

Penilaian Kondisi Ekologi Perairan Untuk Pengembangan Budidaya Tiram (Moluska: Ostreidae) di Selat Cunda Kota Lhokseumawe

Ekamaida^{1*}, Sigid Hariyadi², Mala Nurilmala³, Cecep Kusmana⁴,
Majariana Krisanti², Syahrial⁵

¹Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor
Gedung Sekolah Pascasarjana Lantai II Kampus IPB Baranangsiang, Bogor, Jawa Barat, 16144, Indonesia

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis, Babakan, Kec. Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16680, Indonesia

³Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis, Babakan, Kec. Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16680, Indonesia

⁴Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, 16680, Indonesia

⁵Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh
Jl. Universitas Muara Batu, Aceh Utara, Aceh, 20155, Indonesia

Email: ekamaidapsl20ekamaida@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Kajian dilakukan bulan Oktober 2023 pada 5 stasiun pengamatan yang bertujuan untuk menilai kondisi ekologi perairan Selat Cunda dalam upaya pengembangan budidaya tiram. Parameter diukur secara *in situ* dan *ex situ*, selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu lingkungan serta dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis*. Oksigen terlarut tertinggi ditemukan pada Stasiun 3 (7.66 ± 0.08 mg/L), pH pada Stasiun 2 (7.95 ± 0.02), salinitas pada Stasiun 1 ($27.00 \pm 1.00\%$), kecerahan pada Stasiun 5 (79.00 ± 4.00 cm), kedalaman dan suhu pada Stasiun 2 (62.33 ± 8.33 cm dan $30.80 \pm 0.62^{\circ}\text{C}$), kekeruhan dan kelimpahan *Escherichia coli* pada Stasiun 1 (2262.42 ± 1613.32 NTU dan 1020.00 ± 113.00 MPN/100 ml), logam berat Cd air pada Stasiun 3 dan 4 (masing-masing 0.01 ± 0.00 mg/L), logam berat Pb air pada Stasiun 3 (0.07 ± 0.01 mg/L), kecepatan arus pada Stasiun 2 (0.20 ± 0.01 m/s), tekstur pasir pada Stasiun 5 ($88.00 \pm 1.73\%$), tekstur debu pada Stasiun 4 ($46.00 \pm 22.52\%$), tekstur liat dan C-organik pada Stasiun 1 ($9.67 \pm 1.15\%$ dan $0.85 \pm 0.68\%$), logam berat Cd serta Pb pada Stasiun 3 (0.03 ± 0.01 mg/L dan 7.60 ± 0.58 mg/L) dan N-total pada Stasiun 4 ($0.12 \pm 0.33\%$). Hasil analisis PCA memperlihatkan bahwa parameter suhu, tekstur debu, kecepatan arus, Cd air, N-total dan tekstur pasir merupakan pembeda utama variasi di PC pertama; sementara parameter salinitas, kelimpahan *E. coli*, kekeruhan, tekstur liat dan kedalaman merupakan pembeda utama variasi di PC kedua. Untuk mewujudkan kesuksesan budidaya tiram di Selat Cunda Kota Lhokseumawe harus ditingkatkan nilai kecerahan dan kedalaman perairan serta menurunkan kekeruhan serta logam berat Pb.

Kata kunci : Logam Berat, PCA, Kerang, *Bivalvia*, Moluska

Abstract

Assessment of Water Ecological Conditions for Developing Oyster (Mollusc: Ostreidae) Cultivation in The Cunda Strait, Lhokseumawe City

The study was carried out in October 2023 and consisted of 5 observation stations with the aim of assessing the ecological conditions of the Cunda Strait waters in the development of oyster cultivation. Parameters are measured *in situ* and *ex situ*, then compared with environmental quality standards. Apart from that, it was also analyzed using principal component analysis. The highest dissolved oxygen was found at Station 3 (7.66 ± 0.08 mg/L), pH at Station 2 (7.95 ± 0.02), salinity at Station 1 ($27.00 \pm 1.00\%$), transparency at Station 5 (79.00 ± 4.00 cm), depth and temperature at Station 2 (62.33 ± 8.33 cm and $30.80 \pm 0.62^{\circ}\text{C}$), turbidity and abundance of *Escherichia coli* at Station 1 (2262.42 ± 1613.32 NTU and 1020.00 ± 113.00 MPN/100 ml), heavy metal Cd water at Stations 3 and 4 (each 0.01 ± 0.00 mg/L),

heavy metal Pb water at Station 3 (0.07 ± 0.01 mg/L), current rates at Station 2 (0.20 ± 0.01 m/s), sand texture at Station 5 (88.00 ± 1.73 %), dust texture at Station 4 (46.00 ± 22.52 %), clay and C-organic texture at Station 1 (9.67 ± 1.15 % and 0.85 ± 0.68 %), heavy metals Cd and Pb at Station 3 (0.03 ± 0.01 mg/ L and 7.60 ± 0.58 mg/L) and N-total at Station 4 (0.12 ± 0.33 %). The results of the PCA analysis show that the parameters temperature, dust texture, current speed, water Cd, N-total, and sand texture are the main differentiators of variations in the first PC, while salinity, abundance of *E. coli*, turbidity, clay texture, and depth are the main differentiators of variation in the second PC. Oyster cultivation can be carried out in the Cunda Strait, but it must increase the brightness and depth of the water, then reduce the turbidity and heavy metal Pb values in the water column immediately before cultivating activities are carried out.

Keywords : *Heavy Metals, PCA, Shellfish, Bivalves, Molluscs*

PENDAHULUAN

Tiram merupakan salah satu organisme dominan di komunitas perairan laut yang menempel di tepian alami pasang surut hingga di kawasan infralitoral, substrat berbatu, akar-akar mangrove ataupun substrat keras lainnya (seperti kayu, semen dan/atau beton tiang penyangga pelabuhan) (McAfee *et al.*, 2020). Tiram terdistribusi di perairan beriklim sedang (Grabowski *et al.*, 2020) hingga kawasan tropis (Liao *et al.*, 2021; Vieira *et al.*, 2021; Do *et al.*, 2022; Erlangga *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2023). Tiram memiliki penutup luar yang disebut dengan cangkang dan kondisi cangkangnya berbentuk miring serta bertubuh lunak (Octavina *et al.*, 2014; Khan *et al.*, 2023). Menurut Barman *et al.* (2022) tiram bernapas melalui insang dan tergolong *filter feeders* yang memiliki peranan penting di lingkungan akuatik; sehingga tiram secara ekologi memiliki banyak peranan yaitu dalam hal mendesain, mengembangkan hingga merawat lingkungan akuatik (Alexandra *et al.*, 2010). Dua peranan terpenting tiram secara ekologi adalah sebagai sumber makanan bagi hewan perairan (Coen *et al.*, 2007) dan dapat menyaring air dalam jumlah yang besar, sehingga menghilangkan partikel-partikel di kolom perairan dan menyebabkan perairan menjadi lebih bersih (Coen *et al.*, 2007; van den Burg *et al.*, 2022). Namun peranan tiram secara ekologi yang lainnya juga masih ada yaitu sebagai pelindung habitat (van den Burg *et al.*, 2022) serta mengatur komposisi kimia atmosfer dengan menjaga keseimbangan CO₂ dan O₂ melalui penyerapan karbon (Duarte *et al.*, 2017). Petersen *et al.* (2016) dan Stevant *et al.* (2017) menyatakan bahwa tiram juga memiliki potensi dalam memenuhi produksi makanan manusia. Hal ini karena tiram merupakan salah satu makanan laut terpopuler

yang memiliki nilai gizi tinggi (Chen *et al.* 2021) dan bukan hanya sekedar penyedia biomassa saja (van den Burg *et al.*, 2022), sehingga banyak negara-negara dunia yang masyarakat lokalnya bergantung terhadap keberadaan tiram untuk mencukupi perekonomian rumah tangga mereka (Vakily, 1992). Ini dibuktikan dengan adanya peningkatan produksi dan perdagangan tiram secara global pada satu dekade terakhir (FAO, 2024). Salah satu kawasan yang banyak ditemukannya keberadaan tiram adalah perairan Selat Cunda Kota Lhokseumawe.

Selat Cunda adalah perairan yang sangat penting bagi masyarakat Kota Lhokseumawe. Selat ini memisahkan antara daratan Lhokseumawe dan Pulau Sumatera yang padat akan aktivitas manusia. Panjang Selat Cunda mencapai ± 8.3 km dan lebar rata-ratanya ± 63.46 m. Saat air pasang, air dari Selat Malaka akan masuk ke perairan Selat Cunda dan di sisi kiri maupun kanan bantarnya ditumbuhi oleh vegetasi mangrove dengan kerapatan mangrove yang bervariasi (didominasi oleh tegakan *Avicennia* sp., *Sonneratia* sp. dan *Rhizophora* sp.), kemudian di bantaran Selat Cunda juga banyak terdapat tambak-tambak tradisional serta permukiman penduduk. Sementara di tengah perairannya dimanfaatkan oleh masyarakat lokal sebagai area Keramba Jaring Apung (KJA) untuk budidaya biota air. Substrat dasar perairan Selat Cunda di bagian utaranya didominasi oleh tekstur pasir, sedangkan di bagian selatannya didominasi oleh tekstur lumpur, kemudian substrat perairan pada 2 km dari bagian utaranya (Pantai Ujung Batee hingga Jembatan Loskala) banyak terdapat pecahan cangkang moluska (terutama dari tiram) yang bercampur dengan lumpur dan menyebabkan substratnya menjadi keras seperti berbatu. Selanjutnya kecepatan arus di bagian utara dan

selatan Selat Cunda lebih kencang bila dibandingkan dengan bagian tengahnya (sekitar perbatasan Desa Banda Masen dan Panggoi), kemudian perairan Selat Cunda juga memiliki karakteristik *semi diurnal tide*, sama seperti karakteristik yang dimiliki oleh Selat Melaka (Tamba *et al.*, 2016).

Di alam, peran ekologi sangat penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan. Hal ini sangat berguna dalam menghasilkan estimasi atau dugaan terhadap kondisi kualitas lingkungan secara representatif dan komprehensif (Butler *et al.*, 2001). Taufiq *et al.* (2007) menyatakan bahwa pertumbuhan tiram sangat baik apabila kecepatan arusnya lebih rendah, kemudian tiram juga sangat membutuhkan parameter suhu, salinitas dan kecerahan perairan yang ideal bagi pertumbuhannya. Selanjutnya, parameter kedalaman yang lebih rendah (sekitar 200 cm) juga sangat disukai oleh tiram dalam mempertahankan kelulusan hidupnya (Baso & Syarifuddin, 2021). Di perairan Selat Cunda sendiri, tiram dapat hidup dan berkembang dengan baik. Hal ini terlihat dari seringnya masyarakat lokal mengambil dan menangkap tiram tanpa memperhatikan waktu, jumlah maupun ukuran (Erlangga *et al.*, 2022). Oleh karena itu, berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka keberadaan tiram di perairan Selat Cunda diduga dapat dikembangkan dalam suatu sistem budidaya agar nantinya rantai makanan perairan tidak terputus dan masyarakat lokal juga akan terbantuan dalam meningkatkan perekonomian rumah tangga mereka karena penangkapan terhadap tiram sekarang ini telah dilakukan oleh masyarakat Kota Lhokseumawe secara intensif.

Kajian mengenai keberadaan dan kondisi tiram sudah pernah dilakukan di Provinsi Aceh oleh para ahli seperti Purba *et al.* (2017), Kasmini *et al.* (2018), Darma *et al.* (2019), Handayani *et al.* (2020) dan Octavina *et al.* (2021). Sementara di Kota Lhokseumawe sendiri, juga sudah pernah dilakukan oleh Zainura *et al.* (2016). Selanjutnya untuk kualitas lingkungan tiram di Provinsi Aceh, sudah dilakukan oleh Yanti *et al.* (2017) dan Purba *et al.* (2017), sedangkan kualitas lingkungan tiram di Kota Lhokseumawe sudah dilakukan oleh Erlangga *et al.* (2022). Namun, kajian mengenai penilaian kondisi ekologi untuk pengembangan budidaya tiram di Provinsi Aceh maupun di Kota Lhokseumawe hingga saat ini masih belum ada. Oleh karena itu, kajian ini

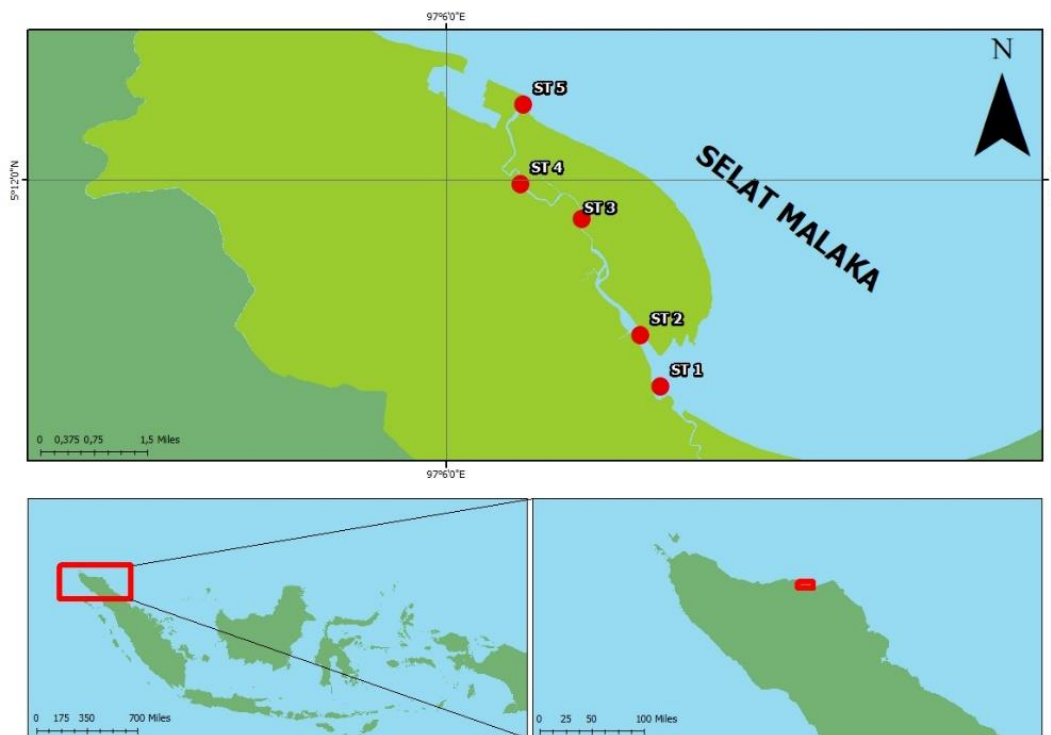
sangat perlu dilakukan dengan tujuan untuk menilai kondisi ekologi perairan Selat Cunda dalam pengembangan budidaya tiram kedepannya.

MATERI DAN METODE

Kajian dilakukan pada bulan Oktober 2023 yang terdiri dari 5 stasiun pengamatan dengan penentuan stasiunnya secara *purposive sampling* (Gambar 1). Stasiun 1 merupakan wilayah yang berhadapan langsung dengan Selat Malaka di Desa Cut Mamplam (5°09'22.4" LU dan 97°08'34.1" BT), Stasiun 2 wilayah yang berdekatan dengan reservoir (waduk) Kota Lhokseumawe dan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) (5°09'55.2" LU dan 97°08'32.7" BT), Stasiun 3 merupakan wilayah dengan kerapatan mangrove yang tinggi dan terdapat pemukiman padat penduduk (5°11'36.0" LU dan 97°07'38.8" BT), Stasiun 4 merupakan wilayah areal pertambakan dan pemukiman penduduk Desa Jomblang (5°12'02.6" LU dan 97°06'46.7" BT), sedangkan Stasiun 5 (5°12'56.93"N dan 97°7'2.00"E) merupakan kawasan Tempat Pendaratan Ikan (TPI) dan berdekatan dengan kawasan industri serta wilayah awal masuknya air laut Selat Melaka ke Selat Cunda disaat pasang berlangsung (5°12'56.93" LU dan 97°7'2.00" BT).

Parameter ekologi diukur secara *in situ* dan *ex situ* dengan parameter *in situ* terdiri dari oksigen terlarut, pH, salinitas, kecepatan arus, kecerahan, kedalaman dan suhu. Sementara parameter *ex situ* terdiri dari kekeruhan, kelimpahan *Escherichia coli*, tekstur sedimen, C-organik, N-total serta logam berat Pb dan Cd. Oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter, pH dengan pH meter, salinitas dengan *hand refractometer*, kecepatan arus dengan *current meter*, kedalaman dengan *peil scale* (papan duga ketinggian permukaan air), suhu dengan *thermometer* dan kekeruhan dengan turbidimeter.

Semua parameter yang diukur terdiri dari tiga kali pengulangan, baik itu *in situ* maupun *ex situ*. Sampel air untuk kekeruhan, *E. coli*, logam berat Pb dan Cd diambil pada kedalaman 0 – 50 cm, kemudian dimasukkan ke dalam botol *polyethylene* 500 ml. Sementara sampel sedimen untuk parameter C-organik, N-total, tekstur sedimen serta logam berat Pb dan Cd diambil menggunakan *core sampler* pipa paralon (berdiameter 9.23 cm, panjang 60 cm) di



Gambar 1. Peta penelitian

kedalaman 0 – 15 cm, kemudian dimasukkan ke dalam plastik *polyethylene* berukuran 1 kg. Untuk *E. coli*, sampel dimasukkan ke dalam botol kaca steril 140 ml yang dibakar bagian mulut botolnya terlebih dahulu sebelum dimasukkan sampel air Selat Cunda pada masing-masing stasiun pengamatan. Hal ini dilakukan untuk menghindari masuknya mikroorganisme selain dari air Selat Cunda. Setelah sampel air dimasukkan ke dalam botol kaca steril, mulut botol dan tutup botolnya dibakar kembali.

Parameter ekologi yang sudah diketahui nilainya, selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu lingkungan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk baku mutu air laut terhadap biota. Selain itu, untuk menginterpretasikan data yang kompleks dan mengekstrak informasi dari data ekologi perairan Selat Cunda dianalisis menggunakan statistik multivariat *Principal Component Analysis* (PCA) (Ezranetti *et al.*, 2021, ‘Akla *et al.*, 2022; Syahril *et al.*, 2023, Efriyeldi *et al.*, 2023). Statistik PCA dalam kajian ini dianalisis menggunakan program SPSS v25 dan PAST 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekologi perairan Selat Cunda memperlihatkan nilai yang bervariasi antar stasiun pengamatan untuk masing-masing parameter (Tabel 1). Oksigen terlarut tertinggi ditemukan pada Stasiun 3 (7.66 ± 0.08 mg/L), pH pada Stasiun 2 (7.95 ± 0.02), salinitas pada Stasiun 1 ($27.00 \pm 1.00\%$), kecerahan pada Stasiun 5 (79.00 ± 4.00 cm), kedalaman dan suhu pada Stasiun 2 (62.33 ± 8.33 cm dan $30.80 \pm 0.62^\circ\text{C}$), kekeruhan dan kelimpahan *E. coli* pada Stasiun 1 (2262.42 ± 1613.32 NTU dan 1020.00 ± 113.00 MPN/100 ml), logam berat Cd air pada Stasiun 3 dan 4 (masing-masing 0.01 ± 0.00 mg/L), logam berat Pb air pada Stasiun 3 (0.07 ± 0.01 mg/L) serta kecepatan arus pada Stasiun 2 (0.20 ± 0.01 m/s). Sementara untuk parameter sedimen, tekstur pasir tertingginya ditemukan pada Stasiun 5 ($88.00 \pm 1.73\%$), tekstur debu pada Stasiun 4 ($46.00 \pm 22.52\%$), tekstur liat dan C-organik pada Stasiun 1 ($9.67 \pm 1.15\%$ dan $0.85 \pm 0.68\%$), N-total pada Stasiun 4 ($0.12 \pm 0.33\%$) dan logam berat Cd serta Pb pada Stasiun 3 (0.03 ± 0.01 mg/L dan 7.60 ± 0.58 mg/L). Secara keseluruhan, rata-rata kondisi ekologi perairan Selat Cunda masih berada diambang baku mutu yang telah ditetapkan.

Namun, untuk kekeruhan dan logam berat Pb di kolom perairannya sudah tidak memenuhi baku mutu lagi. Tingginya tingkat kekeruhan di perairan Selat Cunda diduga karena banyaknya masukan partikel lumpur ke dalam perairan akibat dari pengerukan atau pembuatan lahan tambak tradisional oleh masyarakat lokal yang terbawa melalui air hujan atau saat terjadinya pasang surut. Sementara tingginya kandungan logam berat Pb di kolom perairan Selat Cunda diduga karenabanyaknya aktivitas nelayan yang menggunakan kapal berbahan bakar minyak hidrokarbon, dimana minyak hidrokarbon tersebut tercecercer saat pengisian ke mesin kapal dan menempel di bagian-bagian luar mesin kapal serta di bagian lambung kapal. Saat air laut masuk ke dalam kapal melalui celah-celah yang sudah tidak rapat lagi (bisa saja karena rembesan) atau saat nelayan mencuci kapal dan menyiram kapal, air yang masuk ke dalam kapal tersebut dipompa untuk dibuang. Disaat pembuangan tersebutlah, minyak hidrokarbon ikut terbuang ke perairan Selat Cunda. Selain itu, tingginya kandungan logam berat Pb di kolom perairan Selat Cunda

juga dapat disebabkan karena pembuangan oli bekas oleh bengkel-bengkel kendaraan serta pencucian kendaraan (masyarakat lokal menyebutnya *doorsmeer*) yang ada di sekitar perairan Selat Cunda, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Temuan Ezraneti *et al.* (2017) memperkuat hasil kajian ini bahwa kandungan logam berat Pb juga ditemukan tinggi di dalam tubuh gastropoda *Telescopium telescopium* yang hidup di sekitar perairan Selat Cunda. MacFarlane (2002) menyatakan bahwa aktivitas reklamasi pantai, pembukaan lahan untuk pertanian dan perikanan budidaya, industri serta pengembangan perumahan di daerah pesisir akan dapat menyebabkan masuknya bahan pencemar kedalam ekosistem perairan, salah satu bahan pencemar tersebut adalah logam berat. Selanjutnya Sany *et al.* (2012) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat yang tinggi, terutama Pb dalam air dan sedimen perairan diduga berasal dari transportasi dan navigasi kapal, kontaminan darat serta limbah industri.

Selain itu, Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa nilai parameter salinitas di Selat Cunda

Tabel 1. Kondisi ekologi perairan Selat Cunda Kota Lhokseumawe

Parameter	Stasiun Pengamatan					Baku Mutu
	1	2	3	4	5	
DO (mg/L)	7.19±0.09	7.41±0.07	7.66±0.08	3.46±1.66	4.79±1.05	> 5 ^a
pH	7.62±0.01	7.95±0.02	7.51±0.27	7.57±0.02	7.65±0.01	7 – 8.5 ^a
Salinitas (‰)	27.00±1.00	24.67±1.53	24.67±1.53	25.67±0.58	24.67±0.58	30 s/d 34 ^a
Kec. Arus (m/s)	0.13±0.03	0.20±0.01	0.06±0.00	0.11±0.04	0.16±0.04	0.15-0.25 ^b
Kecerahan (cm)	40.83±2.02	36.33±3.55	44.50±3.12	70.50±3.28	79.00±4.00	> 5 ^b
Kedalaman (cm)	28.00±0.00	62.33±8.33	35.00±4.00	47.00±4.58	41.67±2.08	-
Suhu (°C)	29.60±0.26	30.80±0.62	28.83±0.40	29.40±0.10	30.47±0.21	28-32 ^a
Kekeruhan (NTU)	2262.42±1613.3	1463.25±270.2	703.40±84.40	695.35±92.93	441.50±147.3	5 ^a
<i>E. coli</i> (MPN/100 ml)	1020.00±113.00	239.00±313.0	479.00±652.0	480.00±311.0	18.00±0.00	1000 ^a
Pasir (%)	54.00±30.20	84.33±5.13	52.33±5.51	47.33±22.59	88.00±1.73	-
Debu (%)	36.33±29.14	9.67±7.57	44.00±4.58	46.00±22.52	3.67±4.62	-
Liat (%)	9.67±1.15	6.00±2.65	3.67±2.31	6.67±2.89	8.33±2.89	-
C-Organik (%)	0.85±0.68	0.13±0.02	1.56±0.69	3.73±2.88	0.25±0.01	-
N-Total (%)	0.09±0.02	0.06±0.00	0.11±0.02	0.12±0.33	0.03±0.01	-
Cd Air (mg/L)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.001 ^a
Cd Sedimen (mg/L)	0.00±0.00	0.01±0.01	0.03±0.01	0.02±0.00	0.00±0.00	5.09 ^c
Pb Air (mg/L)	0.03±0.01	0.04±0.01	0.07±0.01	0.06±9.00	0.02±0.00	0.008 ^a
Pb Sedimen (mg/L)	1.70±0.60	2.61±0.71	7.60±0.58	3.93±0.35	1.90±0.51	449.9 ^c

^a = PPRI (2021); ^b = Utojo *et al.* (2005); ^c = NAB Mutu Sedimen WAC 172-204-320

Tabel 2. Penjelasan total varians dan matriks komponen terhadap parameter ekologi perairan Selat Cunda Kota Lhokseumawe

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative (%)	Total	% of Variance	Cumulative (%)	Total	% of Variance	Cumulative (%)
<i>Total variance explained</i>									
1	9.170	50.94	50.94	9.170	50.94	50.94	7.771	43.17	43.17
2	4.442	24.68	75.62	4.442	24.68	75.62	4.004	22.25	65.42
3	2.933	16.29	91.92	2.933	16.29	91.92	3.328	18.49	83.91
4	1.455	8.08	100.00	1.455	8.08	100.00	2.897	16.10	100.00
Parameter	Component Matrix		Rotated Component Matrix						
	PC1	PC2	PC1	PC2					
Suhu	-0.957	-0.186	-0.716	-0.236					
Debu	0.940	0.306	0.773	0.500					
Kec. Arus	-0.932	-0.041	-0.689	-0.046					
Cd Air	0.926	-0.344	0.927	-0.086					
N-Total	0.921	0.200	0.860	0.474					
Pasir	-0.902	-0.395	-0.701	-0.578					
Pb Air	0.882	-0.326	0.995	-0.060					
Cd Sedimen	0.825	-0.479	0.962	-0.255					
Pb Sedimen	0.808	-0.424	0.850	-0.352					
C-Organik	0.770	-0.065	0.725	0.301					
pH	-0.756	-0.153	-0.384	-0.093					
Liat	-0.531	0.686	-0.787	0.542					
<i>E. coli</i>	0.421	0.888	0.165	0.887					
Kedalaman	0.417	-0.611	0.052	-0.343					
Kekeruhan	-0.208	0.853	-0.281	0.787					
Salinitas	0.148	0.950	-0.149	0.956					
DO	-0.054	0.247	0.000	0.022					
Kecerahan	-0.053	-0.361	-0.185	-0.329					

berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan. Rendahnya nilai salinitas ini diduga karena banyaknya masukan air tawar dari daratan yang mengapit perairan Selat Cunda, baik itu dari Pulau Sumatera maupun dari Pulau Lhokseumawe. Selanjutnya Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa kadar oksigen terlarut (DO) di Stasiun 4 dan 5 ditemukan rendah saat pengukuran di lapangan. Hal ini diduga karena adanya pengaruh Selat Malaka yang kuat dan tingginya partikel organik yang terkandung di lokasi tersebut, dimana tingginya partikel organik akan membutuhkan organisme dekomposer yang banyak untuk mengurai partikel-partikel organik menjadi unsur hara dan di dalam proses penguraian partikel

organik, organisme dekomposer sangat banyak membutuhkan oksigen yang menyebabkan kadar oksigen terlarut di Stasiun 4 dan 5 menjadi rendah.

Hasil analisis PCA untuk variasi total mendapatkan nilai 100% untuk empat *principal component* (PC) (Tabel 2). Akar ciri atau *eigenvalue* PC pertama sebesar 9.170 dan PC kedua sebesar 4.442, dimana sumbu PC pertama memiliki variasi sebesar 50.94% dan sumbu PC kedua memiliki variasi sebesar 24.68% dari total variasinya. Sementara akar ciri dan nilai variasi untuk PC ketiga maupun keempat lebih rendah (2.933 dan 1.455; 16.29% dan 8.08%) bila dibandingkan dengan PC pertama dan kedua,

Tabel 3. Parameter ekologi perairan untuk pengembangan budidaya tiram

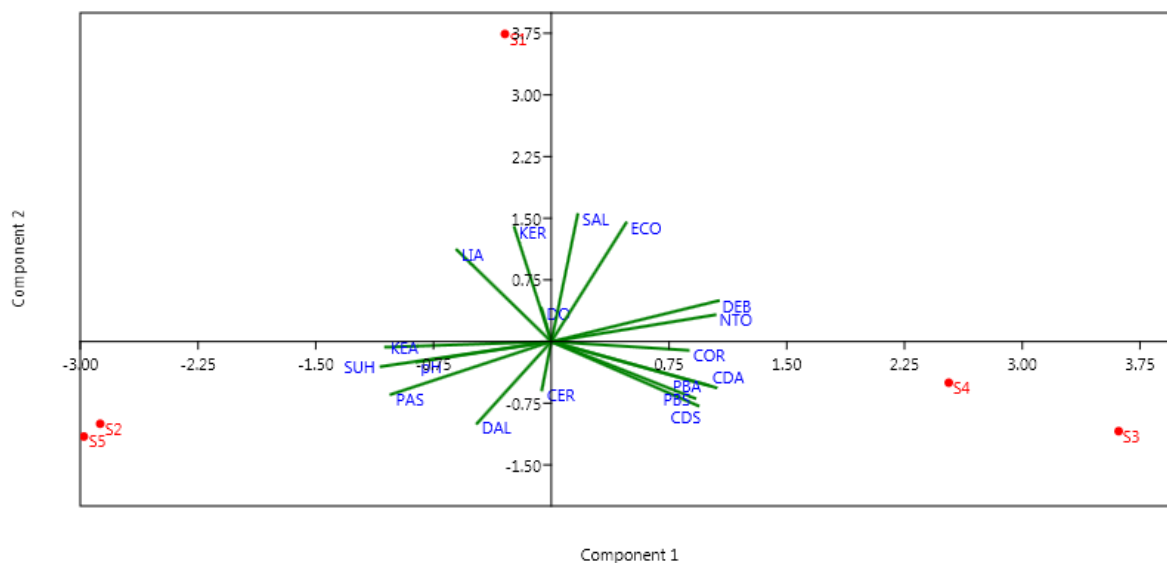
Parameter	Satuan	Kisaran Nilai Kajian Ini	Ideal untuk Budidaya
DO	mg/L	2.40 – 7.71	> 3.00 ^a
pH	-	7.20 – 7.97	7.50 – 8.50 ^a
Salinitas	‰	23.00 – 28.00	22.00 – 35.00 ^{a,b,c}
Suhu	°C	28.60 – 31.50	21 – 32 ^{a,b,c,d}
Kec. Arus	m/s	0.05 – 0.21	0.15 -0.25 ^e
Kecerahan	cm	32.50 – 83.00	> 500 ^a
Kedalaman	cm	28.00 – 69.00	200 – 500 ^{b,c}
Kekeruhan	NTU	346.00 – 4115.00	< 30 ^a
<i>E. coli</i>	MPN/100 ml	18.00 – 1100.00	1000 ^f
Pasir	%	22.00 – 90.00	
Debu	%	1.00 – 69.00	
Liat	%	1.00 – 11.00	
C-Organik	%	0.11 – 6.98	
N-Total	%	0.03 – 0.14	
Cd Air	mg/L	0.00 – 0.01	< 0.01 ^a
Cd Sedimen	mg/L	0.00 – 0.03	5.09 ^g
Pb Air	mg/L	0.02 – 0.08	< 0.01 ^a
Pb Sedimen	mg/L	1.27 – 8.01	449.9 ^g

^a = Utojo *et al.* (2005); ^b = Prema (2013); ^c = Appukuttan (2005); ^d = Aypa (1990); ^e = Ohwada dan Uemoto (1985); ^f = PPRI (2021); ^g = NAB Mutu Sedimen WAC 172-204-320

sehingga mengindikasikan bahwa PC pertama dan kedua lebih baik dalam menggambarkan karakteristik ekologi perairan Selat Cunda untuk pengembangan budidaya tiram. Nilai akar ciri dari hasil analisis PCA dapat memberikan ukuran tentang pentingnya komponen utama, dengan komponen utama yang memiliki akar ciri tertinggi merupakan data yang paling signifikan mewakili karakteristik suatu data (Shrestha dan Kazama, 2007; Manoj *et al.*, 2012). Selanjutnya, pemilihan komponen utama berdasarkan nilai akar ciri, sebaiknya mengutamakan nilai yang lebih besar dari satu, hal ini karena banyak informasi yang dapat dijelaskan dari keragaman data tersebut dan juga memiliki pertimbangan yang lebih baik nantinya (Simeonov *et al.*, 2003; Boyacioglu, 2006; Iscen *et al.*, 2008; Nair *et al.*, 2010).

Hasil analisis PCA juga memperlihatkan bahwa untuk PC pertama, parameter yang terdiri dari suhu, tekstur debu, kecepatan arus, Cd air, N-total dan tekstur pasir merupakan pembeda utama variasinya; sementara parameter salinitas, kelimpahan *E. coli*, kekeruhan, tekstur liat dan kedalaman merupakan pembeda utama variasi di PC kedua (Tabel 2). Selanjutnya hasil analisis

PCA juga menunjukkan bahwa salinitas, kelimpahan *E. coli*, tekstur debu, N-total, C-organik serta logam berat Pb dan Cd (baik itu di air maupun di sedimen) adalah karakter yang mencirikan di Stasiun 3 dan 4; sedangkan kekeruhan, tekstur liat, DO, kecepatan arus, pH, suhu, tekstur pasir, kedalaman dan kecerahan adalah karakter yang mencirikan di Stasiun 1, 2 maupun 5 (Gambar 2). Suhu di Stasiun 1, 2 dan 5 lebih tinggi nilainya daripada Stasiun 3 dan 4. Hal ini terlihat dari posisi Stasiun 1 berada di sumbu positif PC kedua, sedangkan posisi Stasiun 2 maupun 5 berada pada sumbu negatif PC pertama serta kedua. Tingginya suhu di Stasiun 1, 2 dan 5 diduga karena adanya pengaruh kuat dari perairan Selat Melaka. Hal ini diperkuat dengan rendahnya salinitas di Stasiun 3 dan 4, dimana posisi Stasiun 3 dan 4 berada di sumbu positif PC pertama serta sumbu negatif PC kedua. Menurut Masriat (2003) suhu permukaan perairan Selat Malaka berkisar antara 29.60 – 30.65°C, sedangkan salinitasnya berkisar antara 28.15 – 31.94‰. Hasil pengukuran suhu kajian ini tidak jauh berbeda dengan yang didapatkan oleh Masriat (2003). Namun, untuk salinitas hasil kajian ini lebih



Gambar 2. Biplot analisis PCA terhadap parameter ekologi perairan Selat Cunda Kota Lhokseumawe; SAL = Salinitas; ECO = *E. coli*; DEB = Tekstur debu; NTO = N-total; COR = C-organik; CDA = Cd air; CDS = Cd sedimen; PBA = Pb air; PBS = Pb sedimen; CER = Kecerahan; DAL = Kedalaman; PAS = Tekstur pasir; SUH = Suhu; KEA = Kecepatan arus; LIA = Tekstur liat; KER = Kekeruhan

rendah daripada yang didapatkan oleh Masriat (2003). Hal ini diduga karena adanya masukan air tawar dari daratan Kota Lhokseumawe dan Pulau Sumatera ke perairan Selat Cunda yang menyebabkan salinitasnya menjadi menurun.

Menurut Utojo *et al.* (2005) nilai ideal oksigen terlarut untuk budidaya kerang-kerangan adalah > 3 mg/L. Hasil pengukuran oksigen terlarut di Selat Cunda mendapatkan nilai berkisar antara 2.40 – 7.71 dan sudah memenuhi nilai ideal menurut Utojo *et al.* (2005) tersebut, sehingga cocok untuk dilakukan budidaya tiram (nilai berkisar dari 2.40 – 7.71 mg/L) (Tabel 3). Selanjutnya Tabel 3 juga memperlihatkan bahwa parameter pH, salinitas, suhu dan logam berat Cd air juga sudah memenuhi kriteria ideal untuk budidaya tiram di Selat Cunda menurut Aypa (1990), Utojo *et al.* (2005), Appukuttan (2005) serta Prema (2013). Namun untuk parameter kecerahan, kedalaman, kekeruhan dan logam berat Pb air belum memenuhi nilai ideal untuk budidaya tiram di Selat Cunda. Walaupun begitu, budidaya tiram masih bisa dilakukan di Selat Cunda dengan meningkatkan nilai kecerahan dan kedalaman perairan seiring dengan menurunkan nilai kekeruhan serta logam berat Pb di kolom perairannya sesaat sebelum dilakukan kegiatan budidaya.

KESIMPULAN

Ekologi perairan Selat Cunda, secara umumnya masih berada diambang baku mutu yang telah ditetapkan. Namun untuk kekeruhan, salinitas dan logam berat Pb kolom perairannya berada di bawah baku mutu. Begitu juga dengan parameter DO, di dua lokasi pengamatan terukur di bawah baku mutu dan rata-rata keseluruhannya kadar DO terukur di atas ambang baku mutu. Untuk Stasiun 3 dan 4, ekologi perairannya dicirikan oleh salinitas, kelimpahan *E. coli*, tekstur debu, N-total, C-organik serta logam berat Pb dan Cd (baik itu di air maupun di sedimen). Sementara untuk Stasiun 1, 2 dan 5 dicirikan oleh kekeruhan, tekstur liat, DO, kecepatan arus, pH, suhu, tekstur pasir, kedalaman serta kecerahan. Ekologi perairan Selat Cunda idealnya sudah memenuhi kriteria untuk budidaya tiram, hanya saja kecerahan dan kedalaman perairannya perlu ditingkatkan serta kekeruhan dan logam berat Pb di kolom perairannya harus diturunkan sebelum pelaksanaan kegiatan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

‘Akla, C.M.N., Hadinata, F.W., Ikhsan, N., Barat, W.O.B., Ayhuan, H.V., Hatta, M., Ezraneti, R., & Syahrial. 2022. Gastropoda laut dan

- chiton di mikrohabitat bangunan pelindung pantai Pelabuhan Krueng Geukueh Provinsi Aceh. *Kelautan Tropis*, 25(3): 345–357. doi: 10.14710/jkt.v25i3.14950.
- Alexandra, M., Achim, W.W., & Ingrid, K. 2010. Crassostrea reefs versus native Mytilus-beds: Differences in ecosystem engineering affects the macrofaunal communities. *Biological Invasions*, 12(1): 15–32. doi: 10.1007/s10530-009-9425-4.
- Appukuttan, K.K. 2005. Winter School on Recent Advances in Mussel and Edible Oyster Farming and Marine Pearl Production. Kerala: Central Marine Fisheries Research Institute.
- Aypa, S.M. 1990. Mussel Culture: Regional Sea Farming Development and Demonstration Project. Bangkok: National Inland Fisheries Institute, Kasetsart University.
- Barman, A.C., Wong, N.L.W.S., & Karim, M.M.A. 2022. Reproductive cycle of the oyster *Crassostrea (Magallana) saidii* (Wong and Sigwart, 2021) from Southeast Asia. *Aquaculture and Fisheries*, 9(4): 653–662. doi: 10.1016/j.aaf.2022.05.007.
- Baso, H.S., & Syarifuddin, M. 2021. Analisis pertumbuhan kerang mutiara (*Pinctada maxima*) berdasarkan kedalaman di perairan Kupa, Kabupaten Barru. *Fisheries of Wallacea Journal*, 2(1): 34–44.
- Boyacioglu, H. 2006. Surface water quality assessment using factor analysis. *Water SA*, 32(3): 389–393. doi: 10.4314/wsa.v32i3.5264.
- Butler, E.C.V., Blackburn, S.I., Clementson, A.A., Morgan, P.P., Parslow, J.S., & Volkman, J.K. 2001. A survey strategy and environmental monitoring network for an estuary supporting finfish cage culture. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 460–468.
- Chen, B., Huang, J., Liu, Y., Liu, H., Zhao, Y., & Wang, J.J. 2021. Effects of the curcumin-mediated photodynamic inactivation on the quality of cooked oysters with *Vibrio parahaemolyticus* during storage at different temperature. *International Journal of Food Microbiology*, 345: 109152. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109152.
- Coen, L.D., Brumbaugh, R.D., Bushek, D., Grizzle, R., Luckenbach, M.W., Posey, M.H., Powers, S.P., & Tolley, S.G. 2007. Ecosystem services related to oyster restoration. *Marine Ecology Progress Series*, 341: 303–307. doi: 10.3354/meps341303.
- Darma, S., Ali, M., & Safrida. 2019. Population structure and growth pattern of wild oyster (*Ostreidae*) in Banda Aceh City, Aceh Province, Indonesia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(1): 13–18.
- Do, V.M., Dang, T.T., Le, X.T.T., Nguyen, D.T., Phung, T.V., Vu, D.N., & Pham, H.V. 2022. Abundance of microplastics in cultured oysters (*Crassostrea gigas*) from Danang Bay of Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, 180: p.113800. doi: 10.1016/j.marpolbul.2022.113800.
- Duarte, C.M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., & Krause-Jensen, D. 2017. Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation?. *Frontiers in Marine Science*, 4: p.100. doi: 10.3389/fmars.2017.00100.
- Efriyeldi, E., Syahril, S., Effendi, I., Almanar, I.P., & Syakti, A.D. 2023. The mangrove ecosystem in a harbor-impacted city in Dumai, Indonesia: A conservation status. *Regional Studies in Marine Science*, 65: p.103092. doi: 10.1016/j.rsma.2023.103092.
- Erlangga, Imanullah, Syahril, Erniati, Imamshadiqin, Ritonga, G.H., & Siregar, D.F. 2022. Kondisi eksisting tiram (*Bivalvia*: *Ostreidae*) di perairan estuari Desa Banda Masen Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2): 156–166. doi: 10.14710/buloma.v11i2.39514.
- Ezraneti, R., Muliani, & Khalil, M. 2017. Logam berat timbal (Pb) pada beberapa tambak di sekitar kawasan industri Kabupaten Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe: Keong bakau (*Telescopium telescopium*) sebagai bioindikator. Dalam: *Prosiding Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia*, 6: p.23
- Ezraneti, R., Syahril, & Erniati. 2021. Penilaian sumber pencemar non logam di waduk asin Pusong Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis multivariat. *Kelautan Tropis*, 24(1): 34–44. doi: 10.14710/jkt.v24i1.9617.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2024. FAO Fisheries & Aquaculture – Fishery Statistical Collections – Global Aquaculture Production. Dalam: *FAO Fisheries and Aquaculture Division* [online]. Rome.

- <https://www.fao.org/fishery/en/collection/aquaculture>. Diakses pada 27 Januari 2024.
- Grabowski, J.H., Gouhier, T.C., Byers, J.E., Dodd, L.F., Hughes, A.R., Piehler, M.F., & Kimbro, D.L. 2020. Regional environmental variation and local species interactions influence biogeographic structure on oyster reefs. *Ecology*, 101: e02921. doi: 10.1002/ecy.2921.
- Handayani, L., Rahmawati, C., Nurhayati, N., Astuti, Y., & Darmawan, A. 2020. The characterization of oyster shell (*Crassostrea gigas*) as adsorbent in the removal of Cr(VI) ions – A study of NaOH and H₂SO₄ activation effect. *Elkawanie*, 6(1): 77–84. doi: 10.22373/ekw.v6i1.5543.
- Iscen, C.F., Emiroglu, O., Ilhan, S., Arslan, N., Yilmaz, V., & Ahiska, S. 2008. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat Lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144: 269–276.
- Kasmini, L., Barus, T.A., Sarong, M.A., & Mulya, M.B. 2018. Hubungan panjang berat dan faktor kondisi tiram (*Crassostrea gigas*) di kawasan Estuari Tibang dan Ulee Lheue, Kota Banda Aceh. *Depik*, 7(1): 60–68. doi: 10.13170/depik.7.1.9594.
- Khan, A.B.S., Islam, M.A., Ullah, M.R., Akhter, M., Bosu, A., Hasan, M.M., Hasan, K.R., & Mahmud, Y. 2023. Growth performance and survival of oyster, *Saccostrea cucullata* (Born, 1778) and green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) cultivated in Bangladesh coast. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 8(1): 62–67. doi: 10.26832/24566632.2023.0801010.
- Liao, C., Chiu, C., & Huang, H. 2021. Assessment of microplastics in oysters in coastal areas of Taiwan. *Environmental Pollution*, 286: p.117437. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117437.
- MacFarlane, G.R. 2002. Leaf biochemical parameters in *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh as potential biomarkers of heavy metal stress in estuarine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 244–256.
- Manoj, K., Padhy, P.K., & Chaudhury, S. 2012. Study of heavy metal contamination of the river water through index analysis approach and environmetrics. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 1(10): 7–15.
- Masrikat, J.A.N. 2003. Distribusi, densitas ikan dan kondisi fisik oseanografi di Selat Malaka. *Makalah Pribadi Pengantar Ke Falsafah Sains*. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia.
- McAfee, D., McLeod, I.M., Bostrom-Einarsson, L., & Gillies, C.L. 2020. The value and opportunity of restoring Australia's lost rock oyster reefs. *Restoration Ecology*, 28(2): 304–314. doi: 10.1111/rec.13125.
- Nair, I.V., Singh, K., Arumugam, M., Gangadhar, K., & Clarson, D. 2010. Trace metal quality of Meenachilriver at Kottayam, Kerala (India) by principal component analysis. *World Applied Sciences Journal*, 9(10): 1100–1107.
- Octavina, C., Yulianda, F., & Krisanti, M. 2014. Struktur komunitas tiram daging di perairan estuaria Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Depik*, 3(2): 108–117.
- Octavina, C., Yulianda, F., Krisanti, M., & Setyobudiandi, I. 2021. Ekomorfologi *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) di Perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar. *Moluska Indonesia*, 5(1): 1–6.
- Petersen, J.K., Saurel, C., Nielsen, P., & Timmermann, K. 2016. The use of shellfish for eutrophication control. *Aquaculture International*, 24(3): 857–878. doi: 10.1007/s10499-015-9953-0.
- [PPRI] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta, Indonesia.
- Prema, D. 2013. Site Selection and Water Quality in Mariculture. Kerala: Central Marine Fisheries Research Institute.
- Purba, F.A., Fikri, A., Rasuldi, R., Wilianti, M.I., & Febri, S.P. 2017. Hubungan faktor parameter biologi dan fisika perairan terhadap pertumbuhan tiram oyster di perairan Kota Langsa, Aceh. *Ilmiah Samudra Akuatika*, 1(1): 64–71.
- Sany, S.B.T., Salleh, A., Sulaiman, A.H., Sasekumar, A., Rezayi, M., & Tehrani, G.M. 2012. Heavy metal contamination in water and sediment of the Port Klang coastal area, Selangor, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 69: 2013–2025. doi: 10.1007/s12665-012-2038-8.
- Shrestha, S., & Kazama, F. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the

- Fuji River Basin, Japan. *Environmental Modelling and Software*, 22: 464–475.
- Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofonious, M., & Kouitmtzis, T. 2003. Assesment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37(4): 119–124.
- Stevant, P., Rebours, C., & Chapman, A. 2017. Seaweed aquaculture in Norway: Recent industrial developments and future perspectives. *Aquaculture International*, 25(4): 1373–1390. doi: 10.1007/s10499-017-0120-7.
- Syahrial, Hatta, M., Larasati, C.E., Ruzanna, A., Muzafri, A., Hasidu, L.O.A.F., Syahrian, W., & Zibar, Z. 2023. Analisis multivariat pada struktur komunitas mangrove di Kecamatan Rupat Utara Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Kelautan Tropis*, 26(2): 223–237. doi: 10.14710/jkt.v26i2.15622.
- Tamba, A.Y.P., Sasmito, B., & Hani'ah. 2016. Analisis sea level rise dan penentuan komponen pasut dengan menggunakan data Satelit Altimetri Jason-2 tahun 2011-2014 (Studi kasus: Perairan Sumatera bagian timur). *Geodesi Undip*. 5(2): 76–86.
- Taufiq, N., Hartati, R., Cullen, J., & Masjhoer, J.M. 2007. Pertumbuhan tiram mutiara (*Pinctada maxima*) pada kepadatan berbeda. *Ilmu Kelautan*. 12(1): 31–38.
- Utojo, Mansyu, A., Tarunamulia, Pantjara, B., & Hasnawi. 2005. Identifikasi kelayakan lokasi lahan budidaya laut di perairan Teluk Kupang Nusa Tenggara Timur. *Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(5): 9–25.
- Vakily, J.M. 1992. Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on Thailand and other tropical areas. *ICLAR Technical Report*, pp.361–125.
- van den Burg, S.W.K., Termeer, E.E.W., Skirtun, M., Poelman, M., Veraart, J.A., & Selnes, T. 2022. Exploring mechanisms to pay for ecosystem services provided by mussels, oysters and seaweeds. *Ecosystem Services*, 54: p.101407. doi: 10.1016/j.ecoser.2022.101407.
- Vieira, K.S., Neto, J.A.B., Crapez, M.A.C., Gaylarde, C., da Silva Pierri, B., Saldana-Serrano, M., Bainy, A.C.D., Nogueira, D.J., & Fonseca, E.M. 2021. Occurrence of microplastics and heavy metals accumulation in native oysters *Crassostrea gasar* in the Paranagua estuarine system, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 166: p.112225. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112225.
- Yanti, H., Muliani, & Khalil, M. 2017. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup tiram (*Crassostrea* sp.). *Acta Aquatica*, 4(2): 53–58.
- Zainura, Rusydi, R., & Khalil, M. 2016. Studi pembesaran tiram (*Crassostrea* sp.) melalui desain tata letak yang berbeda. *Acta Aquatica*, 3(2): 54–61.