

ISSN XXXX-XXXX

**PENGEMBANGAN INDEKS DAYA DUKUNG
EKOLOGI TERUMBU KARANG UNTUK
PENGUATAN TATA KELOLA RUANG LAUT
BERBASIS EKOSISTEM**

Diterbitkan pertama pada 2025 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



ISSN XXXX-XXXX

ORASI ILMIAH: RISET DAN INOVASI

**PENGEMBANGAN INDEKS DAYA DUKUNG
EKOLOGI TERUMBU KARANG UNTUK
PENGUATAN TATA KELOLA RUANG LAUT
BERBASIS EKOSISTEM**

**ORASI ILMIAH PROFESOR RISET
ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA LAUT DAN PESISIR
BIDANG MANAJEMEN LINGKUNGAN
KEPAKARAN DAYA DUKUNG EKOLOGI PESISIR**

**OLEH:
TASLIM ARIFIN**

Penerbit BRIN

© 2026 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Pusat Riset Ekologi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi Terumbu Karang untuk Penguatan Tata Kelola Ruang Laut Berbasis Ekosistem/Taslim Arifin. Jakarta - Penerbit BRIN, 2026

x + 108 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISSN 3090-8485

- | | |
|----------------|-------------------|
| 1. Daya Dukung | 2. Terumbu karang |
| 3. Tata kelola | 4. Ekologi |
| 5. Ruang laut | |

333.9164

Copy editor : Martinus Helmiawan
Proofreader : Martinus Helmiawan
Penata Isi : Hilda Yunita
Desainer Sampul : Hilda Yunita

Edisi pertama : Maret 2026




Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340

Whatsapp: +62 811-1064-6770

E-mail: penerbit@brin.go.id

Website: penerbit.brin.go.id



 PenerbitBRIN
 @Penerbit_BRIN
 @penerbit.brin

DAFTAR ISI

PROFIL SINGKAT	1
PRAKATA PENGUKUHAN	5
I. PENDAHULUAN.....	7
II. PERKEMBANGAN PERSPEKTIF DAN KONSEP.....	11
A. Konseptualisasi Awal Daya Dukung Ekologi.....	11
B. Parameter Kunci dalam Pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi (IDDE).....	14
C. Evolusi Metodologi dalam Penilaian Daya Dukung	26
D. Tantangan Saat Ini	29
III. ESENSI DAN KONTRIBUSI ILMIAH IDDE.....	31
A. Pendekatan Empiris	33
B. Pendekatan Spasial.....	38
C. Pendekatan Sistem Dinamik.....	42
D. Kontribusi Ilmiah	46
E. Pernyataan Kebaruan (<i>Novelty Statement</i>).....	48
IV. KONTRIBUSI UMUM DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN.....	49
A. Integrasi IDDE sebagai Dasar Kebijakan Kelautan Berbasis Ekosistem	49
B. Dimensi Integrasi Sains-Tata Kelola.....	50
C. Arah Pengembangan IDDE	51
D. IDDE Sebagai <i>Policy Diagnostic Tool</i> untuk Menilai Efektivitas Tata Kelola Ruang Laut.....	53
E. Pembentukan National <i>Coral Reef Carrying Capacity Framework</i> Indonesia	55
V. KESIMPULAN	57
VI. PENUTUP.....	59
UCAPAN TERIMA KASIH	61

DAFTAR PUSTAKA.....	63
DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK RISET, DAN INOVASI.....	85
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta sebaran terumbu karang Indonesia (Allen Coral Atlas: https://allencoralatlas.org/atlas).....	8
Gambar 2.1	Model pertumbuhan logistik (Stokes, 2012).....	12
Gambar 2.2	Potret evolusi pusaran (eddies) berdasarkan anomali permukaan laut (m) dan peta arus geostropik ($m\ s^{-1}$) (a) dan rangkaian waktu amplitudo, radius, dan vorticity (b) (Ismail et al., 2021).....	15
Gambar 2.3	Rata-rata bulanan EKE di Laut Banda untuk periode Desember 2006 hingga Juni 2007 (Taofiqurohman et al., 2025).....	16
Gambar 2.4	Kejadian gelombang panas laut (<i>marine heatwaves</i> /MHWs) (Iskandar et al., 2021).....	17
Gambar 2.5	Hasil skenario pengelolaan: masukan limbah saat ini (a), menekan limbah 10% (b), menekan limbah 25% limbah (c), dan menekan limbah 50% (d) (Arifin et al., 2025)....	18
Gambar 2.6	Proyeksi luas lahan terbangun wilayah pesisir Kota Makassar meningkat sebesar 67,27% pada tahun 2031 (Arifin et al., 2023).....	19
Gambar 2.7	Grafik jumlah penduduk dan buangan limbah Kota Makassar.....	20
Gambar 2.8	Dampak antropogenik, <i>run off</i> dari DAS terhadap perairan teluk (Rahman et al., 2025).....	21
Gambar 2.9	Simulasi penyebaran <i>marine debris</i> musiman berupa sampah plastik di Teluk Banten tahun 2018 (Rahmania et al., 2020).....	22
Gambar 2.10	Diagram sintesis hubungan antar parameter.....	25
Gambar 2.11	Metode daya dukung spasial kawasan pesisir melalui interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2	26
Gambar 2.12	Siklus pemanfaatan energi sumberdaya pesisir berbasis loop autokatalitik (Amri & Arifin, 2019)	28

Gambar 3.1	Komponen utama pengembangan indeks daya dukung ekologis terumbu karang.....	31
Gambar 3.2	Pendekatan integratif indeks daya dukung ekologi.....	33
Gambar 3.3a	Sebaran karakteristik habitat.....	34
Gambar 3.3b	Sebaran keseragaman infeksi kesehatan karang	34
Gambar 3.4	Peta studi resistensi terumbu karang terhadap perubahan iklim di perairan Lombok, NTB (Johan et al., 2023).....	35
Gambar 3.5	Kondisi terumbu karang pada peristiwa pemutihan di perairan Lombok, NTB (Johan et al., 2023)	35
Gambar 3.6	Persentase komposisi habitat terumbu karang di Kepulauan Kapoposang, Spermonde (Arifin et al., 2020).....	36
Gambar 3.7	Indikasi pemutihan karang di Kepulauan Kapoposang, Spermonde (Arifin et al., 2020)	36
Gambar 3.8	<i>Coral foliose</i> (CF) kategori baik (a), <i>Coral massive</i> (CM) kategori terdampak sedimen (b), <i>Acropora branching</i> (ACB) kategori baik (c), <i>Acropora tabulate</i> (ACT) kategori tidak baik (d) (Dokumen pribadi Friansyah & Arifin, 2023)	38
Gambar 3.9	Peta distribusi habitat terumbu karang di Pulau Rakit tahun 2021 dengan citra satelit Sentinel 2-A (a) dan citra satelit SPOT 7 (b) (Maulana et al., 2025).....	39
Gambar 3.10	Peta integrasi kemunculan hiu paus pada Zona Kawasan Konservasi Perairan di Teluk Saleh, NTB (Arifin et al., 2025).....	40
Gambar 3.11	Peta sebaran sedimentasi tahun 2000–2023 di Teluk Saleh (Agus et al., 2025).....	41
Gambar 3.12	Analisis skenario pengelolaan terumbu karang (a) di Teluk Saleh menunjukkan dua proyeksi utama: skenario pesimistis dengan degradasi signifikan (b) dan skenario adaptif dengan peningkatan keberlanjutan hingga tahun 2045 (c) (Arifin et al., 2025).....	44
Gambar 4.1	Posisi IDDE dalam sistem zonasi dan kebijakan tata kelola ruang laut nasional.....	53
Gambar 4.2	Ekoregional pembentukan NCRCCF Indonesia.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tutupan karang di Kepulauan Spermonde, pengamatan tahun 2015 dan 2019.....	37
Tabel 3.2	Perbandingan pendekatan empiris, spasial, dan sistem dinamik.....	45
Tabel 4.1	<i>Policy matrix</i> , hubungan antara strategi-aktor-instrumen kebijakan-indikator kinerja dari pendekatan IDDE.....	51
Tabel 4.2	Peta jalan pengembangan IDDE tahun 2025–2045.....	54

PROFIL SINGKAT



Dr. Taslim Arifin, M.Si., lahir di Kajuara-Bone pada tanggal 05 Maret 1970 adalah anak pertama (ke-1) dari empat (4) bersaudara. Menikah dengan Dr. Irma Shita Arlyza, M.Si. pada tanggal 07 Februari 2004, pada tanggal 02 Februari 2019 beliau meninggal dunia (almh.) dan pada tanggal 11 November 2019 menikah dengan Chitra Nita, S.E.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 2/M Tahun 2023, tanggal 09 Januari 2023 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama BRIN.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 81/I/HK/2026 tanggal 10 Februari 2026 yang bersangkutan melakukan orasi pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan SD Negeri 261 Tarasu di Tuju-Tuju (Bone) pada tahun 1983, SMP Negeri 1 di Pangkep pada tahun 1986, dan masuk SMA Negeri Kajuara-Bone dan tamat SMA Negeri 4 di Palu pada tahun 1989. Memperoleh gelar Sarjana Budidaya tahun 1995, gelar Magister tahun 2001, dan gelar Doktor tahun 2008, bidang Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan dari Institut Pertanian Bogor (IPB University).

Mengikuti berbagai pelatihan, antara lain *SeagrassNet South Asia Training Workshop* (Banten, 2010), *ToT Integrated Coastal Zone Planning and Management* (Bogor, 2010), *ToT Blue Economy Program* (Jakarta, 2023), *Integrated Coastal Blue Carbon Management* (Jakarta, 2023), Pelatihan Coaching dan Mentoring Aktualisasi Latsar

CPNS BRIN (Jakarta, 2024), serta Pelatihan Reviewer Penelitian Batch 1 BRIN (Jakarta, 2025).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Peneliti Ahli Muda golongan III/c tahun 2008, Peneliti Ahli Madya golongan IV/a tahun 2011, Peneliti Ahli Madya golongan IV/b tahun 2014, Peneliti Ahli Madya golongan IV/c tahun 2018, Peneliti Ahli Utama golongan IV/d bidang Pengelolaan Sumberdaya Laut dan Pesisir tahun 2023, Peneliti Ahli Utama golongan IV/e bidang Pengelolaan Sumberdaya Laut dan Pesisir tahun 2025.

Menghasilkan 88 karya tulis ilmiah (KTI), yang ditulis bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 36 KTI diantaranya ditulis dalam bahasa Inggris. Juga menghasilkan sebanyak 5 (lima) Hak Cipta (HKI) bersertifikat.

Sebagai Asesor Peneliti Unit (sejak 2011) dan Asesor Instansi dan Pusat (sejak 2019). Berperan dalam pembinaan kader ilmiah sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti di Pusat Riset Kelautan, BRSDM KKP, pembimbing mahasiswa magang riset S1 s.d. S3 dan penguji tamu di IPB University, Universitas Hasanuddin, Universitas Indonesia, Institut Teknologi Bandung, Universitas Gadjah Mada, Universitas Padjadjaran, Universitas Lampung, Universitas Bung Hatta, Universitas Sam Ratulangi, Universitas Pendidikan Indonesia, dan Universitas Jenderal Soedirman.

Menjadi Ketua Kelompok Peneliti Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir di Pusat Riset Kelautan, BRSDM KKP (2018–2022), Ketua Kelompok Riset Konservasi dan Daya Dukung Ekologi Pesisir di PRKSDLP-BRIN (2024–2025), serta Ketua Kelompok Kegiatan Kesehatan dan Valuasi Ekosistem Pesisir di PRE-BRIN (2025–sekarang).

Sebagai ketua tim peneliti pada kegiatan penelitian program strategis Kementerian Kelautan dan Perikanan; program Minapolitan

tahun 2010 dan program Blue Economy tahun 2014, anggota Satuan Tugas Pengelolaan Restorasi Terumbu Karang dan Penyelenggaraan Payment for Environmental Services (PES) pada Program Indonesia Coral Reef Garden (ICRG) di Nusa Dua Bali (tahun 2021), serta tim penyusun naskah kebijakan Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan tahun 2019–2021.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, antara lain sebagai pengurus Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI) (tahun 2017–2020), anggota Himpunan Ahli Pengelolaan Pesisir Indonesia (HAPPI) (tahun 2005–sekarang), Pengurus Himpunan Peneliti Indonesia (HIMPENINDO) Cabang KKP Periode 2018–2023 dan anggota Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) (tahun 2019–sekarang), serta Anggota International Society for Mangrove Ecosystems.

Satyalancana Karya Satya X tahun (2014) dan XX tahun (2024) dari Presiden Republik Indonesia.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT., atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga pada kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

“PEGEMBANGAN INDEKS DAYA DUKUNG EKOLOGI TERUMBU KARANG UNTUK PENGUATAN TATA KELOLA RUANG LAUT BERBASIS EKOSISTEM”

Orasi ini menyajikan *state of the art* mengenai konsep, parameter pengendali, dan kebijakan riset daya dukung ekologi, dengan fokus pada pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi (IDDE) terumbu karang untuk penguatan tata kelola laut berbasis ekosistem. IDDE dikembangkan sebagai instrumen ilmiah yang menjembatani sains dan kebijakan dalam pemanfaatan ruang laut, melalui integrasi indikator biofisik, spasial, tekanan antropogenik, dan perubahan iklim untuk menilai kapasitas ekosistem menopang aktivitas manusia secara berkelanjutan.

Pendekatan ini tidak hanya menilai status ekologis, tetapi juga memberikan kerangka ilmiah bagi penataan ruang laut berbasis *ecosystem-based management*. Dalam konteks perubahan iklim, degradasi habitat, dan meningkatnya tekanan pemanfaatan ruang laut, inovasi metodologis meliputi analisis spasial, pemodelan ekologi, dan penilaian risiko menjadi penting untuk meningkatkan akurasi dan relevansi indeks dalam pengambilan keputusan.

Melalui pengembangan IDDE terumbu karang, diharapkan terwujud tata kelola ruang laut nasional yang berbasis kapasitas ekosistem, adil secara sosial, dan mendukung ketahanan ekologis wilayah pesisir Indonesia.

I. PENDAHULUAN

Terumbu karang di seluruh dunia menghadapi tekanan akibat perubahan iklim, penangkapan ikan berlebihan, kerusakan habitat, dan pencemaran lingkungan. Eddy et al. (2021), melakukan evaluasi perubahan pada ekosistem habitat terumbu karang, diperoleh bahwa tutupan karang hidup secara global telah menurun hingga sekitar 50% sejak dekade 1950-an. Lebih lanjut, Murray et al. (2022) dan Johan et al. (2023), menyatakan bahwa tekanan terhadap terumbu karang meningkat signifikan akibat perubahan iklim, degradasi lingkungan pesisir dari tekanan penggunaan lahan (Ramdhan et al., 2024), ketidakstabilan garis pantai (Sabina et al., 2024), dan konversi ruang laut yang mengabaikan kapasitas ekologis (Amri & Arifin, 2018; Arifin et al., 2023). Peningkatan suhu, pengasaman, dan dinamika arus laut turut menyebabkan degradasi habitat, pergeseran distribusi biota, serta penurunan daya dukung ekologi terumbu karang (Arifin et al., 2012; Raazy et al., 2019; Iskandar et al., 2021; Ismail et al., 2021).

Memahami dampak dari berbagai tekanan tersebut terhadap kemampuan laut dalam menyediakan jasa ekosistem merupakan hal yang sangat penting untuk mendukung transisi menuju ekonomi biru yang berkelanjutan, menetapkan target pemulihan dan mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) (Eddy et al., 2021). Kementerian PPN/Bappenas (2020), melaporkan sumberdaya terumbu karang di Indonesia memiliki nilai keekonomian sekitar US\$2,6 miliar per tahun atau setara dengan Rp 39 triliun. Untuk mengatasi penurunan terumbu karang, para ilmuwan telah menyerukan perlunya pendekatan yang melampaui pengelolaan konvensional menuju pada metode resiliensi

terumbu karang sebagai suatu sistem sosial-ekologis (Bellwood et al., 2004; Mcleod et al., 2019).

Dalam konteks pengelolaan ekosistem terumbu karang, Indonesia memiliki proporsi wilayah laut mencapai 76,94% dari luas total NKRI (Ramdhan & Arifin, 2013), menjadi habitat bagi sekitar 590 spesies karang dari 80 genus, termasuk empat spesies endemik, yakni *Acropora suharsonoi* (Lombok), *Euphyllia baliensis* (Bali), *Indophyllia macassarensis* (Makassar), dan *Isopora togianensis* (Togean) (Hadi et al., 2019; Limmon et al., 2023) (Gambar 1.1).



Gambar 1.1. Peta sebaran terumbu karang Indonesia (Allen Coral Atlas: <https://allencoralatlas.org/atlas>)

Potensi keragaman ekosistem tersebut di atas, dipengaruhi oleh tekanan antropogenik yang semakin intensif, karena itu pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi (IDDE) menjadi kebutuhan strategis. Namun demikian, terdapat *gap* riset fundamental yang membatasi efektivitas IDDE, yaitu: Pertama, riset daya dukung ekologi terumbu karang masih didominasi oleh pendekatan sektoral dan parsial. Pendekatan ini belum mampu mengintegrasikan komponen biofisik (struktur dan fungsi ekosistem), dimensi spasial (konektivitas ekosistem dan heterogenitas wilayah), serta dinamika sosial-ekologis (pola pemanfaatan sumberdaya dan tekanan aktivitas manusia) ke dalam satu kerangka penilaian yang holistik (Amri & Arifin, 2019; Arifin & Kepel, 2013a; Arifin et al., 2025). Kesenjangan ini menegaskan perlunya pengembangan riset IDDE yang berbasis pada pendekatan sistem ekologi terpadu (*integrated social-ecological systems*). Kedua, keterbatasan data jangka panjang dan rendahnya kontinuitas pemantauan ekosistem pesisir-laut menimbulkan ketidakpastian dalam memproyeksikan respons terumbu karang dan ekosistem terkait terhadap kombinasi tekanan antropogenik dan tekanan global (Amri & Arifin, 2016). Oleh karena itu, riset IDDE perlu diarahkan pada penguatan basis data temporal, pemanfaatan teknologi pemantauan berbasis penginderaan jauh dan *in-situ*, serta integrasi data historis untuk meningkatkan kapasitas prediktif dan adaptif indeks. Ketiga, ketiadaan standar nasional dan kerangka metodologis terpadu dalam penilaian daya dukung ekologi terumbu karang, menghambat konsistensi penilaian antarwilayah, khususnya dalam konteks pengelolaan terumbu karang yang tersebar luas dan memiliki karakteristik ekologi yang beragam (Amri & Arifin, 2018; Radiarta et al., 2021; Arifin et al., 2023). Riset IDDE ke depan perlu memprioritaskan perumusan indikator inti yang kontekstual terhadap ekosistem terumbu karang Indonesia, untuk memungkinkan keterbandingan lintas wilayah dan mendukung perumusan kebijakan pembangunan kelautan dan ekonomi biru berbasis bukti ilmiah.

Melalui berbagai studi di kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil Indonesia, kami telah membangun dasar metodologi sebagai dasar pengembangan IDDE terumbu karang. Kami secara konsisten telah mengembangkan pendekatan kuantitatif dalam pengelolaan sumberdaya pesisir (Arifin et al., 2023), dinamika nutrien (Arifin et al., 2019; Muhaemin et al., 2022; Tjahjo et al., 2023), interaksi spasial penggunaan ruang (Amri & Arifin, 2018), dan nilai ekosistem dalam konteks pembangunan berkelanjutan (Arifin et al., 2021; Zhu et al., 2024).

Perjalanan karier riset saya berawal sebagai peneliti dan ketua KELRIS pengelolaan sumberdaya pesisir di BRKP, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) (2006–2022), melalui berbagai transformasi kelembagaan dari WILNON-BRKP, P3SDLP-BRKP, hingga Pusat Riset Kelautan BRSDM. Sejak 2022, saya menjadi Ketua KELRIS Konservasi dan Daya Dukung Ekologi Pesisir di ORKM-BRIN, dan saat ini memimpin Kelompok Kegiatan Kesehatan dan Valuasi Ekosistem Pesisir di Pusat Riset Ekologi, ORHL-BRIN.

Berdasarkan pengalaman riset dan respons terhadap tantangan kebijakan pengelolaan ruang laut, pemilihan topik “Pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi Terumbu Karang untuk Penguatan Tata Kelola Ruang Laut Berbasis Ekosistem”, menjadi pilihan strategis. Adapun *novelty* yang diperoleh adalah IDDE sebagai instrumen lintas-batas antara sains dan kebijakan, di mana hasil riset kuantitatif (nilai indeks) diterjemahkan menjadi dasar pengambilan keputusan adaptif.

Topik ini tidak hanya memperkuat basis ilmiah dalam merespons krisis ekosistem terumbu karang, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengelolaan sumberdaya laut dan pesisir berbasis ekosistem di Indonesia.

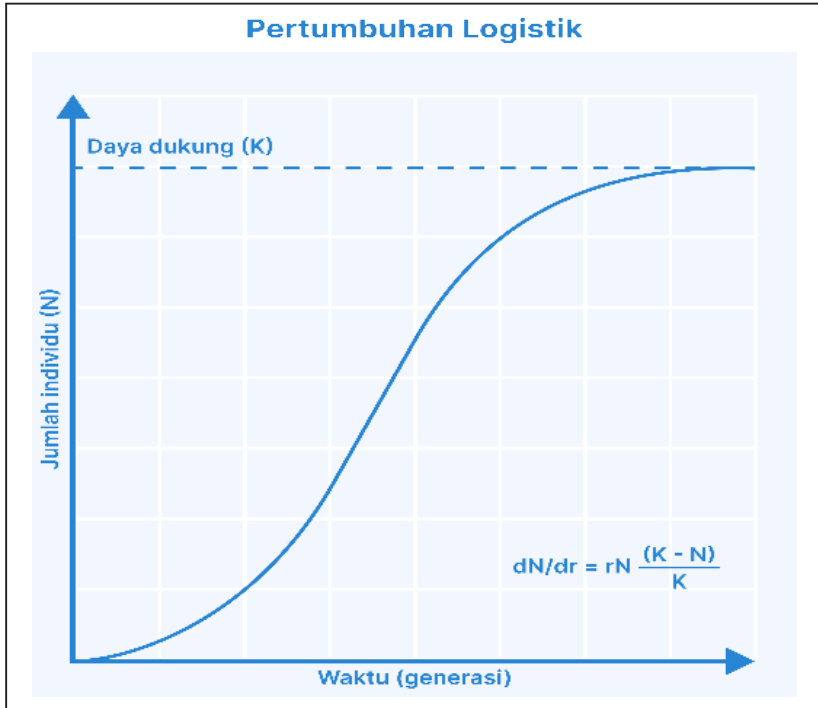
II. PERKEMBANGAN PERSPEKTIF DAN KONSEP

Konsep daya dukung menetapkan batas maksimum populasi atau biomassa yang dapat didukung ekosistem secara berkelanjutan tanpa menimbulkan degradasi, menjadi dasar kajian ekologi dan pengelolaan sumberdaya alam (Odum, 1971; Hartvigsen, 2017; Arifin et al., 2018). Pengembang IDDE untuk terumbu karang muncul dari integrasi multidisiplin ekologi, oseanografi, teknologi spasial, dan kebijakan lingkungan (Arifin, 2007; Arifin & Kepel, 2013; Chen et al., 2021; Heriati et al., 2022). Awalnya, pengelolaan di Indonesia berfokus pada konservasi pasif melalui Taman Wisata Perairan (TWP) dengan menekankan kapasitas ekosistem menghadapi tekanan antropogenik (Kurniawan et al., 2016; Arifin et al., 2019; Tranter et al., 2022), namun seiring meningkatnya tekanan perikanan, pariwisata, dan perubahan iklim, pendekatan bergeser ke arah kuantitatif dan berbasis sains. Karena itu IDDE, merupakan ukuran kuantitatif integratif yang merepresentasikan kapasitas ekosistem mendukung aktivitas manusia secara berkelanjutan, melalui integrasi parameter biofisik dan sosial-ekonomi. Inovasi ini didukung kemajuan teknologi pemantauan, pemodelan numerik, dan pendekatan eko-hidrodinamika yang mengintegrasikan dinamika biofisik dalam penilaian kapasitas ekosistem (Febriandi et al., 2025; Rahman et al., 2025).

A. Konseptualisasi Awal Daya Dukung Ekologi

Konsep daya dukung, berasal dari ekologi darat, awalnya digunakan untuk menentukan jumlah maksimum individu suatu spesies yang dapat didukung habitat tanpa menimbulkan degradasi jangka panjang (Odum, 1971; Hartvigsen, 2017). Gagasan ini berkembang dari teori Malthusian dan model pertumbuhan logistik, yang menekankan keterbatasan sumberdaya terhadap pertumbuhan populasi,

dengan model logistik (Gambar 2.1) menjadi kerangka utama dalam memahami pemanenan dan pengelolaan populasi (Stokes, 2012).



Gambar 2.1 Model pertumbuhan logistik (Stokes, 2012)

Dalam konteks keberlanjutan, pertanyaan kunci adalah sejauh mana alam dapat menopang aktivitas manusia tanpa mengalami degradasi. Konsep daya dukung ekologi menjawab hal ini, didefinisikan sebagai tingkat maksimum pemanfaatan sumberdaya yang dapat berlangsung terus-menerus tanpa menimbulkan kerusakan ekologis (Tang et al., 2022; Qiu, 2024).

Konsep daya dukung menjadi fondasi sains dalam pembangunan berkelanjutan (Tang et al., 2022). GESAMP (2001) menekankan bahwa memahami kapasitas lingkungan krusial untuk mencegah krisis ekologis, sementara FAO (2022) menyoroti pentingnya pendekatan ini dalam perencanaan budidaya pesisir guna menghindari degradasi dan konflik ruang. IPBES (2019) menegaskan bahwa gagal mengintegrasikan batas ekosistem dalam kebijakan pembangunan menjadi salah satu penyebab utama hilangnya keanekaragaman hayati global.

Rees & Wackernagel (1996), menjelaskan melalui kerangka *ecological footprint* dan diperkuat oleh studi yang dilakukan oleh Arifin & Waluyo, (2018) dan Cao et al. (2023), ketika konsumsi manusia melampaui kapasitas regeneratif alam, maka yang terjadi bukan pembangunan, melainkan akumulasi utang ekologis yang membebani masa depan. Karena itu, mengukur dan memahami daya dukung bukanlah opsi tambahan melainkan keharusan moral dan ilmiah. Tanpa itu, pembangunan akan terus berjalan seperti kapal tanpa kompas: bergerak, tetapi menuju ketidakpastian ekologis yang mengancam keberlanjutan generasi mendatang.

Seiring meningkatnya tekanan akibat eksploitasi, polusi, dan perubahan iklim, konsep daya dukung diadaptasi untuk ekosistem pesisir dan laut (Arifin et al., 2018), meliputi penilaian kapasitas ekosistem dalam mendukung perikanan berkelanjutan, budidaya laut (Arifin et al., 2014c; Waluyo et al., 2019), pariwisata bahari (Arifin et al., 2022; Shabrina et al., 2025), dan konservasi keanekaragaman hayati (Soto et al., 2008). Adaptasi ini menuntut pendekatan kompleks karena dinamika spasial-temporal tinggi dan interaksi lintas ekosistem, seperti terumbu karang, padang lamun, dan mangrove, sehingga pengembangan indeks daya dukung ekologis menjadi penting untuk kebijakan pengelolaan sumberdaya berbasis sains.

B. Parameter Kunci dalam Pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi (IDDE)

Ekosistem laut dan pesisir merupakan sistem dinamis yang dipengaruhi faktor oseanografis, atmosferik, dan antropogenik (Iskandar et al., 2021a,b; Ismail et al., 2023, 2024). Variabilitas arus, suhu, salinitas, pasang surut, nutrien, dan fluks sedimen mengatur struktur dan fungsi ekosistem, sehingga daya dukung ekologis bersifat spasial dan temporal (Herdianti et al., 2025; Persada et al., 2025; Putri et al., 2025; Elzahra et al., 2026). Bagian berikut membahas parameter pengendali utama yang menentukan validitas dan sensitivitas IDDE dalam konteks pesisir tropis Indonesia.

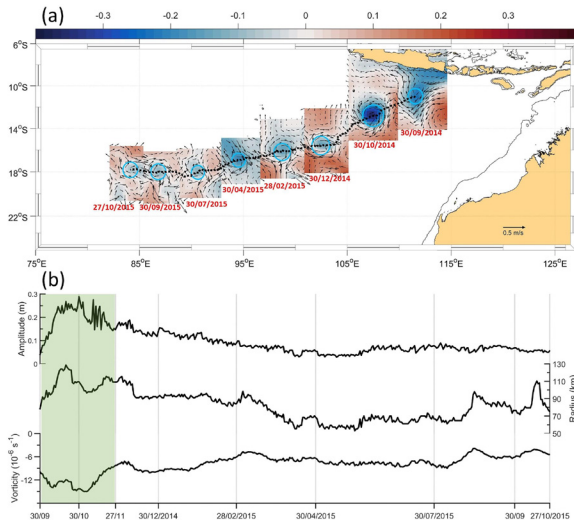
1. Oseanografi

Riset menunjukkan hubungan erat antara faktor oseanografi dan kondisi terumbu karang. Tinggi gelombang dan partikel sedimen mempengaruhi distribusi terumbu (Shimokawa et al., 2023), sedangkan kecepatan arus menentukan morfologi, distribusi, pertumbuhan, dan pemutihan karang (Iskandar et al., 2021; Johan et al., 2023; Kusuma et al., 2023; Lentz et al., 2025), sekaligus mendukung produktivitas primer, stabilitas suhu, dan rekrutmen larva (Zhang et al., 2020; Ding et al., 2021). Sedimentasi berlebihan memberikan dampak negatif signifikan terhadap kesehatan terumbu (Bartley et al., 2012; Agus et al., 2025).

Dalam pengembangan IDDE, parameter oseanografi menjadi pengendali utama kapasitas fisik-ekologis ruang laut untuk mendukung aktivitas manusia berkelanjutan (Bairagya et al., 2021; Tang et al., 2022). Faktor seperti arus, pasang surut, gelombang, suhu permukaan laut, salinitas, dan stratifikasi kolom air mengatur transportasi nutrien, dispersi limbah, dan sirkulasi energi yang menopang produktivitas ekosistem, termasuk terumbu karang (Dedi & Arifin, 2017; Dedi et al., 2017). Analisis 18 tahun data *time series* musim timur dan barat,

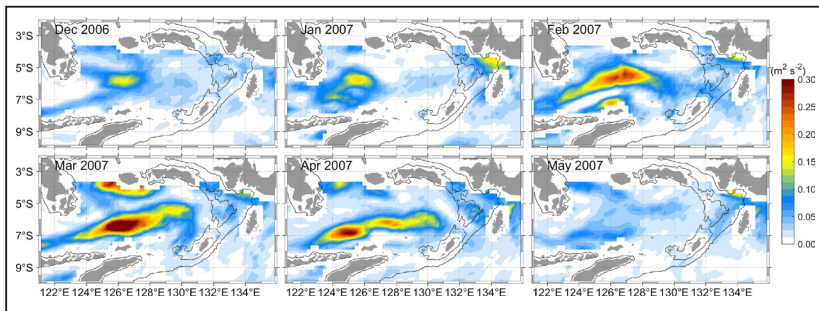
dikombinasikan citra satelit Landsat (2000-2020) di Spermonde Selat Makassar, menunjukkan sebaran nutrien (fosfat dan nitrat) dan klorofil bersifat musiman dan autokton, serta berkorelasi dengan peristiwa pemutihan karang di TWP Kapoposang (Muhaemin et al., 2023).

Pola arus berperan sebagai mekanisme distribusi material organik dan polutan yang menentukan ambang toleransi ekosistem terumbu karang terhadap tekanan lingkungan (Arifin et al., 2025; Rahman et al., 2025). Studi dinamika energi kinetik eddy (EKE) di Indo-Australian Basin (Gambar 2.2) dan variabilitas EKE di Laut Banda (Gambar 2.3), memperluas pemahaman sirkulasi laut tropis sebagai parameter oseanografi dalam IDDE, pemanasan global diprediksi meningkatkan tekanan termal pada terumbu karang melalui perubahan pusaran laut (Ismail et al., 2021; McWhorter et al., 2024; Taofiqurohman et al., 2025).



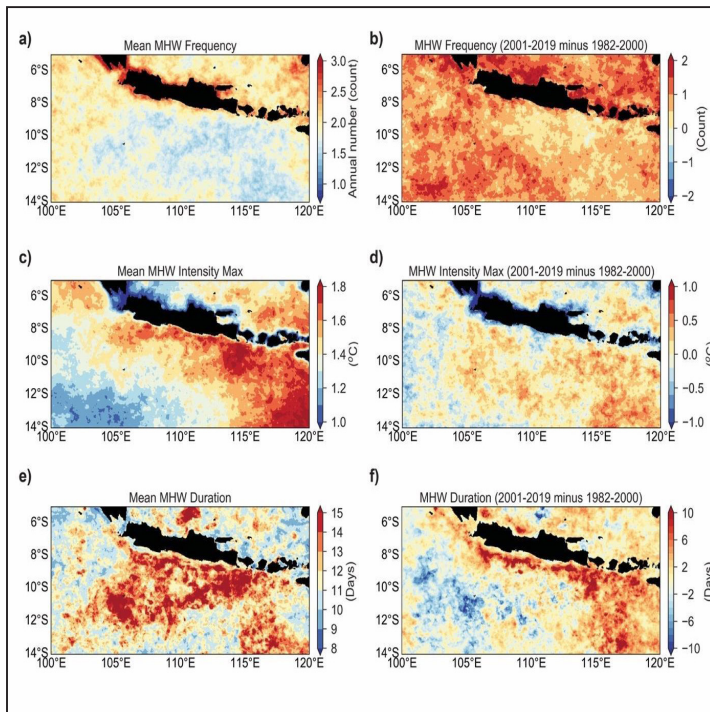
Gambar 2.2 Potret evolusi pusaran (eddies) berdasarkan anomali permukaan laut (m) dan peta arus geostropik (m s^{-1}) (a) dan rangkaian waktu amplitudo, radius, dan vorticity (b) (Ismail et al., 2021)

Energi kinetik eddy (EKE) merepresentasikan dinamika oseanografi yang mengatur distribusi nutrisi, suhu, dan arus, sehingga menjadi penentu utama produktivitas primer dan resiliensi ekosistem terumbu karang terhadap tekanan lingkungan (McWhorter et al., 2024; Taofiqurohman et al., 2025). Gelombang dan pasang surut mengatur dinamika pertukaran air dan kestabilan mikrohabitat, sehingga berperan penting dalam keseimbangan fisik-ekologis ekosistem karang (Shimokawa et al., 2014). Frekuensi kejadian gelombang panas laut (*marine heatwaves*/MHWs) telah meningkat secara global dalam beberapa tahun terakhir, dan tren ini diperkirakan akan terus berlanjut di wilayah perairan Indonesia (Iskandar et al., 2021) (Gambar 2.4).



Gambar 2.3 Rata-rata bulanan EKE di Laut Banda untuk periode Desember 2006 hingga Juni 2007 (Taofiqurohman et al., 2025)

Selain itu, anomali suhu dan fluktuasi salinitas menjadi indikator penting dalam mendeteksi stres lingkungan, seperti pemutihan karang (Muhaemin et al., 2022) dan perubahan komposisi komunitas biota laut. Temuan Ismail et al. (2023) menunjukkan bahwa variasi suhu dan salinitas lapisan campuran di Laut Banda menjadi pengendali utama dinamika perairan yang turut membentuk struktur dan stabilitas ekosistem terumbu karang.



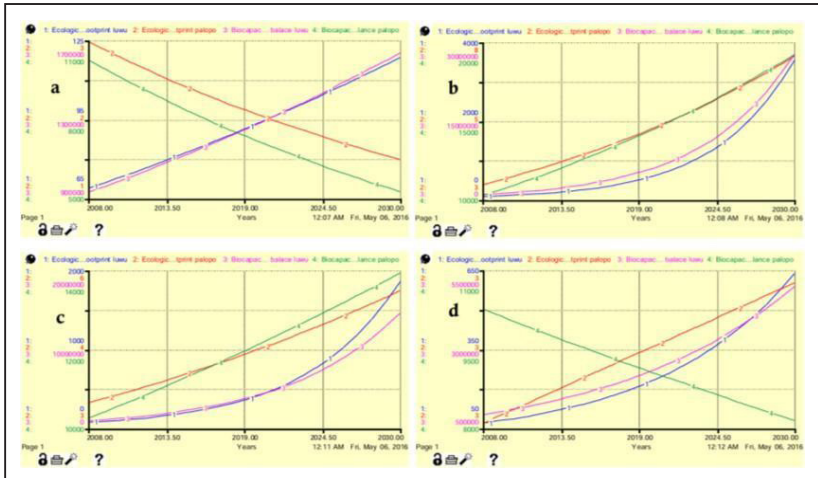
Gambar 2.4 Kejadian gelombang panas laut (*marine heatwaves/MHWs*) (Iskandar et al., 2021)

Dengan demikian, parameter oseanografi bukan sekadar faktor lingkungan, melainkan instrumen kontrol ekologis yang menentukan batas dinamis dalam perhitungan IDDE.

2. Aktivitas Manusia (*Anthropogenic*)

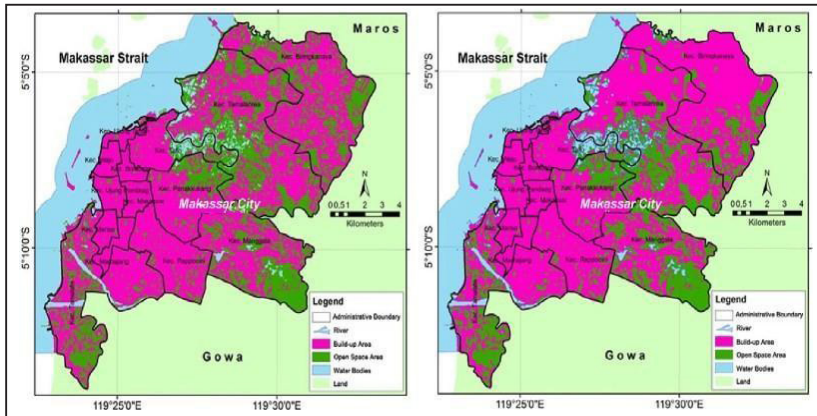
Dalam skala global, ekosistem pesisir dan ekosistem transisi mengalami tekanan yang signifikan akibat berbagai aktivitas antropogenik (Barroso et al., 2018; Arifin et al., 2020a;b; Fihrin et al.,

2022), parameter yang turut berpengaruh adalah metabolisme sistem sosial-ekonomi (Amri & Arifin, 2019). Berbagai tekanan tersebut mencakup penangkapan ikan secara berlebihan (Arifin et al., 2020a,b; Zhu et al., 2024), budidaya laut (Arifin et al., 2014a; Marpaung et al., 2018; Waluyo et al., 2020), eutrofikasi (Dedi et al., 2017; Lesser, 2021), peningkatan aktivitas pariwisata (Fihrin et al., 2021; Johan et al., 2023), dan pembangunan infrastruktur teknik di kawasan pesisir (Leão et al., 2005; Barroso et al., 2018). Hasil riset Waluyo (2020), memperlihatkan bahwa daya dukung perairan untuk budidaya laut sangat dipengaruhi oleh kualitas air yang ditentukan oleh tingkat input limbah. Dengan menurunkan tekanan limbah sebesar 10%, daya dukung perairan meningkat signifikan (Gambar 2.5), menunjukkan pentingnya integrasi aspek kualitas air dalam perencanaan budidaya laut.



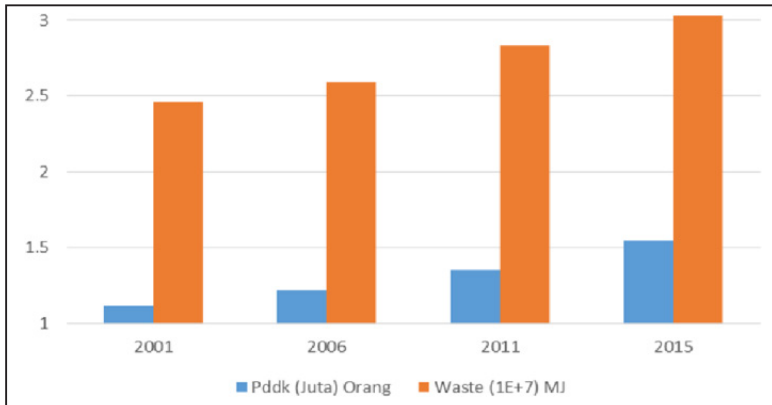
Gambar 2.5 Hasil skenario pengelolaan: masukan limbah saat ini (a), menekan limbah 10% (b), menekan limbah 25% limbah (c), dan menekan limbah 50% (d) (Arifin et al., 2025)

Tekanan tersebut dipicu oleh konsentrasi perkembangan populasi manusia yang secara historis terkonsentrasi di wilayah pesisir (Gambar 2.6) (Arifin et al., 2023), yang pada akhirnya menimbulkan perubahan mendalam terhadap struktur dan fungsi lingkungan pesisir (Reimann et al., 2023; Cosby et al., 2024).



Gambar 2.6. Proyeksi luas lahan terbangun wilayah pesisir Kota Makassar meningkat sebesar 67,27% pada tahun 2031 (Arifin et al., 2023)

Dampak negatif dari gangguan antropogenik terhadap komunitas bentik di wilayah pesisir negara tropis, yang meliputi peningkatan suhu air laut (Barreto et al., 2019), pengasaman laut (Fabry et al., 2008; Doney et al., 2009), dan pencemaran yang berasal dari sumber tersebar (*non-point source pollution*) (Smith et al., 2010). Sebagai contoh, dengan jumlah penduduk Kota Makassar pada tahun 2001 sebesar 1.116.834 jiwa, jumlah limbah (*waste*) yang dihasilkan sebesar 2.46E+07 MJ dan pada tahun 2015, dengan jumlah penduduk sebesar 1.547.941 jiwa, jumlah limbah yang dihasilkan sebesar 3.03E+07 MJ (Gambar 2.7).

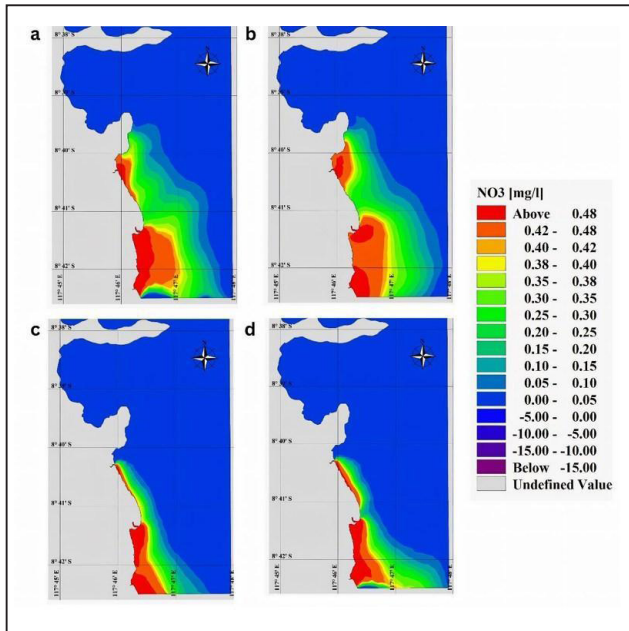


Gambar 2.7 Grafik jumlah penduduk dan buangan limbah Kota Makassar

Beberapa literatur ilmiah menunjukkan bahwa dampak aktivitas manusia terhadap komunitas ekologi tidak terjadi secara acak, baik dari segi dampak negatif maupun positif (Jackson et al., 2001; Hughes et al., 2003; Halpern et al., 2008; Cinner et al., 2009). Bukti empiris menunjukkan bahwa sebagian besar spesies mengalami penurunan populasi sebagai respons terhadap tekanan antropogenik (*losers*), dan secara bertahap digantikan oleh sejumlah kecil spesies yang memiliki toleransi tinggi terhadap tekanan lingkungan atau bersifat oportunistik (*winners*), yang mampu bertahan hidup dan berkembang di ekosistem yang telah mengalami degradasi (McKinney & Lockwood, 1999). Konsekuensi ekologis dari proses ini adalah terjadinya homogenisasi komunitas biotik, yang secara signifikan berkontribusi terhadap penurunan keanekaragaman hayati pada tingkat regional maupun global (McKinney & Lockwood, 1999; Barroso et al., 2018; Deng et al., 2024).

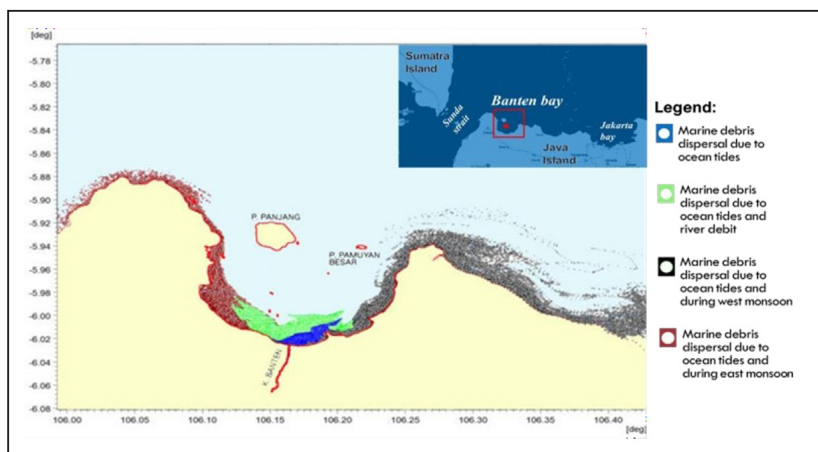
Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di kawasan perkotaan pesisir (Arifin et al., 2023), ekstensifikasi dan intensifikasi

lahan pertanian di wilayah teluk (Ramdhan et al., 2014; Ramdhan et al., 2024), memicu bahan polutan berbasis daratan (*run off* Daerah Aliran Sungai/DAS) yang terangkut menuju perairan dan memberikan dampak negatif terhadap ekosistem laut (Adyasari et al., 2022; Rahman et al., 2025) (Gambar 2.8). Lebih lanjut, Ahmad et al. (2024), memberikan tinjauan mengenai studi polutan antropogenik di perairan dan ekosistem pesisir Indonesia dari tahun 1986 hingga 2021. Ditemukan bahwa 82%, 54%, dan 50% dari studi tersebut dilaporkan bahwa nilai kontaminan nutrien, logam berat, dan polutan organik yang melebihi batas standar, yang menunjukkan kondisi kualitas air yang buruk di sebagian wilayah pesisir Indonesia. Ekosistem terumbu karang ditemukan paling sensitif terhadap gangguan antropogenik.



Gambar 2.8 Dampak antropogenik, *run off* dari DAS terhadap perairan teluk (Rahman et al., 2025)

Lebih lanjut Rahmania et al. (2020) dan Firdaus et al. (2025), menyatakan bahwa aliran limbah, khususnya sampah plastik yang terbawa dari sungai menuju teluk akan menyebar ke wilayah laut secara luas (Gambar 2.9), dan secara signifikan berdampak negatif terhadap ekosistem laut. Akumulasi limbah tersebut menyebabkan pencemaran fisik dan kimiawi yang dapat merusak kualitas air serta melepaskan zat beracun yang membahayakan biota laut (Ahmad et al., 2024). Selain itu, dapat mengganggu habitat terumbu karang yang berperan sebagai tempat hidup berbagai spesies, sehingga mengancam keanekaragaman hayati melalui kematian spesies sensitif dan dominasi spesies oportunistik (Birkeland, 2015; Bruno & Cinner, 2023). Gangguan ini juga mempengaruhi fungsi ekosistem laut, termasuk siklus nutrisi dan produktivitas biologis, yang pada akhirnya menurunkan jasa ekosistem yang sangat dibutuhkan masyarakat pesisir (Hughes et al., 2023).



Gambar 2.9 Simulasi penyebaran *marine debris* musiman berupa sampah plastik di Teluk Banten tahun 2018 (Rahmania et al., 2020)

Pola pergerakan limbah yang dipengaruhi oleh kondisi monsun memperluas penyebaran polutan secara luas, memperbesar cakupan dampak negatif secara regional (Ahmad et al., 2024). Oleh karena itu, pengelolaan limbah yang terpadu dan kolaborasi antar pemerintah daerah menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak antropogenik, menjaga kelestarian ekosistem laut, dan mendukung keberlanjutan sumberdaya pesisir.

Dengan demikian, parameter antropogenik berperan sebagai parameter pengendali dalam sistem ekologi, yang secara dinamis menentukan ambang keberlanjutan dan kapasitas adaptif ekosistem dalam kerangka perhitungan IDDE.

3. Perubahan Iklim (*Climate Change*)

Variabilitas iklim global seperti El Niño-Southern Oscillation (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD), dan pemanasan global memicu suhu laut ekstrem, pemutihan karang, dan perubahan pola arus yang menurunkan produktivitas dan keanekaragaman hayati laut. Lentz et al. (2025), melaporkan bahwa laguna terumbu karang di Samudera Pasifik, mengalami variasi salinitas dan alkalinitas yang ekstrim akibat perubahan curah hujan yang dipicu oleh ENSO. Pada tahun-tahun *non-El Niño*, salinitas meningkat dari laut terbuka (35,5 psu) ke bagian dalam laguna (38,0 psu), karena penguapan melebihi presipitasi dan air tertahan di bagian belakang laguna selama sekitar 180 hari. Pada awal *El Niño* 2015–2016, bagian belakang laguna hanya sekitar 1 psu lebih asin dari laut terbuka, karena curah hujan mulai melebihi penguapan. Diperoleh bahwa selama peristiwa *El Niño*, ketika presipitasi secara signifikan melebihi penguapan, salinitas di bagian belakang laguna bisa lebih rendah daripada di laut terbuka (30–32 psu). Variasi alkalinitas di laguna terutama disebabkan oleh proses pengenceran atau konsentrasi yang dikendalikan oleh perubahan curah hujan akibat ENSO, serta oleh *net ecosystem calcification* (NEC) yang menyebabkan defisit

alkalinitas sekitar 250 $\mu\text{mol/kg}$ di bagian belakang laguna. Laju NEC yang diestimasi pada tahun 2015 sekitar 25% lebih rendah (4,1 mmol/hari) dibandingkan dengan tahun non- *El Niño* (5,3–5,7 mmol/hari). Data laju NEC dan pengukuran tutupan karang menunjukkan bahwa di laguna terumbu karang ekuator (Kanton) telah pulih dari kehilangan total tutupan karang yang terjadi selama *El Niño* 2002–2003.

Variabilitas kondisi oseanografi hubungannya dengan pemutihan karang, dilaporkan oleh Muhaemin et al. (2023, 2022), bahwa suhu permukaan laut (SPL) pada musim timur lebih tinggi dari musim barat, sedangkan salinitas dan arus permukaan laut di musim timur lebih rendah dari musim barat. Persentase tutupan karang hidup terhadap karang total (KH/KT) cenderung menurun pada kurun waktu 2010–2020, sedangkan persentase karang mati terhadap karang total (KM/KT) cenderung meningkat. Terdapat indikasi kuat SPL berkorelasi kuat terhadap peristiwa pemutihan karang di TWP Kapoposang (Muhaemin et al., 2022, 2023). Sementara itu Johan et al. (2023), menyatakan bahwa kombinasi tekanan iklim dan aktivitas antropogenik menyebabkan degradasi signifikan pada terumbu karang di wilayah barat Lombok. Kenaikan suhu laut hingga 1,23°C di Sekotong memicu pemutihan masif dan penurunan tutupan karang hidup, diperburuk oleh pencemaran limbah pesisir. Namun, keberadaan spesies yang tetap bertahan menunjukkan potensi pemulihan ekosistem bila tekanan lingkungan dikendalikan secara adaptif.

Temuan Iskandar et al. (2021) menegaskan bahwa kejadian MHWs yang semakin sering dan intens di perairan Indonesia berpotensi menurunkan daya dukung ekologi terumbu karang secara signifikan. Lonjakan suhu permukaan laut yang ekstrim dapat menyebabkan pemutihan karang massal (Thompson et al., 2023; Zhang et al., 2024), mengganggu rantai makanan laut, dan menurunkan produktivitas perikanan di wilayah yang menjadi *hotspot* keanekaragaman hayati.

Dengan demikian, pemahaman terhadap dinamika MHWs menjadi krusial sebagai indikator tekanan termal yang harus diintegrasikan dalam pengembangan IDDE untuk mendukung strategi adaptasi ekosistem terumbu karang terhadap perubahan iklim (Iskandar et al., 2021). Di sisi lain, aktivitas manusia seperti reklamasi, pembangunan pesisir (Arifin et al., 2023), dan peningkatan beban sedimen dan limbah ke laut mengganggu kestabilan proses fisik dan kimiawi perairan.

Integrasi parameter tersebut dilakukan melalui analisis spasial-temporal berbasis penginderaan jauh, sistem informasi geografis (SIG), dan pemodelan ekologi dinamik untuk menghasilkan indeks komposit IDDE (Gambar 2.10).

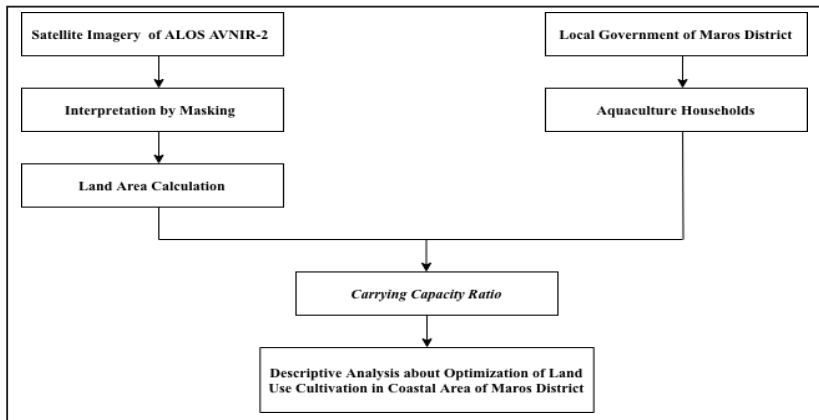


Gambar 2.10 Diagram sintesis hubungan antar parameter

Dengan demikian, perubahan iklim dipandang sebagai parameter pengatur sistemik yang mempengaruhi stabilitas dan batas dinamis daya dukung ekosistem dalam kerangka IDDE.

C. Evolusi Metodologi dalam Penilaian Daya Dukung

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas permasalahan pengelolaan sumberdaya pesisir dan laut, pendekatan terhadap penilaian daya dukung mengalami kemajuan signifikan baik dari sisi metodologi maupun pemanfaatan teknologi. Awalnya berbasis pada pendekatan empiris dan observasi langsung, penilaian daya dukung kini berkembang menuju model kuantitatif yang memadukan data spasial, temporal, dan ekologis secara lebih sistematis. Teknologi pemantauan seperti penginderaan jauh (*remote sensing*), SIG (Yulius & Arifin, 2014; Amri & Arifin, 2016, 2018; Azzahra et al., 2025; Bellaputeri et al., 2025; Mayzura et al., 2025), serta pemodelan ekosistem telah memungkinkan para peneliti dan pengambil kebijakan untuk menilai kapasitas suatu wilayah secara lebih akurat dan dinamis (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Metode daya dukung spasial kawasan pesisir melalui interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2

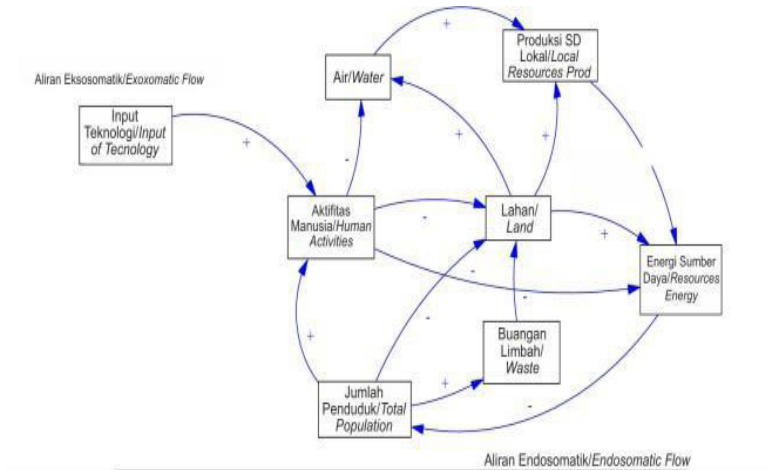
Inovasi ini juga diperkuat dengan parameter resiliensi, mencakup tentang konektivitas, laju demografi, interaksi ekologis, dan respons

terhadap tekanan lingkungan (Cowen et al., 2006; Lam et al., 2020). Penggunaan paling awal dari konsep resiliensi mengacu pada resiliensi teknik (*engineering resilience*) dan resiliensi ekologi (*ecological resilience*) yang dikemukakan oleh Holling (1996) dan Lam et al., (2020), yang muncul dari pemodelan interaksi predator-mangsa dan mengungkapkan kemampuan suatu sistem untuk mengalami perubahan yang mendalam dalam keadaan komunitasnya. Resiliensi teknik merujuk pada waktu yang dibutuhkan suatu sistem untuk kembali ke satu keadaan keseimbangan setelah mengalami suatu gangguan (Holling, 1996; Lam et al., 2020). Resiliensi ekologi, sebagaimana diperkenalkan oleh Holling (1973), tidak sekadar menggambarkan kecepatan suatu sistem untuk kembali ke kondisi semula, tetapi lebih jauh mencerminkan kemampuan ekosistem untuk menyerap gangguan, beradaptasi, dan tetap mempertahankan fungsi serta strukturnya tanpa mengalami pergeseran rezim yang merugikan. Aspek kunci dalam pemikiran resiliensi meliputi kemampuan beradaptasi (*adaptive capacity*), dan kemampuan transformasi (*transformability*) (Bellwood et al., 2012; Lam et al., 2020).

Dalam pengembangan IDDE, pemanfaatan teknologi seperti penginderaan jauh, model numerik, dan pendekatan eko-hidrodinamika memainkan peran strategis dalam menghasilkan informasi yang akurat, spasial, dan dinamis mengenai kapasitas suatu ekosistem untuk mendukung aktivitas manusia secara berkelanjutan. Penginderaan jauh memungkinkan pemantauan perubahan tutupan lahan pesisir, degradasi habitat seperti terumbu karang dan mangrove, serta deteksi parameter kualitas perairan seperti kekeruhan dan suhu permukaan laut secara luas dan berkala. Data ini menjadi dasar penting dalam penentuan batasan ekologis dalam IDDE. Sementara itu, model numerik digunakan untuk menyimulasikan interaksi antara berbagai komponen ekosistem laut, seperti arus, gelombang, pasang surut, dan dispersi zat pencemar, yang berpengaruh terhadap distribusi beban lingkungan dan tekanan antropogenik. Integrasi pendekatan eko-hidrodinamika,

yang menggabungkan dinamika fisik laut dengan respons biologis dan ekosistem, memungkinkan penilaian daya dukung dilakukan secara lebih holistik dan prediktif. Dengan demikian, ketiga pendekatan ini mendukung pengembangan IDDE yang tidak hanya berbasis *snapshot* kondisi saat ini, tetapi juga mampu merespons dinamika lingkungan dan perubahan tata guna ruang laut secara proaktif, ilmiah, dan adaptif.

Penggunaan lahan dan peningkatan konsumsi energi mengalami peningkatan seiring meningkatnya jumlah penduduk dan limbah (Amri & Arifin, 2019) (Gambar 2.12).



Gambar 2.12 Siklus pemanfaatan energi sumberdaya pesisir berbasis loop autokatalitik (Amri & Arifin, 2019)

Kemajuan metodologis ini menjadi landasan penting dalam mengembangkan instrumen perencanaan dan kebijakan pengelolaan ruang laut yang berkelanjutan dan responsif terhadap perubahan lingkungan (Arifin et al., 2018).

D. Tantangan Saat Ini

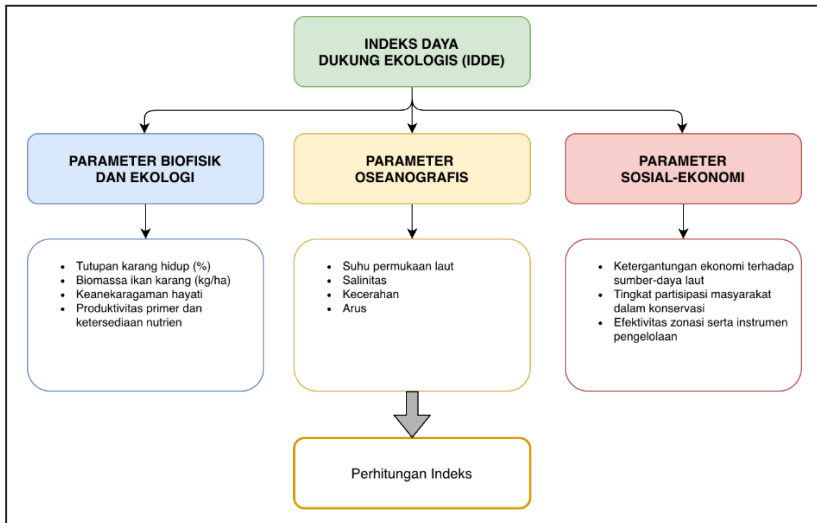
Penerapan konsep daya dukung ekologi terumbu karang masih terkendala oleh kompleksitas biofisik dan sosial-ekonomi, sementara pendekatan sektoral dan statis belum mampu merepresentasikan dinamika spasial-temporal serta umpan balik ekologis yang non-linear (Grorud-Colvert et al., 2021). Kendala lainnya adalah kurangnya integrasi antarparameter yang relevan, baik pada skala lokal maupun regional. Sebagian besar model daya dukung masih berfokus pada indikator tunggal, seperti tutupan karang hidup atau biomassa ikan karang, tanpa mempertimbangkan hubungan timbal balik antara proses ekologi, kapasitas sosial, dan tekanan antropogenik (Cinner et al., 2009). Selain itu, keterbatasan data jangka panjang dan sistem pemantauan yang tidak berkesinambungan menghambat validasi model dan pembaruan indeks daya dukung secara periodik (Hughes et al., 2017).

Pengembangan konsep daya dukung ekologi perlu mencakup parameter biologis, ekologis, dan oseanografi yang representatif, termasuk intensitas penangkapan, tekanan pariwisata, sedimentasi, dan polusi pesisir, agar model lebih realistis dan adaptif terhadap dinamika ekosistem (Arifin et al., 2025).

Perkembangan perspektif dan konsep yang diuraikan dalam bab ini menjadi dasar dalam perumusan esensi dan kontribusi ilmiah IDDE pada Bab III. Integrasi antar parameter akan membentuk model penilaian IDDE yang aplikatif untuk tata kelola ruang laut berbasis ekosistem di Indonesia (Bab IV).

III. ESENSI DAN KONTRIBUSI ILMIAH IDDE

Pemilihan parameter IDDE didasarkan pada signifikansi statistik, sensitivitas ekologis, dan ketersediaan data yang konsisten untuk analisis multiskala dan pemantauan berkelanjutan. Secara umum, komponen utamanya mencakup tiga kelompok besar, yaitu (Gambar 3.1):



Gambar 3.1 Komponen utama pengembangan indeks daya dukung ekologis terumbu karang

IDDE berfungsi sebagai instrumen kuantitatif untuk menilai kapasitas resiliensi terumbu karang terhadap tekanan lingkungan dan antropogenik tanpa menurunkan fungsi ekosistemnya. Pengembangan IDDE tidak hanya memperkuat dasar ilmiah pengelolaan sumberdaya laut, tetapi juga mendukung penerapan kebijakan pembangunan

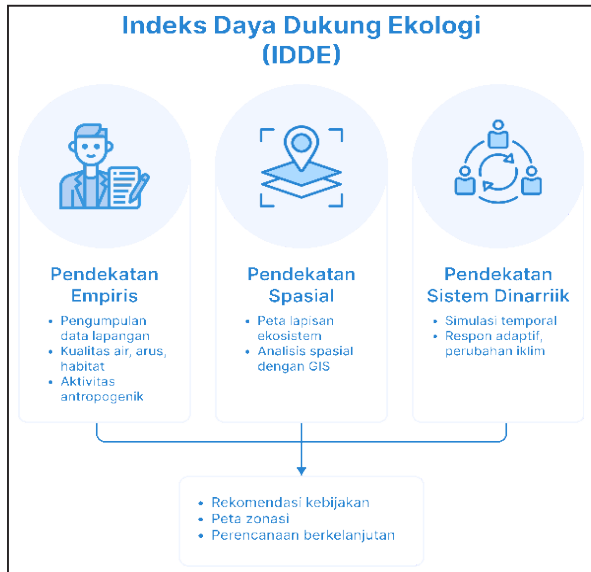
berkelanjutan berbasis ekonomi biru (Arifin et al., 2017; Hughes et al., 2017).

Pendekatan tersebut dilakukan melalui pendekatan empiris, spasial, dan pendekatan sistem dinamik guna merepresentasikan kompleksitas interaksi ekologi dan tekanan pemanfaatan dalam penatakelolaan ruang laut yang adaptif dan berkelanjutan (Chen et al., 2021; Tang et al., 2022).

Pendekatan empiris, spasial, dan sistem dinamik (Gambar 3.2) menjadi krusial karena tiap dimensi memiliki kekuatan dalam menangkap kompleksitas interaksi antara tekanan antropogenik, perubahan iklim, dan respons ekosistem laut (Arifin et al., 2025; Elzahra et al., 2025; Khaerunnisa et al., 2025). Pemanfaatan data empiris melalui *empirical dynamic modeling* mampu mengidentifikasi respons non-linear ekosistem tanpa bergantung pada asumsi model yang kaku (Munch & Brias, 2024). Sementara itu, analisis spasial berperan dalam mengungkap distribusi tekanan kumulatif terhadap habitat dan spesies kunci untuk memandu intervensi konservasi yang lebih tepat sasaran (Agus et al., 2025a,b; Putra et al., 2025; Shabrina et al., 2025). Pendekatan sistem dinamik memperkuat perencanaan ruang laut melalui eksplorasi skenario jangka panjang, penilaian interaksi lintas sektor, dan dukungan terhadap pengambilan keputusan adaptif (Arifin et al., 2025).

Ketiga pendekatan tersebut disintesis secara operasional dalam pengembangan IDDE, mencakup tahapan pengembangan indeks, pemilihan parameter, penentuan bobot parameter, serta metode penilaian atau scoring. Integrasi ini, yang didukung oleh kemajuan teknologi pemantauan spasial-temporal berbasis satelit, drone dan sensor *in-situ* (Bellaputeri et al., 2025; Maulsyid et al., 2025; Mayzura et al., 2025; Rahmajati et al., 2025), menjadikan tata kelola ekosistem laut lebih responsif terhadap dinamika lingkungan dan tekanan manusia.

Pendekatan terpadu ini memungkinkan pengukuran langsung parameter lapangan, pemetaan distribusi tekanan dan kapasitas wilayah secara spasial, serta prediksi perubahan kondisi lingkungan dalam berbagai skenario pembangunan dan perubahan iklim, sekaligus menjadi pondasi utama dalam pengembangan IDDE terumbu karang.

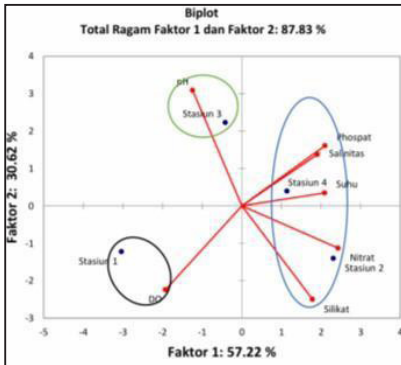


Gambar 3.2 Pendekatan integratif indeks daya dukung ekologi

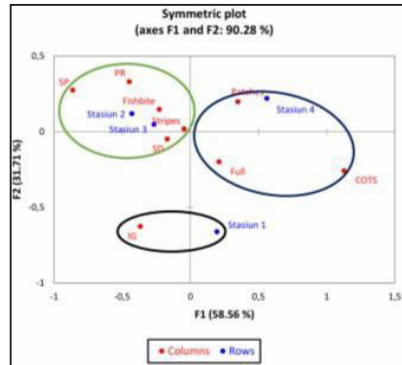
A. Pendekatan Empiris

Pendekatan empiris berangkat dari pengumpulan dan analisis data lapangan secara langsung guna memperoleh informasi yang akurat tentang kondisi biofisik dan tekanan manusia terhadap suatu ekosistem (Arifin et al., 2011; Amri & Arifin, 2019). Sebaran pemutihan karang memiliki hubungan terhadap salinitas, suhu dan fosfat sedangkan

gangguan kesehatan karang SD (*Sedimentation Damage*) dan SP (*Spons Over*) memiliki hubungan terhadap konsentrasi nitrat dan silikat (Dedi et al., 2017) (Gambar 3.3).

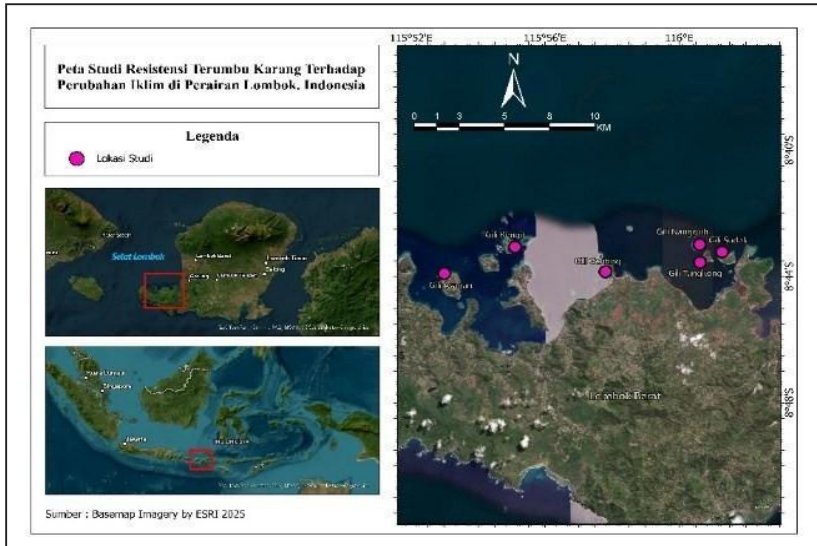


Gambar 3.3a Sebaran karakteristik habitat

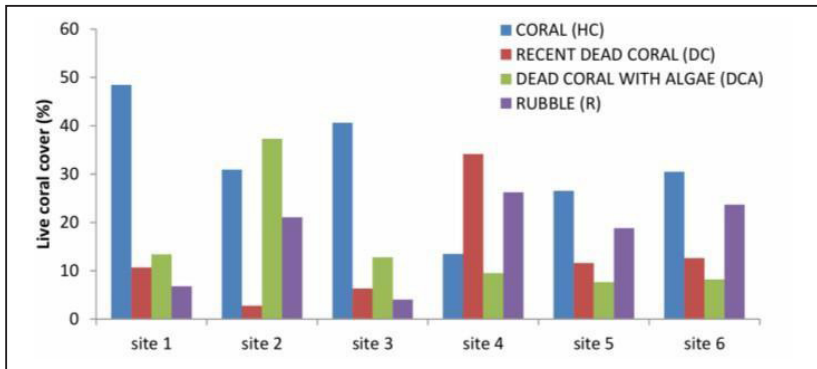


Gambar 3.3b Sebaran keseragaman infeksi kesehatan karang

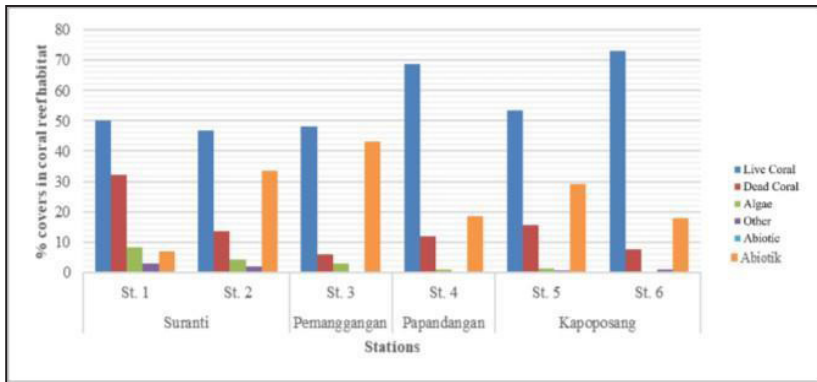
Kerusakan terumbu karang di perairan barat Lombok (Gambar 3.4) dan Kepulauan Kapoposang, Spermonde (Gambar 3.5, Gambar 3.6 dan Gambar 3.7), disebabkan oleh peningkatan suhu laut dan pembuangan limbah yang memicu peristiwa *coral bleaching* (Arifin et al., 2020; Johan et al., 2023). Kenaikan suhu permukaan laut sebesar 1,23°C di Sekotong Lombok pada Februari 2016 tercatat sebagai pemicu utama pemutihan karang (Johan et al., 2023).



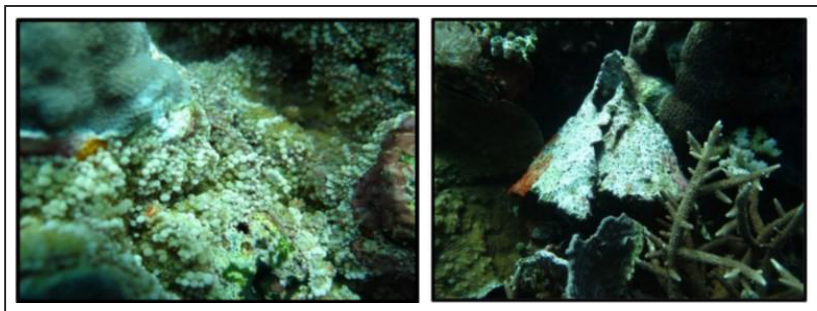
Gambar 3.4 Peta studi resistensi terumbu karang terhadap perubahan iklim di perairan Lombok, NTB (Johan et al., 2023)



Gambar 3.5 Kondisi terumbu karang pada peristiwa pemutihan di perairan Lombok, NTB (Johan et al., 2023)



Gambar 3.6 Persentase komposisi habitat terumbu karang di Kepulauan Kapoposang, Spermonde (Arifin et al., 2020)



Gambar 3.7 Indikasi pemutihan karang di Kepulauan Kapoposang, Spermonde (Arifin et al., 2020)

Studi daya dukung ekologi (*ecological carrying capacity*) terumbu karang, data yang dikumpulkan meliputi parameter kualitas

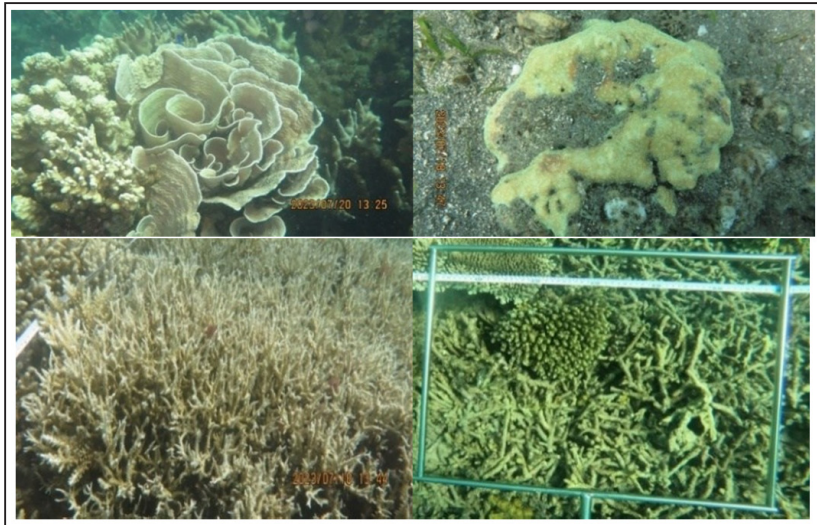
air, kepadatan populasi (Arifin, 2007), intensitas aktivitas ekonomi (pariwisata bahari dan penangkapan ikan) (Tabel 3.1) (Arifin & Kepel, 2013; Naranjo-Arriola, 2021), dan kondisi ekosistem terumbu karang (Gambar 3.8) (Dedi et al., 2017; Arifin et al., 2020a,b; Fihrin et al., 2022; Agus et al., 2025).

Tabel 3.1 Tutupan karang di Kepulauan Spermonde, pengamatan tahun 2015 dan 2019

Type Zona	2015					2019				
	Live Coral	Dead Coral	Algae	Other	Abiotik	Live Coral	Dead Coral	Algae	Other	Abiotik
Kapoposang 1	49.27	3.00	21	20.40	6.53	53.5	15.65	1.27	0.55	28.83
Kapoposang 2	61.47	12.27	6.33	11.40	8.53	73.08	7.72	0.23	1.11	17.86
Papandangan	54.77	0.17	20	12.58	12.51	68.72	11.87	0.93	0	18.48
Pamanggangan	33.40	1.43	25.80	23.14	16.53	45.68	5.91	2.8	0	45.61
Suranti 1	69.06	3.6	14.8	8.40	4.94	50.01	32.11	8.13	2.95	6.8
Suranti 2	32.53	0.47	37.9	28.86	0.4	46.73	13.53	4.39	1.92	33.43

Sumber: Coremap CTI (2015); Arifin et al. (2020a,b)

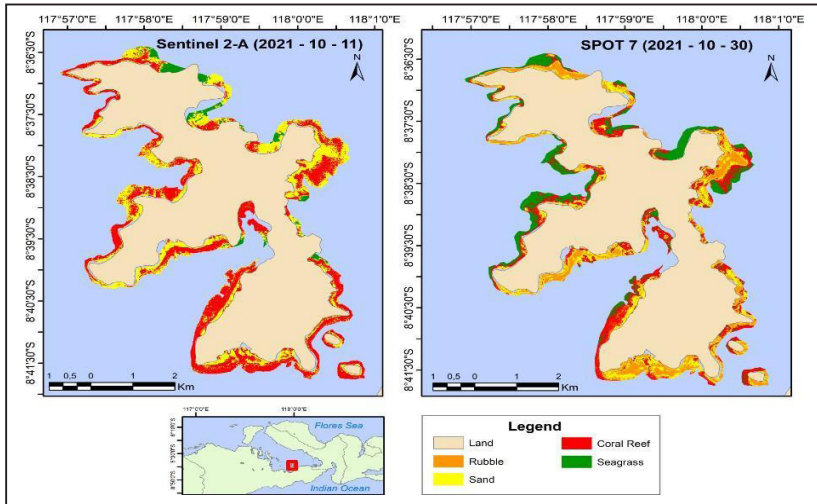
Terumbu karang merupakan ekosistem yang cukup rapuh dan menghadapi ancaman serius selama beberapa dekade terakhir (Burke et al., 2012). Sejak tahun 1950-an, kemampuan terumbu karang dalam menyediakan jasa ekosistem telah menurun sebesar 50% (Eddy et al., 2021). Penurunan ini disebabkan oleh tingginya tekanan lingkungan, baik pada skala global maupun dampak di tingkat lokal, seperti peningkatan SPL (Iskandar et al., 2021), kenaikan muka air laut (Persada et al., 2025), dan gangguan antropogenik seperti polusi laut, penangkapan ikan berlebihan dan destruktif (Arifin et al., 2025), pariwisata bahari (Adrianto et al., 2021; Idris et al., 2025), dan limpasan sedimen dari daratan (Agus et al., 2025; Rahman et al., 2025).



Gambar 3.8. *Coral foliose* (CF) kategori baik (a), *Coral massive* (CM) kategori terdampak sedimen (b), *Acropora branching* (ACB) kategori baik (c), *Acropora tabulate* (ACT) kategori tidak baik (d) (Dokumen pribadi Friansyah & Arifin, 2023)

B. Pendekatan Spasial

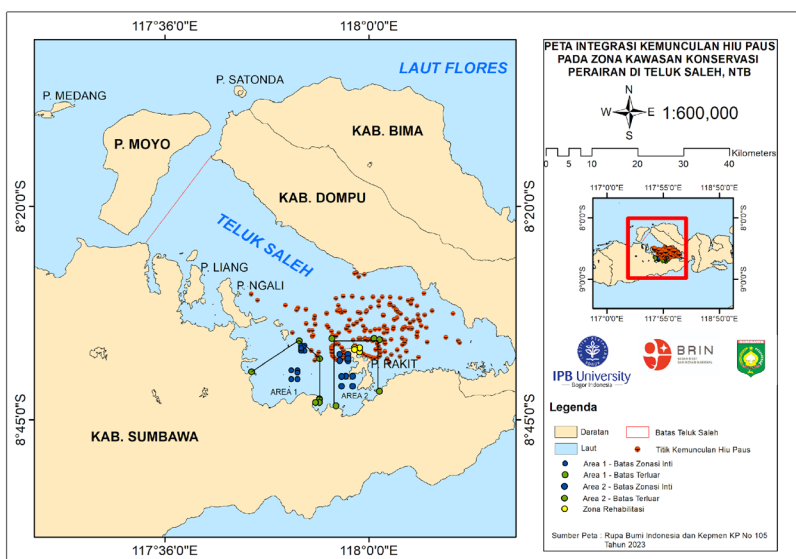
Pendekatan spasial menjadi metode penting dalam kajian daya dukung ekologi terumbu karang (Agus et al., 2025), karena memungkinkan analisis yang lebih terstruktur terhadap distribusi tekanan lingkungan dan kapasitas ekosistem dalam skala geografis. Dengan memanfaatkan data spasial seperti citra satelit, SIG (Gambar 3.9), dan pemetaan bawah laut (Waluyo et al., 2016; Amri & Arifin, 2018; Arifin et al., 2018; 2020a,b; Arifin & Waluyo, 2018; Marpaung et al., 2018; Tang et al., 2022). Peneliti dapat mengidentifikasi wilayah dengan tingkat tekanan yang berbeda-beda, seperti aktivitas perikanan, pariwisata, dan perubahan kualitas air akibat limbah darat (Tang et al., 2022).



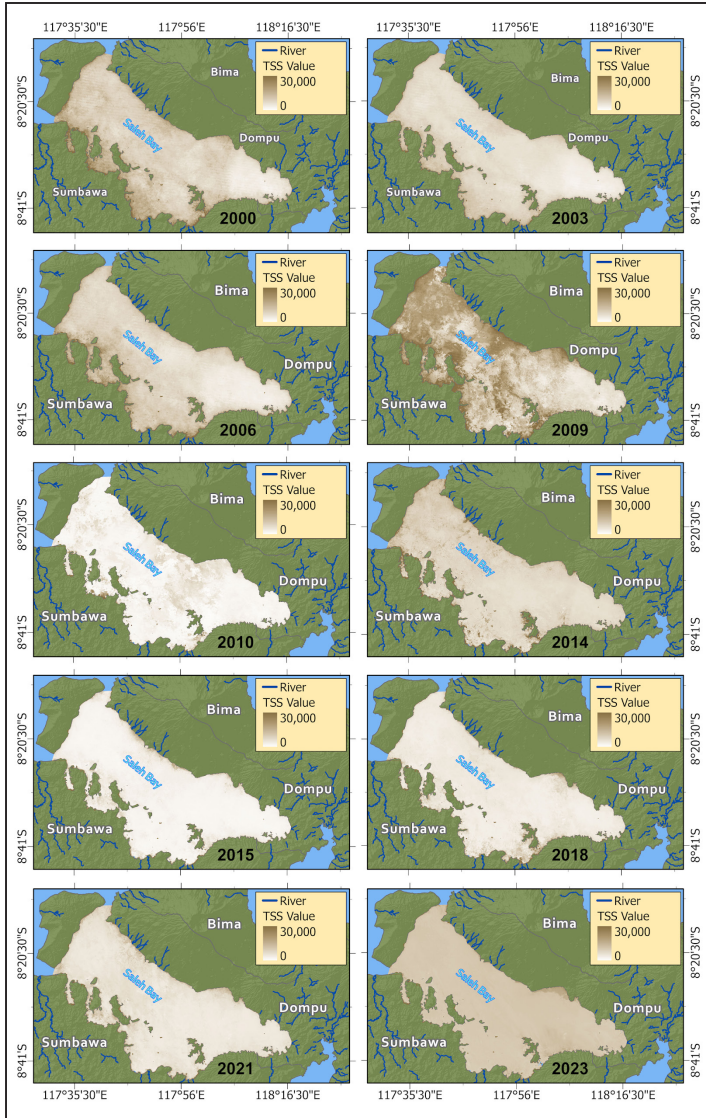
Gambar 3.9. Peta distribusi habitat terumbu karang di Pulau Rakit tahun 2021 dengan citra satelit Sentinel 2-A (a) dan citra satelit SPOT 7 (b) (Maulana et al., 2025)

Penggunaan pendekatan spasial memungkinkan integrasi berbagai parameter ekologis dan sosial-ekonomi (Arifin & Kepel, 2013; Arifin et al., 2025) ke dalam satu kerangka analisis geospasial (Douvere & Ehler, 2009; Tang et al., 2022). Hal ini mencakup kombinasi antara data tutupan lahan (Ramdhan et al., 2024), kondisi fisik-kimia perairan (Arifin et al., 2011; Ramdhan et al., 2018;), status kesehatan terumbu karang (Dedi & Arifin, 2017), dan aktivitas manusia di wilayah pesisir (Arifin & Kepel, 2013; Arifin, 2007; Arifin et al., 2020a,b, 2023). Dengan demikian, pendekatan ini dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai wilayah yang berada dalam kondisi mendekati ambang batas daya dukung dan wilayah yang masih memiliki kapasitas ekologis untuk dimanfaatkan secara berkelanjutan (Ahmad et al., 2024).

Informasi dari analisis spasial sangat bermanfaat dalam perencanaan tata ruang laut (Arifin et al., 2014), zonasi kawasan konservasi terumbu karang (Yulius & Arifin, 2019; Arifin et al., 2025), dan pengelolaan berbasis ekosistem (Arifin, 2007) (Gambar 3.10). Integrasi data kemunculan hiu paus (*Rhincodon typus*), menjadi langkah penting dalam mendukung perencanaan konservasi terumbu karang yang efektif serta pengembangan pariwisata bahari berkelanjutan (Herdianti et al., 2025). Selain itu, pendekatan spasial juga dapat digunakan untuk menyusun skenario pengelolaan adaptif berbasis lokasi, terutama dalam konteks perubahan iklim dan peningkatan tekanan antropogenik (Agus et al., 2025) (Gambar 3.11).



Gambar 3.10 Peta integrasi kemunculan hiu paus pada Zona Kawasan Konservasi Perairan di Teluk Saleh, NTB (Arifin et al., 2025)



Gambar 3.11 Peta sebaran sedimentasi tahun 2000–2023 di Teluk Saleh (Agus et al., 2025)

Integrasi data spasial semakin dipandang sebagai elemen kunci dalam pengambilan keputusan berbasis bukti ilmiah untuk menjaga keberlanjutan ekosistem terumbu karang. Berbagai studi mutakhir menegaskan hal ini, misalnya pengembangan WebGIS yang mengintegrasikan data monitoring terumbu karang selama 15 tahun di Lampung (Mustofa & Prasetyo, 2023), dan WebGIS pengelolaan hiu paus di Teluk Saleh, NTB (Yulius et al., 2025), untuk menyajikan informasi spasial sebagai dasar pengelolaan berbasis ekosistem. Di tingkat global, model spasial prediktif multivariat telah digunakan untuk memproyeksikan perubahan keragaman karang akibat pemanasan laut, yang memberikan dasar bagi kebijakan adaptif terhadap perubahan iklim (McClanahan et al., 2024). Lebih lanjut, penelitian di *Qizwan National Marine Park* menunjukkan bagaimana variabilitas spasial pada kedalaman dan lokasi stasiun berhubungan erat dengan faktor lingkungan, sehingga dapat mengidentifikasi area rentan sekaligus potensi pemulihan ekosistem (Zhao et al., 2024). Bahkan, peta habitat bentik berbasis penginderaan jauh terbukti mampu memprediksi keragaman ikan dan karang, memperkuat peran teknologi spasial dalam mendukung konservasi berbasis sains (Bakker et al., 2024; Agus et al., 2025). Temuan tersebut menegaskan bahwa pengelolaan terumbu karang di masa depan menuntut integrasi teknologi spasial untuk menghasilkan kebijakan konservasi yang lebih presisi, adaptif, dan berkelanjutan (Arifin et al., 2025).

C. Pendekatan Sistem Dinamik

Ekosistem laut bersifat dinamis dan selalu mengalami perubahan, baik karena faktor alamiah maupun tekanan manusia (Adyasari et al., 2021). Karena itu, estimasi daya dukung perlu memasukkan unsur perubahan waktu dan respons sistem terhadap tekanan berulang atau kumulatif (Adrianto et al., 2021; Naranjo-Arriola, 2021; Tang et al., 2022). Dalam konteks perubahan ekosistem yang bersifat

kompleks dan adaptif, pendekatan sistem dinamik menjadi semakin penting untuk memahami dan mengelola interaksi antara komponen biofisik dan sosial secara menyeluruh (Waluyo et al., 2020; Tang et al., 2022; Arifin et al., 2025) (Gambar 3.12). Model sistem dinamik memungkinkan simulasi hubungan antar parameter secara non-linear, serta menggambarkan umpan balik (*feedback*) yang bersifat positif maupun negatif dalam sistem ekologis (Mills et al., 2024; Arifin et al., 2025). Selain itu, pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi dampak dari berbagai skenario kebijakan, membantu dalam proses pengambilan keputusan, dan memproyeksikan kondisi ekosistem di masa depan secara lebih akurat dan partisipatif (Arifin & Waluyo, 2018; Waluyo et al., 2020; Arifin et al., 2025).

Penilaian kesehatan terumbu karang (Dedi et al., 2017; Dedi & Arifin, 2017) di Indonesia selama ini didasarkan pada indikator utama berupa nilai persentase rata-rata tutupan karang hidup yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (2001). Semakin tinggi tutupan karang hidup, maka semakin dianggap baik kondisi terumbu karang. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam menggambarkan kompleksitas dinamika ekosistem terumbu karang, terutama dalam konteks gangguan multi-faktor seperti bencana alam, pencemaran perairan, penyakit karang, serta dampak perubahan iklim yang menyebabkan penurunan kualitas ekosistem secara bertahap maupun mendadak. Sebagai respons atas tantangan tersebut, Giyanto et al. (2017) mengembangkan indeks kesehatan terumbu karang. Indeks ini mencakup tiga parameter utama, yaitu: (1) komponen bentik untuk menilai kondisi terkini melalui tutupan karang hidup; (2) komponen bentik untuk menilai tingkat resiliensi berdasarkan tutupan makroalga (*fleshy seaweed*), pecahan karang mati (*rubble*), dan karang hidup; dan (3) komponen ikan karang sebagai indikator fungsi ekosistem.

Dalam konteks pengelolaan adaptif, pendekatan sistem dinamik dapat diintegrasikan ke dalam penilaian kesehatan terumbu karang untuk memperkuat analisis ketahanan dan daya pulih ekosistem.

Model sistem dinamik memungkinkan simulasi interaksi non-linear antara berbagai komponen ekosistem, seperti hubungan antara tekanan antropogenik, perubahan suhu laut, pertumbuhan makroalga, rekrutmen karang baru, serta populasi ikan karang. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat mengevaluasi skenario kebijakan (misalnya pembatasan aktivitas penangkapan ikan destruktif atau penurunan input nutrien) dan memproyeksikan kondisi ekosistem di masa depan, baik dari sisi degradasi maupun potensi pemulihan. Dengan demikian, integrasi model sistem dinamik ke dalam penilaian kesehatan terumbu karang tidak hanya memberikan informasi kondisi saat ini, tetapi juga mendukung perencanaan restorasi dan manajemen kawasan konservasi berbasis ilmu pengetahuan. Hal ini menjadi sangat penting dalam rangka mendukung kebijakan ekonomi biru yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim. Ketiga pendekatan tersebut, dapat dijelaskan secara konseptual melalui Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2. Perbandingan pendekatan empiris, spasial, dan sistem dinamik

Pendekatan	Variabel Utama	Metode Analisis	Hasil Utama	Implikasi Kebijakan
Pendekatan Konvensional (Bio-Fisik)	Luas habitat, biomassa, kepadatan populasi, dan laju pertumbuhan biota	Pengukuran in situ, analisis regresi, dan model keseimbangan massa	Menentukan kapasitas ekologis berdasarkan batas fisik dan biologi	Dasar penetapan zonasi
Pendekatan Spasial Ekosistem (GIS-Based)	Tutupan karang, kualitas perairan, dan penggunaan lahan pesisir	Analisis spasial, overlay, dan model geostatistik	Peta daya dukung	Perencanaan ruang laut berbasis ekosistem (EBA/ EBM)

Pendekatan	Variabel Utama	Metode Analisis	Hasil Utama	Implikasi Kebijakan
Pendekatan - Eko-Sosio Sistem	Kombinasi variabel biofisik dan sosek serta antropogenik	Model integratif (sistem dinamik)	Hubungan sebab- akibat antara antropogenik dan kapasitas ekosistem	Dasar kebijakan adaptif
Pendekatan Berbasis Teknologi & Big Data (IDDE)	Data oseanografi, citra satelit, bioindikator, dan antropogenik real-time	Analisis multi-criteria, dan integrasi multi-omics	Penilaian dinamis dan prediktif terhadap perubahan daya dukung	Kebijakan berbasis bukti dan sistem peringatan dini ekosistem

D. Kontribusi Ilmiah

Kontribusi kami dalam pengembangan IDDE menunjukkan kemajuan signifikan dalam dua dekade terakhir, seiring meningkatnya kebutuhan akan instrumen ilmiah untuk mendukung pengelolaan terumbu karang secara berkelanjutan. Sebagai contoh, penerapan IDDE di Teluk Saleh, NTB, Kapoposang-Spermonde (wilayah Timur), Teluk Jakarta dan Lampung (wilayah Barat), untuk menilai kapasitas ekologis kawasan dalam mendukung kegiatan budidaya laut, pariwisata bahari, dan konservasi terumbu karang. Melalui integrasi data produktivitas primer, tutupan karang, kualitas perairan, dan tekanan antropogenik.

Kami telah berperan aktif dalam membangun dasar teoritis, metodologis, dan aplikasi spasial dari IDDE. Kajian ini meliputi integrasi parameter fisik, biologis, dan sosial-ekonomi ke dalam model daya dukung, serta pengembangan sistem zonasi berbasis kapasitas ekologis (Arifin et al., 2011, 2025; Amri & Arifin, 2019; Agus et al., 2025a,b; Shabrina et al., 2025). Pendekatan eko-hidrodinamika juga telah kami kembangkan untuk menilai batas toleransi kawasan

budidaya dan pariwisata bahari terhadap beban lingkungan (Arifin et al., 2025; Rahman et al., 2025). Pendekatan partisipatif dan transdisipliner juga mulai diadopsi, menggabungkan ilmu ekologi pesisir dengan pengetahuan lokal masyarakat dan data spasial-temporal untuk memperkuat legitimasi kebijakan berbasis IDDE (Arifin et al., 2025). Inovasi ini menunjukkan pergeseran penting dari pendekatan normatif ke pendekatan ilmiah-empiris, sekaligus menegaskan peran strategis komunitas ilmiah nasional dalam mendukung agenda pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Hasil riset jangka panjang di beberapa wilayah prioritas kawasan konservasi perairan Indonesia telah memberikan kontribusi nyata pada penerapan dan pengembangan pendekatan IDDE. Di Teluk Saleh, NTB, studi *multiyear* yang dilakukan melalui kerja sama antara BRIN - Pemdabupaten Sumbawa - IPB University telah menghasilkan model daya dukung budidaya laut berbasis eko-hidrodinamika, pemetaan sebaran arus, sirkulasi air, dan potensi akumulasi limbah budidaya, serta dikalibrasi dengan data lapangan kualitas air dan padat penebaran (Arifin et al., 2014b; Yulius et al., 2016; Kusumawati et al., 2019; Agus et al., 2025; Arifin et al., 2025; Rahman et al., 2025). Model ini digunakan untuk menetapkan zona budidaya berkelanjutan dan izin berbasis kapasitas ekologis. Di Wakatobi, riset jangka panjang kawasan konservasi laut nasional memanfaatkan data spasial-temporal karang, tekanan wisata, dan dinamika biota kunci untuk menentukan batas ekologi dan mengoptimalkan zonasi konservasi (Yulius et al., 2015). Di Kepulauan Spermonde, integrasi data ekologi karang dan aktivitas perikanan digunakan untuk mengembangkan IDDE, sebagai dasar tata kelola ruang laut (Arifin et al., 2020; Fihrin et al., 2022). Kajian tersebut menegaskan bahwa penerapan IDDE dapat meningkatkan akurasi perencanaan sekaligus memperkuat legitimasi sosial dan keberlanjutan pengelolaan sumberdaya laut.

E. Pernyataan Kebaruan (*Novelty Statement*)

Pendekatan IDDE memperluas konsep daya dukung klasik yang umumnya bersifat statis dan berbasis biotik tunggal, dengan memasukkan dimensi oseanografi serta tekanan antropogenik multiskala ke dalam kerangka penilaian kapasitas ekosistem. Integrasi ini memungkinkan karakterisasi yang lebih realistis terhadap interaksi non-linear antara faktor fisik, biologis, dan sosial-ekonomi dalam sistem pesisir tropis. Inovasi metodologis tersebut menjadikan IDDE relevan untuk sistem pesisir dan pulau-pulau kecil Indonesia, di mana konektivitas lintas wilayah dan variabilitas iklim laut memainkan peran penting dalam menentukan daya dukung ekosistem terumbu karang. Temuan ini menunjukkan bahwa IDDE dapat berfungsi sebagai instrumen lintas-batas antara sains dan kebijakan, di mana hasil riset kuantitatif (nilai indeks) diterjemahkan menjadi dasar pengambilan keputusan adaptif.

IV. KONTRIBUSI UMUM DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Riset daya dukung ekologi terumbu karang menunjukkan bahwa setiap ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil memiliki karakter oseanografi dan lingkungan yang unik (Yuan et al., 2024). Integrasi parameter oseanografi dan ekologi (Iskandar et al., 2021; Ismail et al., 2023, 2024; McWhorter et al., 2024; Arifin et al., 2025; Taofiqurohman et al., 2025) dalam IDDE meningkatkan akurasi dan adaptivitas model, sekaligus memperkuat dasar ilmiah bagi kebijakan batas ekologis dan pengelolaan ruang laut berbasis ekosistem.

Hasil riset daya dukung ekologi tidak hanya berfungsi sebagai instrumen ilmiah, tetapi juga menjadi fondasi bagi instrumen kebijakan (*policy instrument*) dalam pengambilan keputusan publik, khususnya dalam perencanaan tata ruang laut (*marine spatial planning*) dan tata kelola ekonomi biru (*blue economy governance*) yang berorientasi pada keberlanjutan ekosistem. Dengan demikian, IDDE berperan ganda: secara ilmiah sebagai kerangka evaluasi ekosistem dinamis, dan secara kebijakan sebagai instrumen diagnostik berbasis bukti (*evidence-based diagnostic instrument*) yang membantu pengambil keputusan merancang intervensi yang lebih adaptif, dan berkeadilan ekologis dalam pengelolaan ruang laut.

A. Integrasi IDDE sebagai Dasar Kebijakan Kelautan Berbasis Ekosistem

IDDE menjembatani sains ekologi dan kebijakan pesisir dengan mengintegrasikan dimensi biofisik, spasial, temporal, dan sosial-ekonomi (Chen et al., 2021; Arifin et al., 2025), mendukung tata ruang laut berbasis sains (IOC-UNESCO, 2021). Pengembangan IDDE mengadopsi pendekatan pengelolaan berbasis ekosistem

(*Ecosystem-Based Management*, EBM) yang holistik (Boldt et al., 2021), menekankan kapasitas ekosistem dalam menanggung tekanan antropogenik, serta menjadi instrumen ilmiah untuk menetapkan batas pemanfaatan berkelanjutan dan menjaga integritas ekosistem sebagai acuan pengambilan keputusan (Grorud-Colvert et al., 2021).

Pengembangan IDDE didasarkan pada integrasi analisis biofisik, spasial, dan sosial-ekologis, dengan indikator yang merefleksikan sensitivitas ekosistem dan kapasitas daya dukung, dianalisis melalui pembobotan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan integrasi spasial (Malczewski, 2004; Arifin et al., 2023). Hasil model IDDE dapat *di-embed* ke dalam *marine spatial planning tools* seperti *Marxan with Zones* (Matthew et al., 2009), guna mendukung penentuan zonasi, analisis *trade-off* antar sektor (konservasi, perikanan, pariwisata) dan evaluasi *scenario-based policy* untuk menilai dampak kebijakan sebelum diterapkan.

B. Dimensi Integrasi Sains-Tata Kelola

Tantangan untuk memenuhi kebutuhan dalam melindungi sistem penopang kehidupan bumi dihadapi oleh para ilmuwan, teknolog, pembuat kebijakan, dan komunitas dari tingkat lokal hingga global. Banyak pihak berpendapat bahwa sains harus memainkan peran yang lebih sentral dalam pembangunan berkelanjutan, namun hingga kini masih terbatas kajian sistematis mengenai bagaimana membangun institusi yang mampu memanfaatkan sains secara efektif untuk tujuan keberlanjutan. Studi yang dilakukan oleh Cash et al. (2003), menunjukkan bahwa upaya untuk memobilisasi IPTEK bagi keberlanjutan akan lebih efektif apabila mampu mengelola batas antara pengetahuan dan tindakan (*knowledge-action boundary*) dengan cara yang secara simultan meningkatkan relevansi (*salience*), kredibilitas (*credibility*), dan legitimasi (*legitimacy*) dari informasi yang dihasilkan. Sistem yang efektif umumnya menerapkan beragam

mekanisme kelembagaan yang memfasilitasi proses komunikasi, translasi, dan mediasi lintas batas pengetahuan dan kebijakan, sehingga pengetahuan ilmiah dapat diterapkan secara tepat dalam pengambilan keputusan dan perumusan kebijakan berkelanjutan. *Policy matrix* yang menggambarkan hubungan antara strategi-aktor-instrumen kebijakan-indikator kinerja dari pendekatan IDDE (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 *Policy matrix*, hubungan antara strategi-aktor-instrumen kebijakan-indikator kinerja dari pendekatan IDDE

Strategi Penguatan	Aktor Utama	Instrumen Kebijakan	Indikator Kinerja (Key Performance Indicator)	UN Decade of Ocean Science (2021–2030)
Pengembangan sistem penilaian daya dukung ekologi berbasis sains	BRIN, dan Perguruan Tinggi	Model IDDE, <i>Marine Environmental Monitoring System</i>	Protokol nasional IDDE dan integrasi data oseanografi-ekologi	Sains tentang laut untuk pengelolaan yang berkelanjutan
Integrasi IDDE dalam perencanaan ruang laut	KKP, Bappenas, PEMDA	Perencanaan Tata Ruang Laut dan Sistem Pendukung Keputusan	Batas pemanfaatan ruang laut ditetapkan berbasis nilai IDDE	Mengembangkan solusi kelautan bagi ketahanan iklim
Implementasi IDDE sebagai instrumen diagnostik kebijakan	Kementerian/Lemba ga lintas sektor	Naskah Kebijakan, dan <i>Blue Economy Dashboard</i>	Efektivitas kebijakan dapat diukur berdasarkan perubahan indeks	Meningkatkan pemanfaatan sains dalam kebijaka
Peningkatan kapasitas SDM masyarakat pesisir	PEMDA, LSM, dan Komunitas lokal	<i>Community-based monitoring</i> , pelatihan partisipatif	Meningkatnya keterlibatan publik dalam pemantauan daya dukung	Pemderdayaan masyarakat
Penguatan jejaring riset dan data lintas wilayah	BRIN, IOC-UNESCO, lembaga regional ASEAN	Program riset kolaboratif	Pembentukan observatorium regional daya dukung ekologi laut	Sistem data kelautan

C. Arah Pengembangan IDDE

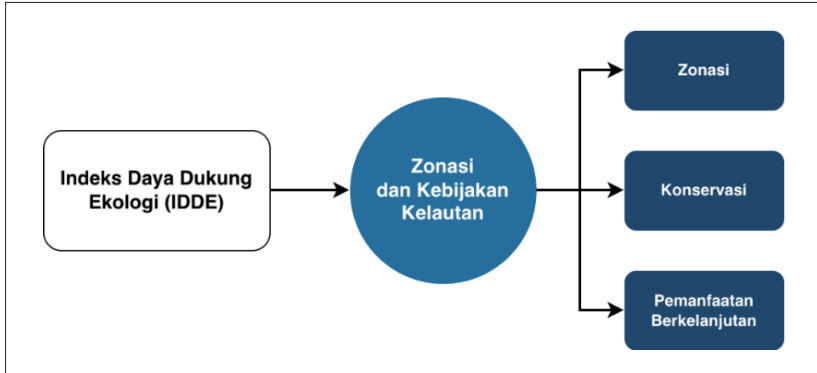
Pengembangan lanjutan IDDE diarahkan pada integrasi teknologi *big data* dan sistem pemantauan *real-time* berbasis sensor laut. Pendekatan ini memungkinkan IDDE menjadi instrumen prediktif yang dapat merespons dinamika sistem laut secara cepat dan adaptif. Dari sisi kelembagaan, dibutuhkan peran strategis dari seorang Profesor Riset untuk memperkuat jejaring lintas institusi, dan mengarusutamakan pemanfaatan IDDE dalam kebijakan pengelolaan wilayah laut nasional. Pembangunan ekosistem kolaboratif antara akademisi,

pemerintah, masyarakat pesisir, dan sektor swasta merupakan kunci keberhasilan implementasi IDDE dalam skala luas (Ostrom, 2009).

Dengan demikian, daya dukung ekologi menjembatani pembangunan ekonomi kelautan dan pelestarian ekosistem, merepresentasikan kontribusi sains dalam tata kelola laut yang adil dan berbasis bukti. Implementasinya menuntut kolaborasi lintas disiplin, keterlibatan peneliti, pembuat kebijakan, dan masyarakat pesisir, serta penguatan pendekatan adaptif untuk menghadapi perubahan iklim, sehingga Indonesia dapat memimpin inovasi tata kelola laut berkelanjutan yang resilien dan berkeadilan.

Inovasi pengembangan IDDE terumbu karang bertujuan untuk menjawab kebutuhan akan instrumen ilmiah yang mampu menilai kapasitas ekosistem dalam menopang aktivitas manusia secara berkelanjutan dan memperkuat implementasi ekonomi biru (Radiarta et al., 2021; Arifin et al., 2025). Integrasi IDDE dengan kebijakan ekonomi biru memperkuat penerapan prinsip *science-based policy*, sejalan dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDG) 14: *Life Below Water*, melalui perlindungan ekosistem laut, pemanfaatan berkelanjutan sumberdaya pesisir, dan peningkatan ketahanan sosial-ekonomi masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim (Arora et al., 2023). Selama ini, sebagian besar pendekatan pengelolaan terumbu karang masih bersifat sektoral dan deskriptif, belum mengintegrasikan dinamika ekologis, spasial, dan sosial dalam satu kerangka penilaian kuantitatif. Integrasi skala lokal dan regional, memungkinkan

penerapan IDDE pada tingkat perairan teluk maupun perairan kawasan strategis nasional (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Posisi IDDE dalam sistem zonasi dan kebijakan tata kelola ruang laut nasional

D. IDDE Sebagai *Policy Diagnostic Tool* untuk Menilai Efektivitas Tata Kelola Ruang Laut

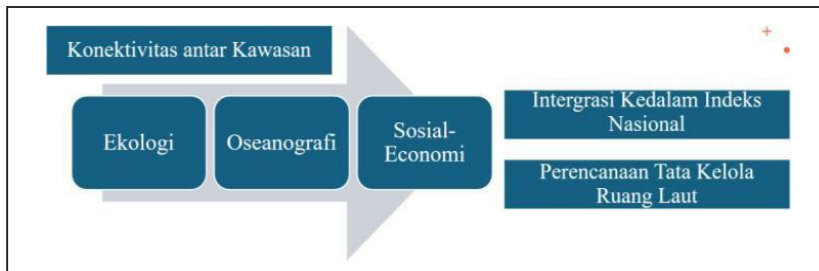
Inovasi utama IDDE terletak pada integrasi parameter biofisik, oseanografis, dan antropogenik (sosial-ekonomi) dalam model sistem dinamik yang merepresentasikan kapasitas ekosistem secara holistik dan kuantitatif. Pendekatan ini melalui pemanfaatan data penginderaan jauh, observasi *in-situ*, dan pemodelan spasial prediktif untuk menghasilkan peta zonasi daya dukung ekologis sebagai dasar ilmiah bagi tata kelola ruang laut berbasis ekosistem. Selain itu integrasi teknologi pemantauan laut dan analisis *big data* memperkuat presisi observasi jangka panjang, meningkatkan kemampuan prediksi terhadap dinamika ekosistem akibat tekanan antropogenik dan perubahan iklim. Berikut adalah peta jalan pengembangan IDDE tahun 2025–2045 (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Peta jalan pengembangan IDDE tahun 2025–2045

Periode	Fokus Utama	Teknologi dan Pendekatan Kunci	Fokus Resiliensi dan Konektivitas	Output Strategis
2025–2030	Fondasi data dan pemetaan dasar	<i>Remote sensing</i> ; standarisasi data	Identifikasi kondisi dasar resiliensi; dan pemetaan konektivitas antar terumbu	Peta dasar resiliensi; basis data IDDE; terumbu kunci (<i>refugia, source reefs</i>)
2030–2035	Integrasi big data dan pemodelan	Analisis Big data; AI dan <i>machine learning</i> ; pemodelan oseanografi	Analisis konektivitas fungsional (<i>source–sink</i>); dinamika pemulihan terumbu	Model prediktif resiliensi; peta konektivitas multi-skala; skenario pemulihan
2035–2040	Pemantauan real-time dan peringatan dini	Sensor in situ; Internet of Things (IoT); near real-time analysis	Resiliensi dinamis; deteksi dini gangguan dan perubahan konektivitas	Sistem peringatan dini; dashboard IDDE; protokol respons cepat
2040–2045	Pendukung keputusan & tata kelola adaptif	<i>Decision-Support System</i> (DSS); integrasi kebijakan	Optimalisasi jejaring KKP berbasis konektivitas; resiliensi sosial-ekologis	Jejaring KKP terhubung; evaluasi kebijakan adaptif; peningkatan resiliensi regional

E. Pembentukan *National Coral Reef Carrying Capacity Framework Indonesia*

Pembentukan *National Coral Reef Carrying Capacity Framework* (NCRCCF) berlandaskan pada keterhubungan ekologis, oseanografis, dan sosial-ekonomi antarwilayah, menjadikannya fondasi ilmiah bagi kerangka daya dukung nasional yang terpadu dan adaptif (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Ekoregional pembentukan NCRCCF Indonesia

- a) Keterhubungan Ekologis
Arus laut, dispersi larva, dan migrasi biota membentuk jaringan ekosistem terumbu karang yang saling bergantung. *Indonesian Throughflow*, misalnya berperan sebagai mekanisme transportasi nutrisi dan propagul antarwilayah, menjadikan daya dukung setiap lokasi saling terhubung secara ekologis.
- b) Keterhubungan Oseanografis
Proses hidrodinamika membentuk sistem sirkulasi yang mengatur distribusi suhu, salinitas, dan kesuburan perairan. Hal ini menentukan daya dukung ekosistem secara spasial.
- c) Integrasi dalam Kerangka Nasional
Melalui pendekatan lintas lokasi, NCRCCF berfungsi sebagai kerangka sintesis nasional yang mengintegrasikan hasil penilaian IDDE lokal menjadi basis kebijakan nasional untuk:

- 1) Zonasi laut nasional (konservasi dan pemanfaatan)
- 2) Perencanaan adaptasi perubahan iklim pesisir.

V. KESIMPULAN

Pendekatan IDDE terumbu karang menawarkan kerangka tata kelola ruang laut berbasis ekosistem, penerapannya menghadapi berbagai keterbatasan, antara lain ketersediaan data *time series* dan asimetri kapasitas antar pemangku kepentingan. Selain itu, kompleksitas sistem sosial-ekologis dan tantangan integrasi sains dan kebijakan, serta komitmen jangka panjang agar IDDE dapat berfungsi secara efektif.

Kerangka konseptual IDDE

Memberikan ruang dan batas ekologis bagi pemanfaatan sumberdaya laut, meningkatkan presisi penataan ruang laut, penguatan manajemen konservasi dan restorasi terumbu karang, serta pemantauan adaptif terhadap dinamika lingkungan laut.

Metodologi integratif

Pendekatan IDDE memperluas konsep daya dukung klasik yang umumnya bersifat statis dan berbasis biotik tunggal, dengan memasukkan dimensi oseanografi serta tekanan antropogenik (sosial-ekonomi) multiskala ke dalam kerangka penilaian kapasitas ekosistem. Integrasi ini memungkinkan karakterisasi yang lebih realistis terhadap interaksi non-linear antara faktor fisik, biologis, dan sosial dalam sistem pesisir tropis.

Kontribusi kebaruan (*novelty*)

IDDE sebagai instrumen lintas-batas antara sains dan kebijakan, di mana hasil riset kuantitatif (nilai indeks) diterjemahkan menjadi dasar pengambilan keputusan adaptif.

Implikasi bagi sains dan kebijakan

IDDE menjadi model komprehensif penilaian daya dukung ekologi terumbu karang berbasis pendekatan empiris, spasial, dan sistem dinamik dalam mendukung pencapaian SDG dan penerapan ekonomi biru berbasis ekosistem.

VI. PENUTUP

Pengembangan IDDE mencerminkan pergeseran epistemologis dalam ilmu ekologi pesisir, dari upaya memahami ekosistem sebagai entitas statis menuju pengakuan atas sifatnya yang kompleks, dinamis, dan sarat ketidakpastian. Tantangan perubahan iklim, tekanan antropogenik dan degradasi habitat menuntut integrasi sains, kebijakan, dan praktik lokal dalam sistem adaptif.

Pemerintah pusat dan daerah bertanggung jawab menyediakan regulasi, pendanaan, dan kelembagaan untuk penerapan IDDE secara konsisten. BRIN dan Perguruan Tinggi berperan sebagai pelopor pengembangan metodologi ilmiah lintas skala dan ekosistem, sementara masyarakat lokal, nelayan, dan komunitas adat menjadi penjaga pengetahuan ekologis kontekstual.

Sektor swasta dituntut menerapkan prinsip keberlanjutan dalam setiap aktivitas ruang laut. Kolaborasi lintas sektor yang dilandasi tanggung jawab bersama menjadi kunci pengelolaan ruang laut. Sinergi antara sains, kebijakan, dan partisipasi pemangku kepentingan menempatkan IDDE terumbu karang sebagai tonggak strategis bagi masa depan ekosistem laut dan kesejahteraan masyarakat pesisir lintas generasi. Arah riset lanjutan difokuskan pada pembangunan sistem pemantauan berbasis *big data*, integrasi nilai ekosistem, serta penyusunan standar nasional IDDE terumbu karang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT. atas rahmat dan ridhanya sehingga naskah orasi ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada Presiden Republik Indonesia, Bapak Jenderal TNI (Purn.) Prabowo Subianto dan Presiden RI ke-7 Ir. H. Joko Widodo atas amanat dan penugasan saya sebagai peneliti ahli utama di BRIN, Kepala BRIN Prof. Dr. Arif Satria, M.Si. atas kesempatan kepada saya untuk melakukan orasi ilmiah, dan Wakil Kepala BRIN, Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc. DESD., IPU., ASEAN.Eng.; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Dr. Ir. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE., Ph.D.; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Dr. Ir. Zainal Arifin, M.Sc.; Kepala BRIN periode 2021-2025, Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc. Tim Penelaah Naskah Orasi; Prof. Dr. Ir. Andi Akhmad Mustafa, M.P.; Prof. Dr. Agus Heri Purnomo, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Yohanes Purwanto, dan Prof. Dr. Ir. Budimawan Pagalay, DEA, terima kasih atas arahannya.

Terima kasih kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.IP., M.A., Kepala BOSDM BRIN, Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si., Kepala Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan Dr. Andes Hamuraby Rozak, M.Sc. dan Kepala Pusat Riset Ekologi Asep Hidayat, M.Agr., Ph.D., dan Panitia Pelaksana Orasi Pengukuhan Profesor Riset ini.

Perjalanan karier saya tidak terlepas dari dukungan mulai dari pendidikan sekolah dasar (SD) sampai tingkat doktor (Dr.). Terima kasih kepada bapak/ibu guru yang tidak bisa disebut satu per satu atas jasa yang tak terhingga. Terima kasih kepada para pembimbing sarjana (S-1), Magister (S-2), dan Doktor (S3), yaitu Prof. Dr. Dietrich G.

Bengen, DEA., Dr. John Pariwono, M.Sc., Prof. Dr. Dedi Soedharma, DEA., Dr. Unggul Aktani, M.Sc. (alm.), Dr. Victor P.H. Nikijuluw, M.Sc., serta para dosen yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan nasihat selama menempuh pendidikan di Institut Pertanian Bogor (IPB).

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada para mantan pimpinan dan kolega saat saya di KKP dan yang saat ini di BRIN. Terima kasih kepada kolega internasional dan nasional (PEMDA dan Perguruan Tinggi) atas kesempatan berkolaborasi riset dalam perjalanan karir saya. Terima kasih juga kepada para periset, anggota Kelris dan tim manajemen PRE ORHL, yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas dukungan dan kerja sama yang luar biasa selama ini.

Takzim dan hormat serta sujud kepada kedua orang tua saya, Bapak M. Arifin (alm.) dan Ibu Hj. Araleng yang telah memberikan segalanya, kepada pamanda dan istri (Drs. Fihrin, M.Si., dan Hj. Niswah (almh.)), mendidik dan mendorong saya untuk terus menuntut ilmu, serta berdoa tiada henti. Terima kasih kepada adik tercinta: M. Rusli Arifin, Dr. Gunawan Arifin, MH., Eryna Arifin, Zulfadliyani dan Hafidzuddin, serta ponakan tersayang (Nurul Afiqah Arifin, Aisyah Ramadhani Arifin, Mahira A. Ramadhana, Nailah A. Ramadhana dan Muhammad Faizan), atas dukungan yang sangat besar kepada saya. Terima kasih teruntuk istri saya, Dr. Irma Shita Arlyza, M.Si. (almh.) dan Chitra Nita, S.E, serta mertua, adik/kakak ipar atas segala perhatian dan doanya.

Sebagai penutup, segala yang ada hanyalah milik Allah. Terima kasih atas perhatiannya dan mohon maaf atas segala kekurangan serta kekhilafan dalam penyampaian orasi ilmiah ini.

Wabillaahi taufiq wal hidayah. Wassalaamu a'laikum warahmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, L., Kurniawan, F., Sjafrie, N.D.M., Romadhon, A., Damar, A., Bengen, D.G., & Kleinertz, S. (2021). Assessing social-ecological system carrying capacity for urban small island tourism: The case of Tidung Islands, Jakarta Capital Province, Indonesia. *Ocean and Coastal Management*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105844>
- Adyasari, D., Pratama, M.A., Teguh, N.A., Sabdaningsih, A., Kusumaningtyas, M.A., & Dimova, N. (2021). Anthropogenic impact on Indonesian coastal water and ecosystems: Current status and future opportunities. *Marine Pollution Bulletin*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112689>
- Agus, S.B., Friansyah, Arifin, T., Johan, O., Pryambodo, D.G., Yulius, Ramdhan, M., Rahmania, R., Fihrin, H., Purwanto, A.D., Parenrengi, A., Daulat, A., Asaf, R., Ningsih, A., Auliya, D., & Sadad. (2025a). Assessing long-term sedimentation impacts on Indonesian coral reefs using remote sensing and Google Earth Engine. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* (Under Review, 07 October 2025). <https://link.springer.com/journal/12524>
- Agus, S.B., Maulana, A.S., Arifin, T., Yulius, Putra, A., Ramdhan, M., Heriati, A., Rahmania, R., Prihantono, J., Purbani, D., & Sufyan, A. (2025b). Temporal mapping of coral reef habitat changes using satellite imagery in Rakit and Liang Islands, Sumbawa Regency, Indonesia. *Geography, Environment, Sustainability*. (Accepted/in press). <https://ges.rgo.ru/jour>
- Ahmad, I., Guo, P., Zhao, M.X., Zhong, Y., Zheng, X.Y., Zhang, S.Q., Qiu J.-W., Shi, Q., Yan, H.Q., Tao, S.C., & Xu, L.J. (2024). Coral reefs of Pakistan: a comprehensive review of anthropogenic threats, climate change, and conservation status. *Frontiers*

in *Marine Science*, 11:1466834. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1466834>. Allen Coral Atlas: <https://allencoralatlas.org/atlas>. (Diakses tanggal 16 Juni 2025).

- Amri, S.N., & Arifin, T. (2016). Adaptation strategy of seaweed cultivation to face the climate change (Case study in Segoro Anakan Bay Ngadirojo, Pacitan). *Forum Geografi*, 30(1): 34–44. <http://Journals.ums.ac.id/index.php/fg/article/view/1114>
- Amri, S.N., & Arifin, T. (2019). Siklus pemanfaatan energi sumberdaya pesisir oleh aktivitas manusia berbasis loop autokatalitik di Kota Makassar. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 14(1):101–114.
- Amri, S.N., & Arifin, T. (2018). Daya dukung spasial kawasan pertambakan melalui interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2 studi kasus Kabupaten Maros Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(1): 39–51. <https://doi.org/10.15578/jkn.v1i1.6473>
- Arora, N.K., Mishra, I., & Arora, P. (2023). SDG 14: life below water-viable oceans necessary for a sustainable planet. *Environmental Sustainability*, 6:433–439. <https://doi.org/10.1007/s42398-023-00299-0>
- Arifin, T., Yulius., Ramdhan, M., Johan, O., Gunawan, D.P., Heriati, A., Mustikasari, E., Rahmania, R., Purbani, D., Dillenia, I., Agus, S.B., Asaf, R., Hatta, M., Marzuki, I., Akhwady, R., Sufyan, A., Fihrin, H., Septiningsih, E., Wahyono, A., & Athirah, A. (2025). Mariculture site selection based on water quality, cultivation, and ecological condition. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 11(1): 129–146. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2025.01.08>
- Arifin, T., Yulius, Rahmania, R., Ramdhan, M., Wahyono, A., Purnomo, A.H., Bengen, D.G., Fihrin, H., Moore, A.M., Agus, S.B., Ningsih, A., Sadad, Hidayat, R., Parenrengi, A., & Masitoh, D. (2025). Advancing coral reef sustainability through multidimensional policy-oriented management: Lessons from Saleh Bay, Indonesia.

Environmental Development (Under Review, 23 July 2025).
<https://www.editorialmanager.com/envdev/default2>

- Arifin, T., Amri, S.N., Rahmania, R., Yulius, Ramdhan, M., Chandra, H., Adrianto, L., Bengen, D.G., Kurniawan, F., & Kurnia, K. (2023). Forecasting land-use changes due to coastal city development on the peri-urban area in Makassar City, Indonesia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(1): 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.02.002>
- Arifin, T., Rahmania, R., Yulius, Gunawan, D.P., Setyawidati, N.A., Gusmawati, N., & Ramadhan, M. (2020). Changes of coral reefs condition in the core zones of Kapoposang Island MPA, Makassar Straits. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 486:012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012019>
- Arifin, T.**, Daulat A., Ramdhan, M., Rahmania, R., Yulius, Setyawidati, N.A., Gusmawati, N., Kusuma, L.P.A.Ch. (2020). The use of high resolution satellite imagery to identify coral reef cover and its correlation with the abundance of reef fish in Nias Island, North Sumatera, Indonesia. *AACL Bioflux*, 13(3). <http://www.bioflux.com.ro/aac1>
- Arifin, T.**, Arlyza, I.S., Agus, S.B., & Gusmawati, N.F. (2019). *Profil Lingkungan Terumbu Karang Teluk Jakarta*. Bogor: PT Penerbit IPB Press, 116 hlm. ISBN: 978-602-440-814-5.
- Arifin, T.**, & Waluyo, W. (2018). Analisis daya dukung ekologi untuk pengembangan budidaya rumput laut di bagian utara Teluk Bone. *Tataloka*, 20(1): 12–22. <https://doi.org/10.14710/tataloka.20.1.12-22>
- Arifin, T.**, Yulius, Mustikasari, E., Heriati, & Ramdhan, M. (2017). *IPTEK Sumber Daya Pesisir untuk Pengembangan Blue Economy di Pulau Lombok*. Bogor: PT Penerbit IPB Press. ISBN: 978-602-440-072-9.
- Arifin, T.**, Bohari, R., & Arlyza, I.S. (2014a). Analisis kesesuaian ruang berbasis budidaya laut di Pulau-Pulau Kecil Makassar:

Aplikasi sistem informasi geografis. *Forum Geografi*, 28(1): 91–102.

Arifin, T., Pranowo, W.S. & Zulham, A. (2014b). *Dinamika Teluk Jakarta: Analisis Prediksi Dampak Pembangunan Tanggul Laut Jakarta (Jakarta Giant Sea Wall)*. Bogor: PT Penerbit IPB Press. ISBN: 978-979-493-776-1.

Arifin, T., & Kepel, T.L. (2014c). Analisis ekologi-ekonomi pengembangan Minapolitan Perikanan Budidaya di Provinsi Gorontalo. *Jurnal Sosek Kelautan dan Perikanan*, 9(2).

Arifin, T., & Kepel, T.L. (2013a). Status keberlanjutan pengelolaan terumbu karang di Pulau-Pulau Kecil Kota Makassar (studi kasus di Pulau Barrang Lompo dan Pulau Barrang Caddi). *Jurnal Segara*, 9(1): 1–12.

Arifin, T., Kepel, T.L., & Amri, S.N. (2013b). Analisis tipologi wilayah dalam mendukung pengembangan minapolitan di Provinsi Gorontalo. *Tataloka*, 15(2) :129–139.

Arifin, T., Yulius, & Ismail, M.F.A. (2012). Kondisi arus pasang surut di perairan pesisir kota Makassar, Sulawesi Selatan. *Depik*, 1(3): 183–188.

Arifin, T., Yulius, & Arlyza, I.S. (2011). Pola sebaran spasial dan karakteristik nitrat-fosfat-oksigen terlarut di perairan pesisir Makassar. *Jurnal Segara*, 7(2): 88–96.

Arifin, T. (2007). Indeks keberlanjutan ekologi-teknologi ekosistem terumbu karang di Selat Lembeh, Kota Bitung. *Journal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 33(2): 307–323.

Azzahra, R.Y., Yulius, Agus, S., Aditama, F., **Arifin, T.**, Putra, A., Rahmania, R., Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Salim, H., Ramdhan, M., Wahyono, A., Sadad, Ningsih, A., & Asyiri, A. (2025). Advancing mangrove carbon stock monitoring with drone and pleiades imagery on Gilibakau Island-Saleh Bay,

Indonesia. *Journal of Marine and Island Cultures*, 14(1). <https://doi.org/10.21463/jmic.2025.14.1.06>

- Bakker, A.C., Gleason, A.C.R., Dempsey, A.C., Fox, H.E., Green, R.H., & Purkis, S.J. (2024). Remotely sensed habitat diversity predicts species diversity on coral reefs. *Remote Sensing of Environment*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.113990>
- Bartley, R., Speirs, W.J., Ellis, T.W., & Waters, D.K. (2012). A review of sediment and nutrient concentration data from Australia for use in catchment water quality models. *Marine Pollution Bulletin*. 65(4–9): 101–116. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.08.009>
- Barroso, H.d.S., Tavares, T.C.L., Soares, M.d.O., Garcia, T.M., Rozendo, B., Vieira, A.S.C., Viana, P.B., Pontes, T.M., Ferreira, T.J.T., Filho, J.P., Schettini, C.A.F. & Santaella, S.T. (2018). Intra-annual variability of phytoplankton biomass and nutrients in a tropical estuary during a severe drought. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, p. 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.08.023>
- Bellaputeri, Yulius, Putra, A., Ramdhan, M., Ramli, R., Sam, H. Y., Ismail, M.T., Syaquiyah, M.L., **Arifin, T.**, Duhri, A., & Pratomo, J. (2025). Spatial dynamics of mangrove community ecosystem in Muaragembong, Indonesia: Integrating drone data, NDVI, and SVM. *Journal of Marine and Island Cultures*, 14(3): 196–212. <https://doi.org/10.21463/jmic.2025.14.3.12>
- Bellwood, D.R., Hughes, T.P., Folke, C., & Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429:827–833. <https://doi.org/10.1038/nature02691>
- Boldt, J.L., Hazen, E.L., Hunsicker, M.E., Fu, C., Perry, R.I. & Shan, X. (2021). Quantifying ecosystem responses to environmental and human pressures in the marine ecosystem off the west coast of Vancouver Island. *Ecological Indicators*, 132, ISSN 1470-160X. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108232>

- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M. & Perry, A. (2012). Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle. *World Resources Institute*. ISBN 978-1-56973-791-0. <https://www.researchgate.net/publication/263705687>
- Cao, Y., Xu, H., & Wu, X. (2023). Integrated ecological carrying capacity assessment in coastal zones: Linking spatial planning and ecosystem management. *Ocean & Coastal Management*, 231, 106525.
- Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., Jager, J., & Mitchell, R.B. (2003). Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14): 8086–8091. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231332100>
- Ceccaldi, H.J., Hénocque, Y., Komatsu, T., Prouzet, P., Sautour, B., & Yoshida, J. (Eds.). (2020). Evolution of marine coastal ecosystems under the pressure of global changes. *Proceedings of Coast Bordeaux Symposium and of the 17th French-Japanese Oceanography Symposium*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-43484-7>
- Chen, M., Su, F., Cheng, F., Zhang, Y., & Wang, X. (2021). Development of a comprehensive assessment model for coral reef island carrying capacity (CORE-CC). *Scientific Reports*, 11:3917. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83481-w>
- Dedi, & **Arifin, T.** (2017). Kondisi kesehatan karang di Pulau-Pulau Kecil Teluk Jakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*, 11(3):175-187.
- Dedi, Zamani, N.P., & **Arifin, T.** (2017). Hubungan parameter lingkungan terhadap gangguan kesehatan karang di Pulau Tunda - Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, 11(2): 105–118.
- Eddy, T.D., Lam, V.W.Y., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A.M., Greer, K., Palomares, M.L.D., Bruno, J.F., Ota, Y., & Cheung, W.W.L. (2021). Global decline in capacity of coral reefs

to provide ecosystem services. *One Earth*, 4(9): 1278–1285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>

Elzahra, N., Anzani, L., Yulius, Ramdhan, M., Purbani, D., Putra, A., **Arifin, T.**, Salim, H.L., Purwanto, A.D., Prihantono, J., Rahmania, R., Purnamaningtyas, S.E., & Ratnawati, H.I. (2026). Changes in Chlorophyll-A Concentration as an Indicator of Primary Productivity in Waters Before and After Sea Fencing on The Coast of Tangerang, Indonesia. *Geographia Technica*, 21(1): 1–15. https://doi.org/10.21163/GT_2026.211.01

[FAO] Food and Agriculture Organization. (2022). The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards Blue Transformation. Rome: FAO.

Febriandi, Fatimah, S., Triyatno, Hermon, D., Putra, A., Mutmainah, H., **Arifin, T.**, & Akhwady, R. (2025). Predicting of land cover changes until 2030 and assessing sustainability status in the Mandeh Region, Indonesia. *Geographia Technica*, 20(1): 263–280. https://doi.org/10.21163/GT_2025.201.18

Fihirin, H., **Arifin, T.**, Hidayat, R., Rahmania, R., Yulius, Gunawan, D., & Ramdhan, M. (2022). The dynamic coverage of coral reef habitat in Kapoposang Marine Tourism Park, Spermonde Island - Makassar Strait, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1033:012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1033/1/012031>

Firdaus, Y., Sianturi, D.S.A., **Arifin, T.**, Pasaribu, P.H.P., Rahmila, Y.I., Wardah, Setiawan, M., Faubiany, V., Tumuyu, S.S., Chandra, H., Rahmania, R., Januar, H.I., Sundari, S., Sadili, A., Kuncari, E.S. & Utomo, P.M. (2025). Efficiency matrix framework enhancement of waste management system in small island developing states: Case Study in Kepulauan Seribu, Indonesia. *Journal of Marine and Island Cultures*, 14(2). (Accepted). <https://jmnic.online/>

GESAMP. (2001). [Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection] (IMO/FAO/ UNESCO-IOC/

WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) and Advisory Committee on Protection of the Sea. 2001. *Protecting the oceans from land-based activities - Land-based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment*. Rep. Stud. GESAMP No. 71, 162 pp.

Giyanto, Mumby, Dhewani, N., Abrar, M., & Iswari, M.Y. (2017). *Indeks Kesehatan Terumbu Karang Indonesia*. Jakarta: COREMAP – CTI, Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI

Grorud-Colvert, K., Sullivan-Stack, J., Roberts, C., Constant, V, Horta, E., Costa, B, Pike, E.P., Kingston, N., Laffoley, D., Sala, E., Claudet, J., Friedlander, A.M., Gill, D.A., Lester S.E., Day, J.C., Gonçalves, E.J., Ahmadi, G.N., Rand, M., Villagomez, A., Ban, N.C., Gurney, G.G., Spalding A.K., Bennett, N.J., Briggs, J., Morgan, L.E., Moffitt, R., Deguignet, M., Pikitch, E.K., Darling, E.S., Jessen, S., Hameed, S.O., Di Carlo, G, Guidetti, P., Harris, J.M., Torre, J., Kizilkaya, Z., Agardy, T., Cury, P., Shah, N.J., Sack, K., Cao, L., Fernandez, M., & Lubchenco, J. (2021). The MPA Guide: A framework to achieve global goals for the ocean. *Science*, 2021:373(6560):eabf0861. <https://doi.org/10.1126/science.abf0861>

Guan, S., Qu, F., & Qiao, F. (2023). United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): From innovation of ocean science to science-based ocean governance. *Frontiers in Marine Science*, 9:1091598. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1091598>

Hadi, A.T., Abrar, M., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyanto, A., Dzumalek, A.R., Alifatri, L.O., Sulha, S., & Suharsono. (2019). The status of Indonesian coral reefs 2019. *Research Center for Oceanography - Indonesian Institute of Sciences*. ISBN 978-602-6504-29-6.

- Hartvigsen, G. (2017). Carrying Capacity, Reference Module in Life Sciences. *Elsevier*, ISBN 9780128096338. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02393-1>
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A Global map of human impact on marine ecosystems Benjamin S. Halpern, *Science* 319:948. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>
- Herdianti, T.P., Putra, A., Yulius, Prihantono, J., Agus, S.B., Heriati, A., **Arifin, T.**, Hartati, S.T., Akhwady, R., Ramdhan, M., Suryono, D.D., Hilmawan, A., Rahmania, R., Ningsih, A., Sadad, Mudjijono, & Asyiri, A. (2025). Habitat assessment of whale sharks (*Rhincodon typus*) in Saleh Bay, Indonesia: Linking chlorophyll-A and sea surface temperature using Aqua Modis Data. *Geographia Technica*, 20(2): 52–64. https://doi.org/10.21163/GT_2025.202.04
- Holling, C.S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. In: P.C. Schulze (ed.), *Engineering Within Ecological Constraints*, pp. 31–44. Washington D.C: National Academy Press.
- Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 4:1–23. <https://doi:10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Hughes, T.P., Barnes, M.L., Bellwood, D.R., Cinner, J.E., Cumming, G.S., Jackson, J.B.C., Kleypas, J., Leemput, I.A., Lough, J.M., Morrison, T.H., Palumbi, S.R., Nes, E.H., & Scheffer, M. (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, 546:82–90. <https://doi.org/10.1038/nature22901>
- Heriati, A., Solihuddin, T., Marzuki, M.I., **Arifin, T.**, Purbani, D., Husrin, S., Kepel, T.L., Mustikasari, E., Tito, C.K., Daulat, A.,

& Salim, H.L. (2022). Panimbang coastal area planning based on disaster mitigation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1095:012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1095/1/012005>.

IOC-UNESCO. (2021). *MSP Global International Guide on Marine Spatial Planning*. Paris: UNESCO.

IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E.S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S.M. Subramanian, G.F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis, & C.N. Zayas (eds.). Bonn, Germany: IPBES secretariat. 56 pp.

Iskandar, M.R., Ismail, M.F.A., **Arifin, T.**, & Chandra, H. (2021). Marine heatwaves of sea surface temperature of south Java. *Heliyon*, 7:e08618. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08618>

Ismail, M.F.A., Karstensen, J., Sulaiman, A., Priyono, B., Budiman, A.S., Basit, A., Purwandana, A., & **Arifin, T.** (2024). Observations of barrier layer seasonal variation in the Banda Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 129(6). <https://doi.org/10.1029/2023JC020829>

Ismail, M.F.A., Karstensen, J., Ribbe, J., **Arifin, T.**, Chandra, H., Akhwady, R., Yulihastin, E., Basit, A., & Budiman, A.S. (2023). Seasonal mixed layer temperature and salt balances in the Banda Sea observed by an Argo float. *Geoscience Letters*, 10(10). <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00266-x>

- Ismail, M.F.A., Ribbe, J., **Arifin, T.**, Taofiqurohman, A., & Anggoro, D. (2021). A census of eddies in the tropical eastern boundary of the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*(126) e2021JC017204. <https://doi.org/10.1029/2021JC017204>
- Johan, O., Mustikasari, E., Heriati, A., Ramdhan, M., **Arifin, T.**, Yulius, & Salim, H.L. (2023). Coral resistance in coral bleaching events in Lombok waters, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1163:012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1163/1/012005>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 Tentang: Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Khaerunnisa, A.P., Agus, S.B., **Arifin, T.**, Panjaitan, J.P., Adriani, Natih, N.M.N., Rahmania, R., Yulius, Ramdhan, M., Asaf, R., Fihrin, H., Ningsih, A, Sadad, & Hidayat, R. (2025). Impact of bio-ecological and oceanographic factors on pelagic fish productivity in Saleh Bay, Indonesia (Chapter 8). In: Basyumi, M., & Ritonga, F.N. (eds.), *Biodiversity: Global Patterns, Conservation Strategies, and Ecosystem Resilience*. Nova Science Publishers, Inc. (Accepted/in press). www.novapublishers.com
- Kurniawan, F., Adrianto, A., Bengen, D.G., & Prasetyo, L.B. (2016). Patterns of landscape change on small islands: A case of Gili Matra Islands, Marine Tourism Park, Indonesia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 227: 553-559. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.114>
- Kusuma, A.H., **Arifin, T.**, & Kusumantoro, B.W. (2023). Growth rate of coral transplantation of *Acropora formosa* in Tidung Island, Kepulauan Seribu Regency, Province of DKI Jakarta. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4): 164–170. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i4.5485>
- Kusuma, A.H., Prartono, T., Atmadipoera, A.S., & **Arifin, T.** (2015). Sebaran logam berat terlarut dan terendapkan di perairan Teluk

Jakarta pada bulan September 2014. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 6(1): 41–49. <https://doi.org/10.24319/jtpk.6.41-49>

- Kusumawati, E., Susilo, S.B., Agus, S.B., **Arifin, T.**, & Yulius. (2010). Analisis penentuan sebaran konsentrasi klorofil-a dan produktivitas primer di Perairan Teluk Saleh menggunakan citra satelit Landsat OLI 8. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(3): 671–679. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.671-679>
- Lam, V.Y.Y., Doropoulos, C., Bozec, Y.-M., & Mumby, P.J. (2020). Resilience concepts and their application to coral reefs. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8:49. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00049>
- Lentz, S.J., Cohen, A.L., Mollica, N.R., Fox, M., Zhang, W., Poemnamthip, P., & McCorkle, D.C. (2025). Impact of El Niño-Southern Oscillation on the alkalinity and salinity of a coral reef lagoon in the Equatorial Pacific Observations and a Model. *JGR Oceans*, 130(6). <https://doi.org/10.1029/2024JC021843>
- Limmon, G.V., Haulussy, Z., Loupatty, S.R., & Manuputty, G.D. (2023). Corals diversity at waters of Southern Ambon Island, Maluku. *AIP Conference Proceedings*, 2588. <https://doi.org/10.1063/5.0111963>
- Louro da Silveira, C.B., Strenzel, G.M.R., Maida, M., Gaspar A.L.B., & Ferreira, B.P. (2021). Coral reef mapping with remote sensing and machine learning: A nurture and nature analysis in marine protected areas. *Remote Sensing*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/rs13152907>
- Magris, R.A. & Pressey, R.L. (2018). Marine protected areas: Just for show? *Science*, 360(6390):723-724. <https://doi.org/10.1126/science.aat6215>
- Majumdar, S.D., Hazra, S., Giri, S., Chanda, A., Gupta, K., Mukhopadhyay, A., & Roy, S.D. (2018). Threats to coral reef

- diversity of Andaman Islands, India: A review, *Regional Studies in Marine Science*, 24:237-250. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.08.011>
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62(1): 3–65.
- Maulsyid, R.P., Arifin, W.A., Yulius, **Arifin, T.**, Purwanto, A. D., Putra, A., Ramdhan, M., Rahmania, R., Prihantono, J., Frananda, H., Salim, H. L., & Ramadhan, R. (2015). Spatial modelling of mangrove above-ground carbon stock using vegetation indices and LULC changes in coastal area of Teluknaga and Kosambi, Indonesia. *Anthropocene Coasts*. (Accepted/in press). <https://link.springer.com/journal/44218>
- Marpaung, L.S., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., & **Arifin, T.** (2018). Daya dukung budidaya ikan kerapu pada keramba jaring apung Teluk Awang dan Teluk Bumbang, NTB. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 9(1): 43–53. <https://doi.org/10.24319/jtpk.9.43-53>
- Matthew, E., Watts, Ian R., Ball, Romola, S., Stewart, Carissa, J., Klein, Wilson, K., Steinback, C., Lourival, R., Kircher, L., & Possingham, H.P. (2009). Marxan with Zones: Software for optimal conservation based land and sea-use zoning, *Environmental Modelling & Software*, 24(12): 1513–1521. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.06.005>
- Mayzura, K.A., Azzari, L., Ramdhan, M., Rahmania, R., Prahastono, J., Ati, R.N.A., Yulius, **Arifin, T.**, Putra, A., Purwanto, A.D., & Suryono, D.D. (2025). Dynamics above-ground carbon stock mangrove ecosystems based on PlanetScope imagery in coastal Pakuhaji-Tangerang, Indonesia. *Journal of Marine and Island Cultures*. 14(3): 213–232. <https://doi.org/10.21463/jmic.2025.14.3.13>
- McClanahan, T.R., Azali, M.K., Muthiga, N.A., Porter, S.N., Schleyer, M.H., & Guillaume, M.M.M. (2024). Complex multivariate model

predictions for coral diversity with climatic change. *Ecosphere*, 15:12. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70057>

- McWhorter, J.K., Roman-Stork, H.L., Le Hénaff, M., Frenzel, H., Johnston, M.A., Cornec, M., & Osborne, E. (2024). Mesoscale eddies influence coral reef environments in the northwest Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 129:e2023JC020821. <https://doi.org/10.1029/2023JC020821>
- Mills, M.M., Baird, M.E., & Mongin, M. (2024). A growth model for Antarctic benthic algae based on energy limitation and sigmoid functions. arXiv preprint arXiv:2403.15002. <https://arxiv.org/abs/2403.15002>
- Muhaemin, M., Versadhasa, V., **Arifin, T.**, & Fihrin, H. (2023). Variabilitas nutrien organik dan fotopigmen klorofil-a saat indikasi pemutihan karang di Taman Wisata Perairan (TWP) Kapoposang, Spermonde Selat Makassar. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 06(02).
- Muhaemin, M., **Arifin, T.**, Mahdafikia, N., & Fihrin, H. (2022). Pengaruh parameter oseanografi fisik terhadap indikasi pemutihan karang (*coral bleaching*) di Taman Wisata Perairan (TWP) Kapoposang Spermonde Selat Makassar. *Journal of Marine Research*, 11(4); 587–597. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.33401>
- Munch, S.B., & Brias, A. (2024). Empirical dynamic programming for model - free ecosystem - based management. *Methods Ecology and Evolution*, 15:769–778. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14302>
- Murray, Nn.J., Worthington, T.A., Bunting, P., Duce, S., Hagger, V., Lovelock, C.E., Lucas, R., Saunders, M.I., Sheaves, M., Spalding, M., Waltham, N.J., & Lyons, M.B. (2022). High- resolution mapping of losses and gains of Earth’s tidal wetlands. *Science*, 376(6594): 744–749. <https://doi.org/10.1126/science.abm9583>

- Mustofa, A. & Prasetyo, B.A. (2020). Data integration through WebGIS to inform spatial status of coral reefs in Lampung Province, Indonesia. *Journal of Applied Geospatial Information*, 4(2). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAGI>
- Naranjo-Arriola, A. (2021). Tourist carrying capacity as a sustainability management tool for coral reefs in Caño Island Biological Reserve, Costa Rica. *Ocean & Coastal Management*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105857>
- Nufus, N.I., Yulius, Agus, S.B., **Arifin, T.**, Putra, A., Salim, H.L., Rahmania, R., Prihantono, J., Purbani, D., Purwanto, A.D., & Ramdhan, M. (2026). Spatio-temporal variation of sea surface temperature, chlorophyll-a, and wind direction on *Euthynnus affinis* fishing productivity in fisheries management area 712. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries (EJABF)*, 30(1): 63–81. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2026.436403.6884>
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. Third Edition, Philadelphia: W.B. Saunders Co. pp. 1-574.
- Persada, A.T., Yulius, Agus, S.B., Salim, H.L., Dillenia, I., **Arifin, T.**, Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Purnamaningtyas, S.E., Tjahjo, D.W.H., Ramdhan, M., Suryawati, S.H., Wahyono, A., Wishu, U.J., Zulfiandi, & Kurniawani, F. (2025). Olipier cultural site vulnerability analysis in East Belitung, Indonesia: Cultural resources vulnerability (CRV) methods. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 28:167–184. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2025.03.001>
- Putra, A., Faristyawan, R., Triyatno, Putra, B. G., Prasetyo, A., Yulius, Ameliya, Z., **Arifin, T.**, Razi, P., & Triarjunet, R. (2026). Land cover changes (2002–2022) using Landsat imagery and pixel-based classification: Supporting coastal conservation strategies in Tanjung Mutiara. In: Sumantyo, J.T.S., Razi, P. (eds), *Advances in Geoscience and Remote Sensing Technology*. IC-GEOREST 2024. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*.

Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-95-3075-5_57

- Putri, D., Yulius, Rosalia, A.A., **Arifin, T.**, Putra, A., Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Salim, H.L., Hartati, S.T., Ramdhan, M., Wahyono, A., & Rahmania, R. (2025). Influence of sea surface temperature and chlorophyll-a on mackerel productivity in Banten Bay, Indonesia: Analysis using Aqua Modisdata (2014–2023). *Geographia Technica*, 20(1): 44–63. https://doi.org/10.21163/GT_2025.201.05
- Qiu, D. (2024). Carrying capacity: Theory and research methods. In: *Carrying Capacity of China's Resources, Environment, Population, and Economy*. Singapore: *Springer*. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9046-7_1
- Rahman, A.M., Purbani, D., Agus, S.B., **Arifin, T.**, Yulius, Y., Putra, A., Heriati, A., Prihantono, J., Akhwady, R., Sufyan, A., Mustikasari, E., Purnamaningtyas, S.E., Rahmania, R., Ramdhan, M., Ningsih, A., Sadad, S., & Wahju, H.T.D. (2025). Hydrodynamic modeling of pollutant distributions from the Bera Watershed and its impact to the coastal area of Saleh Bay, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Geographia Technica*, 20(2): 31–51. https://doi.org/10.21163/GT_2025.202.03
- Ramdhan, M., Akhwady, R., **Arifin, T.**, Purbani, D., Yulius, Pryambodo, D.G., Rahmania, R., Maftukhaturrizqoh, O., Asyiri, A., Hidayat, S., Ningsih, A., & Sadad. (2024). Using Neural Networks for Sustainable Land Use Prediction in Sumbawa Regency, Indonesia. *Applied Environmental Research*, 46(3): 045. <https://doi.org/10.35762/AER.2024045>
- Ramdhan, M., **Arifin, T.**, & Arlyza, I. S. (2018). Pengaruh lokasi dan kondisi parameter fisika-kimia oseanografi untuk produksi rumput laut di wilayah pesisir Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(3): 163–171. <https://doi.org/10.15578/jkn.v13i3.6288>

- Ramdhan, M., Salim, H.L., Yulius, Y., **Arifin, T.**, & Fajar, Y.P. (2014). Penentuan teluk berdasarkan hukum laut internasional studi kasus: Teluk Ekas, Pulau Lombok. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 20(2): 159–164.
- Ramdhan, M. & **Arifin, T.** (2013). Aplikasi sistem informasi geografis dalam penilaian proporsi luas laut Indonesia. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 19(2): 14 –146.
- Rahmania, R., Setiawan, A., Tussadiah, A., Kusumaningrum, P.D., Yulius1, Prihantono, J., Gautama, B.G., Pranowo, W.S., Aisyah, Nugraha, A.W., Gusmawati, N.F., Widjanarko, E., & **Arifin, T.** (2020). Mapping seasonal marine debris patterns and potential hotspots in Banten Bay, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 763, 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/763/1/012056>
- Razak, T.B., Budaya, R.R., Hukom, F.D., Subhan, B., Assakina, F.K., Fauziah, S., Jasmin, H.H., Vida, R.T., Alisa, C.A.G., Ardiwijaya, R., White, A.T., Sterling B., & Tebbett, S.B. (2024). Long-term dynamics of hard coral cover across Indonesia. *Coral Reefs*, 43:1563–1579. <https://doi.org/10.1007/s00338-024-02540-6>
- Raazy, A.F., Faizal, A., Rasyid, A., & **Arifin, T.** (2019). Perubahan tutupan habitat terumbu karang dan parameter salinitas-suhu di TWP Pulau Kapoposang, Kepulauan Spermonde-Selat Makassar. Dalam: *Konservasi Pesisir dan Laut: Ekosistem, Molekuler Ekologi, Marxan, dan Indraja* (hlm. 39–51). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Raazy, A.F., Faizal, A., Jalil, A.R., & **Arifin, T.** (2019). Pola arus dan kondisi terumbu karang di TWP Pulau Kapoposang, Spermonde. Dalam: *Konservasi Pesisir dan Laut: Ekosistem, Molekuler Ekologi, Marxan, dan Indraja* (hlm. 27–37). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Radiarta, I.N., Hikmayani, Y., Januar, H.I., Koeshendrajana, S., Wardono B., Hikmah, Zamroni, A., Pramoda, R., Mu'awanah,

- U., Muliawan, I., Yusuf, R., Sari, Y.D., Kurniasari, N., Yanti, B. V. I., Huda, H.M., Luhur, E.S., Yuliaty, C., Nurlaili, Shafitri, N., Arthatiani, F.Y., Triyanti, R., Yulisti, M., Witomo, C.M., Apriliani, T., Kuswardani, A.T.D., Setiyawan, A., Troa, R.A., Dillenia, I., Rustam, A., Purbani, D., **Arifin, T.**, Yulius, Rizal, A., Chandra, H., Triarso, E., Gautama, B.G., Wijopriono, Puspasari, R., Satria, F., Sadiyah, L., Syamdidi, Dwiyitno, Marraskuranto, E., Patantis, G., & Albasri, H. (2021). *Telaah Akademik Perspektif Pembangunan Ekonomi Kelautan*. Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
- Rahmajati, J.P., Husna, V.N., Yulius, **Arifin, T.**, Salim, H.L., Rahmania, R., Putra, A., Ramdhan, M., Purwanto, A.D., Daulat, A., Prihantono, J., Fihri, H., Nugraha, B., & Aditama, F.A. (2025). Evaluating the Spatio-Temporal Analysis of Land Use Changes & Above-Ground Carbon Stock Baseline in Sumbawa Mangrove Ecosystem, Indonesia. *Anthropocene Coasts*. (Accepted/in press). <https://link.springer.com/journal/44218>
- Sabina, A., Yulius, Agus, S.B., Salim, H.L., Dillenia, I., **Arifin, T.**, Prihantono, J., Purbani, D., Heriati, A., Ramdhan, M., Suryawati, S.H., Wahyono, A., Wisha, U.J., & Zulfiandi, (2024). GIS-based estimation of shoreline change at the Olie Pier Harbor Heritage Site, Manggar, East Belitung, Indonesia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 53(2):431–441. <https://doi.org/10.30892/gtg.53206-1218>
- Shabrina, A., Yulius, Agus, S.B., **Arifin, T.**, Putra, A., Rahmania, R., Prihantono, J., Purbani, D., Purwanto, A. D., Ramdhan, M., Muhaemin, M., Akhwady, R., Damanhuri, H., Mayaguezz, H., Samusamu, A. S., Nugraha, B., & Mudjiono, M. (2025). Determination of marine ecotourism zones on Pisang Island Pesisir Barat, Indonesia using MARXAN zoning. *GeoJournal of Tourism and Geosites*. (Accepted/in press, 05.10.2025). <https://gtg.webhost.uoradea.ro/>
- Shimokawa, S., Murakami, T., & Kohno, H. (2023). Coral distribution and diversity in Sakiyamawan–Amitoriwan nature conservation

area of Iriomote Island in Japan. *Geoscience Letters*, 10:6. <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00263-0>

- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., & Hishamunda, N. (2008). Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. In book: *Building an Ecosystem Approach to Aquaculture*, Chapter: Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. Rome: Food And Agriculture Organization of The United Nations.
- Stokes, M. (2012). Population ecology at work: Managing game populations. *Nature Education Knowledge*, 3(10):5. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/population-ecology>
- Tang, Y., Wang, M., Liu, Q., Hu, Z., Zhang, J., Shi, T., Wu, G., & Su, F. (2022). Ecological carrying capacity and sustainability assessment for coastal zones: A novel framework based on spatial scene and three-dimensional ecological footprint model. *Ecological Modelling*, 466, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.109881>
- Taofiqurohman, A., Ismail, M.F.A., **Arifin, T.**, Chandra, H., & Pujiana, K. (2025) The interannual variability of the eddy kinetic energy in the Banda Sea inferred from satellite altimeter data. *All Earth*, 37(1):1–9. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27669645.2025.2526894>
- Tjahjo, D.W.H., Wiadnyana, N.N., Purnamaningtyas, S.E., **Arifin, T.**, Yulius, Purbani, D., Syam, A.R., Mujiyanto, & Wishu, U.J.W. (2023). Assessment of water quality status, nutrients, and phytoplankton communities in the coastal zone of East Aceh Regency, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 24(9):112–129. <https://doi.org/10.12911/22998993/168614>
- Tranter, S.N., Estradivari, Gabby, N., Ahmadia, Dominic, A., Andradi-Brown, Muenzel, D., Agung, F., Amkieltiela, Ford, A.K., Habibi, A., Christian, N., Handayani, Iqbal, M., Krueck, N.C., Muhammad

- E. Lazuardi, Muawanah, U., Renoldy L. Papilaya, Razak, T.B., Sapari, A., Sjahruddin, F.F., Veverka, L., Yusri, S., & Beger, M., (2022). The inclusion of fisheries and tourism in marine protected areas to support conservation in Indonesia, *Marine Policy*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105301>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2023). *ANNUAL NARRATIVE REPORT: Implementing a Monitoring and Evaluation Framework for the Global Fund for Coral Reefs January-December 2023*. UNEP Global Fund for Coral Reefs.
- Vigo, M., Hermoso, V., Navarro, J., Sala-Coromina, J., Company, J.B., & Giakoumi, S. (2024). Dynamic marine spatial planning for conservation and fisheries benefits. *Fish and Fisheries*, 25:630–646. <https://doi.org/10.1111/faf.12830>
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Philadelphia. ISBN: 0-86571-312-X ; 0-86571-311-1 ; 1-55092-251-3; 1-55092-250-5.
- Waluyo, W., Yonvitner, Y., Riani, E., & **Arifin, T.** (2020). Dynamic models for seaweed cultivation development in the waters of Luwu and Palopo Regency, South Sulawesi. *Tataloka*, 22(4): 497–514. <https://doi.org/10.14710/tataloka.22.4.497-514>
- Waluyo, Yonvitner, Riani, E., & **Arifin, T.** (2019). Integrated coastal management dynamic models: a case study of development seaweed cultivation in the waters Luwu and Palopo Regency Bone Bay, South Sulawesi. *Journal of Marine Science*, 01(02). <https://doi.org/10.30564/jms.v1i2.990>
- Waluyo, Yonvitner, Riani, E., & **Arifin, T.** (2016). Daya dukung perairan untuk pengembangan budidaya rumput laut *Eucaema cottonii* Di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, Teluk Bone, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(2):469–492.

- Yuan, M.H., Lin, K.T., Pan, S.Y., Yang, C.K. (2024). Exploring coral reef benefits: A systematic SEEA-driven review. *Science of The Total Environment*, 950. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175237>
- Yulius, Tito, C.K., Ramdhan, M., Purbani, D., **Arifin, T.**, Setyawidati, N.A.R., Kusuma, L.P.A.S.C. & Sabina, A. (2024). Stakeholder perceptions of the impact of artificial reef deployment: A Case study of the Indonesian Coral Reef Garden (ICRG) in Nusa Dua, Bali. *Media Konservasi*, 4. <https://doi.org/10.29244/medkon.29.4.550>
- Yulius, Salim, H.L., Dillenia, I., **Arifin, T.**, Ramdhan, M., Suryawati, S. H., Wahyono, A., Kurniawan, F., Agus, S.B., Sabina, A., Zulfiandi, Wisha, U.J. (2023). Community perception of predicted sea level rise in coastal village of East Belitung Regency, Indonesia. *Journal of Namibian Studies*, 39. <https://doi.org/10.59670/bm3vv469>
- Yulius, **Arifin, T.**, Rahmania, R., Ramdhan, M., Salim, H. L., Setyawidati, N. A. R., & Purbani, D. (2019). Policy brief: Kajian potensi dan pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) sebagai kawasan ekowisata bahari, Studi kasus KKPN Gili Matra. Dalam: Arifin, T. Agus, S.B., Pranowo, W.S., & Cinnawara, H.T. (eds.), *Kajian Potensi dan Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) sebagai Kawasan Ekowisata Bahari, Studi Kasus KKPN Gili Matra, dan Potensi Sumberdaya Laut untuk Ekowisata Bahari di Selat Lembeh– Bitung* (hlm. 1–5). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Yulius, Ardiansyah, Ramdhan, M., Heriati, A., Salim, H.L., Purbani, D., Amri, S. N., & **Arifin, T.** (2016). Kesesuaian kawasan budi daya rumput laut di Teluk Saleh, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Segara*, 12(1): 11–19.
- Yulius, Novianti, N., **Arifin, T.**, Salim, H. L., Ramdhan, M., & Purbani, D. (2015). Distribusi spasial terumbu karang di perairan Pulau

Wangi-Wangi, Wakatobi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1): 59–69.

Yulius & **Arifin, T.** (2014). Analisis sistem informasi geografis (SIG) untuk potensi wisata pantai di Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. *Tataloka*, 16(3): 145–152.

Zhao, H., Zhang, J., Yang, H., Li, Y., Liu, X., Liu, Y., Zhu, W., Wang, A., & Li, X. (2024). Coral reefs at Qizwan National Marine Park in 2023: spatial variability and their relationship with environmental factors. *Frontiers in Marine Science*. 11:1407803. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1407803>

Zhu, L., Wu, Z., & Huang, X. (2024). Exploring the relationship between ecosystem services and sustainable development goals in Guangdong province, China. *Ecological Indicators*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112907>

DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

Karya Tulis Ilmiah

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| 1. Buku Internasional | - buah |
| 2. Buku Nasional | 7 buah |
| 3. Bagian dari Buku Internasional | 2 buah |
| 4. Bagian dari Buku Nasional | 21 buah |
| 5. Jurnal Internasional | 29 buah |
| 6. Jurnal Nasional | 24 buah |
| 7. Prosiding Internasional | 5 buah |
| 8. Prosiding Nasional | - buah |

Kekayaan Intelektual

- | | |
|--|--------|
| 9. Paten Internasional | |
| a) Terdaftar | - buah |
| b) Tersertifikasi | - buah |
| 10. Paten Nasional | |
| a) Terdaftar | - buah |
| b) Tersertifikasi | - buah |
| 11. Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) | - buah |
| 12. Rumpun atau Galur Hewan/Ikan/Benih
Unggul Tanaman Hutan | - buah |
| 13. Hak Cipta | 5 buah |
| 14. Desain Industri | - buah |
| 15. Desain dan Tata Letak Sirkuit Terpadu | - buah |

Kerja sama

- | | |
|-----------------------|--------|
| 16. Transaksi Lisensi | 1 buah |
|-----------------------|--------|

Buku Nasional

1. Radiarta, I.N., Hikmayani, Y., Januar, H.I., Koeshendrajana, S., Wardono B., Hikmah, Zamroni, A., Pramoda, R., Mu'awanah, U., Muliawan, I., Yusuf, R., Sari, Y.D., Kurni- asari, N., Yanti, B.V.I., Huda, H.M., Luhur, E.S., Yuliaty, C., Nurlaili, Shafitri, N., Arthatiani, F.Y., Triyanti, R., Yu- listi, M., Witomo, C.M., Apriliani, T., Kuswardani, A.T.D., Setiyawan, A., Troa, R. A., Dillenia, I., Rustam, A., Pur- bani, D., **Arifin, T.**, Yulius, Rizal, A., Chandra, H., Triarso, E., Gautama, B.G., Wijopriyono, Puspasari, R., Satria, F., Sadiyah, L., Syamdidi, Dwiwitno, Marraskuranto, E., Patan- tis, G., & Albasri, H. (2021). *Telaah Akademik Perspektif Pembangunan Ekonomi Kelautan*. Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
2. Yulius, **Arifin, T.**, Rahmania, R., Ramdhan, M., Salim, H. L., Setyawidati, N.A.R., & Purbani, D. (2019). *Kajian Potensi dan Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KPPN) sebagai Kawasan Ekowisata Bahari*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
3. **Arifin, T.**, Gusmawati, N.F., Arlyza, I.S. (2019). *Profil Lingkungan Terumbu Karang Teluk Jakarta*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
4. **Arifin, T.**, Heriati, A., & Mustikasari, E. (2018). *Daya Dukung Lingkungan untuk Pengembangan Budidaya Laut Berkelanjutan Konsep dan Aplikasi*. Jakarta: AMAFRAD Press.
5. Waluyo, **Arifin, T.**, Yonvitner, & Riani, E. (2017). *Rumput laut: potensi perairan Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, Teluk Bone, Sulawesi Selatan*. Yogyakarta: Plantaxia.
6. Arifin, T., Yulius, Mustikasari, E., Heriati, & Ramdhan, M. (2017). *IPTEK Sumber Daya Pesisir untuk Pengembangan Blue Economy di Pulau Lombok*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
7. Arifin, T., Pranowo, W.S., & Zulham, A. (2014). *Dinamika Teluk Jakarta: Analisis Prediksi Dampak Pembangunan Tanggul Laut Jakarta (Jakarta Giant Sea Wall)*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.

Bagian dari Buku Internasional

1. Putra, A., Faristyawan, R., Triyatno, Putra, B. G., Prasetyo, A., Yulius, Ameliya, Z., **Arifin, T.**, Razi, P., & Triarjunet, R. (2025). Land cover changes (2002–2022) using Landsat imagery and pixel-based classification: Supporting coastal conservation strategies in Tanjung Mutiara. In: J.T.S. Sumantyo et al. (2025), *Book: Advances in Geoscience and Remote Sensing Technology*, Chapter No. 57, *Proceedings of the 2nd IC-GEOREST 2024*. Singapore: Springer Nature Pte Ltd. (Accepted, October 29, 2025).
2. Khaerunnisa, A.P., Agus, S.B., **Arifin, T.**, Panjaitan, J.P., Adriani, Natih, N.M.N., Rahmania, R., Yulius, Ramdhan, M., Asaf, R., Fihirin, H., Ningsih, A, Sadad, & Hidayat, R. (2025). Impact of bio-ecological and oceanographic factors on pelagic fish productivity in Saleh Bay, Indonesia (Chapter 8). in Basyumi, M., & Ritonga, F.N. (eds.), *Biodiversity: Global Patterns, Conservation Strategies, and Ecosystem Resilience*. Nova Science Publishers, Inc. (Accepted/in press). www.novapublishers.com

Bagian dari Buku Nasional

1. Irwan, A., **Arifin, T.**, & Setyawidati, N.A. (2019). Variabilitas kondisi permukaan laut Teluk Tomini bagian selatan. Dalam: *Potensi sumberdaya kelautan dan perikanan di WPPNRI 715* (13-35). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
2. **Arifin, T.** & Ati, R.N.A. (2019). Pola distribusi logam berat timbal, seng dan kadmium di perairan barat Teluk Tomini. Dalam: *Potensi sumberdaya kelautan dan perikanan di WPPNRI 715* (259-274). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
3. **Arifin, T.** & Ramdhan, M. (2019). Kondisi ekosistem dan perspektif pengembangan terumbu karang Kepulauan Hinako, Kabupaten Nias Barat - Sumatra Utara. Dalam: *Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan di WPPNRI 572*(23–39). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.

4. **Arifin, T.**, Jayawiguna, M.H., & Tussadiah, A. (2019). Pola Sebaran Parameter Lingkungan Perairan di WPPNRI 717. Dalam: *Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan di WPPNRI 717* (11–24). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
5. Ati, R.N.A. & **Arifin, T.** (2019). Potensi ekosistem dan sumberdaya di Teluk Cenderawasih. Dalam: *Potensi Sumber Daya Kelautan dan Perikanan di WPPNRI 717* (25–40). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
8. **Arifin, A.**, Rahmania, R., & Yulius (2019). Kondisi terumbu karang dan karakteristik lingkungan perairan Selat Lembeh-Bitung. Dalam: *Kajian Potensi dan Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) sebagai Kawasan Ekowisata Bahari* (7–24). Jakarta: PT Penerbit IPB Press.
9. Yulius & **Arifin, T.** (2019). Analisis potensi zona konservasi dan ekowisata bahari di Selat Lembeh. Dalam: *Kajian Potensi dan Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) sebagai Kawasan Ekowisata Bahari* (67–84). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
10. **Arifin, T.** (2019). Penilaian akuntabilitas pengelolaan kawasan terumbu karang Selat Lembeh. Dalam: *Kajian Potensi dan Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) sebagai Kawasan Ekowisata Bahari* (107–145). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
11. Yulius, **Arifin, T.**, Purbani, D., Rahmania, R., N Setyawidati, N., Ramdhan, M., & Hadiwijaya, L.S. (2019). Dalam: *Kajian Potensi dan Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional (KKPN) sebagai Kawasan Ekowisata Bahari* (1–5). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
12. Mustikasari, E., **Arifin, T.**, & Suryono, D.D. (2019). Konsentrasi klorofil-a-suhu permukaan laut dan produksi perikanan tangkap di Teluk Jakarta (tahun 2003–2013). Dalam: *Dinamika dan Tantangan Pengelolaan Ekosistem Pesisir dan Laut di Kepulauan Seribu* (131–144). Bogor: PT Penerbit IPB Press.

13. **Arifin, T.** & Kusuma, A.H. (2019). Pola spasial sebaran logam berat terlarut dan sedimen Teluk Jakarta. Dalam: *Dinamika dan Tantangan Pengelolaan Ekosistem Pesisir dan Laut di Kepulauan Seribu* (117–130). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
14. Mustikasari, E., Rizaki, I., **Arifin, T.**, Heriati, A., & Yulius. (2019). Pengembangan budi daya rumput laut berbasis daya dukung di wilayah pesisir Kabupaten Barru, Selat Makassar. Dalam: *Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan WPPNRI 713* (65–76). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
15. **Arifin, T.**, Amri, S.N., & Arlyza, I.S, (2019). Karakteristik parameter nutrisi dan ekosistem terumbu karang di wilayah pesisir Selat Makassar. Dalam: *Potensi Sumber Daya Kelautan dan Perikanan WPPNRI 713* (23–42). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
16. Amri, S.N., **Arifin, T.**, Triyono, & Arlyza, I.S. (2019). Potensi pengembangan wilayah pesisir WPPNRI 573 Kawasan Konservasi Laut Sawu. Dalam: *Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan WPPNRI 573* (105–126). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
17. **Arifin, T.**, Amri, S.N., Jayawiguna, M.H., & Arlyza, I.S. (2019). Prioritas dan strategi pengelolaan WPPNRI 573 Kawasan Konservasi Laut Sawu. Dalam: *Potensi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan WPPNRI 573* (127–154). Jakarta: Penerbit AMAFRAD Press.
18. Raazy, A.F., Faizal, A., Rasyid, A., & **Arifin, T.** (2019). Perubahan tutupan habitat terumbu karang dan parameter salinitas-suhu di TWP Pulau Kapoposang, Kepulauan Spermonde-Selat Makassar. Dalam: *Konservasi Pesisir dan Laut: Ekosistem, Molekuler Ekologi, Marxan, dan Indraja* (39–51). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
19. **Arifin, T.**, Rahmania, R., Yulius, Gunawan, D.P., Setyawidati, N.A., Gusmawati, N., & Ramdhan, M. (2019). Perubahan kondisi terumbu karang pada zona inti di TWP Kapoposang, Spermonde –

Selat Makassar). Dalam: *Konservasi Pesisir dan Laut: Ekosistem, Molekuler Ekologi, Marxan, dan Indraja* (53–65). Bogor: PT Penerbit IPB Press.

20. Raazy, A.F., Faizal, A., Jalil, A.R., & **Arifin, T.** (2019). Pola arus dan kondisi terumbu karang di TWP Pulau Kapoposang, Spermonde-Selat Makassar. Dalam: *Konservasi Pesisir dan Laut: Ekosistem, Molekuler Ekologi, Marxan, dan Indraja* (27–37). Bogor: PT Penerbit IPB Press.
21. **Arifin, T.** (2019). Fisiografi dan keragaman jenis karang di Pulau-Pulau Kecil Makassar, Kepulauan Spermonde. Dalam: *Konservasi Pesisir dan Laut: Ekosistem, Molekuler Ekologi, Marxan, dan Indraja* (13–26). Bogor: PT Penerbit IPB Press.

Jurnal Internasional

1. Elzahra, N., Anzani, L., Yulius, Ramdhan, M., Purbani, D., Putra, A., **Arifin, T.**, Salim, H.L., Purwanto, A.D., Prihantono, J., Rahmania, R., Purnamaningtyas, S.E., & Ratnawati, H.I. (2026). Changes in chlorophyll-a concentration as an indicator of primary productivity in waters before and after sea pencing on The Coast of Tangerang, Indonesia. *Geographia Technica*, 21(1): 1–15 https://technicalgeography.org/index.php/on-line-first/559-01_elzahra. (**Bereputasi Menengah**).
2. **Arifin, T.**, Yulius, Ramdhan, M., Johan, O., Gunawan, D.P., Heriati, A., Mustikasari, E., Rahmania, R., Purbani, D., Dillenia, I., Agus, S.B., Asaf, R., Hatta, M., Marzuki, I., Akhwady, R., Sufyan, A., Fihrin, H., Septiningsih, E., Wahyono, A., & Athirah A. (2025). Mariculture site selection based on water quality, cultivation and ecological condition. *Global Journal of Environmental Science and Management (GJESM)*, 11(1): 129–146. <https://www.gjesm.net/> (**Bereputasi Tinggi**).
3. Persada, A.T., Yulius, Agus, S.B., Salim, H.L., Dillenia, I., **Arifin, T.**, Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Purnamaningtyas, S.E., Tjahjo, D.W.H., Ramdhan, M., Suryawati, S.H., Wahyono, A.,

- Wisha, U.J., Zulfiandi, & Kurniawani, F. (2025). Olipier cultural site vulnerability analysis in East Belitung, Indonesia: Cultural resources vulnerability (CRV) methods. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 28:167–184. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2025.03.001>. (**Bereputasi Tinggi**).
4. Taofiqurohman, A., Ismail, M.F.A., **Arifin, T.**, Chandra, H. & Pujiana, K. (2025) The interannual variability of the eddy kinetic energy in the Banda Sea inferred from satellite altimeter data. *All Earth*, 37(1):1-9. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27669645.2025.2526894>. (**Bereputasi Tinggi**).
 5. Putri, D., Yulius, Rosalia, A.A., **Arifin, T.**, Putra, A., Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Salim, H.L., Hartati, S.T., Ramdhan, M., Wahyono, A., & Rahmania, R. (2025). Influence of sea surface temperature and chlorophyll-a on mackerel productivity in Banten Bay, Indonesia: Analysis using Aqua Modis Data (2014–2023). *Geographia Technica*, 20(1): 44–63. https://doi.org/10.21163/GT_2025.201.05 (**Bereputasi Menengah**).
 6. Febriandi, Fatimah, S., Triyatno, Hermon, D., Putra, A., Mutmainah, H., **Arifin, T.**, & Akhwady, R. (2025). Predicting of land cover changes until 2030 and assessing sustainability status in the Mandeh Region, Indonesia. *Geographia Technica*, 20(1): 263–280. https://doi.org/10.21163/GT_2025.201.18 (**Bereputasi Menengah**).
 7. Rahman, A.M., Purbani, D., Agus, S.B., **Arifin, T.**, Yulius, Y., Putra, A., Heriati, A., Prihantono, J., Akhwady, R., Sufyan, A., Mustikasari, E., Purnamaningtyas, S.E., Rahmania, R., Ramdhan, M., Ningsih, A., Sadad, S., & Tjahjo, D.W.H. (2025). Hydrodynamic modeling of pollutant distributions from the Bera Watershed and its impact to the coastal area of Saleh Bay, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Geographia Technica*, 20(2): 31–51. https://doi.org/10.21163/GT_2025.202.03 (**Bereputasi Menengah**).
 8. Herdianti, T.P., Putra, A., Yulius, Prihantono, J., Agus, S.B., Heriati, A., **Arifin, T.**, Hartati, S.T., Akhwady, R., Ramdhan, M., Suryono, D.D., Hilmawan, A., Rahmania, R., Ningsih, A.,

- Sadad, Mudjijono, & Asyiri, A. (2025). Habitat assessment of whale sharks (*Rhincodon typus*) in Saleh Bay, Indonesia: Linking chlorophyll-a and sea surface temperature using Aqua Modis Data. *Geographia Technica*, 20(2): 52–64. https://doi.org/10.21163/GT_2025.202.04 (**Bereputasi Menengah**).
9. Azzahra, R.Y., Yulius, Agus, S., Aditama, F., **Arifin, T.**, Putra, A., Rahmania, R., Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Salim, H., Ramdhan, M., Wahyono, A., Sadad, Ningsih, A., & Asyiri, A. (2025). Advancing mangrove carbon stock monitoring with Drone and Pleiades Imagery on Gilibakau Island-Saleh Bay, Indonesia. *Journal of Marine and Island Cultures*, 14(1). <https://doi.org/10.21463/jmic.2025.14.1.06> (**Bereputasi Menengah**).
 10. Bellaputeri, Yulius, Putra, A., Ramdhan, M., Ramli, R., Sam, H.Y., Ismail, M.T., Syaquiyah, M.L., **Arifin, T.**, Duhri, A., & Pratomo, J. (2025). Spatial dynamics of mangrove community ecosystem in Muaragembong, Indonesia: Integrating drone data, NDVI, and SVM. *Journal of Marine and Island Cultures*, 14(3). <https://jmic.online/> (**Bereputasi Menengah**).
 11. Mayzura, K.A., Azzari, L., Ramdhan, M., Rahmania, R., Prahastono, J., Ati, R.N.A., Yulius, **Arifin, T.**, Putra, A., Purwanto, A.D., & Suryono, D.D. (2025). Dynamics above-ground carbon stock mangrove ecosystems based on PlanetScope imagery in coastal Pakuhaji-Tangerang, Indonesia. *Journal of Marine and Island Cultures*, 14(3). <https://jmic.online/> (**Bereputasi Menengah**).
 12. Ismail, M.F.A., Karstensen, J., Sulaiman, A., Priyono, B., Budiman, A.S., Basit, A., Purwandana, A., & **Arifin, T.** (2024). Observations of Barrier Layer Seasonal Variation in the Banda Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Vol. 129, Issue 6. <https://doi.org/10.1029/2023JC020829> (**Bereputasi Tinggi**).
 13. Sabina, A., Yulius, Agus, S.B., Salim, H.L., Dillenia, I., **Arifin, T.**, Prihantono, J., Purbani, D., Heriati, A., Ramdhan, M., Suryawati, S.H., Wahyono, A., Wisna, U.J., & Zulfiandi, (2024). GIS-based estimation of shoreline change at The Olie Pier Harbor

Heritage Site, Manggar, East Belitung, Indonesia. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 53(2):431-441. <https://doi.org/10.30892/gtg.53206-1218> (**Bereputasi Tinggi**).

14. Putra, A., Hermon, D., Yulius, Prarikeslan, W., Syarief, A., Ridwan, N.N.H., **Arifin, T.**, Febriandi, Damanhuri, H., Widodo, T., & Dermawan, A. (2024). Assessment of seawater quality and environmental sustainability for shipwreck diving tourism: A case study of MV Boelongan Nederland in Mandeh Bay, Indonesia. *Geography, Environment, Sustainability*, 17(4): 171–182. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2024-3469> (**Bereputasi Menengah**).
15. Putri, D., Yulius, Rosalia, A.A., **Arifin, T.**, Putra, A., Heriati, A., Prihantono, J., Purbani, D., Salim, H.L., Hartati, S.T., Ramdhan, M., Wahyono, A., & Rahmania, R. (2025). Influence of sea surface temperature and chlorophyll-a on mackerel productivity in Banten Bay, Indonesia: Analysis using Aqua Modis Data (2014–2023). *Geographia Technica*, 20(1): 44–63. https://doi.org/10.21163/GT_2025.201.05 (**Bereputasi Menengah**).
16. Ramdhan, M., Akhwady, R., **Arifin, T.**, Purbani, D., Yulius, Pryambodo, D.G., Rahmania, R., Maftukhaturrizqoh, O., Asyiri, A., Hidayat, S., Ningsih, A., & Sadad. (2024). Using Neural Networks for sustainable land use prediction in Sumbawa Regency, Indonesia. *Applied Environmental Research*, 46(3): 045. <https://doi.org/10.35762/AER.2024045> (**Bereputasi**).
17. Yulius, Tito, C.K., Ramdhan, M., Purbani, D., **Arifin, T.**, Setyawidati, N.A.R., Kusuma, L.P.A.S.C. & Sabina, A. (2024). Stakeholder perceptions of the impact of artificial reef deployment: A case study of the Indonesian Coral Reef Garden (ICRG) in Nusa Dua, Bali. *Media Konservasi*. <https://doi.org/10.29244/medkon.29.4.550> (**Bereputasi Lainnya**).
18. **Arifin, T.**, Amri, S.N., Rahmania, R., Yulius, Ramdhan, M., Chandra, H., Adrianto, L., Bengen, D.G., Kurniawan, F., & Kurnia, K. (2023). Forecasting land-use changes due to coastal city development on the peri-urban area in Makassar City, Indonesia.

The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 26(1): 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.02.002>
(Bereputasi Tinggi).

19. Ismail, M.F.A., Karstensen, J., Ribbe, J., **Arifin, T.**, Chandra, H., Akhwady, R., Yulihastin, E., Basit, A., & Budiman, A.S. (2023). Seasonal mixed layer temperature and salt balances in the Banda Sea observed by an Argo float. *Geoscience Letters*, 10(10). <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00266-x> **(Bereputasi Tinggi).**
20. Tjahjo, D.W.H., Wiadnyana, N.N., Purnamaningtyas, S.E., **Arifin, T.**, Yulius, Purbani, D., Syam, A.R., Mujiyanto, & Wisha, U.J.W. (2023). Assessment of water quality status, nutrients, and phytoplankton communities in the coastal zone of East Aceh Regency, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 24(9): 112–129. <https://doi.org/10.12911/22998993/168614>**(Bereputasi Menengah).**
21. Yulius, Salim, H.L., Dillenia, I., Arifin, T., Ramdhan, M., Suryawati, S.H., Wahyono, A., Kurniawan, F., Agus, S.B., Sabina, A., Zulfiandi, & Wisha, U.J. (2023). Community perception of predicted sea level rise in Coastal Village of East Belitung Regency, Indonesia. *Journal of Namibian Studies*, 39: 320–337. **(Bereputasi Lainnya).**
22. Iskandar, M.R., Ismail, M.F.A., **Arifin, T.**, & Handy, C.H. (2021). Marine heatwaves of sea surface temperature off south Java. *Heliyon*, 7:e08618. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08618> **(Bereputasi Tinggi).**
23. Ismail, M.F.A., Ribbe, J., **Arifin, T.**, Taofiqurohman, A., & Anggoro, D. (2021). A census of eddies in the tropical eastern boundary of the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126:e2021JC017204. <https://doi.org/10.1029/2021JC017204> **(Bereputasi Tinggi).**
24. **Arifin, T.**, Daulat A., Ramdhan, M., Rahmania, R., Yulius, Setyawidati, N. A., Gusmawati, N., Kusuma, L.P.A.Ch. (2020). The use of high resolution satellite imagery to identify coral

reef cover and its correlation with the abundance of reef fish in Nias Island, North Sumatera, Indonesia. *AAACL Bioflux*, 13(3). <http://www.bioflux.com.ro/aacl> (**Bereputasi**).

25. Waluyo, W., Yonvitner, Y., Riani, E., & **Arifin, T.** (2020). Dynamic models for seaweed cultivation development in the waters of Luwu and Palopo Regency, South Sulawesi. *Tataloka*, 22(4): 497–514. <https://doi.org/10.14710/tataloka.22.4.497-514> (**Bereputasi Lainnya**).
26. Waluyo, Yonvitner, Riani, E., & **Arifin, T.** (2019). Integrated coastal management dynamic models: A case study of development seaweed cultivation in the waters Luwu and Palopo Regency Bone Bay, South Sulawesi. *Journal of Marine Science*, 01(02). <https://doi.org/10.30564/jms.v1i2.990>. (**Bereputasi Lainnya**).

Jurnal Nasional

1. Amri, S.N. & **Arifin, T.** (2016). Adaptation strategy of seaweed cultivation to face the climate change (Case study in Segoro Anakan Bay Ngadirojo, Pacitan). *Forum Geografi*, 30(1):34-44. <http://Journals.ums.ac.id/index.php/fg/article/view/1114>
2. Amri, S.N. & **Arifin, T.** (2019). Siklus pemanfaatan energi sumberdaya pesisir oleh aktivitas manusia berbasis loop autokatalitik di Kota Makassar. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 14(1): 101–114.
3. Amri, S.N. & **Arifin, T.** (2018). Daya dukung spasial kawasan pertambakan melalui interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2 studi kasus Kabupaten Maros Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(1): 39–51. <https://doi.org/10.15578/jkn.v1i1.6473>
4. **Arifin, T.** & Waluyo, W. (2018). Analisis daya dukung ekologi untuk pengembangan budidaya rumput laut di bagian utara Teluk Bone. *Tataloka*, 20(1): 12–22. <https://doi.org/10.14710/tataloka.20.1.12-22>
5. **Arifin, T.**, Bohari, R., & Arlyza, I.S. (2014). Analisis kesesuaian

ruang berbasis budidaya laut di Pulau-Pulau Kecil Makassar: Aplikasi sistem informasi geografis. *Forum Geografi*, 28(1): 91–102.

6. **Arifin, T.** & Kepel, T.L. (2013). Status keberlanjutan pengelolaan terumbu karang di Pulau-Pulau Kecil Kota Makassar (Studi kasus di Pulau Barrang Lompo dan Pulau Barrang Caddi). *Jurnal Segara*, 9(1): 1–12.
7. **Arifin, T.**, Yulius, & Ismail, M.F.A. (2012). Kondisi arus pasang surut di perairan pesisir kota Makassar, Sulawesi Selatan. *Depik*, 1(3): 183–188.
8. **Arifin, T.**, Yulius, & Arlyza, I.S. (2011). Pola sebaran spasial dan karakteristik nitrat-fosfat-oksigen terlarut di Perairan Pesisir Makassar. *Jurnal Segara*, 7(2): 88–96.
9. **Arifin, T.** & Arlyza, I.S. (2011). Spatial distribution and characteristics of nitrate, phosphate, and dissolved oxygen in the coastal waters of Makassar. *Jurnal Segara*, 7(2), 88–96.
10. **Arifin, T.** (2007). Indeks keberlanjutan ekologi-teknologi ekosistem terumbu karang di Selat Lembeh, Kota Bitung. *Journal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 33(2): 307–323.
11. Dedi & **Arifin, T.** (2017). Kondisi kesehatan karang di Pulau-Pulau Kecil Teluk Jakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*, 11(3): 175–187.
12. Dedi, Zamani, N.P., & **Arifin, T.** (2017). Hubungan parameter lingkungan terhadap gangguan kesehatan karang di Pulau Tunda – Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, 11(2): 105–118.
13. Kusuma, A.H., **Arifin, T.**, & Kusumantoro, B.W. (2023). Growth rate of coral transplantation of *Acropora formosa* in Tidung Island, Kepulauan Seribu Regency, Province of DKI Jakarta. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4): 164–170. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i4.5485>
14. Kusuma, A.H., Prartono, T., Atmadipoera, A.S., & **Arifin, T.** (2015). Sebaran logam berat terlarut dan terendapkan di perairan Teluk Jakarta pada bulan September 2014. *Jurnal Teknologi*

Perikanan dan Kelautan, 6(1): 41–49. <https://doi.org/10.24319/jtpk.6.41-49>

15. Kusumawati, E., Susilo, S.B., Agus, S.B., **Arifin, T.**, & Yulius. (2019). Analisis penentuan sebaran konsentrasi klorofil-a dan produktivitas primer di Perairan Teluk Saleh menggunakan Citra Satelit Landsat OLI 8. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(3): 671–679. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.671-679>
16. Marpaung, L.S., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., & **Arifin, T.** (2018). Daya dukung budidaya ikan kerapu pada keramba jaring apung Teluk Awang dan Teluk Bumbang, NTB. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 9(1): 43–53. <https://doi.org/10.24319/jtpk.9.43-53>
17. Muhaemin, M., **Arifin, T.**, Mahdafkia, N., & Fihrin, H. (2022). Pengaruh parameter oseanografi fisik terhadap indikasi pemutihan karang (*Coral Bleaching*) di Taman Wisata Perairan (TWP) Kapoposang Spermonde Selat Makassar. *Journal of Marine Research*, 11(4): 587–597. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.33401>
18. Muhaemin, M., Versadhasa, V., **Arifin, T.**, & Fihrin, H. (2022). Variabilitas nutrien organik dan fotopigmen klorofil-a saat indikasi pemutihan karang di Taman Wisata Perairan (TWP) Kapoposang, Spermonde Selat Makassar. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 06(02).
19. Ramdhan, M., **Arifin, T.**, & Arlyza, I.S. (2018). Pengaruh lokasi dan kondisi parameter fisika-kimia oseanografi untuk produksi rumput laut di wilayah pesisir Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(3): 163–171. <https://doi.org/10.15578/jkn.v13i3.6288>
20. Ramdhan, M. & **Arifin, T.** (2013). Aplikasi sistem informasi geografis dalam penilaian proporsi luas laut Indonesia. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 19(2): 141–146.

21. Waluyo, Yonvitner, Riani, E., & **Arifin, T.** (2016). Daya dukung perairan untuk pengembangan budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* di Kabupaten Luwu dan Kota Palopo, Teluk Bone, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(2): 469–492.
22. Yulius, Tito, C.K., Ramdhan, M., Purbani, D., **Arifin, T.**, Setyawidati, N.A.R., Kusuma, L.P.A.S.C., & Sabina, A. (2024). Stakeholder perceptions of the impact of artificial reef deployment: A case study of the Indonesian Coral Reef Garden (ICRG) in Nusa Dua, Bali. *Media Konservasi*, 2024(4). <https://doi.org/10.29244/medkon.29.4.550>
23. Yulius, Ardiansyah, Ramdhan, M., Heriati, A., Salim, H.L., Purbani, D., Amri, S.N., & **Arifin, T.** (2016). Kesesuaian kawasan budi daya rumput laut di Teluk Saleh, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Segara*, 12(1):11-19.
24. Yulius, Novianti, N., **Arifin, T.**, Salim, H.L., Ramdhan, M., & Purbani, D. (2015). Distribusi spasial terumbu karang di perairan Pulau Wangi-Wangi, Wakatobi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1): 59–69.

Prosiding Internasional

1. **Arifin, T.**, Rahmania, R., Yulius, Gunawan, D.P., Setyawidati, N.A., Gusmawati, N., & Ramadhan, M. (2020). Changes of coral reefs condition in the core zones of Kapoposang Island MPA, Makassar Straits. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 486:012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012019>
2. Fihrin, H., **Arifin, T.**, Hidayat, R., Rahmania, R., Yulius, Gunawan, D., & Ramdhan, M. (2022). The dynamic coverage of coral reef habitat in Kapoposang Marine Tourism Park, Spermonde Island – Makassar Strait, Indonesia. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, 1033:012031. <https://doi.org/10.1088/17551315/1033/1/012031>

3. Heriati, A., Solihuddin, T., Marzuki, M.I., **Arifin, T.**, Purbani, D., Husrin, S., Kepel, T.L., Mustikasari, E., Tito, C.K., Daulat, A., & Salim, H.L. (2022). Panimbang coastal area planning based on disaster mitigation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1095:012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1095/1/012005>
4. Johan, O., Mustikasari, E., Heriati, A., Ramdhan, M., **Arifin, T.**, Yulius, & Salim, H.L. (2023). Coral resistance in coral bleaching events in Lombok waters, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1163:012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1163/1/012005>
5. Rahmania, R., Setiawan, A., Tussadiah, A., Kusumaningrum, P.D., Yulius, Prihantono, J., Gautama, B.G., Pranowo, W.S., Aisyah, Nugraha, A.W., Gusmawati, N.F., Widjanarko, E., & **Arifin, T.** (2020). Mapping seasonal marine debris patterns and potential hotspots in Banten Bay, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 763:012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/763/1/012056>

Kekayaan Intelektual

Hak Cipta

1. Muhammad Ramdhan, **Taslim Arifin**, dan Yulius. 2025. Jenis Ciptaan: Basis Data, Judul Ciptaan: Dataset Tutupan Lahan Kabupaten Sumbawa Dengan Resolusi Spasial 10 meter. Nomor Sertifikat 000878119. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual, Direktur Hak Cipta dan Desain Industri.
2. Yulius, **Taslim Arifin**, Syamsul Bahri Agus, Muhammad Ramdhan, Sulthan Izza Falqahi, Aprizon Putra, Thalia Putri Herdianti, Amanda D Putri, Sadad, Yudi Adriansah, Arya Ningsih dan Muhammad Maqbul. Jenis Ciptaan: Seni Gambar, Judul Ciptaan: Logo Website Wisata Bahari Hiu Paus (*Rhincodon typus*) di Teluk Saleh. Nomor Pencatatan: 000901829. Kementerian Hukum dan

Hak Asasi Manusia, Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual, Direktur Hak Cipta dan Desain Industri.

3. **Taslim Arifin**, Eva Mustikasari, Aida Heriati, Irma Shita Arlyza, Muhammad Junaidi, dan Setyawidati, N.A.R. 2024. Jenis Ciptaan: Buku, Judul Ciptaan: Daya Dukung Lingkungan untuk Pengembangan Budidaya Laut Berkelanjutan. Nomor pencatatan: 000604476. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual, Direktur Hak Cipta dan Desain Industri.
4. Dini Purbani, Ulung Jantama Wisha, Farhan Makarim Zein, **Taslim Arifin** dan Joko Prihantono. 2024. Jenis Ciptaan: Peta, Judul Ciptaan: Peta Kerentanan dan Peta Jalur Evakuasi Tsunami serta Tempat Evakuasi Sementara (TES) Kecamatan Panimbang Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Nomor pencatatan: 000641603. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual, Direktur Hak Cipta dan Desain Industri.
5. Yulius, Hadiwijaya Lesmana Salim, **Taslim Arifin** dan Muhammad Ramdhan. (2024). Jenis Ciptaan: Basis Data, Judul Ciptaan: Dataset Area Rawan Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Desa Baru, Desa Lalang Dan Desa Bukulimau, Kabupaten Belitung Timur. Nomor pencatatan: 000608659. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual, Direktur Hak Cipta dan Desain Industri.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A Data Pribadi

Nama : Dr. Taslim Arifin, M.Si.
Tempat/Tanggal Lahir : Bone, 05 Maret 1970
Anak ke : 1 dari 4 bersaudara
Nama Ayah : M. Arifin
Kandung
Nama Ibu Kandung :
Nama Isteri : 1. Dr. Irma Shita Arlyza, (almh.)
2. Chitra Nita, S.E.
Jumlah Anak : -
Jumlah Anak : -
Nama Instansi : Pusat Riset Ekologi, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan-BRIN
Judul Orasi : Pengembangan Indeks Daya Dukung Ekologi Terumbu Karang untuk Penguatan Tata Kelola Ruang Laut Berbasis Ekosistem
Ilmu : Pengelolaan Sumberdaya Laut dan Pesisir
Bidang : Manajemen Lingkungan
Kepakaran : Daya Dukung Ekologi Pesisir
No. SK Pangkat Terakhir : Nomor 14/K Tahun 2025, tanggal 19 September 2025
No. SK PAU : Nomor 2/M Tahun 2023, tanggal 09 Januari 2023
Tautan scopus : <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214666568>

Tautan google scholar : <https://scholar.google.com/citations?user=q8HW0MwAAAAJ&hl=id>

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah / PT/Universitas	Tempat/Kota / Negara	Tahun Lulus
1	SD	SD Negeri 261 Tarasu	Bone/Indonesia	1983
2	SMP	SMP Negeri 1 Pangkep	Pangkep/Indonesia	1986
3	SMA	SMA Negeri 4	Palu/Indonesia	1989
4	S1	Universitas Tadulako	Palu/Indonesia	1995
5	S2	Institut Pertanian Bogor	Bogor/Indonesia	2001
6	S3	Institut Pertanian Bogor	Bogor/Indonesia	2008

C. Pendidikan Non Formal

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
1	Pendidikan dan Pelatihan Prajabatan Tingkat III	Bitung/Indonesia	2003
2	Pendidikan dan Pelatihan Fungsional Peneliti	Cibinong/Indonesia	2006
3	SeagrassNet South Asia Training Workshop	Banten/Indonesia	2010
4	Training of Trainer (TOT) Integrated Coastal Zone	Bogor/Indonesia	2010

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
5	Planning and Management (ICZPM) Training on Trainers	Jakarta/Indonesia	2023
6	(ToT) on the Blue Economy Program Integrated coastal blue carbon management to promote Indonesia's blue economy Pelatihan Strategi	Jakarta/Indonesia	2024
7	Coaching dan Mentoring Aktualisasi Latsar CPNS BRIN	Jakarta/Indonesia	2025

D. Jabatan Struktural

-

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT
1	Peneliti Ahli Muda (III/b)	1-09-2008
2	Peneliti Ahli Madya (III/d)	1-01-2011
3	Peneliti Ahli Madya (IV/b)	1-10-2014
4	Peneliti Ahli Madya (IVc)	1-04-2018
5	Peneliti Ahli Utama (IV/d)	09-01-2023
6	Peneliti Ahli Utama (IV/e)	08-01-2025

F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No.	Jabatan / Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1	Kepala Stasiun Satelit NOAA Perikanan	KKP (AP Bitung)	2004–2006
2	Ketua kelompok penelitian bidang pengelolaan sumberdaya pesisir	KKP	2008–2022
3	Ketua Kelompok Riset Konservasi dan Daya Dukung Ekologi Pesisir, Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Perairan Darat	ORKM- BRIN	2022–2025
4	Ketua Kelompok Kegiatan Kesehatan dan Valuasi Ekosistem Pesisir, Pusat Riset Ekologi	ORHL- BRIN	2025– sekarang
5	Asesor MAPP	KKP	2016–2020
6	Asesor MAPP	BRIN	2019
7	Mentor CPNS	BRIN	2024
8	Penguji CPNS	BRIN	2025
9	Tim Reviu Kegiatan RIIM LPDP	BRIN	2025
10	Tim Reviewer Kegiatan RIIM LPDP	BRIN	2025
11	PIC Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) Gelombang ke-2 (3 tahun)	ORKM	2023–2025
12	PIC Kerjasama riset dengan PEMDA Kabupaten Sumbawa NTB	BRIN	2023– 2027

E. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran / Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1	Seminar Online “Potensi Sumber Daya Rumput Laut dan Prospek Pemanfaatannya di Indonesia”	Narasumber	FPIK Uviversitas Sam Ratulangi	2020
2	Seminar Internasional – Wallacea	Pemakalah	KLHK- UNHAS	2019
3	EMBRIO EIS 2021 Sustainable Development of Fisheries and Marine	Pemakalah	IPB	2021
4	TIM Penyusun NA Coral Garden Bali	Anggota	Kemenko- Marves & KKP	2021
5	TIM Penyusun Perundang- undangan BRSDM	Anggota	KKP	2021– 2022

F. Keterlibatan dalam Penglolaan Jurnal Ilmiah

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1	Jurnal Kelautan Nasional (JKN)	Pusat Riset Kelautan BRSDM- KP - KKP	Dewan Redaksi	2017– 2022
2	Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism	Universitas Nahdatul Wathan Mataram	Dewan Redaksi	2024– sekarang

Karya Tulis Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1	Penulis Tunggal	-
2	Bersama penulis lainnya	88
	Total	88

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1	Bahasa Indonesia	52
2	Bahasa Inggris	36
	Total	88

G. Pembinaan Kader Ilmiah

Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1	KKP	Asesor Peneliti Instansi	2010–2022
2	BRIN	Asesor Peneliti Pusat	2022 – sekarang
3	<ul style="list-style-type: none">• Institut Pertanian Bogor• Universitas Indonesia• Universitas Padjadjaran• Universitas Lampung,• Universitas Trunojoyo Madura• Universitas Hasanuddin• Universitas Bung Hatta• Universitas Gadjah Mada• Universitas Pendidikan Indonesia	Pembimbing mahasiswa program S1, S2 dan S3	2008–sekarang

H. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1	Anggota	Himpenindo (PPI) Pusat	2019–sekarang
2	Anggota	Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI)	2004–sekarang
3	Anggota	Himpunan Ahli Pengelolaan Pesisir Indonesia (HAPPI)	2010–sekarang

I. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Satya Lancana Karya Satya 10 tahun	Presiden RI Susilo Bambang Yudhoyono	2014
2	Satya Lancana Karya Satya 20 tahun	Presiden RI Joko Widodo	2024

