

**IDENTIFIKASI FITOPLANKTON
POTENSIAL *PARALYTIC SHELLFISH POISONING* (PSP)
PADA LOKASI BUDI DAYA KEKERANGAN
DI KOTA SERANG, KABUPATEN TANGERANG DAN
KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN**

SKRIPSI

Oleh

**NASYWA NATASHA PAMBUDI
NPM 2114201002**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**IDENTIFIKASI FITOPLANKTON
POTENSIAL *PARALYTIC SHELLFISH POISONING* (PSP)
PADA LOKASI BUDI DAYA KEKERANGAN
DI KOTA SERANG, KABUPATEN TANGERANG DAN
KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN**

Oleh

NASYWA NATASHA PAMBUDI

Skripsi

**sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI FITOPLANKTON POTENSIAL *PARALYTIC SHELLFISH POISONING* (PSP) PADA LOKASI BUDI DAYA KEKERANGAN DI KOTA SERANG, KABUPATEN TANGERANG DAN KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN

Oleh

NASYWA NATASHA PAMBUDI

Provinsi Banten merupakan lokasi budi daya penghasil kerang di Pulau Jawa. Budi daya tersebut berada di perairan Kota Serang, Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Tangerang. Muara sungai di sekitar lokasi budi daya berkontribusi dalam penambahan zat hara karena alirannya melewati perindustrian, permukiman dan pertanian. Keberadaan fitoplankton seperti *Alexandrium*, *Pyrodinium* dan *Gymnodinium* dapat menghasilkan saksitoksin yang tergolong *Paralytic Shellfish Poisoning*. Saksitoksin tersebut dapat terakumulasi pada tubuh kerang sebagai hewan *filter feeder*. Tujuan penelitian ini mengidentifikasi jenis fitoplankton potensial saksitoksin PSP, menentukan konsentrasi saksitoksin pada kerang dan menganalisis hubungan kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP dengan konsentrasi saksitoksin PSP pada kerang di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang. Pengambilan sampel air laut dan kerang dilakukan pada tiap lokasi yang terdiri atas 9 stasiun dan 3 titik tiap stasiunnya ditentukan dengan metode *purposive sampling*. Pengujian saksitoksin dilakukan menggunakan metode ELISA. Konsentrasi saksitoksin pada kerang hijau di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang masing-masing diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,16; 3,71 dan 0 µg/kg. Pada kerang darah masing-masing diperoleh nilai rata-rata sebesar 13,99; 5,37 dan 0,96 µg/kg. Kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP berpengaruh terhadap kandungan saksitoksin pada kerang. Perlu dilakukan pemantauan secara rutin terhadap perubahan kualitas perairan dan kadar saksitoksin pada kerang untuk memastikan keamanannya agar layak dikonsumsi.

Kata kunci: Dinoflagellata, Fitoplankton, Kerang, Saksitoksin

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF POTENTIAL PARALYTIC SHELLFISH POISONING (PSP) PHYTOPLANKTON IN SHELLFISH FARMING LOCATIONS IN SERANG CITY, TANGERANG REGENCY AND PANDEGLANG REGENCY, BANTEN PROVINCE

By

NASYWA NATASHA PAMBUDI

Banten Province is a location for mussel cultivation in Java. The cultivation is located in the waters of Serang City, Pandeglang Regency and Tangerang Regency. The estuary around the cultivation location contributes to the addition of nutrients because the flow passes through industry, settlements and agriculture. The presence of phytoplankton such as *Alexandrium*, *Pyrodinium* and *Gymnodinium* can produce saxitoxin which is classified as Paralytic Shellfish Poisoning. The saxitoxin can accumulate in the body of mussels as filter feeder animals. The purpose of this study was to identify the types of phytoplankton with potential PSP saxitoxin, determine the concentration of saxitoxin in mussels and analyze the relationship between the abundance of potential PSP saxitoxin phytoplankton and the concentration of PSP saxitoxin in mussels in the waters of Serang City, Tangerang Regency and Pandeglang Regency. Seawater and mussel samples were taken at each location consisting of 9 stations and 3 points at each station were determined using the purposive sampling method. Saxitoxin testing was carried out using the ELISA method. The concentration of saxitoxin in green mussels in the waters of Serang City, Tangerang Regency and Pandeglang Regency each obtained an average value of 0,16; 3,71 and 0 µg/kg. In blood mussels, each obtained an average value of 13,99; 5,37 and 0,96 µg/kg. The abundance of potential phytoplankton saxitoxin PSP affects the saxitoxin content in mussels. Routine monitoring of changes in water quality and saxitoxin levels in shellfish is needed to ensure their safety for consumption.

Keywords: Dinoflagellates, Phytoplankton, Saxitoxin, Shellfish

Judul skripsi

: IDENTIFIKASI FITOPLANKTON POTENSIAL
PARALYTIC SHELLFISH POISONING (PSP)
PADA LOKASI BUDI DAYA KEKERANGAN DI
KOTA SERANG, KABUPATEN TANGERANG
DAN KABUPATEN PANDEGLANG,
PROVINSI BANTEN

Nama Mahasiswa

: **Nasywa Natasha Pambudi**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114201002

Program Studi

: Sumberdaya Akuatik

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si.

NIP. 197901182002121002

Sofian Ansori, S.Si., M.Si.

NIP. 199101042015031001

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si.



Sekretaris : Sofian Ansori, S.Si., M.Si.

Penguji : Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si.
Bukan Pembimbing



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dekan : Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 Maret 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul **“Identifikasi Fitoplankton Potensial Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) pada Lokasi Budi Daya Kekerangan di Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten”** tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 25 April 2025

Yang membuat pernyataan



Nasywa Natasha Pambudi
NPM. 2114201002

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 11 Maret 2003 sebagai anak pertama dari Bapak Loekito Agung Pambudi dan Ibu Sri Hayuti. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-Kanak Al-Bustan Bandar Lampung pada tahun 2008 – 2009 dan melanjutkan pendidikan dasar di SD Al-Azhar 1 Bandar Lampung pada tahun 2009 – 2015. Pendidikan menengah pertama di MTSN 2 Bandar Lampung pada tahun 2015 – 2018 dan pendidikan menengah atas pada tahun 2018 – 2021 di SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa aktif, penulis mengikuti perlombaan tingkat universitas seperti mendapatkan pendanaan pada Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) Universitas Lampung 2023. Awal Januari 2024 penulis melaksanakan kuliah kerja nyata (KKN) di Desa Kecubung Mulya, Kecamatan Gedung Aji, Kabupaten Tulang Bawang, Lampung. Pada pertengahan tahun 2024 penulis melaksanakan praktik umum (PU) di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang yang dilanjutkan dengan melakukan penelitian hingga Bulan November 2024.

Kepada orang tua tercinta Bapak Loekito Agung Pambudi dan Ibu Sri Hayuti
yang tiada henti untuk selalu memberikan dukungan dan mendoakan yang terbaik.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Identifikasi Fitoplankton Potensial Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) Pada Lokasi Budi Daya Kekerangan di Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Sofian Ansori, S.Si., M.Si. selaku Dosen pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Darma Yuliana, S.Kel., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Kedua orang tua yaitu Bapak Loekito Agung Pambudi dan Ibu Sri Hayuti serta keluarga.

Bandar Lampung,

Nasywa Natasha Pambudi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pikir.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kerang	6
2.1.1 Kerang Darah	7
2.1.2 Kerang Hijau	8
2.2 Fitoplankton	9
2.3 Eutrofikasi	9
2.4 <i>Harmful Algal Blooms</i> (HABs).....	10
2.5 <i>Paralytic Shellfish Poisoning</i> (PSP).....	11
2.6 Parameter Kualitas Air	13
2.6.1 Arus.....	13
2.6.2 Suhu	14
2.6.3 Kecerahan	15
2.6.4 Salinitas.....	16
2.6.5 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	17
2.6.6 Derajat Keasaman (pH).....	18
2.6.7 Nitrat	19
2.6.8 Ortofosfat	20
2.6.9 Amonium	20
2.7 <i>Enzyme Linked Immunosorbent Assay</i> (ELISA).....	21
III. METODE PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat.....	22
3.1.1 Waktu Penelitian.....	22
3.1.2 Tempat Penelitian	23
3.2 Bahan dan Alat	23
3.2.1 Bahan.....	23
3.2.2 Alat	24

3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Penentuan Titik Lokasi	26
3.4.2 Pengambilan Sampel Fitoplankton, Air dan Kerang	29
3.4.3 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia	30
3.4.3.1 Arus	30
3.4.3.2 Suhu.....	30
3.4.3.3 Kecerahan	31
3.4.3.4 Salinitas	31
3.4.3.5 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	31
3.4.3.6 Derajat Keasaman (pH)	32
3.4.3.7 Nitrat.....	32
3.4.3.8 Ortofosfat.....	33
3.4.3.9 Amonium	33
3.4.4 Pengujian Kadar Saksitoksin PSP.....	34
3.4.4.1 Preparasi Sampel	34
3.4.4.2 Ekstraksi	35
3.4.4.3 Pengujian ELISA.....	35
3.4.5 Identifikasi Fitoplankton.....	36
3.5 Analisis Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Konsentrasi PSP..	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Gambaran Umum Lokasi	38
4.2 Kualitas Air di Perairan Kota Serang, Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Tangerang	40
4.3 Kelimpahan Fitoplankton.....	46
4.3.1 Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Kota Serang.....	46
4.3.2 Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Kota Pandeglang	48
4.3.3 Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Kota Tangerang	50
4.4 Kelimpahan Fitoplankton Potensial <i>Paralytic Shellfish Poisoning</i>	52
4.5 Konsentrasi Saksitoksin pada Kekerangan di Perairan Kota Serang, Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Tangerang.....	54
4.5.1 Konsentrasi Saksitoksin pada Kerang Darah Berdasarkan Ukurannya.....	55
4.5.2 Konsentrasi Saksitoksin pada Kerang Hijau Berdasarkan Ukurannya	56
4.6 Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton Potensial PSP dengan Konsentrasi Saksitoksin pada Kerang Darah	57
4.7 Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton Potensial PSP dengan Konsentrasi Saksitoksin pada Kerang Hijau.....	58
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Simpulan.....	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan yang digunakan pada pengambilan sampel.....	23
2. Bahan yang digunakan pada analisis di laboratorium.....	24
3. Alat yang digunakan pada pengambilan sampel.....	24
4. Alat yang digunakan pada analisis di laboratorium	25
5. Titik koordinat stasiun pengambilan sampel.....	27
6. Rata-rata parameter kualitas air berdasarkan lokasi dan stasiun penelitian....	41
7. Konsentrasi saksitoksin pada kerang darah berdasarkan lokasi dan ukuran...	55
8. Konsentrasi saksitoksin pada kerang hijau berdasarkan lokasi dan ukuran....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	5
2. Kerang darah (<i>Anadara granosa</i>)	7
3. Kerang hijau (<i>Perna viridis</i>)	9
4. Dinoflagellata penghasil saksitoksin PSP	12
5. Peta lokasi penelitian.....	22
6. Peta lokasi penelitian di Perairan Kota Serang	28
7. Peta lokasi penelitian di Perairan Kabupaten Pandeglang	28
8. Peta lokasi penelitian di Perairan Kabupaten Tangerang	29
9. Lokasi penelitian di Perairan Kota Serang.....	38
10. Lokasi penelitian di Perairan Kabupaten Pandeglang.....	39
11. Lokasi penelitian di Perairan Kabupaten Tangerang.....	40
12. Kelimpahan fitoplankton di Perairan Kota Serang	47
13. Genus <i>Chaetoceros</i> di Perairan Kota Serang	47
14. Kelimpahan fitoplankton di Perairan Kabupaten Pandeglang	49
15. Genus <i>Microcystis</i> di Perairan Kabupaten Pandeglang.....	50
16. Kelimpahan fitoplankton di Perairan Kabupaten Tangerang	51
17. Genus <i>Chaetoceros</i> di Perairan Kabupaten Tangerang.....	52
18. Identifikasi dinoflagellata penghasil saksitoksin PSP	52
19. Kelimpahan fitoplankton potensial PSP	53
20. Hubungan kelimpahan fitoplankton potensial PSP dengan konsentrasi saksitoksin pada kerang darah.....	58
21. Hubungan kelimpahan fitoplankton potensial PSP dengan konsentrasi saksitoksin pada kerang hijau.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi	79
2. Kelimpahan fitoplankton (ind/L) di Perairan Kota Serang berdasarkan stasiun penelitian.....	81
3. Kelimpahan fitoplankton (ind/L) di Perairan Kabupaten Pandeglang berdasarkan stasiun penelitian	82
4. Kelimpahan fitoplankton (ind/L) di Perairan Kabupaten Tangerang berdasarkan stasiun penelitian	83
5. Kurva kalibrasi saksitoksin	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia merupakan negara kepulauan (*archipelagic state*) terbesar di dunia dengan potensi sumber daya ikan yang melimpah sebagai modal pembangunan ekonomi nasional. Luas perairan laut yang dimiliki Indonesia secara keseluruhan mencapai 6,4 juta km². Pengelolaan wilayah perairan laut di bidang perikanan tangkap dan budi daya laut dengan baik berpotensi meningkatkan hasil produksi perikanan di Indonesia. Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan pada 2023, total produksi perikanan budi daya di Indonesia mencapai 15,3 juta ton (KKP, 2023). Menurut Iskandar et al. (2021), pemanfaatan potensi perikanan di bidang budi daya laut Indonesia diantaranya terdiri dari 20% budidaya ikan, 60% budidaya rumput laut, 10% budidaya kekerangan dan 10% lainnya.

Perairan Pesisir Utara Pulau Jawa memiliki potensi khususnya sebagai lokasi budi daya kekerangan. Salah satu lokasi budi daya penghasil kerang di Pulau Jawa terletak di Provinsi Banten. Perairan Utara Provinsi Banten atau berada di Perairan Kota Serang dan Kabupaten Tangerang dijadikan sebagai salah satu lokasi budi daya kekerangan. Pada Perairan Kabupaten Pandeglang juga ditetapkan sebagai sentra pengembangan budi daya kekerangan karena kondisi perairan yang masih baik dengan ketersediaan benih alam kerang yang memadai. Salah satu jenis kekerangan yang cocok dibudidayakan yaitu kerang hijau yang secara ekologis mengindikasikan perairan tersebut sesuai untuk budidaya kerang hijau (*Perna viridis*) (Jamali, 2020). Budi daya kerang tersebut lokasinya berada tidak jauh dari sumber cemaran yang berasal dari aktivitas pelabuhan dan perindustrian (Salsabila et al., 2024). Pada kawasan budi daya kerang juga tidak jauh lokasinya

dari beberapa muara yang berkontribusi dalam penambahan suplai zat hara karena alirannya melewati sumber unsur hara seperti kawasan perindustrian, permukiman, pertanian dan pertambakan.

Kerang merupakan hewan laut yang tidak memiliki tulang belakang (invertebrata) dan termasuk ke dalam kelompok hewan bertubuh lunak (Mollusca) (Umagap & Muna, 2018). Kerang juga termasuk sebagai salah satu komoditi perikanan yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat di wilayah pesisir karena memiliki banyak manfaat. Pada ekosistem perairan, kerang memiliki peran sebagai pemakan deposit (*deposit feeder*) dalam rantai makanan (Setiawan et al., 2019). Kemampuan kerang sebagai hewan *filter feeder* berfungsi untuk memperoleh nutrisi atau makanan dengan menyaring partikel makanan pada air di sekitarnya. Kandungan nutrisi pada tubuh kerang akan sangat bergantung pada partikel-partikel bahan organik terlarut di sekitar habitatnya (Melinda et al., 2021).

Berkembangnya kegiatan penduduk yang ditandai oleh bertambahnya permukiman, kegiatan industri, pertanian dan pertambakan berpotensi meningkatkan terjadinya pencemaran limbah organik di perairan (Garini et al., 2021). Akumulasi limbah yang dihasilkan oleh kegiatan tersebut umumnya mengandung bahan organik yang dapat meningkatkan kandungan unsur hara pada suatu perairan atau disebut dengan proses eutrofikasi. Masukan unsur hara (N dan P) yang memperkaya perairan dapat memicu pesatnya pertumbuhan fitoplankton (*blooming*) dan munculnya berbagai jenis *harmful algal blooms* (HABs) yang berbahaya bagi organisme perairan (Hasani et al., 2012). Fitoplankton pada awalnya berperan dalam proses fotosintesis sebagai penghasil bahan organik dan oksigen dalam air, namun saat jumlahnya berlebih maka akan menurunkan kualitas perairan dan memicu terjadinya HABs (Hidayati, 2020).

Genus fitoplankton yang diantaranya seperti *Alexandrium*, *Pyrodinium* dan *Gymnodinium* akan sangat berbahaya apabila mengalami fenomena *blooming algae*. Fitoplankton tersebut menghasilkan racun (saksitoksin) yang tergolong ke dalam *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) (Nurlina & Liambo, 2018). Perpindahan saksitoksin pada kerang sebagai hewan *filter feeder* akan lebih cepat terjadi ketika perairan mengalami eutrofikasi atau fenomena HABs. Apabila fenomena HABs terjadi di sekitar lokasi budi daya kerang maka dapat menyebabkan

terjadinya akumulasi saksitoksin yang dihasilkan oleh fitoplankton pada kerang (Kusnoputranto et al., 2014). Saksitoksin akan terakumulasi lebih banyak pada kerang berukuran besar dengan ukuran cangkang yang semakin besar. Menurut Ningsih et al. (2021), hal tersebut dikarenakan ukuran kerang yang semakin besar maka akan semakin meningkat pula kecepatan filtrasinya terhadap fitoplankton. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor KEP.17/MEN/2004 tentang sistem sanitasi kekerangan Indonesia, kandungan total PSP dalam daging kerang tidak boleh lebih dari 800 $\mu\text{g/kg}$ karena dapat sangat berbahaya apabila dikonsumsi oleh manusia. Pada beberapa kasus, diketahui bahwa gejala PSP dapat berupa mati rasa dan kesemutan pada sekitar bibir lalu berkembang menjadi lemah otot bahkan kematian (Panjaitan et al., 2022).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

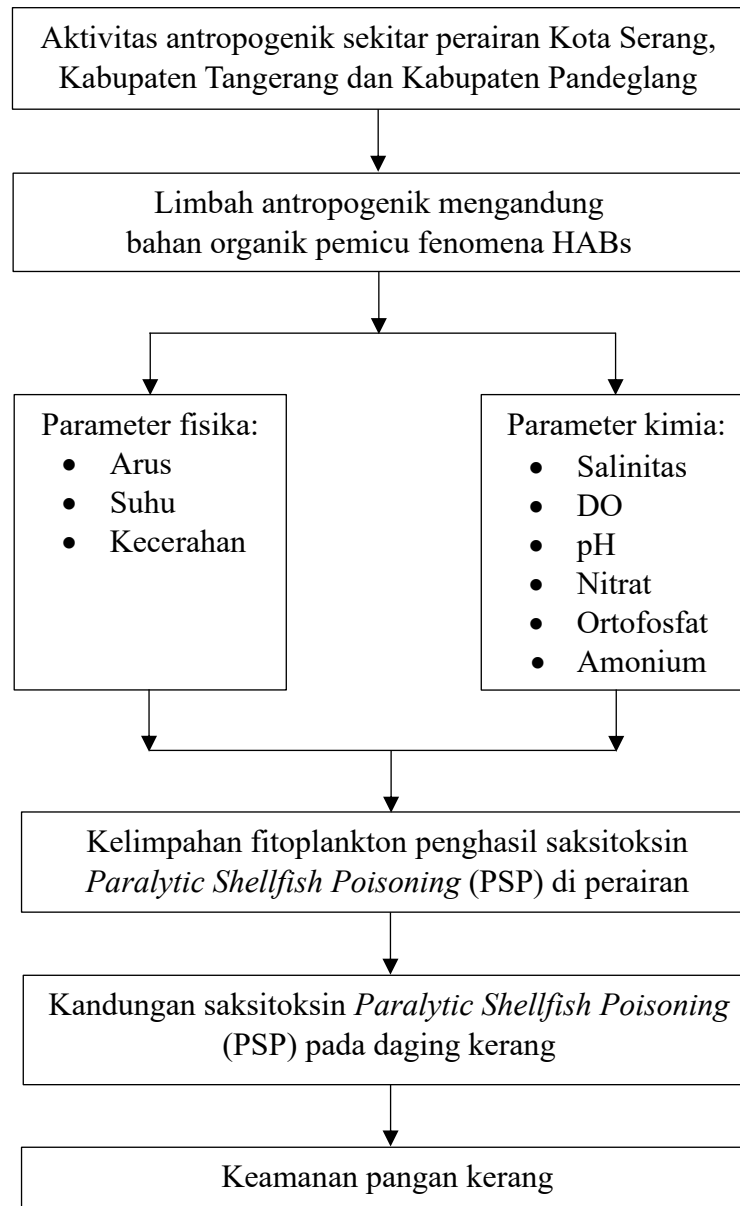
1. Mengidentifikasi jenis fitoplankton potensial saksitoksin PSP pada Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang.
2. Menentukan konsentrasi saksitoksin PSP pada kerang dengan ukuran yang berbeda di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang.
3. Menganalisis hubungan antara kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP dengan konsentrasi saksitoksin PSP pada kerang di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai informasi mengenai adanya perbedaan kandungan saksitoksin PSP pada kerang berdasarkan ukurannya di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang. Hasil penelitian ini juga dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan bagi masyarakat Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang untuk mengurugi pembuangan limbah pada perairan.

1.4 Kerangka Pikir

Budi daya kekerangan telah berkembang dan banyak ditemukan di perairan Provinsi Banten. Banyaknya masyarakat yang melakukan budi daya kekerangan disebabkan oleh teknologi budi daya yang sederhana dan penerapan prosesnya yang tergolong mudah bagi masyarakat pesisir. Akan tetapi, lokasi budi daya kerang di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang berdekatan dengan sumber pencemaran bahan organik di perairan. Sumber tersebut berasal dari limbah domestik, limbah rumah sakit, industri, peternakan, pelabuhan, pertanian dan pertambakan yang terbawa oleh aliran sungai maupun yang berada langsung di sekitar lokasi budi daya kerang. Bahan organik yang terkandung dalam limbah akan memicu terjadinya fenomena *blooming algae*. Fenomena tersebut akan sangat berbahaya jika didominasi oleh fitoplankton jenis tertentu yang mengandung saksitoksin PSP. Akumulasi saksitoksin akan terjadi pada tubuh kerang sebagai hewan *filter feeder*. Semakin besar ukuran kerang maka semakin besar cangkangnya terbuka dan semakin meningkat pula kecepatan filtrasinya terhadap fitoplankton. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi fitoplankton potensial saksitoksin PSP dan mengetahui kadarnya yang terakumulasi berdasarkan ukuran daging kerang yang dibudidayakan di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang. Penelitian ini juga dilakukan untuk mempelajari hubungan antara kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP dengan konsentrasi saksitoksin PSP pada kerang di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang. Alur kerangka pikir dari penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerang

Kerang merupakan hewan laut tidak bertulang belakang (invertebrata) dan termasuk ke dalam kelompok hewan bertubuh lunak (Mollusca). Secara umum bagian tubuh kerang terdiri atas kaki (*foot byssus*), kepala (*head*), alat pencernaan (*visceral mass*), selaput (*mantle*) dan cangkang (*shell*). Kerang memiliki dua bilah cangkang keras yang dipergunakan untuk melindungi diri dari predator. Kedua cangkang kerang dihubungkan dengan dua otot *adductor* yang berfungsi dalam membuka dan menutup cangkang. Umumnya warna dan bentuk cangkang kerang sangat bervariasi menyesuaikan jenis, habitat dan makanannya. Kerang hidup di perairan yang tenang dengan substrat berupa pasir berlumpur pada kedalaman 4–6 m (Umagap & Muna, 2018).

Kerang merupakan salah satu biota laut yang baik untuk dikonsumsi karena kaya akan kandungan gizi. Beberapa kandungan gizi yang terdapat pada kerang antara lain protein, lemak, karbohidrat dan lain-lain (Tari et al., 2018). Kerang dapat berfungsi sebagai biofilter terhadap polutan di perairan. Kerang juga dimanfaatkan sebagai organisme bioindikator yang dipergunakan untuk mengevaluasi kualitas lingkungan di suatu perairan. Kemampuan kerang sebagai hewan *filter feeder* memungkinkan terjadinya akumulasi fitoplankton penghasil saksitoksin pada sistem pencernaannya (Triantoro et al., 2017). Pola hidup kerang dengan cara *sedentary animal* juga memungkinkan kerang untuk tidak dapat menghindari adanya bahan pencemar yang berada sekitar habitatnya (Muhtaroh et al., 2024). Oleh karena itu, kerang sebagai bioindikator dapat memberikan informasi sebagai bahan evaluasi terkait kualitas perairan di sekitar lokasi habitat kerang tersebut.

2.1.1 Kerang Darah

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan kerang yang termasuk ke dalam famili Arcidae dan kelas bivalvia. Kerang ini disebut sebagai kerang darah karena memiliki daging yang berwarna merah kecoklatan (Gambar 2). Adanya pigmen penghasil darah merah (hemoglobin) berfungsi sebagai pengikat oksigen dalam daging kerang sehingga dapat hidup pada kondisi kadar oksigen yang relatif rendah (Ilhamudin et al., 2019). Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan kerang yaitu kondisi lingkungan, musim, kualitas perairan, makanan, substrat dan habitatnya. Kerang darah menyaring makanan dengan memompa air melalui rongga mantel untuk mendapatkan partikel-partikel di dalam air berupa mikroalga, zooplankton dan zat organik terlarut atau dapat dikatakan bahwa kerang tersebut memiliki sifat *filter feeder* (Sagita et al., 2017). Umumnya kerang darah dapat ditemukan pada perairan dengan substrat berlumpur dan berpasir. Klasifikasi ukuran panjang cangkang kerang darah menggunakan rentang yang digunakan oleh Sagita et al. (2017), kelas ukuran kecil (1–2 cm), ukuran sedang (2,1–3 cm) dan ukuran besar (>3 cm). Klasifikasi kerang darah menurut Dance (1974), adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Mollusca
Class	: Bivalvia
Ordo	: Acroida
Family	: Archidae
Genus	: <i>Anadara</i>
Spesies	: <i>Anadara granosa</i>

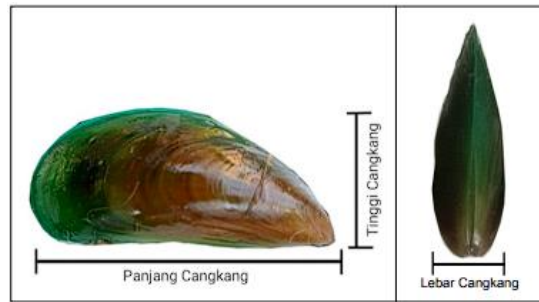


Gambar 2. Kerang darah (*Anadara granosa*)
Sumber: Dewi et al., 2018

2.1.2 Kerang Hijau

Kerang hijau (*Perna viridis*) atau yang disebut dengan *green mussel* merupakan kerang dalam famili mytilidae yang termasuk ke dalam kelas bivalvia. Kerang tersebut memiliki sepasang cangkang yang berfungsi untuk melindungi tubuh dengan bentuk ramping dan memanjang serta berwarna hijau pada bagian tepi dan coklat pada tengahnya (Gambar 3). Umumnya kerang hijau memiliki panjang yang berkisar antara 65–85 mm dengan panjang maksimum mencapai 165 mm (WWF-Indonesia, 2015). Klasifikasi ukuran kerang hijau dilakukan dengan menggunakan rentang ukuran panjang cangkang seperti yang dilakukan oleh Fachrudin et al. (2020), kelas ukuran kecil (4–5,9 cm), ukuran sedang (6–7,9 cm) dan ukuran besar (8–10 cm). Kerang hijau juga disebut sebagai pemakan suspensi (partikel makanan yang larut dalam air) seperti plankton, mikroorganisme dan bahan organik pada perairan di sekitar habitatnya. Sifat kerang yang *filter feeder* membuat kerang hijau harus menyaring air untuk mendapatkan makanannya (Hutami et al., 2015). Proses pertumbuhan kerang hijau sangat dipengaruhi oleh ketersediaan pakan terutama fitoplankton, pergerakan air, jumlah bahan organik serta parameter fisika dan kimia kualitas perairan yang berhubungan dengan musim (Ubay et al., 2021). Kerang hijau dapat tumbuh dengan optimal pada perairan dengan suhu 26–31°C, salinitas 27–34 ‰ dan pH 6–8. Klasifikasi kerang hijau menurut Cappenberg (2008), adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Mollusca
Class	: Bivalvia
Ordo	: Anisomyria
Family	: Mytilidae
Genus	: <i>Perna</i>
Spesies	: <i>Perna viridis</i>



Gambar 3. Kerang hijau (*Perna viridis*)
Sumber: Fauzi et al., 2022

2.2 Fitoplankton

Plankton berasal dari bahasa Yunani yaitu *planktos* yang memiliki arti meng hanyut atau mengembara. Plankton didefinisikan sebagai organisme perairan yang hidup melayang dengan pergerakan pasif dan tidak dapat melawan arus (Junaidi et al., 2018). Plankton terdiri atas fitoplankton yang bersifat autotrof atau berperan sebagai produsen primer perairan dan zooplankton sebagai konsumen tingkat pertama. Menurut Halidah (2016), berdasarkan ukurannya plankton dibagi menjadi makroplankton (≥ 1 mm), mikroplankton (0,06–1 mm) dan nanoplankton ($< 0,06$ mm) di mana 70% plankton dikategorikan sebagai nanoplankton. Fitoplankton di perairan memiliki kelompok takson yang sangat beragam dan tiap takson mempunyai persyaratan fisiologi yang berbeda terhadap sifat fisika serta kimia perairan, seperti intensitas cahaya, temperatur dan unsur hara (Sulastri, 2018). Hal tersebut menjadikan keberadaan fitoplankton sebagai salah satu indikator biologi dalam menentukan kualitas perairan karena fitoplankton sensitif terhadap adanya perubahan kondisi lingkungan perairan (Thamrin et al., 2022). Menurut Dinariwisan & Rahmadani (2024), fitoplankton secara umum juga dapat digunakan sebagai bioindikator guna memantau kondisi suatu perairan, polusi dan eutrofikasi di perairan.

2.3 Eutrofikasi

Eutrofikasi berasal dari kata Yunani *eu* yang berarti “baik” dan *trophe* yang berarti “nutrisi”. Eutrofikasi merupakan peningkatan kesuburan air berlebih

yang disebabkan oleh masuknya nutrisi dalam badan air. Eutrofikasi digambarkan sebagai suatu kondisi jaringan perairan dengan konsentrasi unsur hara yaitu nitrogen dan fosfor yang tinggi sehingga mengakibatkan berkembangnya fitoplankton dan menurunkan kualitas air pada ekosistem perairan (Bali & Gueddari, 2019). Kepadatan fitoplankton yang terlalu tinggi juga dapat memicu berkurangnya oksigen terlarut di perairan akibat proses dekomposisi yang pada akhirnya menyebabkan perairan menjadi *anoxius*. Padatnya fitoplankton di perairan juga menyebabkan tersumbatnya insang pada ikan dan dapat mengeluarkan gas aerosol yang mematikan bagi organisme perairan (Hasani et al., 2012). Penyebab terjadinya eutrofikasi dapat berasal dari 10% proses alamiah di lingkungan perairan, 7% berasal dari kegiatan industri, 11% berasal dari detergen, 17% berasal dari pupuk pertanian, 23% berasal dari limbah manusia dan 32% berasal dari limbah peternakan.

Proses eutrofikasi pada perairan dipicu oleh peningkatan kadar nutrisi yang kemudian mengakibatkan ledakan populasi fitoplankton atau disebut dengan *blooming algae* (Gurning et al., 2020). Pada keadaan eutrofikasi, kelimpahan individu plankton akan berjumlah > 40.000 ind/L (Soegianto, 1994). Pada kondisi tersebut, jumlah individu fitoplankton yang berlimpah akan menutupi permukaan perairan dan menghalangi cahaya untuk masuk ke dalam perairan. Persaingan dalam penggunaan oksigen juga menyebabkan kondisi lingkungan perairan tidak lagi optimal untuk pertumbuhan organisme akuatik. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kematian massal pada fitoplankton dan mengakibatkan penumpukan bahan organik di perairan. Kurangnya pencahayaan terutama pada malam hari akan menyebabkan proses fotosintesis terhenti sehingga oksigen pada perairan pun semakin menipis. Pada kondisi ini maka bakteri pengurai akan bekerja secara anaerob (tanpa oksigen) sehingga zat yang dihasilkannya berupa zat-zat bersifat toksik dan dapat memberikan dampak buruk bagi organisme perairan.

2.4 *Harmful Algal Blooms (HABs)*

Harmful algal blooms (HABs) didefinisikan sebagai pertumbuhan alga secara berlebih yang dapat membahayakan lingkungan perairan baik yang bersifat

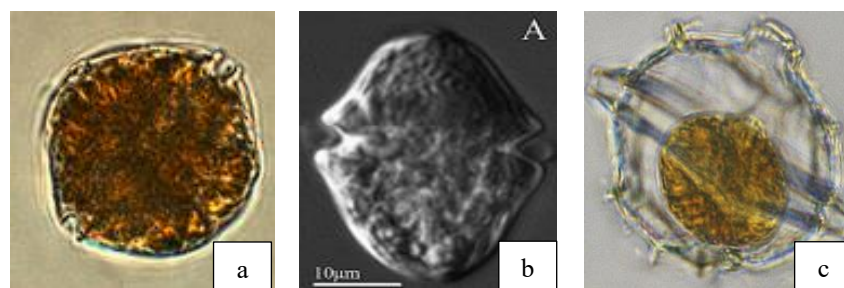
toxic maupun tidak. Fenomena HABs dapat disebabkan oleh adanya faktor pemanasan global dan anomali cuaca. Selain itu, adanya buangan limbah domestik, pertanian maupun industri dengan kandungan nutrisi yang tinggi juga memicu terjadinya HABs. Menurut Hanifa et al. (2023), peristiwa *harmful algal blooms* dikategorikan menjadi dua yaitu *toxin producer* dan *red tide maker*. *Toxin producer* merupakan peristiwa *blooming* kelompok alga beracun yang disebabkan oleh adanya kandungan metabolit sekunder yang bersifat *toxic* dari genus plankton tertentu. Kategori *red tide maker* merupakan peristiwa *blooming algae* yang menyebabkan terjadinya perubahan warna pada perairan. Peristiwa tersebut terjadi akibat adanya ledakan populasi fitoplankton berpigmen sehingga warna perairan berubah menyesuaikan warna fitoplankton yang mendominasi perairan tersebut (Hanifa et al., 2023).

Peristiwa HABs yang dikategorikan sebagai *toxin producer* disebabkan oleh metabolit sekunder bersifat *toxic* yang dihasilkan oleh fitoplankton. Sebagian besar fenomena HABs pada kategori tersebut disebabkan oleh ledakan populasi fitoplankton kelompok dinoflagellata *toxic*. *Toxin* yang dihasilkan oleh dinoflagellata akan sangat berbahaya karena dapat terakumulasi pada biota perairan lainnya seperti ikan maupun kerang. Akumulasi *toxin* pada biota menyebabkan keracunan yang diantaranya seperti *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP), *Neurotoxic Shellfish Poisoning* (NSP), *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP), *Ciguatera Fish Poisoning* (CFP) dan *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) (Panjaitan et al., 2022). Akumulasi racun pada ikan dan kerang akibat adanya fenomena HABs dapat menyebabkan masalah kesehatan bahkan kematian apabila dikonsumsi oleh manusia (Idiawati et al., 2021).

2.5 Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)

Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) merupakan sindrom yang dapat disebabkan oleh konsumsi kekerangan setelah terkontaminasi toksin alami yang dihasilkan oleh plankton seperti dinoflagellata. Dinoflagellata termasuk ke dalam kelas fitoplankton yang sangat dominan ketika terjadi fenomena HABs dan sering dihubungkan dengan meningkatnya masukan nutrisi di ekosistem pesisir sebagai

konsekuensi aktivitas manusia (Mujib et al., 2015). Beberapa jenis dinoflagellata seperti *Alexandrium*, *Gymnodinium* dan *Pyrodinium* dalam kondisi berlimpah di perairan dapat sangat berbahaya karena menghasilkan saksitoksin yang dapat terakumulasi pada kerang sebagai hewan *filter feeder* (Gambar 4). Meningkatnya kelimpahan dinoflagellata tersebut disebabkan oleh adanya peningkatan unsur hara di perairan secara signifikan. Unsur hara yang berlimpah menyebabkan proses eutrofikasi dan memicu terjadinya HABs yang terdiri dari dinoflagellata penghasil saksitoksin tersebut.



Gambar 4. Dinoflagellata penghasil saksitoksin PSP; (a) *Alexandrium*, (b) *Gymnodinium*, dan (c) *Pyrodinium*

Sumber: (a) Sylvers & Gobler., 2021, (b) Gu et al., 2013, dan (c) Resendiz et al., 2022

Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) merupakan biotoksin laut alami yang dihasilkan oleh beberapa spesies alga mikroskopis. Saksitoksin PSP masuk ke dalam rantai makanan melalui *filter feeder* dan bentik yang kemudian berpindah ke predator dan meneruskan kepada top predator seperti mamalia laut, burung laut bahkan manusia. Resiko terakumulasinya saksitoksin PSP pada kerang dapat dikatakan sangat tinggi karena kerang termasuk hewan *filter feeder* yang memakan atau menyaring seluruh alga maupun partikel disekitarnya (Kusnoputranto et al., 2014). Ketika terjadi keracunan pangan hasil laut pada jenis PSP, saksitoksin tersebut akan memblok akson saraf dan serabut otot sehingga menyebabkan penderita merasa baal dibagian bibir, lidah dan gusi lalu menyebar ke tangan dan kaki disertai rasa pusing dan terjadi kelumpuhan pada otot (Nurlina & Liambo, 2018). Gejala tersebut akan timbul kurang dari satu jam setelah manusia mengkonsumsi hasil laut yang tercemar oleh saksitoksin PSP.

Beberapa kasus PSP yang terjadi di Indonesia yaitu pada tahun 1983 di Selat Lewotobi NTT dengan 240 orang menderita dan 4 orang meninggal dunia. Pada tahun 1987 di Ujung Pandang Nunukan terdapat 4 orang meninggal dunia (Nopria et al., 2015). Kasus keracunan pangan juga pernah terjadi pada tahun 2016 di Cirebon yang disebabkan oleh biotoksin fitoplankton dari golongan dinoflagellata yaitu *Pyrodinium bahamense*. Fitoplankton tersebut mengalami *blooming* di lokasi perairan budidaya kerang hijau sehingga menyebabkan akumulasi toksin pada kerang hijau. Peristiwa tersebut menyebabkan keracunan pada sedikitnya 115 orang dan 2 orang mengalami kematian dengan gejala mual, lemas, pusing, kesemutan yang bermula dari bibir kemudian menjalar ke seluruh tubuh hingga mengakibatkan kaku pada bibir, leher dan seluruh tubuh (Nurlina & Liambo, 2018).

2.6 Parameter Kualitas Air

Kualitas perairan merupakan kelayakan suatu lingkungan perairan untuk menunjang kehidupan dan pertumbuhan organisme air yang dinyatakan dalam kisaran tertentu. Kondisi kualitas perairan dapat menjadi tolak ukur terhadap pertumbuhan dan kelimpahan fitoplankton pada suatu perairan (Zainuri et al., 2023). Tingkat kesuburan suatu perairan akan dipengaruhi oleh kelimpahan fitoplankton, sedangkan kelimpahan mikroorganisme tersebut akan dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang ada (Syafriani & Apriadi, 2018). Parameter kualitas air yang dapat berpengaruh diantaranya yaitu parameter fisika seperti arus, suhu dan kecerahan serta parameter kimia seperti salinitas, *dissolved oxygen* (DO), derajat keasaman (pH), nitrat, ortofosfat dan amonium.

2.6.1 Arus

Arus perairan merupakan suatu pergerakan massa air pada suatu tempat ke tempat yang lainnya (Tanto et al., 2017). Massa air laut bergerak dari satu tempat ke tempat lain secara vertikal (gerak ke atas) maupun gerak secara horizontal (gerakan ke samping). Pergerakan arus laut dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi,

topografi atau kondisi dasar perairan, morfologi pantai dan gerakan rotasi bumi atau perputaran bumi pada porosnya. Pada sebagian besar perairan, faktor utama yang menyebabkan arus relatif kuat yaitu faktor angin dan pasang surut. Menurut Mansur et al. (2023), kecepatan arus dibagi menjadi tiga kategori yaitu arus lemah ($0,01 - 0,19$ m/s), arus sedang ($0,20 - 0,39$ m/s) dan arus kuat (≥ 40 m/s).

Pergerakan arus pada perairan akan sangat berkaitan dengan aspek kimia dan biologi perairan (Permadi et al., 2015). Arah, kecepatan dan pola arus akan sangat memengaruhi persebaran unsur hara, material tersuspensi dan berbagai parameter di perairan (Pratiwi et al., 2018). Kaitan arus dengan aspek biologi yaitu dalam proses distribusi biota perairan terutama bagi organisme dengan kemampuan pergerakan yang lemah seperti fitoplankton. Adanya arus di perairan membantu penyebaran fitoplankton dari suatu tempat ke tempat lain (Mujib et al., 2015). Dalam hal ini, semakin tinggi kecepatan arus pada suatu perairan maka kelimpahan fitoplankton akan semakin rendah. Menurut Azzam et al. (2018), kecepatan arus yang masih berada di bawah kisaran $0,5$ m/s tergolong dalam arus rendah hingga sedang. Arus yang relatif tenang dapat meningkatkan kelimpahan fitoplankton. Arus juga memegang peranan penting dalam parameter kualitas perairan karena mampu mendistribusikan nutrisi dari satu tempat ke tempat lainnya (Mansur et al., 2023). Semakin tinggi kecepatan arus maka akan semakin luas sebaran nutrisi di perairan. Persebaran nutrisi yang tidak terkendali dapat memengaruhi pertumbuhan fitoplankton hingga dapat memicu terjadinya fenomena HABs di perairan.

2.6.2 Suhu

Suhu merupakan derajat panas atau dingin yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan termometer. Perbedaan suhu suatu perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kedalaman karena berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang masuk ke dalam air. Pada perairan yang dangkal cahaya akan lebih mudah masuk hingga ke dasar perairan dibandingkan pada perairan yang lebih dalam. Perbedaan suhu tersebut dapat disebabkan oleh topografi atau kedalaman yang berhubungan dengan perbedaan penetrasi cahaya matahari pada

lapisan permukaan dan lapisan yang lebih dalam. Tingginya nilai suhu pada perairan juga diperkirakan karena adanya pergerakan massa air tawar dari aliran sungai yang masuk ke laut. Gerakan massa air tersebut dapat menimbulkan panas akibat gesekan antar molekul air sehingga suhu air laut menjadi lebih hangat (Sidabutar et al., 2019).

Suhu memengaruhi daur hidup organisme dan disebut sebagai faktor pembatas penyebaran suatu jenis fitoplankton dalam melakukan reproduksi, berkembang dan bertahan hidup. Perubahan suhu perairan dapat memengaruhi keberadaan fitoplankton secara fisiologis dan ekologis. Secara fisiologis perbedaan suhu perairan sangat berpengaruh terhadap fekunditas, lama hidup dan ukuran dewasa individu fitoplankton. Secara ekologis perubahan suhu menyebabkan perbedaan komposisi dan kelimpahan fitoplankton di perairan. Menurut Nurmalitasari & Sudarsono (2023), kisaran suhu yang optimal bagi fitoplankton dalam melakukan proses fotosintesis adalah berkisar antara 20–40°C. Fitoplankton dapat tumbuh dengan optimum pada suhu 20–30°C dengan batas toleransi suhu yang baik sebesar 35°C. Suhu yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton penghasil saksitoksin seperti *Alexandrium* berkisar pada suhu 25–30°C. Peningkatan suhu pada batas kisaran toleransi akan meningkatkan laju pertumbuhan, metabolisme dan aktivitas fotosintesis fitoplankton (Ginting et al., 2021). Suhu pada perairan yang tinggi akan memengaruhi proses metabolisme, menaikkan kecepatan pembelahan sel, respirasi dan memengaruhi pergerakan fitoplankton (Rahmah et al., 2022).

2.6.3 Kecerahan

Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan yang diamati secara visual dengan menggunakan keping *secchi*. Kecerahan perairan disebut sebagai suatu kondisi yang menunjukkan kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu (Khuzma et al., 2016). Kecerahan perairan dipengaruhi oleh kandungan bahan-bahan halus yang terdapat dalam air baik berupa bahan organik seperti plankton, jasad renik, detritus maupun bahan anorganik seperti partikel pasir dan lumpur. Prinsip penentuan kecerahan air dengan keping *secchi*

yaitu berdasarkan batas pandangan ke dalam air untuk melihat warna putih yang berada di dalam air. Semakin keruh suatu badan air akan semakin dekat batas pandangan, sebaliknya apabila semakin jernih suatu badan air maka batas pandangan akan semakin jauh. Tingkat kecerahan air akan menunjukkan daya tembus cahaya matahari yang masuk ke dalam suatu perairan (Pingki & Sudarti, 2021).

Produktivitas primer fitoplankton sangat dipengaruhi oleh cahaya yang berperan sebagai sumber energi. Ketersediaan fitoplankton bergantung pada tingkat kedalaman suatu perairan. Semakin dalam suatu perairan maka jumlah fitoplankton akan semakin sedikit karena intensitas cahaya matahari yang rendah. Fitoplankton selalu berada di permukaan air agar tetap mendapatkan sumber energi matahari yang cukup untuk menunjang proses fotosintesis. Produktivitas primer fitoplankton dalam proses fotosintesis dilakukan ketika intensitas cahaya dalam suhu optimum sehingga fitoplankton dapat memanfaatkan cahaya lebih optimal lagi. Ketika tersedia energi matahari yang optimum maka fitoplankton akan sangat aktif dalam proses fotosintesis dibandingkan dengan ketika intensitas cahaya matahari sedang rendah (Asriyana & Yuliana, 2019). Menurut Lantang & Pakidi (2015), kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh musim di mana pada musim hujan kelimpahan fitoplankton cenderung rendah karena intensitas cahaya matahari yang rendah, sedangkan pada musim kemarau kelimpahan fitoplankton cenderung tinggi akibat pemanfaatan nutrisi yang didukung oleh tingginya intensitas cahaya matahari.

2.6.4 Salinitas

Salinitas merupakan kadar garam terlarut dalam air yang dinyatakan dalam gram per kilogram air laut atau *part per thousand* (ppt) (Kurniawan et al., 2019). Distribusi salinitas dari muara hingga ke laut lepas menunjukkan kecenderungan salinitas yang bertambah akibat adanya pengaruh dari daratan dan intrusi air tawar (Patty & Huwae, 2023). Kisaran nilai salinitas pada perairan tawar antara 0–5 ppt, perairan payau umumnya berkisar antara 6–29 ppt dan perairan laut berkisar antara 30–40 ppt. Tinggi rendahnya nilai salinitas pada suatu perairan dapat memenga-

ruhi pertumbuhan fitoplankton. Perairan dengan nilai salinitas yang sangat tinggi dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton. Tingkat pertumbuhan fitoplankton lebih tinggi pada perairan dengan salinitas yang rendah sehingga biomassa fitoplankton cenderung tinggi pada perairan bersalinitas rendah.

Salinitas sangat berpengaruh terhadap organisme perairan untuk mengontrol keseimbangan air dan ion antara tubuh dengan lingkungannya. Produktivitas dan kemampuan beradaptasi berbagai alga berkaitan erat dengan salinitas lingkungan perairan (Dara et al., 2024). Umumnya salinitas yang baik bagi fitoplankton laut untuk bertahan hidup, berkembang biak dan melakukan proses fotosintesis yaitu 30–35 ppt (Cahyani et al., 2023). Menurut Bill et al. (2017), kisaran toleransi salinitas untuk fitoplankton penghasil saksitoksin seperti *Alexandrium* pada perairan berkisar antara 15 ppt hingga setidaknya 40 ppt dengan pertumbuhan optimal terjadi pada salinitas 15–35 ppt. Semakin tinggi nilai salinitas diketahui dapat meningkatkan nilai toksisitas dari fitoplankton tersebut di perairan.

2.6.5 *Dissolved Oxygen (DO)*

Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* merupakan jumlah miligram gas oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. Konsentrasi oksigen terlarut di perairan dapat diukur dengan menggunakan *winkler dissolved oxygen test* dan *dissolved oxygen meter*. Banyaknya gas oksigen yang terdapat dalam air bergantung pada kondisi perairan, suhu, tekanan atmosfer, salinitas, aktivitas fotosintesis, turbulensi air, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Sumber oksigen terlarut di perairan terbesar berasal dari hasil fotosintesis fitoplankton yaitu sebesar 90–95% (Iswanto et al., 2015). Umumnya konsentrasi oksigen terlarut di permukaan air lebih tinggi dibandingkan dengan daerah dasar perairan. Hal tersebut dikarenakan adanya proses difusi oksigen dari atmosfer ke perairan di lapisan permukaan dan adanya klorofil-a sehingga proses fotosintesis yang terjadi dapat menyuplai oksigen ke perairan (Madyawan et al., 2020).

Oksigen terlarut pada perairan berasal dari proses fotosintesis fitoplankton, mikro dan makro alga yang hidup di perairan serta proses difusi dari udara bebas.

Keberadaan oksigen terlarut dalam perairan sangat dibutuhkan makhluk hidup untuk melakukan proses pernapasan, metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk tumbuh. Kelarutan oksigen sebesar 2 mg/L sudah cukup untuk mendukung kehidupan fitoplankton selama perairan tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang bersifat *toxic*. Akan tetapi, berdasarkan baku mutu peraturan pemerintah nomor 22 tahun 2021 lampiran VIII peruntukan biota laut, nilai DO yang ditetapkan yaitu >5 mg/L. Dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai DO pada suatu perairan maka kualitas airnya semakin baik dan kelimpahan fitoplanktonnya akan semakin tinggi.

2.6.6 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan tingkat keasaman yang dimiliki setiap larutan. Derajat keasaman juga dapat didefinisikan sebagai jumlah konsentrasi ion H di dalam suatu senyawa. Nilai pH pada larutan umumnya berkisar antara 1–14. Nilai pH dalam rentang 1–6,9 termasuk ke dalam kategori larutan asam, sedangkan pH dalam rentang 7,1–14 termasuk ke dalam kategori larutan basa. Derajat keasaman dapat diukur menggunakan pH meter dan juga kertas lakmus atau disebut dengan pH *paper*. Pada pengukuran menggunakan kertas lakmus, zat asam akan merubah warna pada kertas menjadi warna merah, sedangkan pada pengukuran zat basa akan mengubah warna kertas menjadi warna biru (Ashari & Widodo, 2019).

Derajat keasaman ini berpengaruh terhadap kehidupan setiap organisme karena setiap individu memiliki toleransi pada derajat keasaman yang berbeda agar dapat bertahan hidup (Wahyuni, 2017). Derajat keasaman dapat memengaruhi fitoplankton dalam proses perubahan pada reaksi fisiologis dari berbagai jaringan maupun pada reaksi enzim. Berdasarkan Kepmen LH. (2004), kondisi optimal pH untuk mendukung pertumbuhan fitoplankton yaitu berkisar antara 7–8,5. Pada perairan dengan pH kurang dari 6 fitoplankton tidak dapat hidup dengan baik karena banyaknya ikan pemangsa fitoplankton (Lubis et al., 2023). Selain itu, kondisi perairan yang bersifat sangat asam ataupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup fitoplankton karena menyebabkan gangguan pada proses

metabolisme dan respirasi serta meningkatkan konsentrasi amonia yang bersifat sangat *toxic* bagi fitoplankton.

2.6.7 Nitrat

Nitrat (NO_3) merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami serta sumber nutrisi utama bagi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air lainnya (Putri et al., 2021). Sumber nitrat dapat berasal dari bahan organik melalui proses dekomposisi di perairan. Distribusi kadar nitrat akan semakin tinggi menuju ke arah pantai dan kadar tertinggi biasanya ditemukan di perairan muara. Keberadaan nitrat dapat dipengaruhi oleh pergerakan air akibat adanya aktivitas kapal penangkapan dan fenomena pasang surut air laut yang menyebabkan distribusi nitrat di perairan (Fitriyah et al., 2022). Menurut Hamuna et al. (2018), tingginya konsentrasi nitrat di perairan dapat disebabkan oleh masukan nutrisi dari daratan seperti erosi daratan, aktivitas pertanian, masukan limbah domestik dan kegiatan kapal dari nelayan. Terjadinya peningkatan kadar nitrat di perairan laut dapat disebabkan oleh masuknya limbah domestik atau limbah pertanian yang umumnya banyak mengandung nitrat pada aliran sungai. Konsentrasi nitrat yang semakin meningkat akan memengaruhi kelimpahan fitoplankton yang ada pada perairan tersebut.

Nitrat termasuk salah satu nutrisi yang dimanfaatkan oleh fitoplankton sebagai sumber makanannya. Hal tersebut menyebabkan adanya keterkaitan antara kadar nitrat dengan kelimpahan plankton dalam perairan. Baku mutu konsentrasi nitrat berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yaitu 0,06 mg/l untuk biota laut. Kadar nitrat yang melebihi 0,2 mg/l dapat mengakibatkan eutrofikasi dan memicu pertumbuhan fitoplankton berbahaya di perairan. Kadar nitrat yang melebihi ambang batas dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi sehingga menstimulir pertumbuhan fitoplankton dengan cepat. Pertumbuhan fitoplankton di luar kendali akan menyebabkan terjadinya fenomena *blooming algae*. Pada kondisi tersebut jumlah fitoplankton spesies tertentu seperti seperti *Alexandrium*, *Gymnodinium* dan *Pyrodinium* dapat menghasilkan racun

yang membahayakan pertumbuhan organisme perairan lainnya sehingga dapat mengganggu ekosistem di perairan (Arnanda, 2023)

2.6.8 Ortofosfat

Fosfat merupakan salah satu unsur esensial bagi metabolisme dan pembentukan protein pada organisme. Bentuk fosfat anorganik yang paling banyak terdapat dalam siklus fosfat yaitu ortofosfat. Ortofosfat dibutuhkan oleh fitoplankton dan organisme laut lainnya dalam proses pertumbuhan dan metabolisme untuk menentukan kesuburan perairan. Kadar ortofosfat yang rendah dalam air ($< 0,01$ mg/l) akan menghambat pertumbuhan fitoplankton. Penurunan konsentrasi ortofosfat dapat terjadi seiring meningkatnya salinitas di perairan (Diansyah et al., 2019). Baku mutu konsentrasi ortofosfat berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yaitu $0,015$ mg/l untuk biota laut. Pada perairan alami, kadar ortofosfat tidak boleh lebih dari $0,1$ mg/l. Peningkatan konsentrasi tersebut dapat disebabkan oleh masuknya berbagai macam limbah dari rumah tangga, industri dan kegiatan pertanian yang umumnya menggunakan fosfat. Menurut Oktaviana et al. (2023), konsentrasi ortofosfat yang tinggi di perairan estuari disebabkan oleh limbah industri dan limbah pemukiman penduduk. Nilai konsentrasi yang tinggi dapat meningkatkan kadar nutrisi dan menyebabkan eutrofikasi sehingga memicu terjadinya HABs di perairan.

2.6.9 Amonium

Amonium merupakan ion poliatomik bermuatan positif dengan rumus kimia NH_4^+ yang terbentuk melalui proses protonasi amonium (NH_3). Menurut Nasir et al. (2018), adanya limbah domestik merupakan penyumbang amonium terbesar ke perairan. Selain itu, tingginya amonium di perairan dapat disebabkan oleh penumpukan bahan organik akibat organisme perairan yang mengalami kematian. Sumber amonium di perairan berasal dari degradasi nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air.

Ammonium akan bersifat toksik jika kadarnya terlalu banyak di perairan. Pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV dalam peraturan pemerintah nomor 82 tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu amonium (NH_4^+) yang telah ditetapkan yaitu 0,5 mg/L. Pengaruh amonium terhadap pertumbuhan fitoplankton sangat signifikan terutama dalam meningkatkan kepadatan populasi dan laju pertumbuhan. Berdasarkan penelitian Omairah et al. (2019), penambahan dosis amonium dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap laju pertumbuhan dan kepadatan fitoplankton.

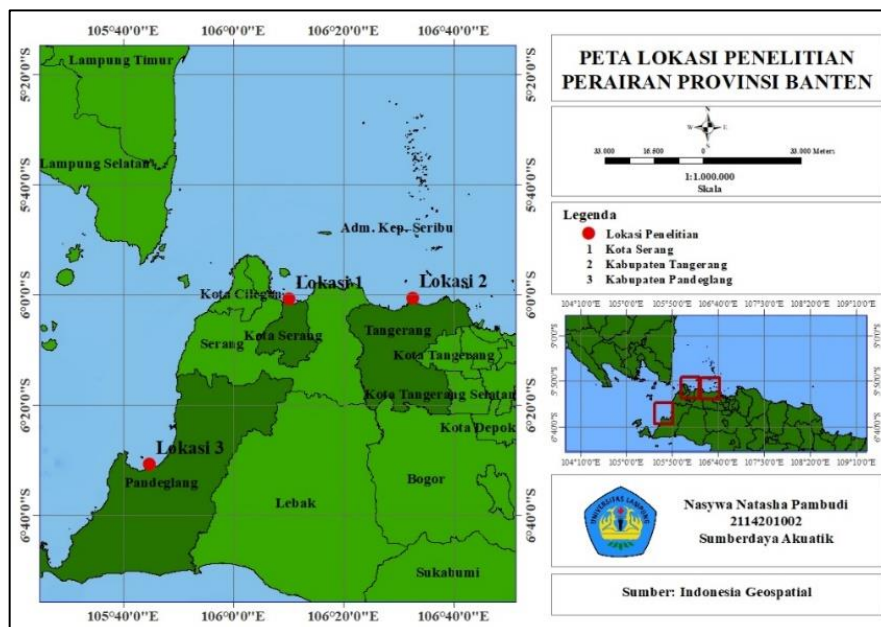
2.7 *Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)*

Enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) merupakan analisis kuantitatif yang menunjukkan reaksi antigen-antibodi melalui perubahan warna yang diperoleh dengan menggunakan konjugat terkait enzim dan substrat enzim. ELISA juga didefinisikan sebagai teknik biokimia yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur suatu antibodi maupun antigen pada suatu sampel. Metode tersebut dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi keberadaan dan konsentrasi molekul dalam bentuk cairan (Ipandi et al., 2019). Prinsip ELISA berdasarkan pengujian ELISA kompetitif untuk mendeteksi saksitoksin (PSP) yang terdapat pada keke-rangan. Pada proses identifikasi suatu molekul, ELISA menggunakan kit khusus yang spesifik terhadap antigen tersebut.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September s.d November 2024 di Perairan Provinsi Banten. Pengambilan sampel dilakukan di 3 lokasi berbeda yaitu di perairan Kota Serang, Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Tangerang (Gambar 5).



Gambar 5. Peta lokasi penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga November 2024. Pengambilan sampel pertama di Perairan Kota Serang dilakukan pada hari Senin, 16 September 2024. Pada Perairan Kabupaten Pandeglang dilaksanakan

pengambilan sampel di hari Senin, 14 Oktober 2024. Pengambilan sampel terakhir di Perairan Kabupaten Tangerang dilakukan pada hari Senin, 4 November 2024.

3.1.2 Tempat Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di 3 lokasi berbeda yaitu di perairan Kota Serang, Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Tangerang. Pada masing-masing lokasi terdiri dari 9 stasiun pengambilan sampel. Pengambilan sampel kualitas air dilakukan sebanyak 1 kali dengan frekuensi pengulangan sebanyak 3 kali. Pengambilan sampel kerang hijau (*Perna viridis*) dan kerang darah (*Anadara granosa*) dilakukan pada masing-masing lokasi. Pengujian kadar saksitoksin *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) pada kerang hijau dan kerang darah dilakukan di Laboratorium Residu dan Obat. Pengamatan fitoplankton dilakukan di Laboratorium Patologi dan pengujian sampel air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air dan Tanah, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang.

3.2 Bahan dan Alat

Pada proses penelitian diperlukan bahan dan alat sebagai penunjang pelaksanaan penelitian. Bahan dan alat tersebut digunakan pada saat pengambilan sampel di lokasi penelitian maupun pengujian di laboratorium.

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan saat pengambilan sampel pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Bahan yang digunakan pada pengambilan sampel

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Merek	Kegunaan
1	Akuades	1 L	Brathaco	Kalibrasi alat penelitian
2	Lugol-iodine	1,5 mL	Merck	Pengawet sampel fitoplankton
3	Tisu	150 lembar	Livi	Membersihkan alat penelitian
4	Air laut	1 L	-	Mengidentifikasi fitoplankton
5	Kekerangan	1 kg	-	Sampel pengujian saksitoksin PSP

Bahan yang digunakan saat pengujian di laboratorium pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada analisis di laboratorium

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Merek	Kegunaan
1	Akuades	1 L	Brathaco	Kalibrasi alat-alat uji
2	Tisu	150 lembar	Livi	Membersihkan alat
3	<i>Antibody solution</i>	50 µL	Abraxis	Bahan <i>antibody</i> uji PSP
4	<i>Wash buffer</i>	250 µL	Abraxis	Pencucian <i>wells</i>
5	<i>Color solution</i>	100 µL	Abraxis	Pewarnaan pada uji PSP
6	<i>Stop solution</i>	100 µL	Abraxis	Menghentikan reaksi uji
7	HCl	1 N	Merck	Pengujian nitrat
8	Asam askorbat	0,568 M	Merck	Pengujian ortofosfat
9	Fenol	1 mL	Merck	Pengujian amonia
10	Natrium nitroprusid	1 mL	Merck	Pengujian amonia
11	Larutan pengoksidasi	2,5 mL	Merck	Pengujian amonia

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan saat pengambilan sampel pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Alat yang digunakan pada pengambilan sampel

No	Nama Alat	Spesifikasi	Merek	Kegunaan
1	pH meter	pH 1 – 14	Apluste	Mengukur kadar pH perairan
2	<i>Secchi disk</i>	Diameter 30 cm	-	Mengukur kecerahan perairan
3	Refraktometer	0–100 ‰	Extech	Mengukur salinitas perairan
4	DO meter	0–20 mg/L	Oakton	Mengukur kadar DO perairan
5	Termometer	-10–200°C	Oakton	Mengukur suhu perairan
6	<i>Floating droadge</i>	1 m	-	Mengukur kecepatan arus
7	<i>Plankton net</i>	25 µm	-	Menyaring sampel fitoplankton
8	Kamera	-	-	Dokumentasi penelitian
9	<i>Plastic</i>	28x48 cm	Loco	Menyimpan sampel kerang
10	Botol sampel	500 mL	-	Menyimpan sampel air
11	GPS	-	-	Menentukan titik koordinat
12	Spidol	Warna hitam	Snowman	Menulis keterangan
13	Kertas label	11x30 mm	Tom&Jerry	Memberi tanda tiap sampel
14	Perahu motor	< 5 GT	-	Alat transportasi pengambilan sampel di perairan
15	Alat tulis	Warna hitam	Faber castell	Mencatat hasil pengukuran
16	<i>Cool box</i>	32 L	Kirapac	Wadah penyimpan botol sampel
17	Botol semprot akuades	1000 ml	Nikko	Wadah penyimpan akuades

Alat yang digunakan saat pengujian di laboratorium pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 4).

Tabel 4. Alat yang digunakan pada analisis di laboratorium

No	Nama Alat	Spesifikasi	Merek	Kegunaan
1	Timbangan analitik	10 mg–320 g	Kern	Menimbang berat sampel kerang hijau dan kerang darah
2	Pipet tetes	5 ml	-	Mengambil larutan
3	Mikropipet	10–100 μ L; 100–1000 μ L & 1–10 ml	Eppendorf	Memindahkan larutan dalam ukuran tertentu
4	<i>Pippete tips</i>	100 μ L; 1000 μ L & 10 ml	Eppendorf	Penampung sementara larutan yang akan dipindahkan
5	<i>Blender</i>	-	Vienta	Menghaluskan sampel kerang
6	<i>Vortex mixer</i>	150–2.000 rpm	Heidolph	Pengadukan larutan sampel menjadi homogen
7	<i>Centrifuge</i>	18.000 rpm 23.907 rcf	Hettich EBA 21	Memisahkan supernatan dan pellet
8	<i>Tube</i>	15 & 50 ml	Corning	Meletakkan sampel kerang yang telah dihaluskan
9	Mikroskop	CX31	Olympus	Mengidentifikasi fitoplankton
10	<i>Sedgwick rafter counting cell</i>	50 mm x 20 mm x 1 mm	Wildco	Menganalisis kepadatan fitoplankton dalam sampel air
11	Spektrofotometer	190–1100 nm	Agilent	Pengukuran kadar nitrat, ortofosfat dan amonia pada sampel air
12	ELISA	450 nm	ChemWell	Pengukuran kadar saksitoksin PSP pada kerang hijau dan kerang darah
13	Labu ukur	50 mL	Iwaki	Menampung larutan dengan akurasi tinggi
14	Erlenmeyer	50 mL	Iwaki	Menampung larutan yang akan digunakan
15	Gelas ukur	25 mL	Iwaki	Mengukur volume larutan yang akan digunakan
16	Spatula	150 mm	Iwaki	Mengambil bahan kimia ketika proses penimbangan

3.3 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh ke-limpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP terhadap konsentrasi saksitoksin PSP pada kerang di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten

Pandeglang. Populasi penelitian ini menggunakan sampel kerang hijau (*Perna viridis*) dan kerang darah (*Anadara granosa*) berdasarkan klasifikasi ukuran yang didapatkan dari masing-masing lokasi. Klasifikasi ukuran sampel kerang hijau berdasarkan Fachruddin et al. (2020), yaitu ukuran kecil (4–5,9 cm), sedang (6–7,9 cm) dan besar (8–10 cm). Klasifikasi ukuran sampel kerang darah berdasarkan Sagita et al. (2017), yaitu ukuran kecil (1–2 cm), sedang (2,1–3 cm) dan besar (>3 cm). Kerang tersebut akan diuji di laboratorium Residu dan Obat untuk menentukan konsentrasi saksitoksin yang terakumulasi pada kerang di tiap lokasi. Pada tiap lokasi dilakukan pengambilan sampel air yang telah disaring menggunakan plankton net yang nantinya akan digunakan sebagai bahan identifikasi fitoplankton. Sampel air juga dipergunakan sebagai bahan uji parameter kimia di laboratorium seperti uji nitrat, ortofosfat dan amonia. Pengujian sampel akan dilakukan di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang. Penelitian ini juga mengukur parameter fisika dan kimia pada tiap stasiun di 3 lokasi pengambilan sampel. Parameter-parameter tersebut meliputi arus, suhu, kecerahan, salinitas, *dissolved oxygen* dan derajat keasaman (pH). Metode analisis yang dipergunakan yaitu regresi linier sederhana dengan bantuan *Microsoft Excel*. Analisis tersebut dilakukan untuk menentukan hubungan antara kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP terhadap konsentrasi saksitoksin PSP pada kerang di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan diantaranya meliputi penentuan titik lokasi, pengambilan sampel fitoplankton, air dan kerang, pengukuran parameter fisika dan kimia perairan, pengujian kadar saksitoksin PSP dan identifikasi fitoplankton.

3.4.1 Penentuan Titik Lokasi

Penentuan titik lokasi pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*. Metode tersebut diartikan sebagai penentuan titik lokasi

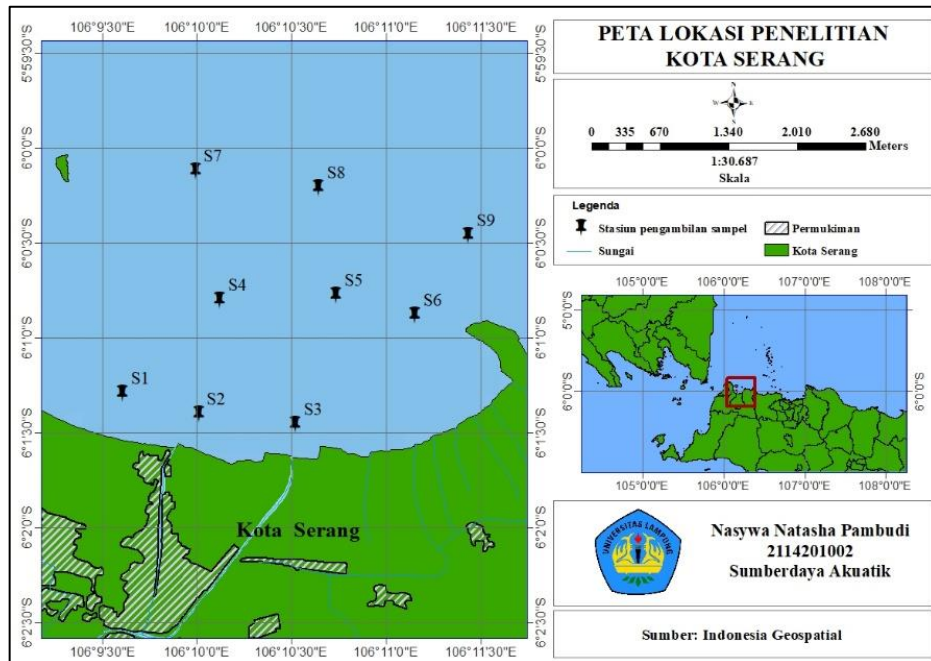
pengambilan sampel dengan adanya pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan (Garini et al., 2021). Penentuan titik lokasi didasari oleh lokasi budi daya kekerangan serta letak sumber masuk limbah penghasil zat hara di perairan. Pengambilan sampel air laut dan sampel kekerangan dilakukan sebanyak 1 kali pada tiga lokasi perairan yang berbeda yaitu Perairan Kota Serang, Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Tangerang (Tabel 5).

Tabel 5. Titik koordinat stasiun pengambilan sampel

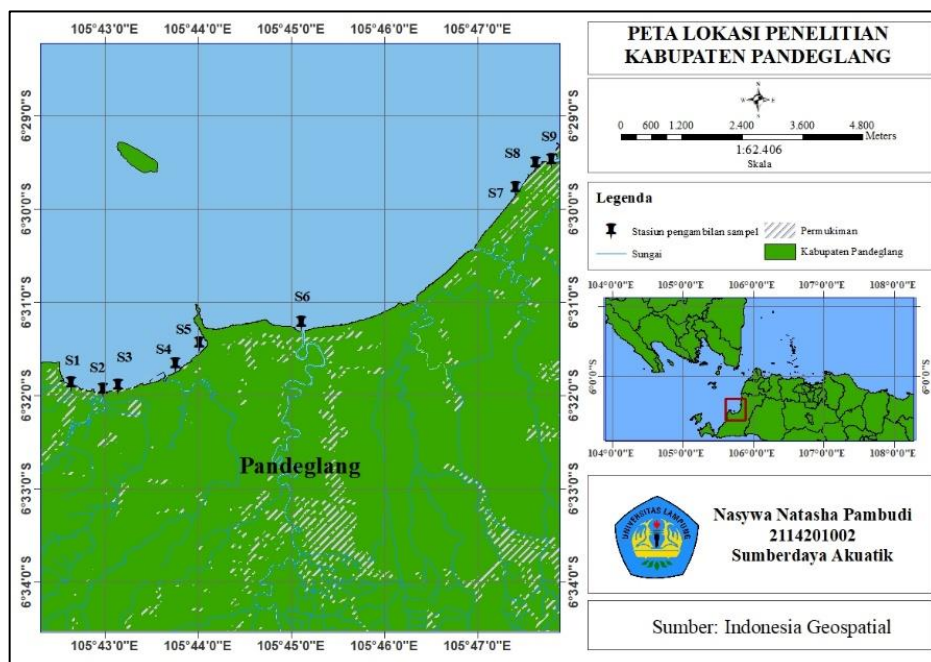
St	Kota Serang	Kabupaten Pandeglang	Kabupaten Tangerang
1	6°1'17.56"S 106°9'36.41"E	6°31'52.89"S 105°42'38.58"E	6°0'59.61"S 106°32'29.24"E
2	6°1'24.24"S 106°10'0.60"E	6°31'57.01"S 105°42'58.80"E	6°0'44.82"S 106°32'28.30"E
3	6°1'27.53"S 106°10'31.23"E	6°31'54.56"S 105°43'8.51"E	6°0'29.53"S 106°32'17.65"E
4	6°0'48.08"S 106°10'7.35"E	6°31'40.45"S 105°43'45.89"E	6°0'49.30"S 106°32'53.89"E
5	6°0'46.44"S 106°10'44.05"E	6°31'27.48"S 105°44'1.28"E	6°0'35.02"S 106°32'38.26"E
6	6°0'52.82"S 106°11'9.16"E	6°31'13.77"S 105°45'6.81"E	6°0'13.45"S 106°32'25.03"E
7	6°0'7.09"S 106°9'59.59"E	6°29'47.14"S 105°47'24.73"E	6°0'38.49"S 106°33'3.30"E
8	6°0'12.51"S 106°10'38.54"E	6°29'31.38"S 105°47'37.29"E	6°0'12.49"S 106°32'56.30"E
9	6°0'27.71"S 106°11'26.01"E	6°29'29.33"S 105°47'47.68"E	6°0'9.49"S 106°32'38.30"E

Stasiun pengambilan sampel di Kota Serang berlokasi di perairan Karangantu yang berada di Muara Sungai Cibanten dan Muara Sungai Cengkok. Lokasi tersebut berada di sekitar Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Karangantu, permukiman dan kegiatan industri. Pada wilayah Kabupaten Pandeglang terbagi atas 3 lokasi pengambilan sampel. Penetapan lokasi tersebut berdasarkan sumber masuknya limbah yaitu muara sungai. Lokasi pengambilan sampel juga berada di sekitar Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Panimbang, permukiman, pertambakan dan perindustrian. Penetapan lokasi di Kabupaten Tangerang juga berdasarkan sumber masuknya limbah pemicu eutrofikasi yaitu muara sungai dan permukiman. Pada

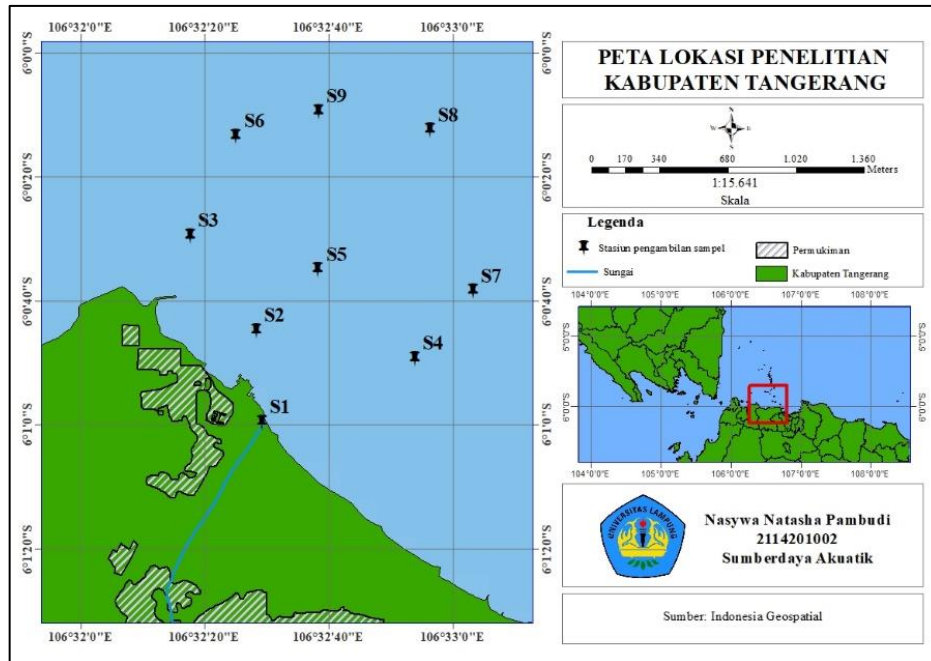
masing-masing lokasi terdiri dari 9 stasiun dengan masing-masing 3 titik dan frekuensi 3 kali pengulangan pada pengambilan sampel air. Peta stasiun pengambilan sampel tiap lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6. Peta lokasi penelitian di Perairan Kota Serang



Gambar 7. Peta lokasi penelitian di Perairan Kabupaten Pandeglang



Gambar 8. Peta lokasi penelitian di Perairan Kabupaten Tangerang

3.4.2 Pengambilan Sampel Fitoplankton, Air dan Kerang

Metode pengambilan sampel fitoplankton mengacu pada Nasution et al. (2019), yang dilakukan secara pasif pada kedalaman permukaan dengan menyaring sebanyak 100 liter air laut. Sampel air laut disaring menggunakan plankton net dengan *mesh size* 25 μm lalu dimasukkan ke dalam botol sampel volume 125 ml yang telah diberi label tiap stasiun. Sampel diawetkan dengan menambahkan lugol iodine sebanyak 1,5 ml lalu tutup botol dengan lapisan *parafilm* untuk menghindari kebocoran. Botol sampel disimpan pada *cool box* untuk menjaga kestabilan suhu sampel fitoplankton. Proses pengamatan fitoplankton akan dilakukan di Laboratorium Patologi, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang.

Pengambilan sampel air laut dilakukan pada tiap stasiun. Sampel air diletakkan pada botol 1 L lalu tutup botol dengan lapisan *parafilm* dan simpan pada *cool box*. Pengujian sampel air akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air dan Tanah, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang. Pengambilan sampel kekerangan dilakukan dengan mengambil secara langsung kepada pembudi daya bersamaan dengan pengambilan sampel fitoplankton. Pada tiap

stasiunnya diambil sebanyak 1 Kg kekerangan yang kemudian diletakkan pada *plastic zip*. *Plastic* tersebut diberikan label sesuai dengan stasiun pengambilan sampel lalu simpan pada *cool box*. Proses pengujian kadar saksitoksin *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) pada kerang hijau dan kerang darah akan dilakukan di Laboratorium Residu, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang.

3.4.3 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia

Pengukuran parameter fisika dan kimia meliputi arus, suhu, kecerahan, salinitas, *dissolved oxygen*, derajat keasaman (pH), nitrat, ortofosfat dan amonium. Adapun metode pengukuran parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

3.4.3.1 Arus

Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan *floating droadge*. Kecepatan arus dihitung secara manual dengan melepaskan *floating droadge* ke laut kemudian membiarkan alat terbawa arus hingga tali pengikatnya tegang. Waktu hingga tegangnya tali diukur dengan menggunakan bantuan *stopwatch*. Selain itu, kecepatan arus dan penentuan arah arus juga dilakukan menggunakan bantuan *website ventusky* (Chang & Indriaty, 2017).

3.4.3.2 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer secara *in situ* pada setiap lokasi pengamatan. Termometer dicelupkan ke dalam perairan dan didiamkan kurang lebih 1 menit di dalam air hingga hasilnya stabil. Suhu yang diperoleh lalu dicatat tanpa mengangkat termometer ke atas permukaan perairan. Termometer dikalibrasi kembali menggunakan akuades setelah digunakan (Azis et al., 2020).

3.4.3.3 Kecerahan

Pengukuran kecerahan pada perairan dilakukan menggunakan alat *secchi disk*. Menurut Pingki & Sudarti (2021), *secchi disk* merupakan lempengan sederhana berbentuk cakram yang permukaannya terdapat warna hitam dan putih dengan bentuk berupa arsiran yang memiliki empat bagian. Lempengan *secchi disk* diturunkan ke perairan hingga indikator hitam dan indikator putih hilang dari pandangan. Hasil kedalamannya lalu dicatat kemudian dilakukan perhitungan. Perhitungan kecerahan dilakukan dengan melihat kedalaman rata-rata *secchi disk* tidak terlihat pertama kali (D_1) dan tampak lagi pertama kali saat diangkat dari perairan (D_2):

$$\text{Kecerahan} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (1)$$

Keterangan:

D_1 : Kedalaman saat *secchi disk* mulai tidak tampak dari pandangan (cm)

D_2 : Kedalaman saat *secchi disk* ditarik dan mulai tampak pertama kali (cm)

3.4.3.4 Salinitas

Pengukuran salinitas perairan dilakukan menggunakan refraktometer. Prinsip kerja alat tersebut yaitu menggunakan pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan. Sampel air laut diletakkan pada bagian prisma refraktometer dan diarahkan pada arah datangnya cahaya matahari. Nilai salinitas yang tertera pada bagian *eye piece* dicatat. Refraktometer dikalibrasi kembali menggunakan akuades setelah digunakan (Siltri et al., 2015).

3.4.3.5 Dissolved Oxygen (DO)

Pengukuran oksigen terlarut pada perairan dilakukan menggunakan alat DO meter. *Probe* DO meter dicelupkan ke dalam perairan yang akan diukur. Hasil pengukuran DO ditunggu kurang lebih selama 1 menit hingga kadar oksigen terlarut terdeteksi lalu akan muncul angka pada layar *display*. Hasil pengukuran

oksigen terlarut yang didapat pada perairan tersebut lalu dicatat. DO meter dikalibrasi kembali menggunakan akuades setelah digunakan (Tahir, 2021).

3.4.3.6 Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman pada perairan dilakukan menggunakan alat pH meter. Prinsip kerja utama pH meter terletak pada sensor probe berupa elektroda kaca dengan jalan mengukur jumlah ion H_3O^+ di dalam larutan. *Probe* pH meter dicelupkan ke dalam perairan. Nilai pH ditunggu hingga muncul dengan stabil pada layar *display*. Hasil pengukuran pH pada perairan tersebut lalu dicatat. pH meter dikalibrasi kembali menggunakan akuades setelah digunakan (Desmira et al., 2018).

3.4.3.7 Nitrat

Pengukuran nitrat pada air dilakukan berdasarkan acuan APHA-AWWWS edisi ke 22 tahun 2012, bagian 4500- NO_3^- B tentang pengujian nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) dengan metode skrining spektrofotometri ultraviolet. Sampel air yang akan digunakan pada pengujian nitrat dipersiapkan terlebih dahulu. Sampel air sebanyak 50 ml dituang ke dalam labu ukur 50 ml. Larutan HCl 1 N ditambahkan sebanyak 1 ml pada labu ukur lalu homogenkan. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometri dan dibaca serapannya pada panjang gelombang 220 nm dan 275 nm. Selisih absorbansi antara panjang gelombang 220 nm dan 275 nm dihitung untuk mendapatkan absorbansinya. Hasil kadar nitrat pada sampel air yang didapat selanjutnya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar nitrat (mg/L)} = C \times Fp \quad (2)$$

Keterangan:

C : Kadar yang didapat dari hasil pengukuran

Fp : Faktor pengenceran

3.4.3.8 Ortofosfat

Pengukuran ortofosfat pada air dilakukan berdasarkan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.31-2005 cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometri secara asam askorbat. Sampel air yang akan digunakan pada pengujian ortofosfat dipersiapkan terlebih dahulu. Sampel air sebanyak 50 ml dituang ke dalam labu ukur 50 ml. Larutan asam askorbat 0,568 M (reagen 1) ditambahkan sebanyak 1 ml lalu dihomogenkan. Larutan campuran (reagen 2) ditambahkan sebanyak 1 ml lalu dihomogenkan. Sampel yang telah dipreparasi kemudian dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometri lalu baca serapannya pada panjang gelombang 880 nm dalam kisaran waktu 10 sampai 30 menit. Kadar ortofosfat pada sampel air yang didapat lalu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar ortofosfat (mg/L)} = C \times F_p \quad (3)$$

Keterangan:

C : Kadar yang didapat dari hasil pengukuran

F_p : Faktor pengenceran

3.4.3.9 Amonium

Pengukuran amonia pada air dilakukan berdasarkan acuan SNI 06-6989.30-2005 cara uji kadar amonia air dan air limbah dengan spektrofotometri secara fenat. Sampel air yang akan digunakan pada pengujian amonia dipersiapkan terlebih dahulu. Sampel air sebanyak 25 ml dituang ke dalam erlenmeyer 50 ml. Larutan fenol ditambahkan sebanyak 1 ml lalu dihomogenkan. Larutan natrium nitroprusid ditambahkan sebanyak 1 ml lalu dihomogenkan. Larutan pengoksidasi yang terdiri dari larutan alkalin sitrat dan natrium hipoklorit ditambahkan sebanyak 2,5 ml lalu dihomogenkan. Warna akan terbentuk setelah dibiarkan selama 1 jam untuk pembentukan. Sampel air tersebut dimasukkan ke dalam *cuvette* pada alat spektrofotometri dan baca serapannya pada panjang gelombang 640 nm. Kadar amonia pada sampel air yang didapat lalu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar amonia (mg/L)} = C \times F_p \quad (4)$$

Keterangan:

C : Kadar yang didapat dari hasil pengukuran

F_p : Faktor pengenceran

Konsentrasi amonia yang didapat selanjutnya dikonversikan ke dalam bentuk ammonium menggunakan perbandingan bobot molekul.

$$\text{konsentrasi amonium} = \frac{Mr \text{ amonium}}{Mr \text{ amonia}} \times \text{konsentrasi amonia} \quad (5)$$

Keterangan:

Mr amonium : Massa molekul relatif amonium

Mr amonia : Massa molekul relatif amonia

3.4.4 Pengujian Kadar Saksitoksin PSP

Penelitian ini menggunakan metode *Enzyme Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) untuk mengukur kadar saksitoksin *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) yang terkandung dalam kerang. Metode ELISA didasarkan pada kerja imunologi yang dikombinasi dengan reaksi enzimatik, reaksi imunologi dalam sistem ELISA (Rohima & Nurminabari, 2018). Prinsip ELISA berdasarkan pada pengujian ELISA kompetitif untuk mendeteksi saksitoksin (PSP) yang terdapat di kekerangan. Prosedur pengujian mengacu pada saksitoksin (PSP) ELISA *test kit*. Adapun tahapan pada pengujian ini terdiri dari preparasi sampel, ekstraksi dan pengujian ELISA.

3.4.4.1 Preparasi Sampel

Sampel kerang hijau dan kerang darah dikelompokkan berdasarkan ukurannya yaitu besar, sedang dan kecil. Daging kerang dipisahkan dari cangkangnya lalu dicuci dengan akuabides dan tiriskan. Sampel kerang lalu dihaluskan menggunakan *blender* hingga halus. Sampel kemudian disimpan dalam tube 50 ml yang bersih dan tertutup. Pada tiap tube diberikan label untuk menandakan masing-masing lokasi pengambilan sampel (Kusnoputranto et al., 2014).

3.4.4.2 Ekstraksi

Daging kerang hijau dan kerang darah ditimbang sebanyak 1 gram dan diletakkan pada *tube* 15 mL. Larutan methanol 80% ditambahkan sebanyak 6 mL sebagai pelarut ke dalam *tube* berisi sampel kerang lalu dihomogenkan menggunakan *vortex* selama 1 menit. Sampel kemudian disentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 3.000 rcf untuk memisahkan endapan sampel kerang dan supernatan (lapisan atas). Supernatan diambil menggunakan mikropipet sebanyak 6 mL dan masukkan ke dalam *tube* 15 mL yang baru. Larutan methanol 80% ditambahkan kembali sebanyak 2 mL pada *tube* 15 mL berisi endapan sampel sebelumnya lalu dihomogenkan kembali menggunakan *vortex* selama 1 menit. Sampel kemudian disentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 3.000 rcf untuk memisahkan endapan sampel kerang dan supernatan. Supernatan (lapisan atas) diambil menggunakan mikropipet sebanyak 2 mL dan masukkan ke dalam *tube* 15 mL yang sebelumnya berisi 6 mL supernatan.

Larutan methanol 80% ditambahkan kembali pada *tube* yang sebelumnya berisi 8 mL supernatan hingga tepat 10 mL dan *vortex* kembali selama 1 menit. Supernatan diambil sebanyak 1 ml lalu disaring menggunakan *syringe filter millipore millex 0,22 µm* dan diletakkan ke dalam *microtube* 1 mL. Supernatan hasil saringan tersebut dimasukkan ke dalam *microtube* 1 mL sebanyak 10 µL menggunakan mikropipet. Larutan 10x *diluent buffer* diencerkan 1 kali dengan akuades (1:100). Larutan 10x *diluent buffer* yang telah diencerkan lalu ditambahkan sebanyak 990 µL ke dalam *microtube* 1 mL berisi supernatan 10 µL lalu *vortex* selama 1 menit (Kusnoputranto et al., 2014).

3.4.4.3 Pengujian ELISA

Sumuran atau *wells* diletakkan ke dalam *microtiter plate* yang dialasi tisu pada bagian bawahnya. Larutan standar, kontrol dan sampel sebanyak 50 µL dimasukkan ke dalam *wells*. Larutan *enzyme conjugate solution* ditambahkan pada tiap *wells* sebanyak 50 µL. Larutan *antibody solution* ditambahkan pada tiap *wells* sebanyak 50 µL dan dihomogenkan selama 1 menit. *Microtiter plate* diinkubasi

selama 30 menit pada suhu ruang. *Contents* pada *microtiter plate* dituang ke pembuangan lalu diketuk secara terbalik pada tisu hingga kering. *Wells* dicuci dengan menambahkan *wash solution* sebanyak 250 μL lalu dihomogenkan selama 30 detik dan tuang ke pembuangan lalu diketuk secara terbalik pada tisu hingga kering. *Color solution* ditambahkan sebanyak 100 μL lalu dihomogenkan selama 1 menit. *Microtiter plate* diinkubasi kembali selama 30 menit pada suhu ruang. *Stop solution* ditambahkan sebanyak 100 μL ke dalam tiap *wells*. Nilai absorbansi setiap *wells* akan dibaca menggunakan *ELISA reader* pada panjang gelombang 450 nm (Amini et al., 2023).

3.4.5 Identifikasi Fitoplankton

Sampel fitoplankton yang diperoleh lalu diidentifikasi menggunakan bantuan mikroskop di Laboratorium Patologi, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang. Pengamatan fitoplankton dilakukan pada *sedgwick rafter counting cell* (SRCC) lalu diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 $\times$. Identifikasi fitoplankton mengacu pada buku identifikasi karya Kra-berg et al. (2010); Padang (2023); Yamaji (1979) dan Shirota (1966). Kelimpahan fitoplankton pada sampel dihitung menggunakan rumus (APHA, 2017) sebagai berikut:

$$N = n \times \frac{V_t}{V_d} \times \left(\frac{1000 \text{ mm}^3}{L \times D \times W \times S} \right) \times FP \quad (6)$$

Keterangan:

- N : Kelimpahan fitoplankton (sel/L atau ind/L)
- n : Jumlah fitoplankton yang teramati (sel atau ind)
- V_t : Volume air yang tersaring (mL)
- V_d : Volume air yang disaring (L)
- D : Kedalaman *chamber* (mm)
- L : Panjang strip (mm)
- W : Lebar strip (mm)
- S : Jumlah strip yang dihitung
- FP : Faktor pengenceran

3.5 Analisis Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Konsentrasi PSP

Hubungan antara kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP dengan kadar saksitoksin PSP pada kerang di perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang dianalisis menggunakan metode regresi linier sederhana. Analisis tersebut dilakukan untuk menentukan hubungan antara variabel independen terhadap variabel dependennya. Hubungan parameter kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP dengan kadar saksitoksin PSP dianalisis menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada perairan laut, saksitoksin diproduksi secara alami oleh kelompok Dinophyceae atau dinoflagellata yang diantaranya yaitu *Alexandrium*, *Gymnodinium* dan *Pyrodinium*.
2. Konsentrasi saksitoksin pada tubuh kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang masing-masing diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,16; 3,71 dan 0 µg/kg. Pada tubuh kerang darah (*Anadara granosa*) masing-masing diperoleh nilai rata-rata sebesar 13,99; 5,37 dan 0,96 µg/kg.
3. Kelimpahan fitoplankton potensial saksitoksin PSP berpengaruh terhadap kandungan saksitoksin pada kerang hijau dan kerang darah di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Kerang hijau dan kerang darah di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang masih dapat dikonsumsi karena konsentrasi saksitoksinnya masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan. Masyarakat tetap harus berhati-hati dalam mengonsumsi kerang dan sebaiknya tidak dikonsumsi dalam jumlah yang berlebih atau secara terus-menerus.

2. Perlu dilakukan pemantauan secara rutin terhadap perubahan kualitas perairan dan kadar saksitoksin pada kerang di lokasi budi daya kekerangan di Perairan Kota Serang, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Pandeglang untuk memastikan keamanan kerang agar layak dikonsumsi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizani, S., Nurrachmi, I., & Effendi, I. (2019). Relationship of organic material with abundance of toxic benthic dinoflagellata on sediment in waters of Teluk Bakau Village Bintan Regency, Riau Island Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 2(2), 85–94. <https://doi.org/10.31258/ajoas.2.2.85-94>.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standart Method for the examination of water and waste water* (23rd ed.). American Public Health Association.
- Amini, D. S., Putri, D. H., & Wahyuni, I. (2023). Perbandingan Metode *Enzyme Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) dengan Metode Penggerusan, *Freeze Thawing* dan Sonikasi. *Prosiding Seminar Nasional BIO 2023*, Padang, 3(2), 1185–1191. <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol3/853>.
- Arbie, R. R., Nugraha, W. D., & Sudarno. (2015). Studi kemampuan *self purification* pada Sungai Progo ditinjau dari parameter organik DO dan BOD (*point source*: limbah sentra tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I. Yogyakarta). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(3), 1–15.
- Armi, N. K. (2019). Komposisi dan kelimpahan fitoplankton kaitannya dengan karakteristik parameter fisika kimia di perairan estuaria pantai barat Sulawesi Selatan (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Hasanuddin.
- Arnanda, R. (2023). Analisis kadar nitrat dalam air sungai dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(3), 181–184. <https://doi.org/10.56338/jks.v6i3.3357>.
- Arnando, D. A., Irawan, A., & Sari, L. I. (2022). Karakteristik distribusi zat hara nitrat dan fosfat pada air dan sedimen di Estuaria Tanjung Limau Kota Bontang Kalimantan Timur. *Jurnal Tropical Aquatic Sciences*, 1(2), 46–53. <https://doi.org/10.30872/tas.v1i2.639>.
- Aryawati, R., Ulqodry, T. Z., Isnaini, & Surbakti, H. (2021). Fitoplankton sebagai bioindikator pencemaran organik di perairan Sungai Musi bagian hilir Sumatra Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 163–171. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i1>.

- Ashari, A. & Widodo, E. (2019). Hidrogeomorfologi dan potensi Mata Air Lereng Barat Daya Gunung Merbabu. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 48–56. <https://doi.org/10.22146/mgi.35570>.
- Asriyana & Yuliana. (2019). *Produktivitas perairan*. PT Bumi Aksara.
- Azzam, F. A. T., Widyorini, N., & Sulardiono, B. (2018). Analisis kualitas perairan berdasarkan komposisi dan kelimpahan fitoplankton di Sungai Lanangan, Klaten. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(3), 253–262. <https://doi.org/10.14710/marj.v7i3.22549>.
- Azis, A., Nurgayah, W., & Salwiyah. (2020). Hubungan kualitas perairan dengan kelimpahan fitoplankton di Perairan Koeono, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan. *Sapa Laut*, 5(3), 221–234. <https://doi.org/10.33772/jsl.v5i3.13452>.
- Bali, M. & Gueddari, M. (2019). Removal of phosphorus from secondary efuents using infiltration–percolation process. *Applied Water Science*, 9, 1–8.
- Bill, B. D., Moore, S. K., Hay, L. R., Anderson, D. M., & Trainer, V. L. (2017). Effects of temperature and salinity on the growth of *Alexandrium* (Dinophyceae) isolates from the Salish Sea. *Journal of Phycology*, 52(2), 230–238. <https://doi.org/10.1111/jpy.12386>.
- Bui, Q. T. N., Pradhan, B., Kim, H. S., & Ki, J. S. (2024). Environmental factors modulate saxitoxins (STXs) production in toxic dinoflagellate *Alexandrium*: an updated review of STXs and synthesis gene aspects. *Toxins*, 16(5), 210. <https://doi.org/10.3390/toxins16050210>.
- Cahyani, L. E., Kesaulya, I., & Haumahu, S. (2023). Pengaruh perubahan gradien suhu dan salinitas terhadap struktur komunitas fitoplankton di Perairan Teluk Ambon. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(3), 543–553. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.19817>.
- Cappenberg, H. A. W. (2008). Beberapa aspek biologi kerang hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Oseana*, 33(1), 33–40.
- Chang, H. & Indriaty, F. (2017). Sistem pengukur kecepatan arus air menggunakan *current meter tipe “1210 AA”*. *Tesla*, 19(1), 81–95. <https://doi.org/10.24912/tesla.v19i1.313>.
- Choirun, A., Sari, J., Hikmah, S., & Iranawati, F. (2015). Identifikasi fitoplankton spesies *Harmfull Algae Bloom* (HAB) saat kondisi pasang di perairan pesisir Brondong, Lamongan, Jawa Timur. *Jurnal Administrasi dan Kebijakan Kesehatan Indonesia*, 25(2), 58–66.
- Dance, S. P. (1974). *The encyclopedia of shells*. Blanford Press Limited.

- Dara, A., Surianti, & Hasrianti. (2024). Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap kepadatan *Thalassiosira* sp. skala laboratorium. *Journal of Fishery Science and Innovation*, 8(1), 70–77. <https://doi.org/10.33772/jsipi.v8i1.685>.
- Desmira, Aribowo, D., & Pratama, R. (2018). Penerapan sensor pH pada area elektrolizer di PT. Sulfindo Adiusaha. *Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 5(1), 9–12.
- Dewanti, L. P. P., Putra, I. D. N. N., & Faiqoh, E. (2018). Hubungan kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton dengan kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton di Perairan Pulau Serangan, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2), 324–335. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i02.324-335>.
- Dewi, A. N., Endrawati, H., & Widianingsih. (2023). Kajian distribusi fitoplankton kaitannya dengan kesuburan perairan Pantai Kartini dan Muara Wiso Jepara. *Journal of Marine Research*, 12(2), 275–282. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i2.35240>.
- Dewi, N. N. D. K., Dirgayusa, I. G. N. P., & Suteja, Y. (2017). Kandungan nitrat dan fosfat sedimen serta keterkaitannya dengan kerapatan mangrove di kawasan mertasari di aliran Sungai TPA Suwung Denpasar, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(2), 180–190. <https://doi.org/10.24843/jmas.2017.v3.i02.180-190>.
- Dewi, S. E., Eddiwan, & Efawani. (2018). Morfometrik dan pola pertumbuhan kerang darah (*Anadara granosa*) di perairan bagan Siapi-Api Kabupaten Rokan Hilir. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*, 46(3), 37–45. <https://doi.org/10.31258/terubuk.46.3.37-45>.
- Dharmawan, A., Wahyuningsih, S., & Novita, E. (2021). Laju deoksigenasi dan reoksigenasi Sungai Bedadung (studi kasus di Desa Tamansari dan Desa Lojejer, Jember). *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.19028/jtep.09.1.1-8>.
- Diansyah, G. Iklima, R., Agussalim, A., & Mulia, C. (2019). Analisis kandungan n-nitrogen (amonia, nitrat, nitrit) dan fosfat di Perairan Teluk Pandan Provinsi Lampung. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 8(1), 57–66. <https://doi.org/10.33230/JLSO.8.1.2019.377>.
- Diniariwisan, D. & Rahmadani, T. B. C. (2024). Komposisi kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton di kawasan Pantai Sekotong, Nusa Tenggara Barat. *Ganec Swara*, 18(1), 342–347. <https://doi.org/10.35327/gara.v18i1.766>.
- Fachruddin, L., Yaqin, K., & Lin, R. (2020). Perbandingan dua metode analisis konsentrasi mikroplastik pada kerang hijau, *Perna viridis* dan penerapannya dalam kajian ekotoksikologi. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 3(1), 1–13.

- Fahimah, N., Damayanti, A. D., Bunga, V. U., & Mubiarto, H. (2021). Profil vertikal dan horizontal parameter salinitas, DHL, dan TDS berdasarkan variasi musiman di Estuari Sungai Citarum. *Oseana*, 46(1), 1–12. <https://doi.org/10.14203/oseana.2021.Vol.46No.1.99>.
- Fauzi, R., Farikhak, & Safitri, N. M. (2022). Analisis biometri dan struktur populasi kerang hijau (*Perna viridis*) dalam bagan tancap di Pantai Banyuurip Kecamatan Ujungpangkah Kabupaten Gresik. *Techno-Fish*, 6(1), 67–82. <https://doi.org/10.25139/tf.v6i1.4343>.
- Fitriyah, A., Zainuri, M., & Indriyawati, N. (2022). Perbedaan dan hubungan nitrat, fosfat dengan kelimpahan fitoplankton pada saat air pasang dan surut di Muara Ujung Piring, Bangkalan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(1), 60–68. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i1.13990>.
- Garini, B. N., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Kandungan klorofil-a dan kelimpahan di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(1), 102–108. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.28655>.
- Ginting, F. R., Pratiwi, D. C., Rohadi, E., Muslihah, N., Aliviyanti, D., & Sartimbul, A. (2021). Struktur komunitas fitoplankton pada Perairan Mayangan Probolinggo, Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(1), 146–153. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.01.20>.
- Gu, H., Liu, T., Vale, P., & Luo, Z. (2013). Morphology, phylogeny and toxin profiles of *Gymnodinium inusitatum* sp. nov., *Gymnodinium catenatum* and *Gymnodinium microreticulatum* (Dinophyceae) from the Yellow Sea, China. *Harmful Algae*, 28, 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2013.06.001>.
- Gurning, L. F. P., Nuraini, R. A. T., & Suryono. (2020). Kelimpahan fitoplankton penyebab *harmful algal bloom* di Perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3), 251–260. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27483>.
- Halidah. (2016). Keanekaragaman plankton pada hutan mangrove di Kepulauan Togean Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 13(1), 37–44. <https://doi.org/10.20886/buleboni.5074>.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, Maury, H. K., & Alianto. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-4>.
- Hanifa, N., Nofrita, & Nurdin, J. (2023). Sebaran spasial fitoplankton penyebab *harmful algal blooms* (HABs) pada Perairan Pesisir Kota Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 11(2), 108–116. <https://doi.org/10.25077/jbioua.11.2.108-116.2023>.

- Hariyadi, D. S., Syawal, M. S., & Wardiatno, Y. (2016). Pengaruh aktivitas antropogenik terhadap kualitas air, sedimen dan moluska di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.29303/jbt.v16i1.210>.
- Harmono, H. D. (2020). Validasi metode analisis logam merkuri (Hg) terlarut pada air permukaan dengan *automatic mercury analyzer*. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(3), 11–16. <https://doi.org/10.22146/ijl.v2i3.57047>.
- Haryanti, R. Fahrudin, A., & Susanto, H. A. (2019). Kajian kesesuaian lahan budidaya kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Laut Utara Jawa, Desa Ketapang Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 8(3), 184–190. <https://doi.org/10.20473/jafh.v8i3.15131>.
- Hasani, Q., Adiwilaga, E. M., & Pratiwi, N. T. M. (2012). The relationship between the harmful algal blooms (HABs) phenomenon with nutrients at shrimp farms and fish cage culture sites in Pesawaran District Lampung Bay. *Makara Journal of Science*, 16(3), 183–191. <https://doi.org/10.7454/mss.v16i3.1480>.
- Hasibuan, R. (2016). Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 4(1), 42–52. <https://doi.org/10.36987/jiad.v4i1.354>.
- Hidayati, I. (2020). Pemahaman masyarakat pesisir Lampung akan bahaya *harmful algae bloom* pada sumber pangan laut. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 5(2), 122–131. <https://doi.org/10.21067/jpig.v5i2.4565>.
- Hutami, F. E., Supriharyono., & Haeruddin. (2015). Laju filtrasi kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap *Skeletonema costatum* pada berbagai tingkat salinitas. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(1), 125–130. <https://doi.org/10.14710/marj.v4i1.7823>.
- Idiawati, N., Sofiana, M. S. J., & Safitri, I. (2021). Community structure and diversity of phytoplankton in Lemukutan Island Waters, West Kalimantan. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 17(2), 122–129. <https://doi.org/10.14710/ijfst.17.2.122-129>.
- Ilhamudin, M., Hilyana, S., & Astriana, B. H. (2019). Pengaruh tingkat kerapatan mangrove terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup kerang darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Perikanan Unram*, 9(1), 75–85. <https://doi.org/10.29303/jp.v8i2.142>.
- Indriyawati, N., Dewi, K., Asmarani, A. S., Lestari, D. A., & Safitri, S. F. (2023). Identifikasi genus *Chaetoceros* di Perairan Laut Desa Padelegan Pamekasan. *Journal of Marine Research*, 12(4), 597–603. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.37078>.

- Ipandi, I., Sa'adi, A., & Sudjarwo. (2019). Verifikasi metode ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) untuk penentuan kadar AMH (*Anti Mullerian Hormone*). *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 5(1), 201–208. <https://doi.org/10.33084/jsm.v5i1.973>.
- Irawan, A., Hasani, Q., & Yuliyanto, H. (2015). Fenomena *harmful algal blooms* (HABs) di Pantai Ringgung Teluk Lampung, pengaruhnya dengan tingkat kematian ikan yang dibudidayakan pada karamba jaring apung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 15(1), 48–53. <https://doi.org/10.25181/jppt.v15i1.111>.
- Iskandar, A., Rizki, A. Hendriana, A., Darmawangsa, G. M., Abuzzar, Khoerullah, & Muksin. (2021). Manajemen pembenihan udang vaname *Litopenaeus vannamei* di PT. Central Proteina Prima, Kalianda, Lampung Selatan. *Jurnal Perikanan Terapan*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.25181/peranan.v2i1.1655>.
- Iswanto, C. Y., Hutabarat, S., & Purnomo, P. W. (2015). Analisis kesuburan perairan berdasarkan keanekaragaman plankton, nitrat dan fosfat di Sungai Jali dan Sungai Lereng Desa Keburuhan, Purworejo. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(3), 84–90. <https://doi.org/10.14710/marj.v4i3.9323>.
- Jamali, N., Nurlaili, M., & Rubiyanah. (2020). Literasi ekonomi, kesehatan dan pendidikan di Cisata Kabupaten Pandeglang Banten. *Jurnal Kommunity Online*, 1(1), 64–70. <https://doi.org/10.15408/jko.v1i1.17708>.
- Januar, H. I., Annisah, U., & Putri, A. K. (2019). Variasi temporal kadar saksitoksin dalam kekerangan dari Perairan Tanjung Balai, Sumatra Utara. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 14(2), 85–94. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v14i2.613>.
- Junaidi, M., Nurliah, & Azhar, F. (2018). Struktur Komunitas Zooplankton di Perairan Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 159–169. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.800>.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2023). Data Statistik. <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/prod-ikan/tbl-statis/d/44>.
- Khuzma, N. L., Suryanto, A., & Purnomo, P. W. (2016). Hubungan kandungan nitrat dengan densitas *zooxanthellae* pada beberapa jenis karang di reef flat Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4), 293–301. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14423>.
- Kim, H., Park, H., Wang, H., Yoo, H. Y., Park, J., & Ki, J. S. (2021). Low temperature and cold stress significantly increase saxitoxins (STXs) and expression of STX biosynthesis genes *sxtA4* and *sxtG* in the dinoflagellate

- Alexandrium catenella*. *Marine Drugs*, 19(6), 291.
<https://doi.org/10.3390/md19060291>.
- Kraberg, A., Bauman, M., & Durselen, C. D. (2010). *Coastal phytoplankton photo guide for Northern European Seas*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Kurniawan, A., Jaziri, A. A., Prihanto, A. A., & Guntur, G. (2019). Studi kualitas garam hasil produksi dengan metode prisma rumah kaca di Desa Sedayulawas, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(2), 95–102. <https://doi.org/10.15578/jkn.v14i2.7073>.
- Kusnoputranto, H., Moersidik, S. S., Wisnubroto, D. S., & Makmur, M. (2014). Akumulasi dan depurasi toksin PSP (*Paralytic Shellfish Poisoning*) oleh kerang hijau. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 19(1), 27–34. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.19.1.27-34>.
- Lai, Z. W., Teoh, H. W., Lee, C. W., Lee, S. L., Saito, H., & Chong, V. C. (2020). Macrobenthic community associated with semi-cultured blood cockles (*Tegillarca granosa*) in tropical mudflats. *Continental Shelf Research*, 195, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104061>.
- Lan, J., Liu, P., Hu, X., & Zhu, S. (2024). Harmful algal blooms in eutrophic marine environments: causes, monitoring, and treatment. *Water*, 16(17), 2525. <https://doi.org/10.3390/w16172525>.
- Lantang, B. & Pakidi, C. S. (2015). Identifikasi jenis dan pengaruh faktor oseanografi terhadap fitoplankton di perairan Pantai Payum – Pantai Lampu Satu Kabupaten Merauke. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 8(2), 13–19. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.8.2.13-19>.
- Lubis, F., Lisdayanti, E., & Najmi, N. (2023). Kelimpahan dan indeks ekologi jenis plankton di perairan Pulau Seurudong, Aceh Selatan. *Habitus Aquatica: Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management*, 4(1), 23–33. <https://doi.org/10.29244/HAJ.4.1.23>.
- Madyawan, D., Hendrawan, I. G., & Suteja, Y. (2020). Pemodelan oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 270–280. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p15>.
- Mansur, L. K., Kasim, M., & Palupi, R. D. (2023). Karakteristik pola arus dan nutrisi perairan pada areal budi daya rumput laut di Pantai Bone-Bone, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 16(2), 125–138. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i2.17479>.
- Marlian, N. (2017). Hubungan parameter kualitas air terhadap distribusi kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Journal of Aceh Aquatic Science*, 1(1), 18–31. <https://doi.org/10.35308/v1i1.672>.

- Marlian, N., Damar, A., & Effendi, H. (2015). The horizontal distribution chlorophyll-a fitoplankton as indicator of the tropic state in waters of Meulaboh Bay, West Aceh. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 272–279. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.272>.
- Maylanda, D. A., Paryono, & Rahman, I. (2023). Studi kandungan dan sebaran nutrien pada Perairan Teluk Swage, Lombok Timur. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(4), 1225–1234. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i3.634>.
- Meirinawati, H. & Fitriya, N. (2018). Pengaruh Konsentrasi Nutrien Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Halmahera Maluku. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(3), 183–195. <https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i3.129>.
- Melinda, T. Samosir, A. M., Sulistiono, & Simanjuntak. (2021). Bioaccumulation of lead (Pb) and mercury (Hg) in green mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) in Cengkok Coastal Waters, Banten Bay, Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 800(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/17551315/800/1/012015>.
- Muhtaroh, N., Hidayat, J. W., & Muhammad, F. (2024). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan seng (Zn) pada kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Pantai Kelurahan Mangunharjo Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 600–608. <https://doi.org/10.14710/jil.22.3.600-608>.
- Mujib, A. S., Damar, A., & Wardiatno, Y. (2015). Distribusi spasial dinoflagellata planktonik di Perairan Makassar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 479–492. <https://doi.org/10.28930/jitkt.v7i2.11033>.
- Mustofa, A. (2015). Kandungan nitrat dan pospat sebagai faktor tingkat kesuburan perairan pantai. *Jurnal Disprotek*, 6(1), 13–19. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v6i1.193>.
- Nasir, A., Baiduri, M. A., & Hasniar. (2018). Nutrien N-P di Perairan Pesisir Pangkep, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 135–141. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i1.18780>.
- Nastiti, A. S., Mujiyanto, & Krismono. (2020). Kelimpahan *Chaetoceros* spp. dan hubungannya dengan parameter kualitas air di Perairan Muara Gembong, Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indonesia*, 16(1), 39–46. <https://doi.org/10.47349/jbi/16012020/39>.
- Nasution, A., Widyorini, N., & Purwanti, F. (2019). Analisis hubungan kelimpahan fitoplankton dengan kandungan nitrat dan fosfat di Perairan Morosari, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(1), 78–86. <https://doi.org/10.14710/marj.v8i2.24230>.

- Ningsih, D. R., Widiastuti, E. L., Murwani, S., & Tugiyono. (2017). Kadar lipid tiga jenis mikroalga pada salinitas yang berbeda. *Jurnal Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 4(1), 23–29. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v4i1.122>.
- Ningsih, I. R., Efendi, E., & Yuliana, D. (2021). Laju filtrasi kerang hijau (*Perna viridis* Linn. 1758) yang berbeda ukuran pada berbagai tingkat salinitas terhadap mikroalga *Chaetoceros calcitrans* (Paulsen. 1968). *Jurnal Biospecies*, 14(2), 37–43. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v14i2.4194>.
- Nopria, D. S., Thamrin, & Mulyadi, A. (2015). Analisis kelimpahan dinoflagellata epibentik beracun di Perairan Pulau Pesumpahan dan Pulau Pisang Provinsi Sumatera Barat. *Berkala Perikanan Terubuk*, 43(2), 36–46.
- Nurlina, A. & Liambo, A. A. (2018). Kejadian luar biasa *Paralytic Shellfish Poisoning* pada konsumsi kerang hijau terkontaminasi *saxitoxin* di Kabupaten Cirebon, Indonesia, Desember 2016. *Prosiding Seminar Nasional dan Diseminasi Penelitian Kesehatan*, Tasikmalaya, 1(1), 134–141.
- Nurmalitasari, M. & Sudarsono. (2023). Keanekaragaman plankton dan tingkat produktivitas primer antara dua musim di Perairan Kabupaten Bantul. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 9(1), 16–34. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v9i1.18156>.
- Oktaviana, C. I., Muskananfolo, M. R., & Purnomo, P. W. (2023). Analisis kesuburan perairan berdasarkan klorofil-a, nitrat dan ortofosfat di Pantai Pasir Putih Wates, Kaliori, Rembang. *Life Science*, 12(1), 40–51. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v12i1.63819>.
- Omairah, R., Diansyah, G., & Agustriani, F. (2019). Pengaruh pemberian amonia dengan dosis berbeda terhadap pertumbuhan fitoplankton *Nannochloropsis* sp. skala laboratorium. *Maspari Journal*, 11(2), 41–48. <https://doi.org/10.56064/maspari.v11i1.8585>.
- Padang, A. (2023). *Planktonologi*. BRIN.
- Paiki, K., Kalor, J. D., Indrayani, E., & Dimara, L. (2018). Distribusi kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton di Perairan Pesisir Yapen Timur, Papua. *Maspari Journal*, 10(2), 199–205.
- Pangestu, R., Riani, E., & Effendi, H. (2017). Estimasi beban pencemaran point source dan limbah domestik di Sungai Kalibaru Timur Provinsi DKI Jakarta, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(3), 219–226. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.3.219-226>.
- Panjaitan, R. S., Ramadhan, A., & Khadijah, A. purwati. (2022). Penyuluhan *marine toxin* pada peserta TPQ Miftahul Jannah, Cipondoh Tangerang. *Jurnal*

- Abdimas Sang Buana*, 3(1), 38–45.
<https://doi.org/10.32897/abdimasusb.v3i1.1153>.
- Patty, S. I., & Huwae, R. (2023). Temperature, salinity, and dissolved oxygen west and east seasons in the waters of Amurang Bay, North Sulawesi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 11(1), 196–205. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i2.46651>.
- Permadi, C. L., Indrayanti, E., & Rochaddi, B. (2015). Studi arus pada perairan laut di sekitar PLTU Sumur Adem Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal of Oceanography*, 4(2), 516–523.
- Pingki, T. & Sudarti. (2021). Analisis kualitas air sungai berdasarkan ketinggian Sungai Bladak dan Sungai Kedungrawis di Kabupaten Blitar. *e-Journal Budidaya Perairan*, 9(2), 54–63.
<https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.35364>.
- Prasadi, O., Setyobudiandi, I., Butet, N. A., & Nuryati, S. (2015). Karakteristik morfologi famili arcidae di perairan yang berbeda (Karangantu dan Labuan, Banten). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(1), 29–36.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v17i1.1462>.
- Prasetyono, E. Nirmala, K., Supriyono, E., Sukenda., & Hastuti, Y. P. (2023). Potensi pemanfaatan limbah tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk budidaya kerang darah (*Anadara granosa*, Linneus 1758). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 420–430. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.420-430>.
- Pratiwi, A. N. W., Luthfi, O. M., Ibrahim, F., & Putri, G. A. (2018). Studi pola arus Perairan Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode penginderaan jauh. *Journal ilmiah Rinjani*, 6(1), 32–38.
<https://doi.org/10.53952/jir.v6i1.216>.
- Preece, E. P., Hardy, F. J., Moore, B. C., & Bryan, M. (2017). A review of *Microcystin* detections in estuarine and marine waters: Environmental implications and human health risk. *Harmful Algae*, 61(1), 31–45.
<https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.11.006>.
- Putri, D. S., Jayanthi, O. W., Wicaksono, A., Kartika, A. G. D., Effendy, M., Hariyanti, A., & Rahmadani, P. A. (2021). Distribusi nitrat di Perairan Padelegan sebagai bahan baku garam yang berkualitas. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(4), 288–292.
<http://doi.org/10.21107/juvenil.v2i4.12822>.
- Rahmah, N., Zulfikar, A., & Apriadi, T. (2022). Kelimpahan fitoplankton dan kaitannya dengan beberapa parameter lingkungan perairan di Estuari Sei Carang, Tanjungpinang. *Journal of Marine Research*, 11(2), 189–200.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.32945>.

- Resendiz, M. E., Z., Bata, A. de, J. E. Resendiz, M. L., Nunez, & Castillo, M. E. M. (2022). Recognition of two taxonomic varieties of *Pyrodinium bahamense* (Gonyaulacales, Dinophyceae): var. *bahamense* dan var. *compressum*. *Acta Bota-nica. M. Acta Botanica*, 129, 1–17, <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1967>.
- Ridho, M. R., Patriono, E., & Mulyani, Y. S. (2020). Hubungan kelimpahan fitoplankton, konsentrasi klorofil-a dan kualitas perairan Pesisir Sungsang, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.25745>.
- Rohima, I. E. & Nurminabari, I. S. (2018). Identifikasi protein hewani pada produk bumbu instan dengan metode ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*). *Pasundan Food Technology Journal*, 5(3), 167–169. <https://doi.org/10.23969/pftj.v5i3.1265>.
- Rosa, M., Ward, J. E., Holohan, B. A., Shumway, S. E., & Wikfors, G. H. (2017). Physicochemical surface properties of microalgae and their combined effects on particle selection by suspension-feeding bivalve molluscs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 486, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.09.007>.
- Sagita, A., Kurnia, R., & Sulistiono. (2017). Budidaya kerang hijau (*Perna viridis* L.) dengan metode dan kepadatan berbeda di perairan Pesisir Kuala Langsa, Aceh. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(1), 57–68. <https://doi.org/10.15578.12.1.2017.57-68>.
- Saif, M. L. M., Yusof, F., Rani, A., Apandi, A., & Jamari, Z. (2020). Blood cockles *Tegillarca granosa* growth performance. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(5), 269–276.
- Salsabila, N., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2024). Analisis kadar Pb dan Cu pada kerang hijau budidaya di Tambak Lorok serta analisis risiko kesehatan konsumsi untuk manusia. *Journal of Marine Research*, 13(2), 347–354. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.38865>.
- Sari, I. P., Utami, E., & Umroh. (2017). Analisis tingkat pencemaran Muara Sungai Kurau kabupaten bangka tengah ditinjau dari indeks saprobitas plankton. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 11(2), 71–80. <https://doi.org/10.33019/akuatik.v11i2.248>.
- Sembel, L. & Manan, J. (2018). Kajian kualitas perairan pada kondisi pasang surut di Teluk Sawaibu Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2018.Vol.2.No.1.28>.
- Setiawan, R., Sudarmadji, Mulyadi, B. P., & Hamdani, R. H. (2019). Preferensi habitat spesies kerang laut (moluska: bivalvia) di ekosistem intertidal Tanjung Bilik Taman Nasional Baluran. *Natural Science: Journal of Science and*

- Technology*, 8(3), 165–170.
<https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i3.14601>.
- Shirota, A. (1966). *The plankton of South Viet-Nam*. Overseas and Marine Technology Cooperative Agency.
- Sidabutar, E. A., Sartimbul, A., & Handayani, M. (2019). Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut terhadap kedalaman di perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 46–52.
<https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.6>.
- Siltri, D. M., Yohandri, & Kampus, Z. (2015). Pembuatan alat ukur salinitas dan kekeruhan air menggunakan sensor elektroda dan LDR. *Jurnal Saintek*, 7(2), 126–139.
- Silvi, M. V., Redjeki, S., & Riniatsih, I. (2022). Kandungan nutrisi nitrat dan fosfat sedimen pada ekosistem padang lamun di Teluk Awur dan Pulau Panjang, Jepara. *Journal of Marine Research*, 11(3), 420–428.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.32219>.
- Singh, S., Acharyya, T., & Gopinath, A. (2022). Phytoplankton ecology in Indian Coastal Lagoons: A review. *Coastal Ecosystems: Environmental Importance, Current Challenges and Conservation Measures*, 38(1), 91–115.
http://doi.org/10.1007/978-3-030-84255-0_5.
- Soegianto, A. (1994). *Ekologi kuantitatif: Metode analisa populasi dan komunitas*. Airlangga University–Press.
- Suardiani, N. K., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. (2018). Produktivitas primer fitoplankton pada daerah penangkapan ikan di Taman Wisata Alam Danau Buyan, Buleleng, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 8–15.
- Sulastri. (2018). *Fitoplankton danau – danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan perannya sebagai bioindikator perairan*. LIPI Press.
- Syafriani, R. & Apriadi, T. (2018). Keanekaragaman fitoplankton di Perairan Estuari Sei Terusan, Kota Tanjungpinang. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 24(2), 74–82.
- Sylvers, L. H. & Gobler, C. J. (2021). Mitigation of harmful algal blooms caused by *Alexandrium catenella* and reduction in saxitoxin accumulation in bivalves using cultivable seaweeds. *Harmful Algae*, 105, 1–17.
<https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.102056>
- Tahir, R. B. (2021). Analisis sebaran kadar oksigen (O₂) dan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) dengan menggunakan data *in situ* dan citra satelit landsat 8. *Jurnal Informasi, Sains dan Teknologi*, 2(1), 44–51.
<https://doi.org/10.55606/isaintek.v4i2.2>.

- Tanto, T. A., Wissha, U. J., Kusumah, G., Pranowo, W. S., Husrin, S., Ilham, & Putra, A. (2017). Karakteristik arus laut perairan Teluk Benoa-Bali. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 23(1), 37–48.
- Tari, A. A., Duan, F. K., & Amalo, D. (2018). Analisis kandungan gizi jenis kerang yang biasa dikonsumsi masyarakat Nembe Desa Oeseli Kecamatan Rote Barat Daya Kabupaten Rote Ndao NTT. *Jurnal Biotropikal Sains*, 15(2), 1–9.
- Thamrin, Silaban, S. M., & Siregar, S.H. (2022). Abundance of phytoplankton and primary productivity levels in the waters of Kasiak Island West Sumatera Province. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 3(2), 125–131.
- Titaley, Y. M., Toha, A. H. A., & Tapilatu, R. F. (2021). Keragaman dan kelimpahan plankton di perairan mangrove. *Musamus Fisheries and Marine Journal*, 3(2), 128–143. <https://doi.org/10.35724/mfmj.v3i2.3451>.
- Triantoro, D. D., Suprpto, D., & Rudiyaniti, S. (2017). Kadar logam berat besi (Fe), seng (Zn) pada sedimen dan jaringan lunak kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6(3), 173–180. <https://doi.org/10.14710/marj.v6i3.20573>.
- Tungka, A. W., Haeruddin, & Ain, C. (2016). Konsentrasi nitrat dan ortofosfat di Muara Sungai Banjir, Kanal Barat dan kaitannya dengan kelimpahan fitoplankton *harmfull alga blooms* (HABs). *Indonesian Journal of Fisheries and Science Technologi*, 12(1), 40–46. <https://doi.org/10.14710/ijfst.12.1.40-46>.
- Ubay, J., Hartati, R., & Rejeki, S. (2021). Morfometri dan hubungan panjang berat kerang hijau (*Perna veridis*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang dan Morosari, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(4), 535–544. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i4.31737>.
- Umagap, W. A. & Muna, L. (2018). Keanekaragaman jenis kerang (kelas bivalvia) di Perairan Pulau Sibu Kecamatan Oba Utara Kota Tidore Kepulauan. *Techno: Jurnal Penelitian*, 7(2), 200–205. <https://doi.org/10.33387/tk.v7i2.797>.
- Wahyuni, E. A. (2017). Karakteristik pH dan pengaruhnya terhadap bakteri *Coliform* di perairan Selat Madura Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 6(3), 214–220. <https://doi.org/10.13170/depik.6.3.5875>.
- Wang, H., Kim, H., Park, H., & Ki, J. (2022). Temperature influences the content and biosynthesis gene expression of saxitoxins (STXs) in the toxigenic dinoflagellate *Alexandrium pacificum*. *Science of The Total Environment*, 802, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149801>.

- WWF-Indonesia. (2015). *Perikanan Kerang-Panduan Penangkapan dan Penanganan*. WWF-Indonesia.
- Yamaji, I. (1979). *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoikusha Publishing.
- Yusal, M. S., Hsyim, A., Hastuti, Arif, A., & Pratomo, R. H. S. (2025). Review Eutrofikasi: Risiko dalam Kesuburan Lingkungan Perairan dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 124 – 135. <https://doi.org/10.14710/jkli.24.1.124-135>.
- Zainuri, M., Indriyawati, N., Syarifah, W., & Fitriyah, A. (2023). Korelasi intensitas cahaya dan suhu terhadap kelimpahan fitoplankton di Perairan Estuari Ujung Piring Bangkalan. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 20–26. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.44763>.
- Zulfahmi, I., Helmi, K., Rahma, S., Kautsari, N., Maulida, S., & Nur, F. M. (2021). Kondisi biometrik kerang darah, *Tegillarca granosa*, di Pesisir Pantai Utara Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(4), 620–629. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.4.620>.