

TINGKAT SENSITIVITAS EKOSISTEM TERUMBU KARANG OLEH BUANGAN LIMBAH TAMBAK UDANG (*Litopenaeus vannamei*) DI PESISIR PANTAI LEGON BOYO, KARIMUNJAWA

Sensitivity Level of Coral Reef Ecosystem by Shrimp Pond Waste (*Litopenaeus vannamei*) in Legon Boyo Beach, Karimunjawa

David Nugroho, Norma Afiati, Pujiono Wahyu Purnomo, Diah Ayuningrum, dan Oktavianto Eko Jati

Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275; Telephone/Fax: 024-76480685

Email: davidnugro12@gmail.com, normaafiati.na@gmail.com, purnomopoed@gmail.com,
diahayuningrum21@lecturer.undip.ac.id, oktavianto.ekojati@live.undip.ac.id

Diserahkan tanggal: 31 Juli 2024, Revisi diterima tanggal: 09 September 2024

ABSTRAK

Ekosistem karang dan pesisir Pulau Karimunjawa berpotensi terdampak akibat buangan limbah budidaya udang (*Litopenaeus vannamei*). Setidaknya telah tercatat sejak 2017 hingga Maret 2023 terdapat 33 titik lokasi, terdiri dari 238 petak tambak dengan total luasan sekitar 42 hektare. Penelitian ini bertujuan menghitung tingkat sensitivitas terumbu karang dan mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan oleh kegiatan budidaya tambak udang terhadap ekosistem karang di Pantai Legon Boyo, Kepulauan Karimunjawa. Penelitian ini menggunakan metode eksploratif meliputi: teknik pengumpulan data karang menggunakan metode *underwater photo transect* (UPT), teknik *purposive sampling* untuk pengumpulan data kualitas perairan dan teknik pengolahan data citra satelit. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer yang dimaksud adalah data ekosistem terumbu karang dan kualitas perairan di lokasi penelitian. Data sekunder meliputi status perlindungan kawasan, kelimpahan ikan dan data kualitas perairan. Sumber data sekunder diperoleh dari hasil penelitian terdahulu yang sesuai dengan topik bahasan dalam penelitian serta publikasi dari instansi terkait. Parameter dalam memperkirakan tingkat sensitivitas karang (S) antara lain: persentase tutupan, tipe pertumbuhan terumbu karang, kerapatan karang, kelandaian, status perlindungan, keberadaan spesies dilindungi dan kelimpahan ikan. Pengolahan data terumbu karang menggunakan *software* CPCe. Hasil perhitungan tingkat sensitivitas karang sebesar 3,14 yang mengindikasikan status sensitivitas tingkat sedang serta dampak kegiatan limbah buangan budidaya belum berdampak langsung terhadap ekosistem terumbu karang.

Kata Kunci: Tingkat sensitivitas, Terumbu karang, Limbah tambak udang, Karimunjawa

ABSTRACT

The coral and coastal ecosystems of Karimunjawa Island have the potential to be affected by the discharge of shrimp farming waste (*Litopenaeus vannamei*). At least 33 locations have been recorded from 2017 to March 2023, consisting of 238 ponds with a total area of about 42 hectares. This study aims to calculate the level of sensitivity of coral reefs and identify the impact of shrimp farming activities on coral ecosystems in Legon Boyo Beach, Karimunjawa Islands. This study used explorative methods including: coral data collection techniques using the underwater photo transect (UPT) method, purposive sampling techniques for water quality data collection and satellite image data processing techniques. The data used in this study are primary and secondary data. Primary data are data on coral reef ecosystems and water quality at the research site. Secondary data include area protection status, fish abundance and water quality data. Secondary data sources are obtained from the results of previous studies that are in accordance with the topics discussed in the study as well as publications from relevant agencies. Parameters in estimating coral sensitivity level (S) include: percent coral cover, coral reef growth type, coral density, slope, protection state, presence of protected species and fish abundance. Coral reef data processing used CPCe software. The results of the calculation of the coral sensitivity level of 3.14 which indicates a moderate level of sensitivity status and the impact of aquaculture effluent activities has not had a direct impact on the coral reef ecosystem.

Keywords: Sensitivity Level, Shrimp Farm Waste, Coral reef, Karimunjawa

PENDAHULUAN

Kepulauan Karimunjawa memiliki kelimpahan spesies karang dan termasuk satu dari tujuh Taman Nasional yang dimiliki oleh Indonesia. Jenis terumbu karang yang ada di Taman Nasional Karimunjawa adalah terumbu tepi (*fringing reef*) yang terdiri dari 182 jenis karang Scleractinian dan 23 jenis karang Non-Scleractinian (Purnomo et al., 2022). Kepulauan ini memiliki lima tipe ekosistem meliputi ekosistem terumbu karang, mangrove, lamun, pantai dan hutan tropis dataran rendah. Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang vital karena memiliki fungsi ekologis dan sumber pendapatan bagi manusia karena menyediakan sumber makanan serta memberikan perlindungan terhadap pantai. Terumbu karang juga menjadi tempat tinggal, tumbuh dan mencari makan bagi berbagai jenis biota laut. Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang paling rapuh di lautan (Purnomo dan Norma, 2018). Terumbu karang sangat sensitif terhadap pengaruh kegiatan manusia, di Indonesia umumnya terumbu karang sudah mengalami tekanan. Kegiatan manusia di pesisir tidak selalu baik atau positif sehingga dampak negatifnya dapat mencakup degradasi dan hilangnya kehidupan laut melalui kegiatan seperti budidaya, menyelam dan snorkeling, serta dampak tidak langsung yang timbul dari pembangunan pesisir yang tidak direncanakan dengan baik, termasuk pengerukan, pembangunan zona intertidal, budidaya tidak ramah lingkungan dan peningkatan polusi dan limbah padat (Spalding et al., 2017).

Belakangan, ekosistem pesisir di Pulau Karimunjawa mendapatkan ancaman dari kegiatan budidaya udang (*Litopenaeus vannamei*). Berdasarkan data Balai Taman Nasional Karimunjawa (BTNKJ) kemunculan kegiatan budidaya udang intensif sudah mulai sejak tahun 2017, kehadirannya bertambah secara masif hingga tahun 2023 berjumlah 33 titik terdiri dari 238 petak tambak, dengan total luas 42 Ha berada di Kecamatan Karimunjawa. Hal ini menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan hidup ekosistem pesisir terutama mangrove, lamun dan karang. Keadaan diperparah dengan limbah yang dihasilkan cenderung dibuang langsung ke perairan tanpa adanya upaya pengolahan. Hanya terdapat 1 titik lokasi budidaya yang sudah memiliki instalasi pengelolaan air limbah (IPAL). Keberadaan limbah buangan budidaya udang yang masuk ke perairan pada akhirnya akan mengganggu ekosistem karang. Ditambah lagi ekosistem terumbu karang mempunyai daya pulih yang rendah terhadap kerusakan yang terjadi di dalamnya (Manlea et al., 2016). Sebelum degradasi ekosistem semakin parah diperlukan informasi untuk mengetahui seberapa besar dampak buangan limbah tambak terhadap ekosistem terumbu karang.

Suhery et al., (2017) tingkat sensitivitas terumbu karang merupakan faktor intrinsik ekosistem

terumbu karang dalam menerima dampak dari suatu limbah. Smit dan Wandel (2006) bahwa tingkat sensitivitas tidak dapat dipisahkan dari keterpaparan. Luers (2005) dalam Tahir (2010) mengkombinasikan pengertian sensitivitas dan keterpaparan, dimana mendefinisikan sensitivitas sebagai tingkatan dari sistem dalam merespon gangguan eksternal terhadap sistem. Termasuk dalam konsep ini adalah kemampuan dari sistem untuk tahan terhadap perubahan dan kemampuan untuk pulih kembali ke kondisi semula setelah gangguan yang mengenai sistem berlalu.

Penelitian ini bertujuan menilai tingkat sensitivitas ekosistem karang dalam menerima beban pencemaran limbah buangan budidaya udang (*Litopenaeus vannamei*). Mengetahui keadaan dan sensitivitas ekosistem karang di Karimunjawa akan menjadi data penting dalam pengelolaan dan konservasi Taman Nasional Karimunjawa.

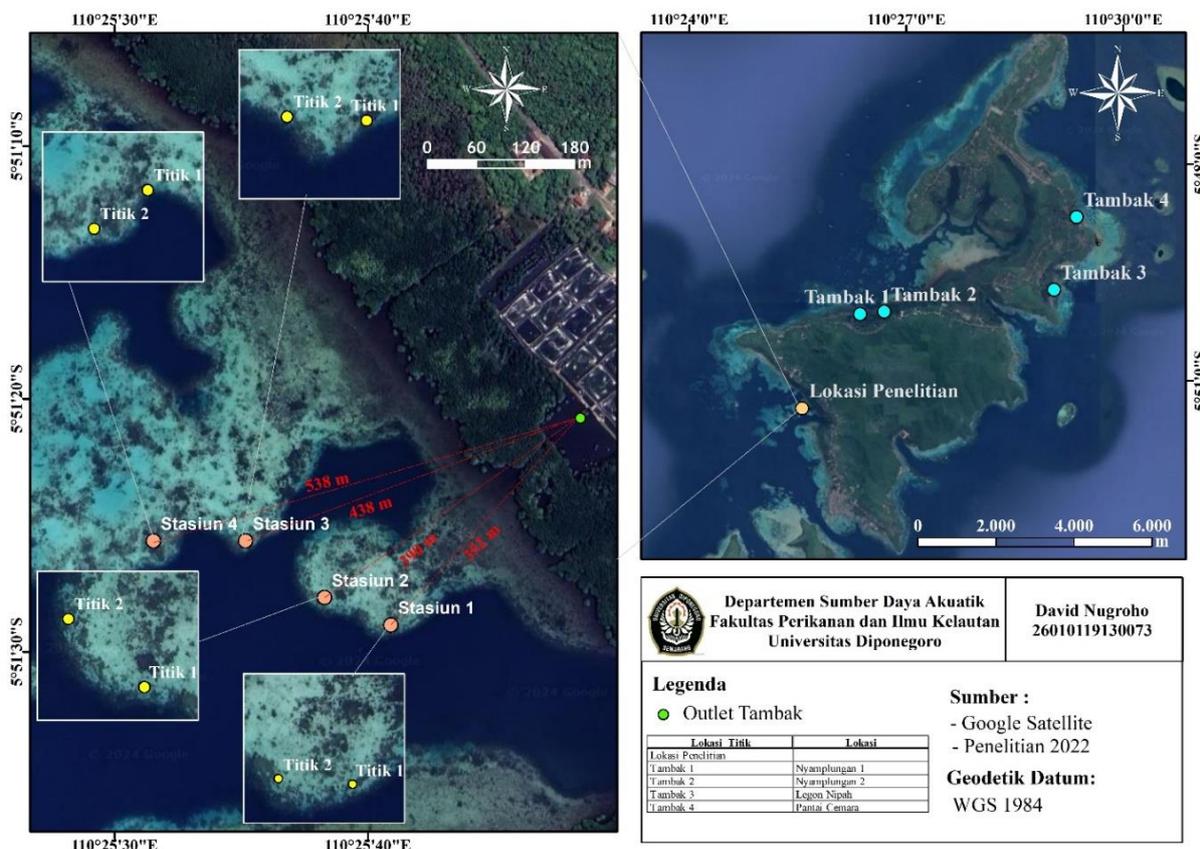
METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di pantai Legon Boyo Pulau Karimunjawa yang bagian dari zona pemanfaatan Taman Nasional Karimunjawa. Penetapan stasiun pengamatan berdasarkan purposive sampling, dimana stasiun tersebut merupakan ekosistem karang yang terletak kurang dari 1 km dari titik outlet aliran limbah budidaya (Gambar 1). Lokasi budidaya udang tersebut merupakan lokasi budidaya udang di Karimunjawa paling pertama diantara lokasi lainnya sejak 2017. Pengamatan data ekosistem terumbu karang dilakukan satu kali, setiap stasiun dilakukan 2 kali pengulangan.

Alat yang digunakan dalam penelitian sampling lapangan adalah kamera *underwater* untuk mendokumentasikan kondisi terumbu karang. *Global Position System* (GPS) untuk menentukan titik koordinat pengambilan. Rollmeter sebagai garis acuan sampling. Kuadran 50x50cm² untuk membagi batasan area sampel terumbu karang. Skindive sebagai perlengkapan snorkling. Refraktometer untuk mengukur salinitas. Botol sampel 1,5 liter sebagai wadah air sampel. Coolbox untuk tempat penyimpanan sampel air. *Software Coral Point Count with Excel* (CPCe) untuk membantu menghitung persenutupan dan kerapatan karang.

Pengumpulan data dilakukan pada bulan November 2022. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa kondisi ekologi terumbu karang dan sampel air di lokasi penelitian. Pengumpulan data primer untuk mengetahui persen penutupan karang dan kerapatan terumbu karang di wilayah penelitian dilakukan dengan metode foto transek 50x50cm². Pengolahan data menggunakan *software CPCe (Coral Point Count with Excel extension)*.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel Air Limbah Tambak Udang Oleh Masyarakat.

Data terkait keberadaan spesies dilindungi, serta terkait zonasi wilayah dikumpulkan dengan metode wawancara secara *purposive sampling*. Data sekunder yang digunakan yaitu: data hasil analisis parameter BOD₅, COD (*chemical oxygen demand*), TSS, Amoniak total (NH₃-N) dan H₂S yang dianalisis secara kolektif oleh masyarakat Karimunjawa.

Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur di ekosistem karang secara in situ antara lain: suhu, pH dan salinitas. Sedangkan variabel yang diuji di laboratorium meliputi: *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), klorofil-a dan nitrat. Seluruh variabel diukur pada keempat stasiun yang terdapat 8 titik pengambilan. Selain itu, didapatkan hasil uji sampel air yang diambil di outlet buangan limbah beberapa lokasi budidaya udang (Gambar 2). Sampel tersebut diuji atas inisiasi kolektif masyarakat lokal karena mempunyai keresahan akan bahaya limbah yang mengancam. Parameter air yang diuji antara lain: BOD₅, COD, TSS, Amoniak total dan Sulfida sebagai H₂S.

Sensitivitas Karang

Sensitivitas karang merupakan kondisi internal karang dalam merespon perubahan kondisi perairan. Penelitian ini mengkerucutkan faktor perubahan kondisi perairan yang disebabkan oleh masuknya air limbah sisa budidaya udang. Parameter yang

digunakan untuk menilai tingkat sensitivitas karang oleh buangan limbah budidaya udang dijabarkan pada Tabel 1. Konsep menghitung nilai tingkat sensitivitas mengacu pada sensitivitas yang dikemukakan oleh Suhery *et al.* (2017), dimana sensitivitas (S) merupakan fungsi dari 7 variabel meliputi: tipe pertumbuhan karang (GT), kelandaian (SL), status perlindungan kawasan (PE), persen tutupan karang (PC), kerapatan terumbu karang (CD), keberadaan spesies dilindungi (PS) dan kelimpahan ikan (FA). Dalam bentuk formula umum:

$$S = \frac{GT+SL+PE+PC+CD+PS+FA}{7}$$

Nilai akhir masing-masing kategori (GT, SL, PE, PC, CD, PS, FA) yang digunakan untuk menghitung tingkat sensitivitas (S) merupakan nilai rata-rata dari skor masing-masing parameter penyusunnya (Tabel 2).

Klasifikasi tingkat sensitivitas didapatkan dari hasil akhir perhitungan sesuai formula. Hasil tingkat sensitivitas diklasifikasikan seperti berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Sensitivitas Terumbu Karang

Kategori	Sensitivitas
Sangat rendah	1
Rendah	2
Sedang	3
Tinggi	4

Tabel 2. Skoring Tingkat Sensitivitas Karang

Parameter	Deskripsi	Penilaian Skor
Tipe pertumbuhan terumbu karang (GT)	Tipe pertumbuhan terumbu karang akan berpengaruh terhadap ekosistem terumbu karang secara keseluruhan jika terjadi polusi. Terumbu karang tipe atoll cenderung akan lebih sensitif terhadap limbah tambak udang jika dibandingkan dengan terumbu karang yang tersebar. Karena limbah tambak udang yang memasuki kawasan atoll akan terakumulasi di tengah pada saat pasang surut.	1. <i>Patch Reef</i> = 2 2. <i>Fringing Reef</i> = 3 3. <i>Barrier Reef</i> = 4 4. <i>Atoll</i> = 5 Suhery <i>et al.</i> (2017)
Kelandaian (SL)	Ekosistem yang tumbuh di perairan yang landai akan memiliki nilai sensitivitas yang lebih tinggi daripada ekosistem yang terjal akibat limbah tambak udang.	1. Tubir = 1 2. Sangat Curam = 2 3. Curam = 3 4. Landai = 4 5. Datar (<i>flat</i>) = 5
Status Perlindungan (PE)	Ekosistem terumbu karang yang dilindungi memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi daripada kawasan ekosistem yang tidak dilindungi. Penetapan suatu kawasan sebagai kawasan perlindungan atau bukan, tentunya sudah mempertimbangkan berbagai faktor.	1. Tidak dilindungi = 1 2. Zona pemukiman = 2 3. Zona Pemanfaatan = 3 4. Zona Perlindungan = 4 5. Zona Inti = 5 Modifikasi IPIECA (1992).
Persentase Tutupan (PC)	Persentase tutupan merupakan proporsi antara luas tempat yang ditutupi terumbu karang hidup dengan luas total habitat. Semakin tinggi persentase tutupan maka semakin sensitif terhadap paparan limbah tambak udang.	1. 0 – 24,9% = 2 2. 25 - 49,9% = 3 3. 50 - 74,9% = 4 4. 75 - 100% = 5 Kepmen LH No. 4 Tahun 2001
Kerapatan (CD)	Kerapatan = jumlah total koloni / luas area unit sampel. Parameter persentase tutupan dan kerapatan terumbu karang tetap perlu untuk dinilai bersamaan. Hal ini diperlukan untuk memberikan penilaian sensitivitas terumbu karang secara utuh, yaitu dari sisi tutupan area perairan oleh karang hidup, dan jumlah koloni karang hidup dalam luasan area perairan (kerapatan).	1. 0 koloni/m ² = 1 2. >0 – 10 koloni/m ² = 2 3. >10 – 20 koloni/m ² = 3 4. >20 – 30 koloni/m ² = 4 5. >30 koloni/m ² = 5
Spesies dilindungi (PS)	Keberadaan spesies yang dilindungi di suatu ekosistem terumbu karang akan memberikan nilai sensitivitas yang tinggi pada ekosistem tersebut terhadap limbah tambak udang	1. Tidak ada = 1 2. Ada = 4
Kelimpahan ikan (FA)	Ekosistem terumbu karang tidak hanya terdiri dari karang, namun juga terdapat biota asosiasi seperti ikan karang. Semakin tinggi kelimpahan ikan maka semakin tinggi nilai sensitivitas ekosistem tersebut	1. 1.0 ind/ha = 1 2. >0 – 10.000 ind/ha = 2 3. >10.000 – 20.000 ind/ha = 3 4. >20.000 – 30.000 ind/ha = 4 5. >30.000 ind/ha = 5 Estradivari (2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Karang

Kondisi tutupan karang di lokasi penelitian masuk dalam kategori "rusak sedang" dengan rata-rata persen tutupan karang hidup sebesar 43.06%. (Gambar 3) Persen tutupan karang bervariasi berkisar 32.67% - 52.71%. Penutupan terumbu karang daerah *reef flat* cenderung bervariasi karena memiliki banyak faktor seperti aktivitas manusia yang berdampak negatif terhadap kondisi terumbu karang yaitu sedimentasi dari penggalian dan kegiatan konstruksi di

pantai maupun pembuangan limbah industri masuk kedalam perairan. Persen *Dead Coral with Algae* (DCA) merupakan nilai tertinggi kedua. Penyebab tingginya alga disebabkan perairan yang cukup subur sehingga kemungkinan karang bleaching lalu tumbuh alga semakin cepat. Hal tersebut bisa jadi dipengaruhi oleh masuknya limbah kedalam perairan. Penurunan *lifeform coral life* dan peningkatan dead coral ini diduga akibat keterpaparan ekosistem terumbu karang dalam beradaptasi pada perubahan perairan yang disebabkan masuknya buangan limbah tambak udang yang berada di sekitar lokasi.

Tabel 3. Hasil Tutupan Terumbu Karang

Stasiun	Titik	Coral life %	Dead coral %	Algae %	Ruble %	Sand %	Silt %	Others life %
1	1	42.75	9.86	16.38	10.43	7.10	6.67	6.81
	2	45.22	16.23	28.84	4.93	2.46	0.00	2.32
2	1	32.67	18.53	36.93	3.07	5.20	0.00	3.60
	2	40.93	21.20	28.13	5.07	3.20	0.00	1.47
3	1	44.93	25.07	14.93	6.80	5.87	0.00	2.40
	2	39.33	29.60	13.33	13.60	3.07	0.00	1.07
4	1	45.92	10.80	33.45	7.12	0.14	0.00	2.57
	2	52.71	6.21	33.76	5.17	0.75	0.00	1.39
Rata-rata		43.06	17.19	25.72	7.02	3.47	0.83	2.70

Tabel 4. Variabel Fisika Kimia Perairan Legon Boyo, Karimunjawa

Stasiun	Titik	Suhu	Salinitas	pH	Klorofil-a (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	Nitrat (mg/L)
1	1	28	33.50	8.39	4.18	2.32	15.57	0.472
	2	29	33.70	8.41	4.21	2.26	16.51	0.484
2	1	29	34.40	8.41	4.35	2.4	16.55	0.497
	2	28	34.50	8.45	4.35	2.6	16.58	0.503
3	1	28	34.80	8.39	4.15	1.62	15.16	0.454
	2	28	34.60	8.37	4.15	2.16	15.62	0.476
4	1	29	34.20	8.40	4.23	3.12	15.53	0.482
	2	29	34.40	8.42	4.22	3.2	15.84	0.476

Pengukuran Kualitas Air

Suhu air permukaan pada masing-masing lokasi pengambilan sampel berkisar antara 28°C – 29°C. Suhu tersebut termasuk dalam kondisi normal dan optimal bagi kehidupan terumbu karang. dimana pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang ideal pada suhu 25-28°C dan antara 23-29°C (Souhoka dan Simon, 2013).

Perhitungan kualitas air didasarkan atas 2 hal yaitu pengamatan parameter fisika dan kimia di perairan Legon Boyo Taman Nasional Karimunjawa dan hasil *ground check* pada berbagai titik dimana masyarakat Karimunjawa secara kolektif melakukan uji kualitas air pada 4 lokasi titik tambak udang.

Hasil analisis parameter fisika dan kimia perairan menunjukkan keseluruhan parameter berada pada angka normal, kecuali nitrat. Angka nitrat didapatkan lebih dari 0,4 mg/L yang menunjukkan angka diatas baku mutu air laut berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Ruang Hidup yakni baku mutu nitrat 0,06 mg/L.

Berdasarkan data perhitungan yang diperoleh, nilai salinitas yang terukur pada lokasi pengambilan sampel berkisar antara 34.5–34.9 ‰, dengan baku mutu air laut untuk biota laut adalah antara 33–34 ‰. Nilai tersebut termasuk dalam kondisi salinitas yang baik bagi pertumbuhan hewan karang dengan nilai salinitas optimal berkisar antara 32–35 ‰ (Nybakken, 1992). Kriteria salinitas air laut untuk biota laut adalah

salinitas alami dan masih diperbolehkan perubahan sampai dengan <5% dari salinitas rata-rata musiman.

Sedangkan nilai pH yang terukur pada lokasi penelitian masih terkategori aman untuk suatu perairan dengan nilai antara 8,37 – 8,45. Umumnya baku mutu pH air laut menurut PP No 22 tahun 2021 relatif stabil pada kisaran antara 7,5-8,4.

Kondisi TSS tergolong normal untuk pertumbuhan terumbu karang. Hal tersebut dikarenakan air limbah mengalami proses pengendapan di ekosistem mangrove sehingga partikel sedimen yang terbawa memasuki perairan laut akan jauh berkurang. Variabel klorofil-a dalam air di ekosistem karang memiliki cenderung tinggi mencapai angka rata-rata 4,2 mg/L. Meningkatnya nilai klorofil-a di perairan salah satunya disebabkan oleh ketersediaan nutrien. Keberadaan limbah budidaya udang meningkatkan nutrien seperti nitrogen dan fosfor sehingga fitoplankton akan berkembang biak dengan cepat, meningkatkan konsentrasi klorofil-a. Variabel klorofil-a tidak secara langsung mengganggu kehidupan karang. Namun, konsentrasinya yang tinggi menjadi indikasi adanya eutrofikasi yang dapat mengganggu kelangsungan hidup karang.

Variabel BOD₅ cenderung mendekati ambang batas baku mutu perairan sebesar 20 mg/L. Kenaikan BOD₅ disebabkan oleh limbah budidaya yang mengandung bahan organik banyak sehingga memerlukan proses dekomposisi dan meningkatkan BOD dalam air.

Tabel 5. Hasil Uji Kualitas Air di Aliran Air Limbah Tambak Udang di 4 Titik Lokasi Tambak Udang Karimunjawa

Uji Lokasi	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	H ₂ S (mg/L)
Titik 1 Nyamplungan 1	210	639.6	60	43.55	21.42
Titik 2 Nyamplungan 2	144	249.4	44	19.7	11.94
Titik 3 Legon Nipah	92	159.6	36	9.95	0.235
Titik 4 Pantai Cemara	178	242.9	64	16.29	13.98
Baku Mutu	20*	50**	20*	0.3*	0.01*

*) Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Ruang Hidup

***) Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk biota laut

Variabel BOD₅ cenderung besar bisa mengganggu kelangsungan hidup karang karena menurunkan oksigen terlarut (DO) akibat dari proses dekomposisi. Selain itu, nutrisi yang tinggi memicu pertumbuhan alga dan fitoplankton (Meng et al., 2008). Jika pertumbuhan tidak terkendali akan mengakibatkan blooming alga sehingga mengganggu proses fotosintesis *zooxanthellae* dan pemutihan karang (*bleaching*).

Variabel nitrat di ekosistem karang berada diatas baku mutu perairan menurut Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Ruang Hidup sebesar 0,06 mg/L. Kenaikan variabel nitrat disebabkan salah satunya oleh ekskresi udang yang mengandung amonia. Melalui proses nitrifikasi, amonia akan diubah menjadi nitrit kemudian menjadi nitrat. Selain itu, sisa pemberian pakan buatan akan menyebabkan akumulasi nutrisi dan bahan organik yang juga akan menghasilkan amonia sehingga menaikkan kadar nitrat perairan. Keberadaan variabel nitrat diatas baku mutu ini akan menjadi ancaman bagi kelangsungan hidup terumbu karang. Nitrat tidak beracun bagi banyak biota laut di konsentrasi rendah sampai sedang, pada konsentrasi yang tinggi dapat menjadi racun bagi beberapa spesies *Acropora sp.* (Zhu et al., 2004).

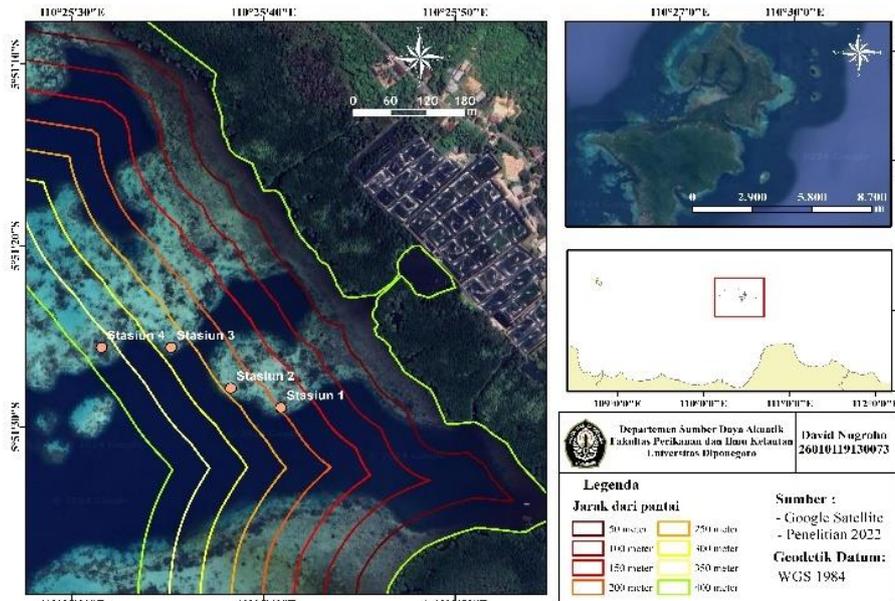
Upaya kolektif Masyarakat Karimunjawa menguji air buangan limbah budidaya udang di 4 titik dilakukan uji parameter kualitas air meliputi: BOD₅, *Chemical Oxygen Demand* (COD), TSS, amoniak total (NH₃-N) dan H₂S dalam air. Berdasarkan hasil data kualitas air yang diuji menunjukkan tren angka yang tinggi pada setiap parameter. Apabila keseluruhan parameter memiliki nilai terlalu tinggi maka akan mengakibatkan dampak yang kompleks dan serius bagi keberlanjutan ekosistem pesisir, utamanya ekosistem karang. Kadar BOD₅ dan COD rata-rata 156 mg/L dan 322 mg/L, sedangkan baku mutu untuk biota laut sangat jauh dibawah angka tersebut yakni 10 mg/L untuk BOD₅ dan 50 mg/L untuk COD.

Peningkatan kadar BOD₅ dan COD sangat kontras dengan perairan laut akan memicu pertumbuhan alga berlebihan, menyebabkan stres oksigen hingga *bleaching* karang. Hal ini terjadi karena

BOD₅ dan COD membawa limbah organik dan senyawa kimia dalam jumlah besar masuk ke dalam perairan. Kontaminan BOD dan COD akan menimbulkan masalah serius terhadap ekologi di perairan pesisir (Liu et al., 2011). Nilai rata-rata TSS 51 mg/L. Tingginya angka TSS akan mengakibatkan partikel tidak terlarut mengendap dan menutupi permukaan karang sehingga menyebabkan rusaknya polip karang, menghambat regenerasi hingga *bleaching* pada karang. Konsentrasi TSS tinggi dan dalam kurun waktu lama akan menurunkan aktivitas fotosintesis *zooxanthellae* karena menghambat cahaya masuk, semakin tinggi konsentrasinya maka densitas *zooxanthellae* mengalami penurunan yang tinggi (Rizka et al., 2020).

Selain itu, kadar amoniak (NH₃-N) juga menunjukkan angka rata-rata yang sangat tinggi dengan rata-rata 22,37 mg/L dimana angka tersebut puluhan kali lipat dari baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang hanya sebesar 0,3 mg/L. Hal tersebut akan menjadi racun bagi biota laut dan menyebabkan angka kematian akut pada ikan (Egnew et al., 2019). Amoniak berlebihan akan menciptakan eutrofikasi, kondisi ini memicu pertumbuhan alga berlebih yang akan menutupi permukaan karang dan memperburuk kondisi lingkungan ekosistem terumbu karang. Amoniak juga dapat meningkatkan risiko terhadap penyakit pada karang dan biota laut lainnya, yang dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati. Sementara itu, angka hidrogen sulfida (H₂S) yang tinggi dibandingkan baku mutu berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 menandakan adanya kondisi hipoksia atau anoksia yang dapat mengakibatkan kematian pada karang dan biota laut di sekitarnya.

Kombinasi keseluruhan parameter yang digunakan akan menciptakan ancaman serius terhadap Kesehatan dan keberlanjutan ekosistem karang. Limbah tambak udang yang tidak dikelola dengan tepat akan berdampak pada penurunan kualitas perairan yang memungkinkan kondisi air melebihi baku mutu air laut (Aini & Parmi, 2022).



Gambar 2. Distribusi Sebaran Limbah Budidaya

Riset lapangan terkait pencemaran air berasal dari limbah budidaya udang di Karimunjawa yang kecenderungannya dibuang secara langsung atau hanya sekadar diendapkan tanpa melalui pengolahan IPAL yang ketat. Kontinuitas kegiatan tersebut akan mendegradasi daya dukung lingkungan yang berujung pada rusaknya ekosistem pesisir.

Sebaran Limbah Budidaya di Lokasi Penelitian

Pola sebaran limbah budidaya udang yang diolah memberikan hasil bahwa semakin jauh limbah menyebar akan menurunkan beban cemaran yang dibawa karena akan terjadi proses akumulasi dan pengenceran. Pertama-tama limbah budidaya dibuang melalui outlet yang akan melewati ekosistem mangrove sehingga terjadi proses akumulasi limbah oleh mangrove. Selanjutnya limbah budidaya udang yang telah terakumulasi akan terjadi pengenceran oleh air laut. Proses pengenceran dengan air laut secara alami akan menurunkan beban pencemar yang terbawa dari air limbah budidaya udang. Sehingga didapatkan hasil bahwa kualitas perairan di ekosistem terumbu karang Legon Boyo cenderung baik karena terjadi proses akumulasi oleh mangrove dan pengenceran oleh air laut.

Sensitivitas Karang

Perhitungan nilai sensitivitas sensitivitas ekosistem terumbu karang menggunakan data lapangan dan pendukung. Hasil perhitungan tingkat sensitivitas menunjukkan hasil sensitivitas sedang. Apabila ditinjau dari nilai setiap parameter, maka nilai tertinggi disumbang oleh tipe kelandaian lokasi dan keberadaan spesies dilindungi. Hal tersebut menunjukkan bahwa secara alami, topografi Legon Boyo relatif landai tergolong sensitif terhadap potensi masuknya limbah berbahaya dari kegiatan budidaya

udang intensif. Sementara itu, keberadaan spesies dilindungi berkontribusi terhadap tingkat sensitivitas. Biota laut dilindungi yang ditemukan di lokasi penelitian adalah *Tridacna sp.* Selain itu, ada beberapa biota laut dilindungi yang berada di Kepulauan Karimunjawa antara lain; *Nautilus pompilius*, *Tridacna sp.*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricate*, *ermochelys coriacea*.

Parameter status perlindungan ekosistem pada lokasi merupakan zona budidaya bahari yang fokus utamanya sebagai zona kegiatan penunjang budidaya laut dan jasa ekosistem lainnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.76/Menlhk-Setjen/2015 bahwa zona budidaya bahari juga tergolong dalam zona pemanfaatan. Pemafaatan zona tersebut cukup terbatas dengan mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan pesisir. Lalu, parameter tipe pertumbuhan terumbu karang di lokasi tersebut selaras dengan kondisi topografinya yang landai, sehingga memiliki tipe karang fringing reef dengan skor 3 (Tabel 6).

Parameter sensitivitas persentase dan kerapatan karang memiliki skor 3. Persen tutupan karang di lokasi sampling cenderung sedang dengan rata-rata tutupan karang hidup sebesar 34,79%. Sedangkan nilai kerapatan karang di Legon Boyo juga bernilai sedang mencapai kisaran 10 koloni/m². Selain itu, parameter kelimpahan ikan di Karimunjawa cenderung sedikit, tidak lebih dari 10.000 ind/ha. Berdasarkan total penilai seluruh parameter sensitivitas terumbu karang di Legon Boyo menghasilkan tingkat nilai sensitivitas yang sedang yakni 3,14 yang mengartikan bahwa ekosistem karang di lokasi penelitian cukup rentan dalam menerima keterpaparan perubahan kualitas perairan yang memburuk bagi karang.

Tabel 6. Skoring Sensitivitas Karang

No.	Parameter Sensitivitas	Hasil Pengamatan	Skor
1	Tipe pertumbuhan terumbu karang	<i>Fringing reef</i>	3
2	Kelandaian	Landai	4
3	Status perlindungan ekosistem	Zona pemanfaatan	3
4	Persentase tutupan karang	43.06%	3
5	Kerapatan karang	10 koloni/m ²	3
6	Spesies yang dilindungi	Ada	4
7	Kelimpahan ikan	<10.000 ind/Ha	2
Nilai Sensitivitas			3.14
Kategori Sensitivitas			Sedang

Keterkaitan Buangan Limbah Tambak Udang Terhadap Ekosistem Terumbu Karang

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas air di lokasi sampling menunjukkan bahwa semua parameter dalam keadaan normal untuk kondisi di laut, kecuali nitrat. Kadar nitrat di Legon Boyo cenderung tinggi melebihi ambang batas baku mutu nitrat yakni 0,008 mg/L. Kondisi nitrat di lapangan berkisar antara 0,454-0,512 mg/L (Tabel 4). Limbah buangan tambak udang intensif disekitar lokasi penelitian memiliki dampak langsung dan tidak langsung terhadap lingkungan perairan. Dikarenakan buangan limbah tambak udang ini dibuang langsung ke badan perairan yang berdasarkan topografi dilapangan ditemukan bahwa limbah pertama-tama terperangkap di ekosistem mangrove yang cukup tebal, sehingga didalam ekosistem mangrove terjadi pengendapan limbah. Ditemukan dilapangan bahwa kondisi mangrove sekitar tambak dalam kondisi yang kritis dan sebagian sudah tidak berdaun. Kondisi seperti ini tentunya secara perlahan akan mempengaruhi ekosistem berikutnya yakni ekosistem lamun dan terumbu karang. Setelah daya dukung mangrove tidak mampu menahan masuknya limbah ke perairan akan berujung pada rusaknya ekosistem berikutnya. Dibuktikan dengan data pendukung terkait uji laboratorium yang dilakukan secara swadaya oleh masyarakat, mendapatkan data bahwa parameter BOD₅, COD, TSS, H₂S dan Amoniak total sangat jauh melebihi baku mutu perairan (Tabel 5).

Ditinjau dari hasil sensitivitas yang diperoleh berada pada nilai sedang, dimana kondisi ini menjadi sebuah hambatan bagi karang dalam keberlangsungan hidupnya. Ditambah dengan masuknya limbah ke badan perairan akan menambah tingkat stres terumbu karang. Selain itu, potensi terjadinya kerusakan lingkungan yang lebih parah masih membayangi. Seperti yang terjadi di lokasi lain yakni Pantai Cemara, Karimunjawa pada Desember 2022 dengan kondisi yang mirip adanya limbah buangan tambak udang intensif terjadi *blooming algae* yang membuat rusaknya mayoritas ekosistem di laut.

KESIMPULAN

Melalui studi kasus dalam penelitian ini dapat diketahui tingkat sensitivitas ekosistem terumbu karang oleh buangan limbah budidaya udang intensif disusun atas beberapa parameter yang terbagi dalam kategori tipe pertumbuhan karang, kelandaian, status perlindungan kawasan, persen tutupan karang, kerapatan karang, keberadaan spesies dilindungi dan kelimpahan ikan. Berdasarkan tingkat sensitivitas yang dibangun, ekosistem terumbu karang di Legon Boyo, Karimunjawa memiliki sensitivitas sedang terhadap buangan limbah budidaya udang karena dibantu oleh keberadaan ekosistem mangrove. Keberadaan ekosistem mangrove diperkirakan memberikan peranan penting dalam menurunkan tekanan atau keterpaparan limbah ke ekosistem karang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari skripsi penulis pertama pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan (UNDIP). Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat, terutama Proyek Penelitian, Balai Taman Nasional Karimunjawa & masyarakat peduli Karimunjawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, M., & Parmi, H. J. (2022). Analisis Tingkat Pencemaran Tambak Udang di Sekitar Perairan Laut Desa Padak Guar Kecamatan Sambelia Kabupaten Lombok Timur. *Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*, 1(2), 67–75.
- Egnew, N., Renukdas, N., Ramena, Y., Yadav, A. K., Kelly, A. M., Lochmann, R. T., & Sinha, A. K. (2019). Physiological insights into largemouth bass (*Micropterus salmoides*) survival during long-term exposure to high environmental ammonia. *Aquatic Toxicology*, 207, 72–82.
- [KLH] Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup, 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut. Jakarta.

- [KLH] Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup, 2015. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. P.76/Menlhk-Setjen/2015 tentang Kriteria Zona Pengelolaan Taman Nasional dan Blok Pengelolaan Cagar Alam, Suaka Margasatwa, Taman Hutan Raya dan Taman Wisata Alam. Jakarta, 43 hal.
- Liu, S., Lou, S., Kuang, C., Huang, W., Chen, W., Zhang, J., & Zhong, G. (2011). Water quality assessment by pollution-index method in the coastal waters of Hebei Province in western Bohai Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2220–2229.
- Manlea, H., Ledheng, L., & Sama, Y. M. (2016). Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Wini Kelurahan Humusu C Kecamatan Insana Utara Kabupaten Timor Tengah Utara. 1(2), 21–23.
- Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Ruang Hidup. Indonesia, 289 hal.
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Indonesia, 41 hal.
- Purnomo, P. W., dan Afiati, N. (2018). Post-west monsoon planulae recruitment in damaged coastal corals of Panjang Island, Jepara, Central Java, Indonesia. 11(Pearson 1981), 132–142.
- Purnomo, P. W., Purwati, F., dan Akhmad, D. S. (2022). Coral Reef Conditions at The Snorkeling Spots of The Karimunjawa National Park, Indonesia. *Croatian Journal of Fisheries*, 80, 77–86.
- Rizka, Raema, F. Wahyu, Purnomo Pujiono, Sabdaningsih, A. (2020). The Effect of Total Suspended Solid (TSS) to Release of Zooxanthela from Coral *Acropora* sp. in Laboratory Scale. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1): 16–21.
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & zu Ermgassen, P. (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, 82(May), 104–113.
- Suhery, N., Damar, A., & Effendi, H. (2017). Indeks Kerentanan Ekosistem Terumbu Karang Terhadap Tumpahan Minyak: Kasus Pulau Pramuka dan Pulau Belanda di Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 67–90.
- Susana, T. 2005. Kualitas Zat Hara Perairan Teluk Lada, Banten. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*: 59-67.