

**KANDUNGAN ASAM DOMOAT PADA KERANG HIJAU  
*Perna viridis* (Linnaeus, 1758) PENYEBAB AMNESIC SHELLFISH  
POISONING (ASP) DI PERAIRAN PULAU PASARAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ANNISA NOVRI YANTI  
1914221003**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**KANDUNGAN ASAM DOMOAT PADA KERANG HIJAU  
*Perna viridis* (Linnaeus, 1758) PENYEBAB AMNESIC SHELLFISH  
POISONING (ASP) DI PERAIRAN PULAU PASARAN**

**Oleh**

**ANNISA NOVRI YANTI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Program Studi Ilmu Kelautan  
Jurusan Perikanan dan Kelautan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### KANDUNGAN ASAM DOMOAT PADA KERANG HIJAU *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) PENYEBAB AMNESIC SHELLFISH POISONING (ASP) DI PERAIRAN PULAU PASARAN

Oleh

ANNISA NOVRI YANTI

*Redtide* dapat terjadi di perairan ketika terjadi eutrofikasi. *Redtide* dapat berkembang menjadi *harmful algae blooms* (HABs) ketika spesies fitoplankton didominasi oleh spesies yang mampu menghasilkan senyawa beracun, salah satunya adalah *Pseudo-nitzschia* sp. yang mampu mensintesis asam domoat. Perairan Pulau Pasaran merupakan daerah potensial untuk terjadinya HABs, mengingat juga merupakan daerah budi daya kerang hijau. Asam domoat pada fitoplankton ini jika diserap oleh kerang dan dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan keracunan ASP. Penelitian dilakukan di perairan Pulau Pasaran, perairan tersebut banyak dimanfaatkan sebagai tempat budi daya kerang hijau. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian biotoksin asam domoat pada kerang hijau dengan ukuran yang berbeda. Tujuan penelitian, yaitu menganalisis kepadatan fitoplankton dari jenis *Pseudo-nitzschia* sp., menganalisis konsentrasi biotoksin asam domoat pada berbagai ukuran kerang hijau yang berbeda di perairan Pulau Pasaran, serta mengetahui keterkaitan antara ukuran kerang hijau dan kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. dengan konsentrasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau. Penelitian dilaksanakan pada bulan September – Oktober 2022 dengan menggunakan metode ELISA *test kit* untuk uji biotoksin asam domoat pada sampel kerang hijau. Pengambilan sampel dilakukan untuk melakukan pengamatan fitoplankton, uji nitrat, dan fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. termasuk kategori rendah dan belum dikategorikan sebagai kondisi HABs; (2) konsentrasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau pada semua ukuran nilainya masih di bawah baku mutu; dan (3) konsentrasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau memiliki korelasi yang positif dengan ukuran kerang hijau dan juga kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp.

Kata kunci: *amnesic shellfish poisoning*, kerang hijau, asam domoat, *Pseudo-nitzschia* sp.

## ABSTRACT

### **THE CONCENTRATION OF DOMOIC ACID IN GREEN MUSSEL *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) CAUSES AMNESIC SHELLFISH POISONING (ASP) IN PULAU PASARAN WATERS**

By

**ANNISA NOVRI YANTI**

Redtide can occur in waters when eutrophication occurs. Redtide can develop into harmful algae blooms (HABs) when phytoplankton species was dominated by species capable of producing toxic compounds, one of which was *Pseudo-nitzschia* sp. capable of synthesizing domoic acid. The waters of Pulau Pasaran was a potential area for the occurrence of HABs, considering that it was also a green mussel cultivation area. If domoic acid in phytoplankton was absorbed by shellfish and consumed by humans, it will cause ASP poisoning. Research was carried out in the waters of Pulau Pasaran, these waters are widely used as a place for cultivating green mussels. Therefore, it was necessary to test domoic acid biotoxin on green mussels of different sizes. Research purposes, namely analyzing the density of phytoplankton of the type *Pseudo-nitzschia* sp., analyzing the concentration of domoic acid biotoxin in various sizes of green mussels in the waters of Pulau Pasaran, and determining the relationship between the size of green mussels and the density of *Pseudo-nitzschia* sp. with the concentration of domoic acid in the body of green mussels. The research was carried out in September – October 2022 using the ELISA test kit method to test domoic acid biotoxin on green mussel samples. Sampling was carried out to observe phytoplankton, test nitrate and phosphate. The results showed that (1) the density of *Pseudo-nitzschia* sp. included in the low category and not yet categorized as a HABs condition; (2) the concentration of domoic acid in the body of green mussels at all sizes was still below the quality standard; and (3) the concentration of domoic acid in the body of green mussels has a positive correlation with the size of green mussels and also the density of *Pseudo-nitzschia* sp.

Keywords: amnesic shellfish poisoning, green mussels, domoic acid, *Pseudo-nitzschia* sp.

Judul Skripsi : **KANDUNGAN ASAM DOMOAT PADA  
KERANG HIJAU *Perna viridis* (Linnaeus,  
1758) PENYEBAB AMNESIC SHELLFISH  
POISONING (ASP) DI PERAIRAN  
PULAU PASARAN**

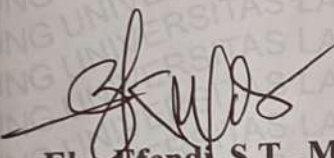
Nama Mahasiswa : **Annisa Novri Yanti**


Nomor Pokok Mahasiswa : **1914221003**

Jurusan/Program Studi : **Perikanan dan Kelautan/Illmu Kelautan**


Fakultas : **Pertanian**



  
**Eko Efendi, S.T., M.Si.**  
NIP. 197803292003121001

  
**Sofian Ansori, S.Si., M.Si.**  
NIP. 199101042015031001

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**

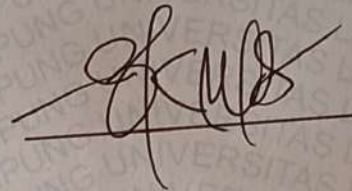
  
**Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.**  
NIP. 197008151999031001



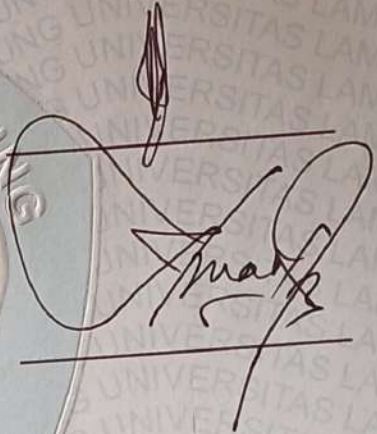
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Eko Efendi, S.T., M.Si.**



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



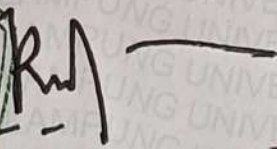
Anggota : **Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP. 196110201986031002



Tanggal lulus ujian skripsi : **12 Juni 2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Novri Yanti

NPM : 1914221003

Judul Skripsi : Kandungan Asam Domoat pada Kerang Hijau *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) Penyebab *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP) di Perairan Pulau Pasaran

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis merupakan hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan, pengalaman, dan data yang saya peroleh dari hasil penelitian yang sudah saya lakukan. Selain itu, semua yang tertulis di dalam skripsi sudah sesuai dengan panduan penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan atau salinan yang berasal dari karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 12 Juni 2023



Annisa Novri Yanti

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Annisa Novri Yanti, lahir di Desa Ulak Kapal, Kecamatan Tanjung Lubuk, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan pada tanggal 13 November 2001. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Abdullah dan Ibu Toybah.

Penulis pertama kali menempuh pendidikan pada umur 6 tahun di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Ulak Kapal pada tahun 2007-2013, lalu melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Tanjung Lubuk pada tahun 2013-2016, kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Tanjung Lubuk Jurusan IPA pada tahun 2016-2019. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) pada 19 Agustus 2019 di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti program magang mandiri di SKIPM (Stasiun Karantin Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan) Merak pada tahun 2021. Penulis melaksanakan KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Desa Ulak Kapal, Kecamatan Tanjung Lubuk, Kabupaten Ogan Komering Ilir pada bulan Januari-Februari 2022. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum (PU) dan program Magang Bersertifikat Kampus Merdeka (MBKM) selama 6 bulan di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang pada tahun 2022. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi tingkat jurusan, yaitu Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) FP Unila sebagai anggota Pengabdian Masyarakat periode kepengurusan tahun 2020/2021. Penulis akhirnya menyelesaikan tugas akhir (skripsi) pada tahun 2023.



## **PERSEMBAHAN**

### ***Bismillahirrahmanirrahim***

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam tetap turunkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kebodohan hingga ke zaman yang berilmu.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Abdullah dan Ibu Toybah, sebagai bentuk penghargaan dan rasa terima kasih. Terima kasih atas segala perjuangan, doa, dukungan, kasih sayang, dan motivasi kepada penulis yang tidak terhitung. Semoga segala ilmu dan karya yang telah dibuat oleh penulis dapat membuat bapak dan ibu bangga, serta segala perjuangan kalian menjadi amal jariyah untuk menuju surga-Nya.

Kedua adik (Ayu dan Aidil), nenek, kiyai, dan ama yang selalu mendampingi, memberikan doa, semangat, dukungan tanpa pernah memberikan tekanan kepada penulis, dan menjadi tempat nyaman bagi penulis dalam mencurahkan keluh kesah yang penulis rasakan selama menyelesaikan skripsi.

Serta,

Almamater tercinta, Universitas Lampung

## **MOTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

**(Q.S Al-Baqarah, 2:286)**

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

**(Q.S Al-Insyirah, 94:6-8)**

“Dan bersabarlah engkau, sungguh janji Allah itu benar”

**(Q.S Ar-Rum, 30:60)**

“Di manapun engkau berada selalulah menjadi yang terbaik dan berikan yang terbaik dari yang bisa kauberikan”

**(B.J Habibie)**

## SANWACANA

Segala puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kandungan Asam Domoat pada Kerang Hijau *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) Penyebab *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP) di Perairan Pulau Pasaran”. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan dalam penyusunan skripsi, antara lain:

1. Bapak, ibu, adik-adik, dan nenek yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang, semangat, doa, dan dukungan kepada penulis selama melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi, serta terima kasih selalu menemani sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan penuh kebahagiaan;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
4. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, mengarahkan, dan memberi masukan kepada penulis dari awal sampai akhir penyusunan skripsi, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini;
5. Sofian Ansori, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing II dari BPKIL Serang yang telah banyak membantu, memberikan masukan, memberikan arahan, dan motivasi kepada penulis;
6. Dr. Moh Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritik, saran, serta bimbingan kepada penulis;

7. Seluruh dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu, pengetahuan dan wawasan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Unila;
8. Niezha Eka Putri, S.Si. selaku analis di Laboratorium Residu BPKIL Serang yang senantiasa mengajarkan terkait metode ELISA dan senantiasa memberi masukan kepada penulis;
9. Ellis Mursitorini, S.Pi., Isnawaty, A.Md.Pi., S.AP., Hendro Sulistiono, S.Si., Yeni, A.Md., dan Jiji Suraji, selaku analis dan laboran di Laboratorium Kualitas Air BPKIL Serang yang telah banyak berbagi ilmu kepada penulis selama penelitian;
10. Dewi Alfya Rahmadita, Indah Teresia Br Tarigan, dan Ira Septiliana selaku teman seperjuangan dan teman dekat penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan baik saat proses penyusunan hingga mempersiapkan segala keperluan penulis saat seminar dan ujian skripsi demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
11. Andi Amin Saputra yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, waktu, pikiran, doa, dan senantiasa sabar menghadapi penulis, selalu menemani pada hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan skripsi, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan penuh kebahagiaan.

Semoga segala kebaikan mereka diterima dan dibalas oleh Allah SWT. Penulis berharap penyusunan skripsi dapat bermanfaat dalam memberikan informasi kepada para pembaca. Penulis juga menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi, maka segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat dibutuhkan untuk kesempurnaan skripsi.

Bandar Lampung, 2023

**Annisa Novri Yanti**  
NPM. 1914221003



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Perairan Laut Pulau Pasaran.....	5
2.2 Kerang Hijau <i>Perna veridis</i> (Linnaeus, 1758) .....	5
2.3 Laju Filtrasi Kerang Hijau <i>Perna viridis</i> (Linnaeus, 1758) .....	9
2.4 <i>Pseudo-nitzschia</i> sp. ....	10
2.5 Asam Domoat.....	13
2.6 <i>Amnesic Shellfish Poisoning</i> (ASP).....	16
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	18
3.1 Waktu dan Tempat .....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.2.1 Alat Pengujian.....	19
3.2.2 Bahan Pengujian .....	20
3.3 Tahapan Penelitian.....	21
3.3.1 Pengambilan Sampel Kerang Hijau .....	22
3.3.2 Pengambilan Sampel Air .....	22
3.3.3 Pengambilan Data <i>In-situ</i> .....	23
3.4 Analisis Konsentrasi Nitrat .....	23
3.5 Analisis Konsentrasi Fosfat .....	23
3.6 Analisis Konsentrasi Asam Domoat .....	24
3.6.1 Preparasi Sampel Uji.....	24

3.6.2 Ekstraksi Sampel Uji.....	25
3.6.3 Prosedur Pengujian Asam Domoat dengan ELISA <i>Test Kit</i> .....	25
3.7 Analisis Kepadatan Fitoplankton .....	27
3.8 Analisis Data .....	27
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>28</b>
4.1 Kepadatan Fitoplankton .....	28
4.2 Total Kepadatan Diatom dan Kaitannya dengan Konsentrasi Nutrien	33
4.3 Kepadatan <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.....	35
4.5 Hubungan antara Ukuran Kerang Hijau, Kepadatan <i>Pseudo-nitzschia</i> sp. terhadap Konsentrasi Asam Domoat .....	37
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>40</b>
5.1 Simpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Letak stasiun pengambilan sampel .....	18
2. Alat pengujian biotoksin asam domoat, kualitas air, dan fitoplankton .....	20
3. Bahan pengujian biotoksin asam domoat, kualitas air, dan fitoplankton.....	21

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran.....	4
2. Ciri khusus kerang hijau .....	6
3. Siklus reproduksi dan tahapan perkembangan kerang hijau.....	7
4. <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.....	11
5. Struktur kimia asam glutamat, asam kainat, dan asam domoat .....	13
6. Biosintesis asam domoat.....	14
7. Siklus krebs biosintesis asam domoat.....	15
8. Peta lokasi penelitian. ....	19
9. Ilustrasi panjang kerang hijau. ....	22
10. Total kepadatan fitoplankton. ....	28
11. Kepadatan jenis fitoplankton pada setiap stasiun.....	29
12. Sebaran spasial kepadatan diatom dan kualitas air di sekitar perairan Pulau Pasaran. ....	31
13. Kepadatan diatom dan konsentrasi nitrat dan fosfat .....	33
14. <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.....	35
15. Proporsi kepadatan <i>Pseudo-nitzschia</i> sp. terhadap kepadatan diatom .....	36
16. Konsentrasi asam domoat pada ukuran kerang hijau yang berbeda.....	37
17. Pola hubungan konsentrasi asam domoat yang terkandung dalam tubuh ke- rang hijau.....	38



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fenomena *harmful algae blooms* (HABs) dapat dipicu oleh peningkatan konsentrasi nutrisi pada suatu perairan. Kenaikan konsentrasi nutrisi, baik secara alami maupun berasal dari limbah organik dan anorganik yang masuk ke perairan, bisa sampai pada tingkat eutrofikasi yang menyebabkan peningkatan populasi fitoplankton. HABs dapat mengancam keamanan pangan laut karena dapat menyebabkan kematian massal ikan dan biota laut lainnya. Selain kematian pada biota laut, terjadi kasus kematian pada manusia dan hewan darat akibat keracunan setelah mengonsumsi ikan dan moluska yang mengakumulasi senyawa toksin fitoplankton.

Terdapat kurang lebih 300 spesies fitoplankton yang sering mengalami *blooming*, 100 spesies di antaranya diketahui mampu memproduksi senyawa toksin. Beberapa sindrom yang disebabkan oleh toksin yang diproduksi fitoplankton berbahaya, yaitu *amnesic shellfish poisoning* (ASP), *diarrhetic shellfish poisoning* (DSP), *neurotoxic shellfish poisoning* (NSP), *paralytic shellfish poisoning* (PSP), *azaspiracid shellfish poisoning* (AZP), dan *ciguatera fish poisoning* (CFP) (Pangabean, 2006).

ASP merupakan satu-satunya keracunan kerang yang disebabkan oleh diatom jenis *Pseudo-nitzschia* sp. Fitoplankton yang mampu menghasilkan senyawa toksin tersebut akan tersaring dan terakumulasi dalam tubuh kerang hijau. Bates *et al.* (1989) menyatakan bahwa, kasus pertama manusia mengalami sindrom ASP ditemukan di Kanada, tepatnya di Pulau Prince Edward pada tahun 1987. Kasus ini menyebabkan 107 orang mengalami gejala keracunan, beberapa di antaranya

dirawat di rumah sakit secara intensif dan beberapa orang mengalami kematian setelah 3 bulan gejala keracunan ASP. Keracunan ASP ditimbulkan setelah mengonsumsi kerang biru (*Mytilus edulis*) yang terkontaminasi toksin asam domoat

Lebih lanjut, Pan *et al.* (1998) meneliti pengaruh hubungan stres lingkungan terhadap produksi asam domoat oleh *Pseudo-nitzschia* sp., selanjutnya Bogan *et al.* (2007) juga meneliti konsentrasi asam domoat pada *king scallop*, Nogueira *et al.* (2010) dalam penelitiannya menemukan asam domoat pada ikan *Sparus aurata*, dan Blanco *et al.* (2021) meneliti distribusi asam domoat pada kelenjer pencernaan *king scallop*. Penelitian tersebut diketahui bahwa terdapat hubungan antara fenomena HABs, *Pseudo-nitzschia* sp., dan asam domoat pada organisme laut, salah satunya adalah kerang.

Perairan sekitar Pulau Pasaran merupakan salah satu perairan yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kegiatan budi daya kerang hijau. Putri *et al.* (2018) menyatakan bahwa kegiatan budi daya kerang hijau di Pulau Pasaran dimulai sejak tahun 2012. Teknik budi daya yang digunakan pun masih sederhana, yaitu menggunakan rakit sederhana yang terbuat dari bambu dan drum dengan tali sebagai media penempelan bibit kerang hijau.

Kerang hijau merupakan salah satu hasil laut yang memiliki nilai ekonomis karena memiliki kandungan gizi yang tinggi. Kerang hijau mengandung protein, lemak, karbohidrat, abu, dan air, yang setara dengan daging sapi, telur, dan daging ayam. Selain memiliki gizi yang tinggi, kerang hijau juga memiliki potensi lain, yaitu cangkang yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan maupun sebagai pakan ternak (Ali *et al.*, 2015). Walaupun demikian, kerang hijau yang dibudidayakan pada daerah yang mengalami *blooming* HABs diduga akan mengalami akumulasi bahan toksin berupa asam domoat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang mengatasi potensi kandungan asam domoat pada kerang hijau di perairan Pulau Pasaran.

## 1.2 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis kepadatan fitoplankton dari jenis *Pseudo-nitzschia* sp. di perairan Pulau Pasaran;
2. Menganalisis konsentrasi biotoksin asam domoat pada berbagai ukuran kerang hijau yang berbeda di perairan Pulau Pasaran; dan
3. Mengetahui keterkaitan antara ukuran kerang hijau dan kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. dengan konsentrasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai salah satu sumber informasi bagi pembaca, khususnya masyarakat, mengenai konsentrasi biotoksin asam domoat dalam tubuh kerang hijau yang menyebabkan *amnesic shellfish poisoning* (ASP) yang dibudidayakan di Pulau Pasaran.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

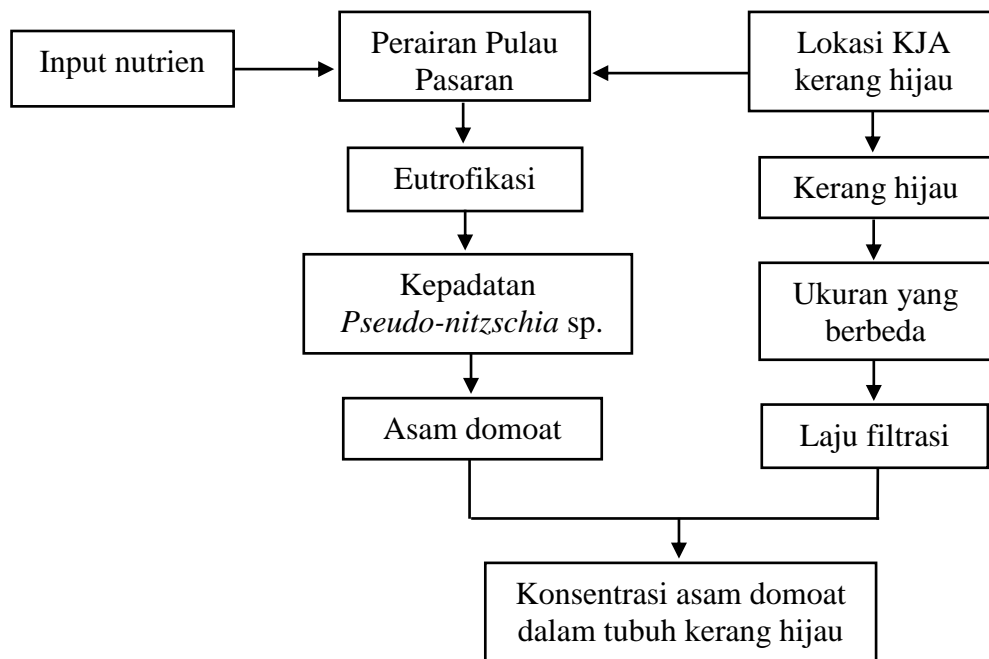
Konsentrasi nutrien pada perairan dapat berasal dari masukan bahan organik dan anorganik yang berasal dari air sungai, limbah rumah tangga, dan sebagainya. Pulau Pasaran merupakan salah satu daerah yang cukup padat akan permukiman, sehingga banyak aktivitas masyarakat yang berpengaruh terhadap kondisi perairan serta lokasinya yang berdekatan pula dengan muara sungai. Unsur hara pada suatu perairan bisa sampai pada tingkat eutofikasi (pengayaan unsur hara) yang dapat memicu terjadinya *blooming* atau peningkatan populasi mikroalga yang salah satunya dari jenis *Pseudo-nitzschia* sp.

Perairan Pulau Pasaran banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai tempat budidaya kerang hijau untuk meningkatkan perekonomian masyarakat. Kerang hijau merupakan organisme *suspension feeder* yang cara makannya melalui penyaring material tersuspensi di dalam air, sehingga juga berpotensi menelan *Pseudo-nitzschia* sp. Fitoplankton jenis *Pseudo-nitzschia* sp. memiliki kemampuan untuk

memproduksi senyawa asam toksin. Senyawa toksin tersebut adalah asam domoat. Oleh karena kerang hijau memfilter fitoplankton *Pseudo-nitzschia* sp. yang memproduksi asam domoat, maka senyawa tersebut akan terakumulasi dalam tubuh kerang hijau.

Kerang hijau rentan terkontaminasi cemaran, baik cemaran yang terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Salah satu cemaran yang bisa terjadi secara alami adalah produksi senyawa toksin asam domoat oleh fitoplankton *Pseudo-nitzschia* sp. yang bisa terakumulasi dalam tubuh kerang hijau. Akumulasi tersebut akan memengaruhi kesehatan manusia melalui rantai makanan, yaitu akan menyebabkan sindrom *amnesic shellfish poisoning* (ASP) pada manusia.

Akumulasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau diproduksi oleh kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. di perairan Pulau Pasaran. Di samping itu, tingkat akumulasi juga dipengaruhi oleh laju filtrasi kerang hijau yang berbeda pada ukuran kerang yang berbeda pula. Dengan demikian, dapat diketahui hubungan antara ukuran kerang hijau dan kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. dengan konsentrasi asam domoat yang terakumulasi dalam tubuh kerang hijau. Kerangka pemikiran pada penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perairan Laut Pulau Pasaran

Pulau Pasaran merupakan sebuah pulau yang terletak di Kelurahan Kota Karang, Kecamatan Teluk Betung Barat. Berdasarkan Monograf Pulau Pasaran 2018, Pulau Pasaran memiliki luas wilayah sekitar 12,5 hektar dan memiliki penduduk sebanyak 1.171 jiwa yang terdiri atas 574 laki-laki dan 597 perempuan atau 224 kepala keluarga. Keunggulan dari Pulau Pasaran ini, yaitu letaknya yang berdekatan dengan ibu kota provinsi, mudah untuk diakses terutama setelah dibangun jembatan penyeberangan sepanjang 200 m yang menghubungkan langsung Pulau Pasaran dan daratan utama (Ali *et al.*, 2015).

Pulau Pasaran dikenal sebagai salah satu sentra perikanan di Lampung, khususnya produk ikan teri asin. Aktivitas perikanan lain yang dilakukan masyarakat adalah melaut (nelayan), pembuatan perahu, serta potensi komunitas mangrove yang dapat menjadi daya tarik Pulau Pasaran. Perairan Pulau Pasaran juga banyak dimanfaatkan sebagai tempat budi daya kerapu, ikan simba, kakap putih, dan budi daya kerang hijau. Budi daya kerang hijau di Pulau Pasaran sudah dilakukan sejak tahun 2012, akan tetapi masih menggunakan teknologi yang sederhana. Kerang hijau banyak dibudidayakan karena cara budi daya yang mudah, lokasi yang mendukung, dan ketersediaan benih secara alami. Namun hal yang perlu diperhatikan adalah lokasi budi daya, yang harus dapat mendukung kelangsungan kerang kerang hijau (Ali *et al.*, 2015).

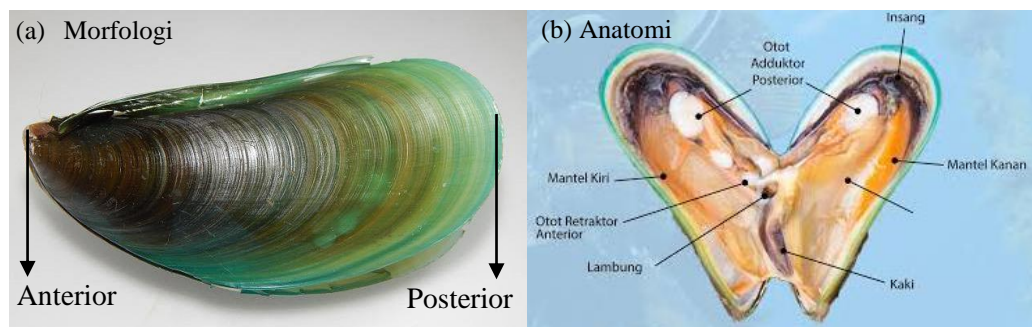
### 2.2 Kerang Hijau *Perna veridis* (Linnaeus, 1758)

Kerang hijau *Perna veridis* merupakan salah satu moluska (binatang lunak) yang

termasuk dalam kelas bivalvia. Cappenberg (2008) mengklasifikasikan kerang hijau *Perna viridis* sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
 Phylum : Mollusca  
 Class : Bivalvia  
 Ordo : Anisomyria  
 Family : Mytilidae  
 Genus : *Perna*  
 Spesies : *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

Kerang hijau memiliki ciri khusus, yaitu terdapat pada warna cangkangnya yang menimbulkan bergradasi dari warna hijau gelap ke warna hijau terang (Gambar 2a). Menurut Siddall (1980), bentuk cangkang kerang hijau runcing pada bagian anterior dan berbentuk pipih pada ke arah posterior. Kerang hijau dapat mencapai panjang maksimum 16,5 cm, tetapi umumnya ditemukan berukuran 8 cm.



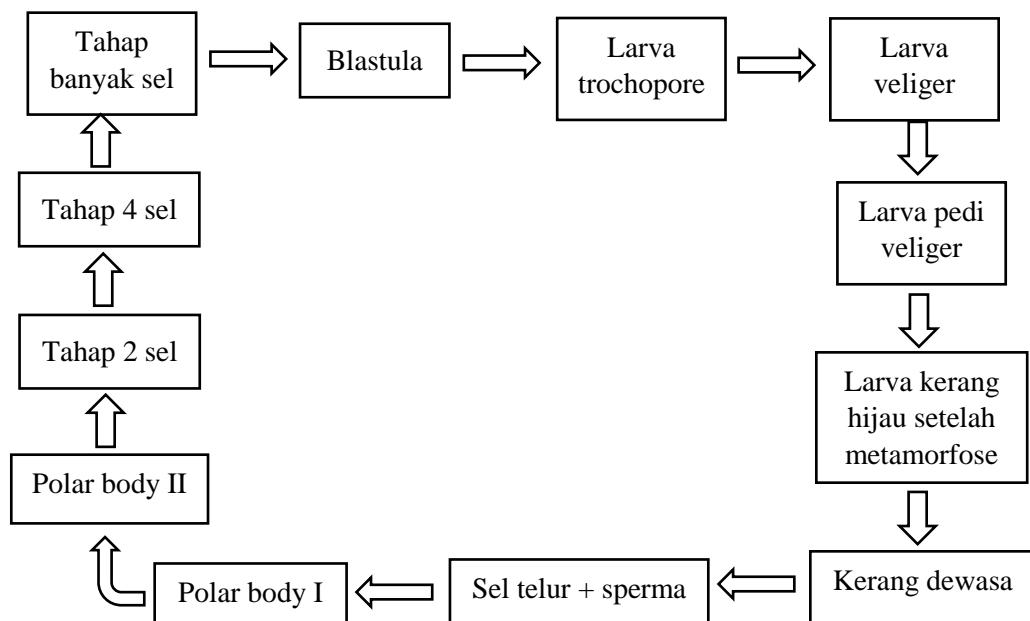
Gambar 2. Ciri khusus kerang hijau.

Keterangan: (a) morfologi, (b) anatomi

Sumber: anatomi (Siddall, 1980)

Organ pernapasan kerang hijau adalah insang yang juga sebagai penyaring makanan (Gambar 2b). Otot aduktor berfungsi untuk menutup dua cangkang. Otot retraktor anterior digunakan untuk menarik kaki ke dalam cangkang dan melindungi fungsi anterior. Mantel kiri dan kanan berfungsi membungkus lubang insang, cairan hasil ekskresi, dan anus. Lambung berfungsi untuk mencacah makanan. Kaki berfungsi untuk merayap dan menggali lumpur maupun pasir. Adapun benang byssus berfungsi untuk menempel pada substrat. Kerang hijau

termasuk ke dalam kelompok organisme dioecious, yaitu organisme yang memiliki organ reproduksi (kelamin) yang terpisah antara kerang hijau jantan dan betina. Akan tetapi ditemukan juga kerang hijau yang bersifat hermafrodit, yaitu dalam satu individu terdapat dua organ reproduksi jantan dan betina. Kerang hijau termasuk hewan ovipora, yaitu memiliki telur dan sperma yang banyak dan berbentuk mikroskopis. Telur dan sperma tersebut dikeluarkan oleh kerang betina dan jantan yang sudah dewasa dan dibiarkannya bercampur hingga menghasilkan pembuahan. Telur yang sudah terbuahi, dalam waktu 24 jam akan menetas dan menjadi larva (Cappenberg, 2008). Siklus reproduksi dan perkembangan hidup kerang hijau disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus reproduksi dan tahapan perkembangan kerang hijau.

Sumber: Tan (1975)

Fase larva akan berakhir ditandai dengan bagian tubuh yang lunak tertutup oleh cangkang yang diikuti dengan adanya velum bersilia kuat, fase ini disebut veliger yang berlangsung selama 16–19 jam. Otot kaki yang terbentuk mulai digunakan untuk merayap atau bergerak pada hari ke-8. Otot kaki yang telah berkembang disebut pediveliger atau veliconcha, yaitu tahap veliger merayap dan berenang dengan bebas, tahap veliger merupakan tahap akhir dari metamorfosa. Larva yang telah mengalami metamorfosa akan memiliki cangkang yang sama dengan

cangkang kerang hijau dewasa. Kerang hijau yang berumur 12 hari dapat mencapai ukuran 0,34-0,38 mm (Cappenberg, 2008).

Kerang hijau termasuk dalam organisme sesil yang hidupnya bergantung pada ketersediaan fitoplankton, zooplankton, detritus, dan material lain yang kaya akan bahan organik. Berdasarkan cara makannya, kerang hijau tergolong dalam kelompok *suspension feeder*, yang artinya dalam memperoleh makanan dengan cara menyaring material tersuspensi, seperti fitoplankton, zooplankton, detritus, dan bahan organik lainnya. Diatom dan detritus merupakan makanan utama kerang hijau. Menurut Tan (1975) kerang hijau juga lebih menyukai diatom dibandingkan dengan dinoflagellata sebagai makanannya.

Kerang hijau umumnya hidup menempel dan bergerombol pada dasar substrat yang keras, yaitu batu karang, bambu, kayu atau lumpur keras dengan bantuan byssus. Menurut Haryanti *et al.* (2019) kerang hijau mampu hidup di perairan payau sampai laut dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap perubahan suhu, salinitas, dan pH. Akan tetapi, karakteristik perairan yang cocok untuk kerang hijau, yaitu suhu antara 26-32°C, salinitas antara 23-35‰, pH antara 6-8, kecerahan berkisar antara 3,5-4,0 m, arus yang tidak begitu deras, dan umumnya pada kedalaman 10-20 m.

Pencemaran lingkungan merupakan faktor utama yang dapat menghambat kelangsungan hidup kerang hijau. Terdapat beberapa faktor pembatas kehidupan fitoplankton seperti suhu dan salinitas perairan. Cappenberg (2008) menyatakan bahwa suhu yang tinggi mencapai 43°C akan menyebabkan kerang hijau mengalami kematian hanya dalam waktu 30 menit, pertumbuhan juvenil sangat singkat, dan menurunkan perkembangan byssus seiring dengan kenaikan suhu. Kerang hijau umumnya mampu hidup pada perairan dengan salinitas yang tinggi (Cappenberg, 2008). Berdasarkan penelitian Hutami *et al.* (2015) bahwa aktivitas *feeding* kerang hijau akan meningkat pada salinitas yang tinggi, yang berarti energi untuk metabolisme akan ikut meningkat dan konsumsi fitoplankton juga akan meningkat sehingga akan menurunkan kepadatan fitoplankton.

### 2.3 Laju Filtrasi Kerang Hijau *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

Kerang hijau dalam melakukan aktivitas makannya melalui proses filtrasi. Penyaringan yang dilakukan kerang hijau akan terjadi secara terus menerus selama 24 jam, sehingga penyerapan yang dilakukan oleh kerang hijau dapat berlangsung maksimum. Akan tetapi, tidak semua bahan yang telah disaring dapat masuk ke lambung (Suryono, 2013). Kecepatan filtrasi kerang hijau dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kepadatan fitoplankton, ukuran kerang hijau dan bukaan cangkang, ukuran material dan jenis mikroalga, serta faktor lingkungan.

Menurut Hutami *et al.* (2015) banyaknya mikroalga yang terserap per jam bergantung pada besarnya kecepatan filtrasi dan kepadatan mikroalga per liter. Hal tersebut karena jumlah mikroalga yang terkandung dalam air akan diserap oleh kerang hijau bersamaan dengan terserapnya air. Jika kepadatan mikroalga tinggi, maka mikroalga yang terserap juga akan banyak dan sebaliknya jika kepadatan rendah maka mikroalga yang terserap hanya sedikit.

Selain kepadatan fitoplankton, ukuran material dan jenis mikroalga yang masuk ke dalam tubuh kerang juga memengaruhi laju filtrasi. Hal tersebut karena kerang hijau mempunyai silia yang difungsikan untuk menyaring setiap partikel yang masuk, apabila ukuran partikel tidak sesuai atau terlalu besar maka kerang tidak akan bisa menyerapnya dan partikel tidak dapat melewati silia tersebut (Putra, 2006). Laju filtrasi yang relatif tinggi kemungkinan juga disebabkan oleh adanya aktivitas kerang yang cenderung lebih menyukai suatu jenis fitoplankton tertentu sebagai makanannya (Liliandari, 2013).

Ukuran kerang hijau akan berkorelasi dengan bukaan cangkang yang juga berpengaruh terhadap laju filtrasi kerang hijau. Menurut Pratikto (2013) semakin besar ukuran kerang hijau maka semakin besar pula kecepatan filtrasinya. Putra (2006) menyatakan bahwa apabila ukuran kerang semakin besar dan panjang maka bukaan cangkang kerang akan semakin lebar dan laju filtrasinya juga akan semakin besar. Laju filtrasi kerang hijau akan menurun bersamaan dengan berkurangnya bukaan cangkang (Riisgard, 2001).

Faktor lainnya yang berpengaruh terhadap laju filtrasi antara lain, salinitas yang tinggi dapat berpengaruh pada kecepatan filtrasi fitoplankton. Menurut Hutami *et al.* (2015) rata-rata laju filtrasi kerang hijau akan meningkat pada salinitas tinggi atau dengan kadar salinitas yang cukup jauh dari kadar salinitas optimal habitat kerang hijau. Perubahan salinitas di suatu perairan akan meningkatkan respirasi kerang hijau, yang juga akan meningkatkan kecepatan filtrasinya karena pada waktu respirasi partikel makanan ikut terserap.

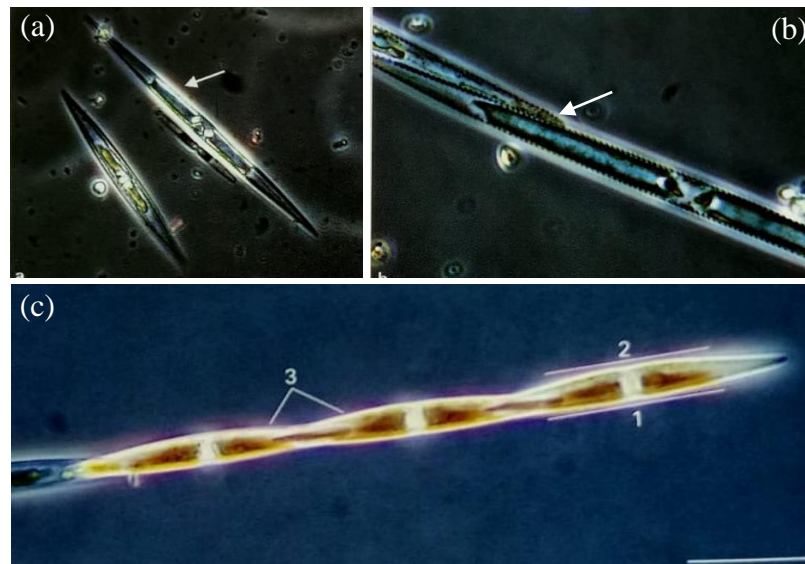
Menurut Sagita *et al.* (2018) bahwa suhu perairan sangat berpengaruh terhadap beberapa fungsi fisiologis organisme, seperti proses respirasi, metabolisme, pertumbuhan, reproduksi dan juga memengaruhi proses ekskresi amonia. FIGIS (2005) menjelaskan bahwa kerang hijau mampu menoleransi suhu 11-32°C. Suhu memiliki efek positif pada gametogenesis kerang dan berpengaruh pada proses pemijahan.

Kerang hijau yang sifat makannya adalah *filter feeder* membutuhkan arus yang sesuai karena berfungsi sebagai pembawa plankton sebagai makanan alaminya. Selain membawa makanan, arus pada budi daya kerang hijau juga diperlukan sebagai sumber oksigen, mencuci kotoran-kotoran pada konstruksi atau dapat menghilangkan limbah ataupun organisme penempel yang berada pada konstruksi budi daya kerang hijau. Kecepatan arus yang optimal untuk budi daya kerang hijau berkisar antara 0,1-0,9 m/s (Sagita *et al.*, 2018).

#### **2.4 *Pseudo-nitzschia* sp.**

*Pseudo-nitzschia* sp. merupakan salah satu spesies fitoplankton yang memiliki sebaran yang luas dan fitoplankton yang bersifat kosmopolit. Terdapat 9 spesies *Pseudo-nitzschia* sp. yang diketahui mampu menghasilkan senyawa toksin asam domoat, yaitu *P. australis*, *P. delicatissima*, *P. multiseriata*, *P. delicatissima*, *P. pungens*, *P. seriata*, *P. turgidula*, *P. fraudulenta*, dan *P. multistriata* (Casteleyn *et al.*, 2008 dalam Rachman, 2013). Berikut taksonomi *Pseudo-nitzschia* sp. (Universal Taxonomic Services, 2012 dalam Rachman, 2013):

Domain : Eukaryota  
 Filum : Heterokontophyta  
 Sub-Filum : Diatomeae  
 Kelas : Bacillariophyceae  
 Sub-kelas : Bacillariophysidae  
 Ordo : Bacillariales  
 Family : Bacillariaceae  
 Genus : *Pseudo-nitzschia*  
 Spesies : *Pseudo-nitzschia* sp.



Gambar 4. *Pseudo-nitzschia* sp.

Keterangan: (a) bagian terang pada sel tunggal ditunjukkan dengan tanda panah, (b) fase tumpang tindih ditunjukkan dengan tanda panah, (c) penampakan dengan skala 50  $\mu\text{m}$  pada area sel tunggal ditunjukkan oleh nomor 1 dan 2, area tumpang tindih antara 2 sel ditunjukkan oleh nomor 3

Sumber: Kraberg dan Baumann (2010)

Gambar 4 menunjukkan morfologi dari *Pseudo-nitzschia* sp., yaitu sebagian besar spesiesnya yang membentuk koloni dengan bentuk seperti tangga. Sel terhubung menjadi rantai berunduk dengan tumpang tindih antar sel dengan panjang sekitar sepertiga atau lebih. Oleh karena itu, *Pseudo-nitzschia* sp. dapat dengan mudah dibedakan dengan spesies diatom lainnya dengan melihat morfologinya. Panjang tubuh *Pseudo-nitzschia pungens* sekitar 75-140  $\mu\text{m}$ , lebar 3-4,5  $\mu\text{m}$ , dan tinggi se-

kitar 5-8  $\mu\text{m}$ . Adapun untuk jenis *Pseudo-nitzschia seriata* panjangnya sekitar 90-160  $\mu\text{m}$ , lebar 5-8  $\mu\text{m}$ , dan tinggi sekitar 3-6  $\mu\text{m}$  (Kraberg dan Baumann., 2010).

Sebagian besar spesies *Pseudo-nitzschia* sp. memiliki kemampuan untuk melakukan reproduksi seksual dan aseksual. Akan tetapi, reproduksi yang dilakukan secara aseksual menyebabkan pengurangan ukuran sel. Hal tersebut karena *Pseudo-nitzschia* sp. melakukan pembelahan vegetatif dengan membagi frustule menjadi dua individu koloni baru (Amato *et al.*, 2005). Proses reproduksi aseksual menyebabkan keturunan berikutnya akan mengalami pengurangan ukuran sel hingga pada suatu ketika ukuran sel terlalu kecil untuk dapat bertahan hidup (Amato *et al.*, 2005).

*Pseudo-nitzschia* sp. dapat mengalami ledakan populasi (*blooming*) karena terjadi peningkatan unsur hara. Ledakan populasi tersebut berdampak negatif bagi perairan dan biota laut lainnya, karena *Pseudo-nitzschia* sp. mampu menghasilkan senyawa toksin berbahaya bagi dinoflagellata heterotrofik, moluska, ikan-ikan kecil hingga ikan besar. Senyawa toksin yang dihasilkan *Pseudo-nitzschia* sp. tersebut akan beredar ke tingkat trofik yang lebih tinggi melalui jalur rantai makanan (Thessen, 2007).

Pertumbuhan fitoplankton di perairan dibatasi oleh konsentrasi nitrat dan fosfat. Kedua konsentrasi tersebut merupakan faktor pembatas dalam produktivitas primer fitoplankton. Peningkatan kedua unsur tersebut akan mengakibatkan ledakan (*blooming*) alga yang tidak terkontrol (Mustofa, 2015). Fitoplankton memanfaatkan nitrat dan fosfat membutuhkan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu, intensitas cahaya juga menjadi pembatas penyerapan unsur hara. Selain nitrat dan fosfat, *Pseudo-nitzschia* sp. juga berhubungan dengan konsentrasi silika. Pertumbuhan sel *Pseudo-nitzschia* sp. menjadi lambat pada konsentrasi silika (Bates *et al.*, 1991).

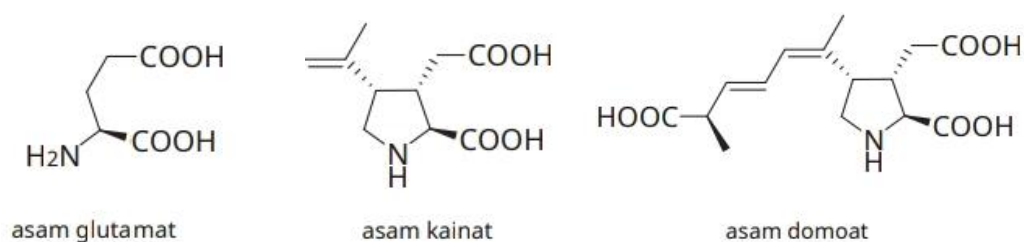
Konsentrasi pH perairan juga menjadi faktor pertumbuhan *Pseudo-nitzschia* sp. Lestari *et al.* (2022) meneliti hubungan kualitas air dengan pertumbuhan *Pseudo-nitzschia* sp., dan hasil menunjukkan bahwa peningkatan pH akan berpengaruh



positif terhadap peningkatan kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. dan kisaran maksimal pH yang dapat ditoleransi adalah 9,7-9,8. Selain pH dan suhu, salinitas diduga juga dapat memengaruhi kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. Menurut Rachman (2013), *Pseudo-nitzschia pungens* dan *Pseudo-nitzschia multiseriis* memiliki toleransi yang tinggi terhadap suhu dan salinitas, keduanya mampu hidup pada perairan dengan suhu -1-30°C dan pada salinitas antara 18-36 ‰.

## 2.5 Asam Domoat

Asam domoat merupakan senyawa asam amino yang bersifat larut air dan tahan terhadap suhu tinggi. Asam domoat merupakan anggota kelompok kainoid dari asam amino nonproteinogenik yang aktif secara neurologis, yaitu kainat merupakan molekul induknya (Lefbvre *et al.*, 2002 dalam La Barre *et al.*, 2014). Struktur asam domoat mirip dengan asam kainat (Gambar 5), keduanya merupakan analog fungsional dari asam amino asam glutamat. Asam domoat memiliki ciri khusus, yaitu memiliki tiga gugus karboksil yang menjelaskan potensi ionisasi dan kelarutannya yang luar biasa. Asam domoat memiliki rantai samping C4 heksadienik yang memberikan karakter toksigeniknya yang unik yang serupa dengan asam kainat dan asam glutamatnya. Kehadiran dua ikatan rangkap terkonjugasi dalam rantai samping C4 dan geometri gugus ini secara langsung berkaitan dengan interaksi asam domoat pada reseptor glutamat dan toksisitas molekul (Swanson dan Sakai, 2009).



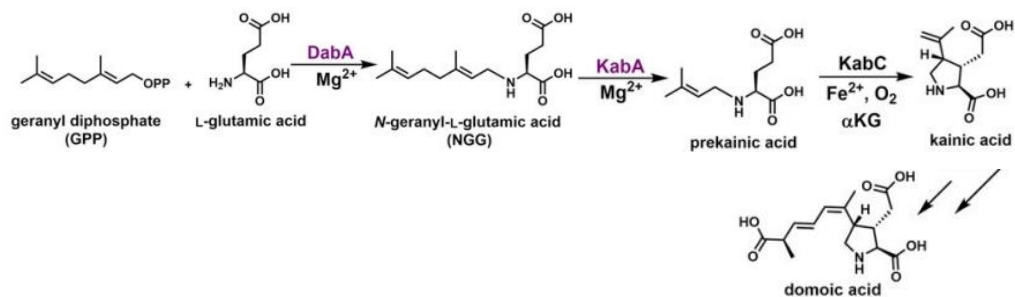
Gambar 5. Struktur kimia asam glutamat, asam kainat, dan asam domoat.

Sumber: La Barre *et al.* (2014)

Asam domoat diproduksi oleh beberapa jenis diatom dari jenis *Pseudo-nitzschia* sp. Menurut Bates *et al.* (1991) konsentrasi silika dapat memengaruhi produksi

senyawa asam domoat, rendahnya konsentrasi silika di suatu perairan akan mengakibatkan lambatnya proses pertumbuhan sel, namun akan menyebabkan peningkatan produksi asam domoat dalam sel *Pseudo-nitzschia* sp.

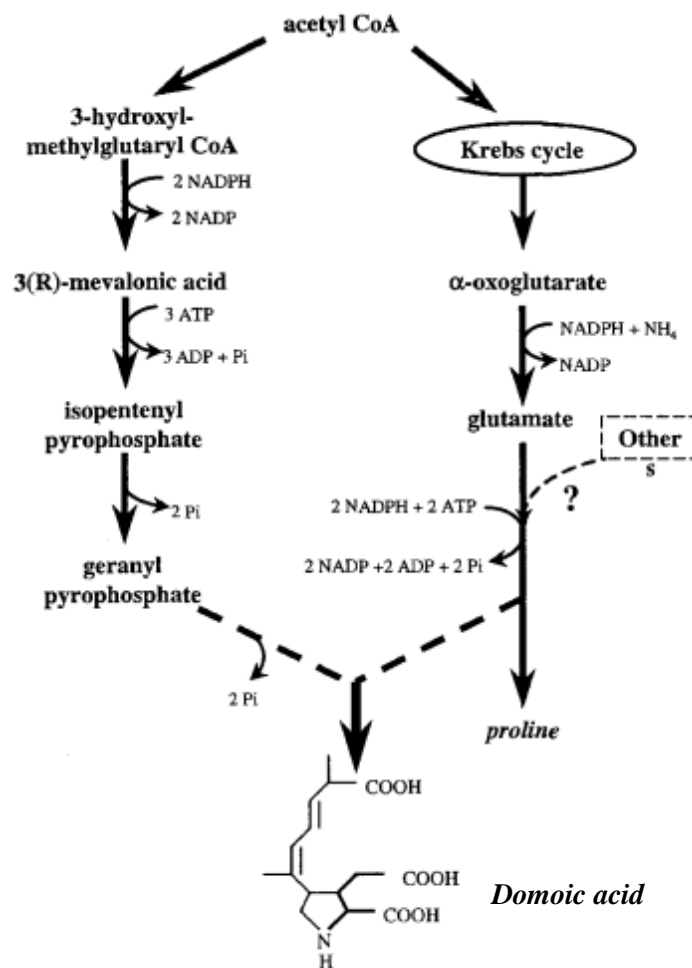
Biosintesis asam domoat pada (Gambar 6) pada kasus lokasi pengikat glutamat, DabA dikristalisasi dengan adanya  $Mg^{2+}$  pada gugus geranil karbon ke sepuluh ke L-glutamat menghasilkan N-geranyl-L-glutamat (NGG). Gugus KabA pada NGG menjadi donor prenil karbon kelima menghasilkan prekainik perantara sebelum terbentuk asam kainat. Asam kainat berbagi inti siklik yang tetap bertahan setelah menjadi asam domoat. Namun bagian prenil pada asam kainat lebih pendek dibandingkan dengan bagian prenil pada asam domoat, sehingga akan menghasilkan sifat bioaktif yang kurang kuat dibandingkan dengan asam domoat (Chekan *et al.*, 2020).



Gambar 6. Biosintesis asam domoat.

Sumber: Chekan *et al.* (2020)

Lebih lanjut Pan *et al.* (1998) menjelaskan bahwa molekul asam domoat terdiri dari cincin mirip prolin yang mengandung isoprenoid dan rantai samping karboksil (Gambar 7). Seluruh molekul tersebut berasal dari asam asetat yang dalam siklus kreb melalui dua intermediet prekursor terpisah yaitu turunan glutamat. Struktur isoprenoid kemungkinan berasal dari geranil pirofosfat melalui asetil CoA. Sintesis geranil pirofosfat dari asetil CoA membutuhkan 8 enzim, 3 ATP, dan 2 molekul NADPH. Sintesis cincin seperti prolin dari  $\alpha$ -oksoglutamat juga membutuhkan enzim. Penambahan prolin ke kultur asenik atau non-asenik dari *Pseudo-nitzschia* sp. akan menekan efek stimulant dari asam glukonat. Penambahan asam glutamat atau glukonat pada yang pertama dapat meningkatkan sintesis asam domoat dari jumlah sedikit yang kemudian meningkat secara signifikan.



Gambar 7. Siklus krebs biosintesis asam domoat.  
Sumber: Pan *et al.* (1998)

Senyawa asam domoat berbahaya karena termasuk dalam golongan neurotoksin yang dapat membahayakan kesehatan otak dan sistem saraf. Asam domoat bertindak sebagai analog dari glutamat, yaitu neurotransmitter yang mengaktifkan reseptor kainat pada sel saraf. Oleh karena asam domoat memiliki afinitas atau keterkaitan yang tinggi terhadap reseptor-reseptor tersebut, maka akan mengakibatkan sel saraf mengalami kerusakan (Bates *et al.*, 1991). Selain berbahaya bagi otak, senyawa asam domoat juga berbahaya terhadap sistem pencernaan dan berpotensi juga mengganggu fungsi ginjal yang dapat mengakibatkan gagal ginjal.

## 2.6 Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)

*Amnesic shellfish poisoning* (ASP) merupakan suatu gangguan yang disebabkan oleh konsumsi kerang yang mengandung senyawa biotoksin asam domoat yang diproduksi oleh fitoplankton dari jenis *Pseudo-nitzschia* sp. Penelitian Bates *et al.* (1989) menyebutkan bahwa kasus pertama ASP terjadi di Kanada, tepatnya di Pulau Prince Edward pada tahun 1987, keracunan disebabkan oleh konsumsi kerang biru yang terkontaminasi senyawa toksin. Terdapat 107 orang yang memenuhi definisi kasus, 19 orang dirawat di rumah sakit selama 4-101 hari, 12 diantaranya dirawat intensif, 3 orang meninggal di rumah sakit pada 12-18 hari setelah dirawat, dan 3 orang meninggal setelah 3 bulan gejala keracunan ASP.

Selain berdampak terhadap kesehatan manusia, toksin asam domoat juga mengakibatkan kematian pada ratusan burung laut, mamalia, dan ikan di beberapa lokasi di seluruh dunia. Toksin berbahaya akan terus menimbulkan risiko global bagi kesehatan dan keselamatan manusia maupun margasatwa (Muller *et al.*, 2014). Setelah 4 tahun insiden ASP terjadi, timbul asumsi bahwa ASP merupakan masalah lokal di Kanada yang kemungkinan tidak akan muncul kembali. Namun pada musim gugur tahun 1991, terdapat laporan yang menyebutkan bahwa ikan teri mengandung asam domoat dan kematian pelican di California yang diduga disebabkan oleh *Pseudo-nitzschia seriata* (Tood, 1993).

Gejala ASP umumnya dimulai ketika manusia mengonsumsi kerang hijau yang terkontaminasi toksin asam domoat, terdapat 2 gangguan yang ditimbulkan, yaitu gangguan gastrointestinal (sistem pencernaan) dan gangguan neurologis (saraf pusat). Gangguan gastrointestinal umumnya terjadi setelah 24 jam setelah seseorang mengonsumsi kerang yang terkontaminasi senyawa asam domoat gejala yang ditimbulkan, seperti muntah, mual, diare, dan kram perut. Selain mengganggu sistem pencernaan, senyawa asam domoat juga menyebabkan terganggunya sistem saraf pusat, yaitu otak dan sumsum tulang belakang. Gangguan pada sistem saraf pusat ini dimulai dalam waktu 48 jam setelah mengonsumsi kerang yang terkontaminasi asam domoat, gejala yang ditimbulkan seperti, sakit kepala, pusing, kebingungan, halusinasi, kelemahan motorik, kejang, pernafasan yang berlebihan, aritmia jantung, koma, dapat kehilangan ingatan jangka pendek hingga

berkelanjutan, bahkan pada kasus yang parah dapat menyebabkan kelumpuhan dan kematian (Muller *et al.*, 2014).

Umumnya kerusakan sistem saraf akibat terpapar senyawa toksin asam domoat bersifat permanen dan hingga kini belum ada senyawa anti racun untuk mengobati sindrom ASP. Namun, keracunan dengan gejala yang masih ringan umumnya dapat disembuhkan dalam waktu beberapa hari, akan tetapi untuk keracunan dengan gejala parah membutuhkan waktu yang lama, seperti dilakukannya rawat inap dan perawatan suportif. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pemberian flavonol troxerutin pada tikus yang terkontaminasi asam domoat diketahui mampu mengembalikan gangguan memori yang rusak (Lu *et al.*, 2013). Baku mutu untuk keamanan pangan yang sudah ditetapkan dalam keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor KEP.17/MEN/2004 tentang Sistem Sanitasi Keekerangan Indonesia, yaitu sebesar  $\geq 20$  mg/kg kerang hijau. Batas regulasi  $\geq 20$  mg/kg daging kerang tersebut setara dengan 0,1 mg/kg berat badan manusia (Nair, 2009).

### III. METODE PENELITIAN

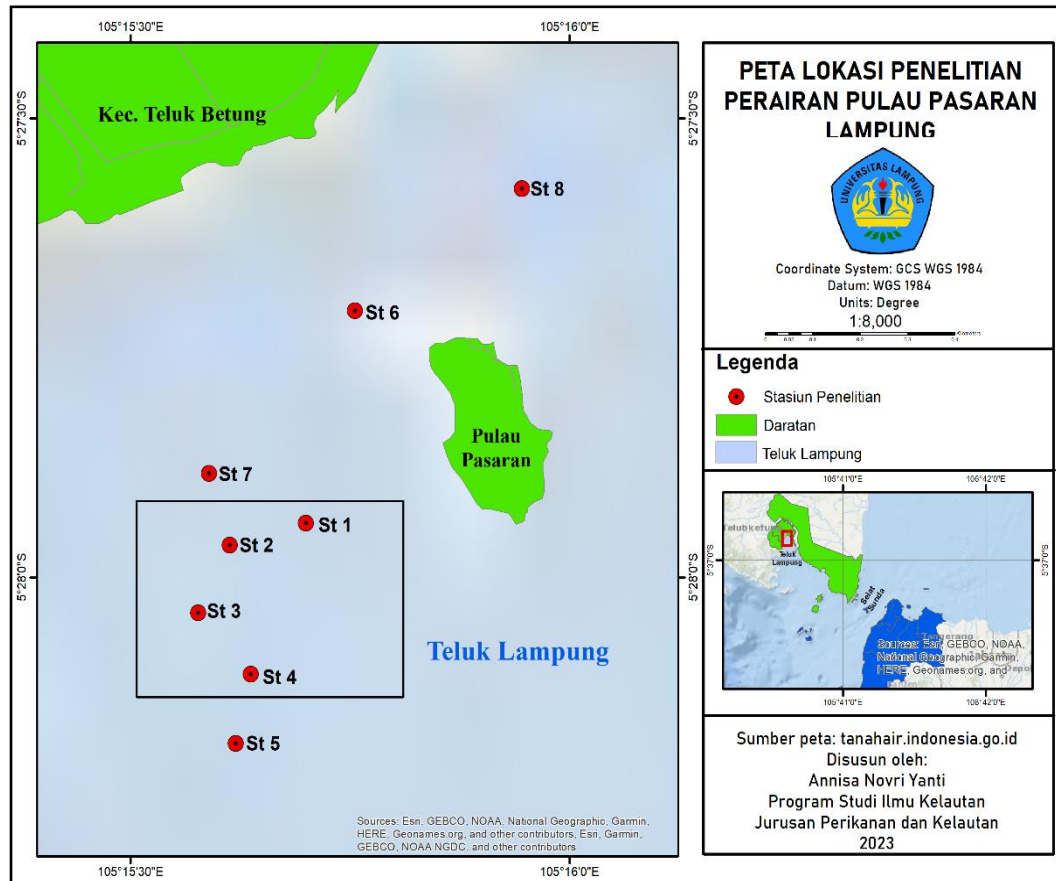
#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan September-Oktober tahun 2022. Lokasi pengambilan sampel di perairan Pulau Pasaran dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung, serta Laboratorium Kualitas Air dan Residu Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Serang.

Pengambilan sampel dilakukan di 8 stasiun (Gambar 8). Pengambilan sampel meliputi pengambilan sampel kerang hijau dan pengambilan sampel air. Pengambilan sampel kerang hijau dilakukan di stasiun 1 - 4, sedangkan sampel air dilakukan di semua stasiun. Letak stasiun pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Letak stasiun pengambilan sampel

Stasiun	Letak Stasiun	
1	105°15'41,99"E	5°27'56,44"S
2	105°15'36,79"E	5°27'57,88"S
3	105°15'34,62"E	5°28'2,29"S
4	105°15'38,23"E	5°28'6,31"S
5	105°15'37,20"E	5°28'10,84"S
6	105°15'35,37"E	5°27'53,19"S
7	105°15'45,34"E	5°27'42,55"S
8	105°15'56,75"E	5°27'34,57"S



Gambar 8. Peta lokasi penelitian.

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat Pengujian

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari alat yang digunakan langsung di lapangan saat pengambilan data *in-situ*, pengambilan sampel kerang hijau dan air, serta alat yang digunakan di laboratorium untuk analisis konsentrasi asam do-moat, nitrat, fosfat, dan pengamatan kepadatan fitoplankton. Alat yang digunakan pada penelitian disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Alat pengujian biotoksin asam domoat, kualitas air, dan fitoplankton

No	Alat	Kegunaan
1	<i>Coolbox</i>	Wadah untuk menyimpan sampel.
2	Pisau	Alat bantu untuk memisahkan sampel kerang hijau dari cangkang.
3	Spatula	Alat untuk mengambil sampel yang sudah halus.
4	Talenan	Alat sebagai alas pada saat memotong sampel kerang hijau.
5	<i>Blender</i>	Alat untuk menghaluskan sampel kerang hijau.
6	Tabung sentrifus	Wadah sampel kerang hijau.
7	Timbangan analitik	Alat untuk menimbang sampel.
8	<i>Freezer</i>	Tempat menyimpan sampel.
9	Labu ukur dan tutup	Wadah untuk membuat larutan.
10	Gelas piala	Tempat buangan dan wadah untuk membuat reagen.
11	ELISA reader (450 nm)	Alat untuk membaca <i>plate</i> ELISA guna menentukan konsentrasi asam domoat dalam sampel.
12	Komputer	Alat untuk pengaplikasian <i>software</i> ELISA dan penyimpanan data hasil pembacaan ELISA.
13	<i>Microskop inverted</i>	Alat untuk pengamatan fitoplankton.
14	<i>Sedgewick rafter</i>	Wadah untuk menghitung kepadatan fitoplankton.
15	<i>Cover glass</i>	Alat untuk menutup <i>Sedgewick rafter</i> .
16	Buku identifikasi	Buku untuk identifikasi jenis fitoplankton.
17	Refraktometer	Alat untuk mengukur salinitas.
18	DO meter	Alat untuk mengukur pH, oksigen terlarut, dan suhu.

### 3.2.2 Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari bahan pengujian asam domoat, nitrat, fosfat, dan pengamatan fitoplankton. Bahan pengujian disajikan pada Tabel 3.



Tabel 3. Bahan pengujian biotoksin asam domoat, kualitas air, dan fitoplankton

No	Bahan	Kegunaan
1	Kertas tisu	Bahan untuk membersihkan dan sebagai alas <i>microtiter plate</i> .
2	Air deionisasi	Bahan untuk campuran dalam pembuatan larutan atau pengenceran cairan.
3	Sarung tangan	Bahan untuk melindungi tangan dari cairan yang berbahaya.
4	Methanol 50%	Reagen dalam pengujian.
5	Well (sumuran) kit <i>domoic acid</i> (ASP)	Untuk menyimpan hasil ekstraksi sampel yang akan dibaca di ELISA.
6	Sampel kerang hijau	Contoh uji.
7	larutan standar <i>domoic acid</i>	Sebagai standar untuk pengujian konsentrasi asam domoat.
8	<i>Domoic acid</i> -HRP <i>Conjugate</i>	Sebagai bahan untuk pengujian konsentrasi asam domoat.
9	Anti- <i>Domoic acid</i> <i>antibody</i>	Sebagai antibodi pengujian asam domoat.
10	10x sampel <i>extraction buffer</i>	Sebagai bahan pengujian asam domoat.
11	20x <i>wash solution</i>	Sebagai bahan untuk pencucian sumuran.
12	<i>Stop buffer</i>	Sebagai bahan untuk menghentikan reaksi pengujian.
13	TMB (3.3.5.5- <i>tetramethyl benzidine</i> ) <i>substrate</i>	Sebagai bahan untuk pengujian konsentrasi asam domoat.
14	Lugol	Bahan untuk mengawetkan sampel air fitoplankton.
15	Sampel air fitoplankton	Sampel yang diamati.
16	Sampel air kualitas air	Sampel untuk pengujian nitrat dan fosfat
17	Akuades	Bahan untuk membilas <i>Sedgewick rafter</i> dan seluruh peralatan yang telah digunakan setelah pengamatan.
18	Larutan HCl 1 N	Bahan uji nitrat laut.
19	Bahan 1 dan 2	Bahan uji fosfat laut.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui 2 tahapan, yaitu pengambilan data secara langsung dan analisis di laboratorium. Pengambilan data secara langsung dilakukan pada parameter kualitas air meliputi pH, salinitas, suhu, dan oksigen terlarut. Analisis di laboratorium meliputi parameter kualitas air, yaitu nitrat, fosfat, dan

pengamatan kepadatan fitoplankton. Analisis di laboratorium juga dilakukan untuk mengetahui konsentrasi asam domoat pada kerang hijau.

### 3.3.1 Pengambilan Sampel Kerang Hijau

Sampel kerang hijau diamati dari keramba budi daya kerang hijau. Sampel dipilih berdasarkan ukuran yang berbeda, yaitu untuk ukuran kecil (3-5 cm), ukuran sedang (6-7 cm), dan ukuran besar (8-10 cm). Ukuran kerang hijau diukur dari dorsal – ventral (Gambar 9). Masing-masing ukuran kerang hijau diambil sebanyak 1 kg, kemudian dimasukkan ke dalam *plastic zip* dan diberi label. Sampel kerang hijau disimpan dalam wadah *coolbox* untuk dibawa ke laboratorium. Ilustrasi ukuran panjang kerang hijau disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Ilustrasi panjang kerang hijau.

### 3.3.2 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan untuk tujuan menganalisis jumlah dan kepadatan fitoplankton serta menganalisis konsentrasi nitrat dan fosfat. Sampel air untuk analisis fitoplankton diambil dengan menyaring air menggunakan planktonet sebanyak 5 liter. Sampel air tersaring ditampung pada penampung di bagian bawah planktonet. Air hasil penyaringan dipindahkan ke botol sampel dan ditambahkan pengawet lugol. Sampel air yang sudah diberikan pengawet disimpan di dalam wadah *coolbox* untuk dianalisis di laboratorium.

Sampel air untuk analisis konsentrasi nutrien nitrat dan fosfat diambil sebanyak 100 ml. Sampel air dimasukkan ke dalam botol sampel dan ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hingga pH nya menjadi  $\leq 2$ . Botol sampel disimpan dalam *coolbox* untuk kemudian dianalisis di laboratorium.

### 3.3.3 Pengambilan Data *In-situ*

Data *in-situ* yang diambil adalah data parameter kualitas air yang terdiri dari variabel suhu, pH, oksigen terlarut, dan salinitas. Data pH, suhu, dan oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter yang sudah mencakup ketiga variabel tersebut, sedangkan variabel salinitas diukur menggunakan *hand* refraktometer.

### 3.4 Analisis Konsentrasi Nitrat

Prosedur pengujian nitrat mengacu pada metode APHA-AWWA (2012a). Prosedur pengujian nitrat sebagai berikut:

- sampel air dimasukkan ke dalam labu ukur sebanyak 50 mL sampai tepat pada tanda tera;
- larutan HCl 1 N sebanyak 1 mL ditambahkan ke dalam sampel;
- labu ukur ditutup dan sampel dihomogenkan, kemudian didiamkan selama 10 menit;
- sampel air yang akan diuji dimasukkan ke dalam kuvet;
- kuvet dimasukkan ke dalam spektrofotometer UV-Vis dan diamati nilai absorbansi pada panjang gelombang 220 nm dan 275 nm; dan
- konsentrasi nitrat dihitung menggunakan persamaan regresi linier yang diperoleh pada kurva standar untuk memperoleh hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x), persamaan (1).

$$y = ax + b \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

x = konsentrasi (mg/L)

y = absorbansi

a = *slope*

b = *intercept*

### 3.5 Analisis Konsentrasi Fosfat

Prosedur pengujian fosfat mengacu pada metode APHA-AWWA (2012b). Prosedur pengujian fosfat sebagai berikut:

- a. sampel air dimasukkan ke dalam labu ukur sebanyak 50 mL sampai tepat pada tanda tera;
- b. larutan reagen 1 dan reagen 2 sebanyak 1 mL ditambahkan ke dalam sampel;
- c. labu ukur ditutup dan sampel air dihomogenkan, kemudian didiamkan selama 10 menit;
- d. sampel air yang akan diuji dimasukkan ke dalam kuvet;
- e. kuvet dimasukkan ke dalam spektrofotometer UV-Vis dan diamati nilai absorbansi pada panjang gelombang 880 nm; dan
- f. konsentrasi nitrat dihitung menggunakan persamaan regresi linier yang diperoleh pada kurva standar untuk memperoleh hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x), persamaan (2)

$$y = ax + b \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

x = konsentrasi (mg/L)

y = absorbansi

a = *slope*

b = *intercept*

### 3.6 Analisis Konsentrasi Asam Domoat

Prosedur pengujian biotoksin asam domoat mengacu pada metode SNI 2354-17: 2017 menggunakan *domoic acid* (ASP) ELISA *test kit* dengan merek Perkin-Elmer.

#### 3.6.1 Preparasi Sampel Uji

Prosedur kerja tahap preparasi sampel kerang hijau sebagai berikut:

- a. Sampel kerang hijau yang telah dikoleksi disimpan dalam *freezer* pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  sebelum dilakukannya preparasi;
- b. sampel kerang hijau yang akan diuji dipisahkan daging dan organ dalam

lainnya dari cangkang; dan

- c. daging kerang hijau dihaluskan menggunakan blender.

### 3.6.2 Ekstraksi Sampel Uji

Prosedur kerja pada tahap ekstraksi sampel kerang hijau uji biotoksin asam domoat sebagai berikut:

- a. sampel kerang hijau sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam tabung sentrifus;
- b. larutan metanol 50% sebanyak 2 mL sebagai pelarut ditambahkan ke dalam sampel dan dihomogenkan menggunakan *vortex mixer* selama 5 menit;
- c. setelah homogen, sampel disentrifus pada kecepatan 400 rpm selama 10 menit untuk memisahkan supernatan dan endapan;
- d. supernatan (lapisan atas) yang terbentuk dari sampel diambil sebanyak 0,05 mL dan dimasukkan ke dalam mini tube ukuran 1,5 mL;
- e. larutan *extraction buffer* diencerkan 1 kali / methanol 50% (90/10) dibuat terlebih dahulu;
- f. larutan *extraction buffer* 1 kali pengenceran / methanol 50% (90/10) ditambahkan sebanyak 0,95 mL dan di-*vortex* selama 1 menit; dan
- g. ekstrak sampel diambil sebanyak 50  $\mu$ L atau 0,05 mL untuk dipakai pada proses pengujian ELISA.

### 3.6.3 Proses Pengujian Asam Domoat dengan ELISA Test Kit

Prosedur kerja pada tahap pengujian ELISA *test kit* sebagai berikut:

- a. *well* atau sumuran yang digunakan sebanyak 18 buah diletakkan ke dalam *microtiter plate* yang dialasi tisu pada bagian bawahnya dan dibuat denah letak sampel dalam *well* serta dicatat agar tidak tertukar;
- b. larutan standar asam domoat sebanyak 50  $\mu$ L dimasukkan ke dalam 6 buah sumuran;
- c. ekstrak sampel uji sebanyak 50  $\mu$ L dimasukkan ke dalam 12 sumuran;

- d. larutan asam domoat-HRP (*horseradish peroxidase*) sebanyak 50  $\mu\text{L}$  ditambahkan ke dalam setiap sumuran;
- e. asam domoat *antibody* sebanyak 50  $\mu\text{L}$  ditambahkan ke dalam setiap sumuran;
- f. *microtiter plate* dihomogenkan secara manual dengan cara digoyangkan selama 1 menit;
- g. *microtiter plate* diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang 20 - 25°C;
- h. *microtiter plate* dicuci, yaitu cairan dari sumuran dibuang dengan cara menenggutkan *microtiter plate* ke tisu hingga kering. Sumuran dicuci sebanyak 3 kali menggunakan *wash solution* 1 kali pengenceran sebanyak 250  $\mu\text{L}$ ;
- i. TMB (*tetramethyl benzidine*) *substrate* sebanyak 100  $\mu\text{L}$  dimasukkan ke dalam setiap sumuran yang telah dicuci dan dihomogenkan secara manual dengan menggoyangkan *microtiter plate* selama 1 menit;
- j. *microtiter plate* diinkubasi selama 15 menit pada ruangan dengan keadaan gelap pada suhu ruang 20 - 25°C;
- k. *stop solution* sebanyak 100  $\mu\text{L}$  ditambahkan ke dalam setiap sumuran; dan
- l. nilai absorbansi setiap sumuran dibaca menggunakan ELISA *reader* pada panjang gelombang 450 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dihitung nilai rata-rata absorbansi relatif (%) yang digunakan untuk menentukan konsentrasi asam domoat dari persamaan standar setelah dikalikan faktor pengenceran (100). Persamaan yang digunakan adalah regresi logit-log persamaan (3) sebagai berikut:

$$y = a + b \log(x) + b \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

y = absorbansi

x = konsentrasi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

a = *slope*

b = *intercept*

### 3.7 Analisis Kepadatan Fitoplankton

Fitoplankton diidentifikasi menggunakan buku identifikasi fitoplankton air laut.

Kepadatan fitoplankton dihitung dengan tahapan sebagai berikut:

- sampel air fitoplankton sebanyak 1 mL diteteskan ke dalam *sedgewick rafter*, kemudian ditutup dengan *coverglass* dan diletakkan di bawah mikroskop;
- fitoplankton diidentifikasi dan dihitung setiap jenisnya; dan
- fitoplankton yang telah diamati selanjutnya dihitung kepadatannya dengan persamaan (4) (Effendi, 1997 dalam Tarigan, 2019).

$$N = \frac{B \times n}{A \times C} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

N = jumlah kepadatan fitoplankton (ind/L)

A = volume sampel air yang disaring (L)

B = volume sampel air yang tersaring (mL)

C = volume sampel air dalam *sedgewick rafter* (1 mL)

n = jumlah sel tercacah

### 3.8 Analisis Data

Data kepadatan fitoplankton dan kualitas air dianalisis secara deskriptif. Hubungan antara ukuran kerang hijau dengan konsentrasi asam domoat dan hubungan antara kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. dengan konsentrasi asam domoat dianalisis menggunakan analisis regresi linier sederhana dengan persamaan (5). Pada hubungan tersebut konsentrasi asam domoat merupakan variabel dependen, sedangkan ukuran kerang hijau dan kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. merupakan variabel independen.

$$y = a + bx \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

y = variabel dependen

x = variabel independen

a = *intercept* (konstanta)

b = *slop* (koefisien regresi)

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Kesimpulan penelitian, yaitu:

1. Kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp. yang ditemukan termasuk dalam kategori kepadatan rendah dengan proporsi yang kecil terhadap kepadatan total diatom dan belum dikategorikan sebagai kondisi HABs, sehingga bisa dikatakan tidak terjadi *blooming Pseudo-nitzschia* sp;
2. Konsentrasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau pada semua ukuran nilainya masih di bawah baku mutu; dan
3. Konsentrasi asam domoat dalam tubuh kerang hijau memiliki korelasi yang positif dengan ukuran kerang hijau dan juga kepadatan *Pseudo-nitzschia* sp.

### 5.2 Saran

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

1. Perlu pemetaan secara rutin terhadap perubahan kualitas air untuk mengamati potensi kejadian HABs; dan
2. Pemanfaatan kerang hijau perlu memperhatikan tahapan pengolahan yang dapat mengurangi konsentrasi asam domoat untuk mengatasi kejadian ASP



## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Henni, W. M., Siti, H., dan Hermawan F. 2015. Analisis kesesuaian lahan di perairan Pulau Pasaran Provinsi Lampung untuk budidaya kerang hijau (*Perna viridis*). *Maspari Journal*, 7(2):57-64.
- Amato, A., Orsini, L., D'alelio, D., dan Montresor, M. 2005. Life cycle, size reduction patterns, and ultrastructure of the pennate planktonic Diatom *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Bacillariophyceae). *Journal Phycol*, 41(3):542-556. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2005.0008.x.
- APHA (American Public Health Association). 2012a. *APHA 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> B Nitrogen (Nitrate) with Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method*. In: *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22<sup>nd</sup> ed. Bridgewater, L., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF) (ed). American Public Health Association. Washington, D. C. 724 p.
- APHA (American Public Health Association). 2012b. *APHA 4500-PO<sub>4</sub> P. E (Phosphate) with Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method*. In: *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22<sup>nd</sup> ed. Bridgewater, L., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF) (ed). American Public Health Association. Washington, D. C. 724 p.
- Ariana, D., Joko S., dan Syafruddin N. 2014. Komposisi jenis dan kelimpahan fitoplankton perairan laut Riau. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 1(1):1-15.
- Arofah, S., Sari, L. A., dan Kusdarwanti, R. 2018. The Relation with N/P ratio to phytoplankton abundance in mangrove Wonorejo Waters, Rungkut, Surabaya, East Java. *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*. *The 3<sup>rd</sup> International Conference on Fisheries and Marine Proceeding*, 178(1). DOI: 10.1088/1755-1315/718/1/012018.
- Audah, N., Japa, L, dan Yamin, M. 2021. Abundance and diversity of diatoms class Bacillariophyceae as bioindicator of pollution in the waters of Tanjung Luar fish landing based. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3):525-531.

- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *SNI 2354 Cara Uji Kimia-Bagian 17: Penentuan Kadar Asam Domoat (Amnesic Shellfish Poisoning) dengan Metode Enzyme Linked Immunoassay (ELISA) pada Produk Kekekangan*. Jakarta.
- Barus, T. A., Sinaga, S. S., dan Tarigan, R. 2008. Produktivitas primer fitoplankton dan hubungannya dengan faktor fisik-kimia air di perairan Parapat, Danau Toba. *Jurnal Biologi Sumatera*, 3(1):11-16.
- Bates, S. S., De Freitas, A. S. W., Milley, J. E., Pocklington, R., Quilliam, M. A., Smith, J. C., dan Worms, J., 1991. Controls on domoic acid production by the diatom *Nitzschia pungens* f. *multiseries* in culture: nutrients and irradiance. *Journal Fisheries and Aquatic Science*, 48(7):1136-1144. DOI: 10.1139/-191-137.
- Bates, S. S., Bird, C. J., De Freitas, A. S. W., R., Foxll, Gilgan, M., Hanic, L. A., Mcculloch, G. R., Odense, P., Pocklington, R., Quilliam, M. A., Sim, P. G., Smith, D.V. J. C., Subbarao, E. C. D., Tood, J. A., Walter, dan Wright, J. L. C. 1989. Penneate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences*, 46(7):1203-1215. DOI: 10.1139/-f89-156.
- Blanco, J., Marino, C., Helen M., Ganzalo. A., dan Rossignoli, A. E. 2021. Characterization of the domoic acid uptake mechanism of the mussel (*Mytilus galloprovincialis*) digestive gland. *Toxins*, 13(7):458. DOI: 10.3390/toxins13070458.
- Bogan Y. M., Harkin, Gillespie, J., Kennedy, D. J., Hess, P., dan Slater, J. W. 2007. The influence of size on domoic acid concentration in king scallop, *Pecten maximus* (L.). *Science Direct, Harmful Algae*, 6(1):15-28. DOI: 10.1016/-j.hal.2006.05.005.
- Cappenberg, H. A. W. 2008. Beberapa aspek biologi kerang hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Oseana*, 33(1):33-40.
- Chekan, J. R., McKinnae, S. M. K., Noel, J. P., dan Moore B. S. 2020. Alga neurotoxin biosynthesis repurposes the terpene cyclase structural fold into an N-prenyltransferase. *PNAS*, 117(23):12799-12805.
- Conley, D. L., Schelske, C. L., dan Stoermer, E. F. 1993. Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. *Marine Ecology Progress Series*, 101:179-192.
- Dewanti, L. P. P., Dewa N. N. P., dan Faiqoh, E. 2018. Hubungan kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton dengan kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton di perairan Pulau Seangan, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2):324-335.

- Domingues, R. B., Barbosa, A., dan Galvao, H. 2005. Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64(2):249-260. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.02.017.
- Efendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 257 hlm.
- Effendi. 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 hlm.
- FIGIS (Fisheries Global Information System). 2005. *Species Fact Sheet: Perna viridis* (Linnaeus, 1758) – *Mytilidae*. FAO. Roma.
- Firdaus, M. 2019. *Kualitas Air dan Keterkaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton di Danau Tanjung Balam, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Riau.
- Galazzo, F. B., Crichton, K. A., dan Barker, S., Person, P. N. 2018. Temperature dependency of metabolic rates in the upper ocean: A positive feedback to global climate change?. *Global and Planetary Change*. 170:201-212.
- Handoko, Yusuf, M., dan Wulandari, S. Y. 2013. Sebaran nitrat dan fosfat dalam kaitannya dengan kelimpahan fitoplankton di Kepulauan Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(2):48-53.
- Hartoko, A. 2013. *Oceanographic Characters and Plankton Resource of Indonesia*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 174 hlm.
- Haryanti, R., Susanto, A. F., dan Adi, H. 2019. Kajian kesesuaian lahan budi daya 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.
- Hasrun, L. O., Kasim, M., dan Salwiyah. 2013. Studi biodiversitas diatom bentik pada areal mangrove di perairan Kecamatan Kolono Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 2(6):35-47.
- Hutami, F. E., Supriharyono, dan Herruddin. 2015. Laju filtrasi kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap *Skeletonema closterium* pada berbagai tingkat salinitas. *Maqueres*, 4(1):125-130.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan. 2004. Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 17 Tahun 2004 tentang Sistem Sanitasi Kekerangan Indonesia.
- Kraberg, A. C dan Baumann, M. E. M. 2010. *Coastal Phytoplankton Photo Guide for Northern European Seas*. Pfeil Verlag. California. 204 p.

- La Barre, S., Bates, S. S., dan Quilliam, M. A. 2014. *Domoic Acid*. In: S. La Barre dan Kornprobst, J. M (eds), *Outstanding Marine Molecules: Chemistry, Biology, Analysis*. Wiley Blackwell. 189–216 p. DOI: 10.1002/97835276-81501.ch08. Book chapter.
- Lestari, S. W., Wahono, T. E. P., dan Rinawati. 2022. Model prediksi kelimpahan *Nitzschia* sp. di Perairan Teluk Hurun, Lampung. *Jurnal Techno-Fish*, 6(1):29-41.
- Liliandari, P. A. 2013. Kecepatan filtrasi kerang hijau *Perna viridis* terhadap *Chaetoceros* sp. dalam media logam tercemar kadmium. *Jurnal Sains dan Seni Pomits V*, 2(2):149–154.
- Lu, J., Wu, D., Zheng, Y., Hu, B., Cheng, W., Zhang, Z., dan Li, M. 2013. Troxerutin counteracts domoic acid-induced memory deficits in mice by inhibiting ccaat/enhancer binding protein  $\beta$ -mediated inflammatory response and oxidative stress. *The Journal of Immunology*, 190(7):3466-3479. DOI: 10.4049/jimmunol.1202862.
- Mery. 2018. *Jenis dan Kelimpahan Diatom Planktonik di Perairan Rangsang Barat Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau*. Skripsi. Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau. Riau.
- Muchtar, M. 2012. Distribusi zat hara fosfat, nitrat, dan silika di perairan Kepulauan Natuna. *Jurnal Ilmu Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2):304-317.
- Muller, C., Glamuzina, B., Pozniak, I., Weber, K., Cialla, D., Popp, J., dan Pinzaru, C. S. 2014. Amnesic shellfish poisoning biotoxin detection in seawater using pure or amino-functionalized Ag nanoparticles and SERS. *Talanta*, 130(1):108–115. DOI:10.1016/j.talanta.2014.06.059.
- Mustofa, A. 2015. Konsentrasi nitrat dan fosfat sebagai faktor tingkat kesuburan perairan pantai. *Jurnal Disprotek*, 6(1):13–19.
- Nair, A. 2009. Risk assessment of the amnesic shellfish poison, domoic acid, on animals and humans. *Journal of Environmental Biology*, 30(3):319–325.
- Nastiti, A. S., Mujiyanto, dan Krismono. 2020. Kelimpahan *Chaetoceros* sp. spp. dan hubungannya dengan Parameter kualitas air di Perairan Muara Gem-bong, Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indonesia*, 16(1):39-46.
- Nogueira, I., Cunha, A. L. A., Afonso., Rivera, S., Azevedo, J., Monteiro, R., Cervantes, R., Martinez, A. G., dan Vasconcelos, V. 2010. Toxic effect of domoic acid on fish *Sparus aurata*. *Marine Drugs*, 8:2721-2732, DOI: 10.33-90/md8102721.

- Odum, E. P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi (Fundamental of Ecology)*. Terjemahan oleh T. J. Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 612 hlm.
- Pan, Y., Bates, S. S., dan Cembella, A. D. 1998. Environmental stress and domoic acid production by *Pseudo-nitzschia*: a physiological perspective. *Marine Biotoxins Program*, 6(3): 127-135. DOI: 10.1002/(SICI)1522-7189(1998-05-/08)6:3/43.0.CO;2-2.
- Pan, Y., Rao, D. V. S., Mann, K. H., Brown, R. G., dan Pocklington, R. 1996. Effect of silicate limitation on production of domoic acid, a neurotoxin, by the diatom *Pseudo-nitzschia multiseriata*. I. continuous culture studies. *Marine Ecology Progress Series*, 131(1):225-233. DOI: 10.3354/meps-131225.
- Panggabean, L. M. G. 2006. Toksin alam dari mikroalgae. *Oseana*, 31(3):1–12.
- Praseno, D. P., dan Sugestiningih. 2000. Retaid di Indonesia. P3O-LIPI. Jakarta. 82 hlm.
- Pratikto, I. 2013. Filtrasi kerang hijau *Perna viridis* terhadap mikroalga pada jenis dan konsentrasi berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(2):35-40.
- Putra, W. S. 2006. *Laju Filtrasi Kerang Hijau (Perna veridis L. 1758) dalam Mereduksi Bahan Tersuspensi*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Putri, B., Nur, N. M., dan Ali, M. 2018. Pembinaan usaha budi daya kerang hijau dan ikan di Pulau Pasaran, Lampung. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(1):30-35.
- Rachman, A. 2013. *Pseudo-nitzschia*: Fitoplankton kosmopolit dan potensial toksik. *Oseana*, 38(1):15–25.
- Rahmadiani, W. D. D., dan Aunurohim. 2013. bioakumulasi logam berat kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi sublethal. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2):202-206.
- Rahman, N., Andi. Z., dan Tri A. 2022. Kelimpahan fitoplankton dan kaitannya dengan beberapa lingkungan perairan di estuasi Sei Carang, Tanjungpinang. *Journal of Marine Research*, 11(2):189-200.
- Raunsai, E. K., dan Koirewoa, D. C. 2016. Plankton sebagai parameter kualitas air perairan Teluk Yos Sudarso dan sungai Anafre Kota Jayapura Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 8(2):1-12.
- Riisgard, H. U. 2001. On measurement of filtration rates in bivalve the stony road to reliable data: Review and interpretation. *Marines Ecology Progress Series*, 211:275-291.

- Sagita, A., Kurnia, R., dan Sulistiono, S. 2018. Penilaian kondisi ekologi perairan untuk pengembangan budidaya kerang hijau (*Perna Viridis*) di Pesisir Kuala Langsa, Aceh. *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap*, 10(1):57.
- Siddall, S. E. 1980. A clarification of the genus *Perna* (Mytilidae). *Bulletin of Marine Science*, 30(4):858-870.
- Simanjuntak, M. 2007. *Kadar fosfat, nitrat, dan silika kaitannya dengan kesuburan perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur*. Pusat Penelitian Oseanografi Lipi. 11 hlm.
- Suryono, A. C. 2013. Filtrasi kerang hijau *Perna viridis* terhadap micro algae pada media terkontaminasi logam berat. *Buletin Oseanografi Marina*, 2:41-47.
- Suthers, I. M. dan Rissik, D. 2009. *Plankton: A Guide to Ecology and Monitoring for Water Quality*. CSIRO Press. Australia. 256 p.
- Sutomo. 2004. Pengaruh salinitas dan jenis mikroalga *Chaetoceros sp. gracilis* dan *Nannochloropsis oculata* terhadap perkembangan naupili dan pertumbuhan copepoda, *Tigriopus brevicornis*. *Oseanografi dan Limnologi Indonesia*, (38):47-67.
- Swanson, G. T dan Sakai, R. 2009. Ligands for ionotropic glutamate receptor. *Prog. Mol. Subcell*, 46:123-157.
- Tan, W. H. 1975. Eggs and larva development in the green mussels, *Mytilus viridis* Linnaeus. *The Veliger*, 18(2):151-155.
- Tarigan, I. L. 2019. *Dasar-Dasar Kimia Air Makanan dan Minuman*. Media Nusa Creative. Malang. 264 hlm.
- Thessen, A. E. 2007. *Taxonomy and Ecophysiology of Pseudo-nitzschia in the Chesapeake Bay*. Doctor of Philosophy, University of Maryland. USA. 246 p.
- Tood, E. C. D. 1993. Domoic acid and amnesic shellfish poisoning-A review. *Journal of Food Protection*, 56(1):69-83. DOI: 10.4315/0362-028X-56.1.69.
- Valiela, I. 1995. *Marine Ecological Processes*. Spring New York. New York. 696 p.
- Wulandari, D. Y., Pratiwi, N. T. M., dan Adiwilaga, E. M. 2014. Distribusi spasial fitoplankton di perairan pesisir Tangerang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 19(3):156-162.

Zakiah, U., dan Mulyanto. 2022. *Produktivitas Primer di Perairan Laut Terbuka Edisi 1*. Media Nusa Creative (MNC Publishing). Malang. 90 hlm.