar A, Zamani NP. Practical resilience index for coral reef assessment. *Ocean Sci J.* 2019 Jan 16; 54(1):117-127.
4. Bachtiar I, Damar A, Suharsono, Zamani NP. Assessing ecological resilience of Indonesian coral reefs. *J Coast Develop.* 2011 Jun; 14(3):214-222.
5. Bachtiar I, Jefri E, Abrar M, Hadi TA. Biak and Wakatobi reefs are the two hottest hotspots of coral reef fish diversity and abundance in the Indonesian Archipelago. *Fish Aquat Sci.* 2022 Nov 28; 25(11):in pres.
6. Asaad I, Lundquist CJ, Erdmann MV, Van Hooijdonk R, Costello MJ. Designating spatial priorities for marine biodiversity conservation in the Coral Triangle. *Front Mar Sci.* 2018 Nov 5;5:400.