# PENGARUH EKSTRAK METHANOL TERIPANG LOKAL (*Phyllophorus* sp.) SEBAGAI *ANTIFOULING* ALAMI TERHADAP *MACROFOULER* *Nerita* sp.

**SKRIPSI**

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A


**Disusun Oleh:**

**Himatul Hasanah**

**H74216058**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**


**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Himatul Hasanah

NIM : H74216058

Program studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul PENGARUH EKSTRAK METHANOL TERIPANG LOKAL (*Phyllophorus* sp.) SEBAGAI *ANTIFOULING* ALAMI TERHADAP *MACROFOULER Nerita* sp.. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan. Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 10 Januari 2021

Himatul Hasanah

H74216058

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Skripsi oleh:

NAMA : HIMATUL HASANAH

NIM : H74216058

JUDUL : PENGARUH EKSTRAK METHANOL TERIPANG LOKAL (*Phyllophorus* sp.) SEBAGAI ANTIFOULING ALAMI TERHADAP MACROFOULER *Nerita* sp.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 10 Januari 2021

| **Dosen Pembimbing I** | **Dosen Pembimbing II** |
|---|---|
| Rizqi Abdi Perdanawati, M.T | Dian Sari Maisaroh, M.Si |
| NIP. 198809262014032002 | NIP. 198908242018012001 |

**PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI**

Skripsi Himatul Hasanah ini telah dipertahankan

di depan tim penguji skripsi

di Surabaya, 18 Januari 2021

Mengesahkan,

Dewan Penguji

| Penguji I | Penguji II |
|---|---|
| (Rizqi Abdi Perdanawati, M.T) | Dian Sari Maisaroh, M.Si |
| NIP. 198809262014032002 | NIP. 198908242018012001 |
| **Penguji III** | **Penguji IV** |
| (Mauludiyah, M.T) | (Misbakhul Munir, M.Kes) |
| NUP. 201409003 | NIP. 198107252014031002 |

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M. Ag.

NIP 197312272005012003

**KEMENTERIAN AGAMA**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**
**PERPUSTAKAAN**
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : HIMATUL HASANAH
NIM : H74216058
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI
E-mail address : hhima.hs20@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PENGARUH EKSTRAK METHANOL TERIPANG LOKAL (*Phyllophorus* sp.) SEBAGAI *ANTIFOULING* ALAMI TERHADAP *MACROFOULER Nerita* sp.

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 18 Januari 2021

Penulis

(HIMATUL HASANAH)

# ABSTRAK

## PENGARUH EKSTRAK METHANOL TERIPANG LOKAL (*Phyllophorus* sp.) SEBAGAI *ANTIFOULING* ALAMI TERHADAP *MACROFOULER Nerita sp.*

**Oleh:**
**Himatul Hasanah**

*Macrofouling* adalah aktifitas penempelan biota yang memiliki ukuran > 0.5 cm yang hidupnya menempel dan membentuk sebuah koloni pada konstruksi marikultur. Pengembangan bahan antifouling saat ini banyak menggunakan bahan alami termasuk biota laut yaitu teripang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai antifouling alami terhadap *macrofouler Nerita* sp. Desain eksperimental untuk penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima jenis perlakuan yaitu perlakuan kontrol negatif, konsentrasi ekstrak 75 mg/ml, konsentrasi ekstrak 100 mg/ml, konsentrasi ekstrak 200 mg/ml dan kontrol positif dengan tiga kali pengulangan pada tiap perlakuan. Hasil penelitian menunjukan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memiliki kandungan senyawa bioaktif saponin, alkaloid, tanin, steroid serta fenolik. Ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memberikan pengaruh terhadap nilai *antifouling rate*. Hal yang sama juga terjadi dimana semakin meningkatnya konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memberikan penurunan signifikan pada kemampuan *regaining macrofouler Nerita* sp. Berdasarkan hasil perhitungan *lethal concentration* 50 atau $LC_{50}$ diperoleh nilai sebesar 185,18. Artinya, konsentrasi ekstrak teripang (*Phyllophorus* sp.) bersifat mematikan 50 % dari seluruh biota uji yakni pada konsentrasi 185,18 mg/ml. Penelitian ini menunjukan bahwa teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memiliki potensi sebagai *antifouling* tetapi diperlukan studi lebih lanjut.

**Kata Kunci** : Ekstrak metanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.), *macrofouler*, *Nerita* sp., *antifouling*



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# ABSTRACT

## EFFECT OF LOCAL SEA CUCUMBER METHANOL EXTRACT (*Phyllophorus* Sp.) AS NATURAL ANTIFOULING AGAINST MACROFOULER *Nerita* Sp.

**By:**
**Himatul Hasanah**

*Macrofouling is the activity of attaching biota with size > 0.5 cm, which attach to and form a colony in the mariculture construction. The development of antifouling materials currently uses a lot of natural ingredients including marine life, namely sea cucumbers. This study aims to determine the activity of local sea cucumber (Phyllophorus sp.) Methanol extract as a natural antifouling against macrofouler Nerita sp. The experimental design for this study used a completely randomized design with five types of treatment, namely negative control treatment, extract concentration of 75 mg/ml, extract concentration of 100 mg/ml, extract concentration of 200 mg/ml and positive control with three repetitions for each treatment. The results showed that the local sea cucumber (Phyllophorus sp.) Methanol extract contained saponins, alkaloids, tannins, steroids and phenolic bioactive compounds. The local sea cucumber (Phyllophorus sp.) Methanol extract has an effect on the antifouling rate value. The same thing also happened where the increasing concentration of local sea cucumber (Phyllophorus sp.) Methanol extract gave a significant decrease in the regaining ability of Nerita sp. Macrofouler. Based on the results of the calculation of lethal concentration 50 or* $LC_{50}$*, the value is 185.18. This means that the concentration of sea cucumber extract (Phyllophorus sp.) is lethal to 50% of all tested biota, namely at a concentration of 185.18 mg/ml. This study shows that local sea cucumber (Phyllophorus sp.) Has potential as an antifouling agent but further studies are needed.*

***Keywords****: local sea cucumber (Phyllophorus sp.), antifouling, macrofouler, Nerita sp.*



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
PERNYATAAN KEASLIAN.....i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....iv
ABSTRAK.....v
ABSTRACT.....vi
KATA PENGANTAR.....vii
DAFTAR ISI.....viii
DAFTAR GAMBAR.....ix
DAFTAR TABEL.....x
BAB I PENDAHULUAN.....1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 4
1.3 Tujuan Penelitian ..... 4
1.4 ManfaatPenelitian..... 4
1.5 Batasan Masalah..... 4
1.6 Hipotesis..... 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....7
2.1 TeripangLokal (*Phyllophorus*sp.) ..... 7
2.1.1 Habitat Teripang ..... 9
2.1.2 Makanan Teripang ..... 10
2.1.3 Predator dan Pertahanan* Diri Teripang..... 10
2.1.4 Metabolit Sekunder *Teripang..... 11
2.2 Biofouling..... 13
2.3 Proses dan Faktor Pembentukan *Biofouling*..... 16
2.3.1 *Macrofouler Nerita* sp..... 21
2.3.2 Metode Penanganan Biofouling* ..... 26
2.3.3 Produk *Antifouling* ..... 29
2.4 Ekstraksi..... 31
2.4.1 Maserasi ..... 31



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5 Uji Fitokimia Ekstrak Methanol Teripang Lokal (*Phyllophorus* sp.). ..... 33
2.6 Integrasi Sains dan Keislaman ..... 38
2.7 PenelitianTerdahulu ..... 41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....46
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian ..... 48
3.2 Alat dan Bahan ..... 49
3.3 Metode Penelitian..... 50
3.4 Prosedur Penelitian..... 51
3.4.1 Pengambilan Sampel Teripang ..... 51
3.4.2 Proses Ekstraksi ..... 52
3.4.3 Uji Fitokimia* ..... 53
3.4.4 Persiapan Biota Uji ..... 57
3.4.5 Proses Aklimatisasi* ..... 57
3.4.6 Pengukuran Kualitas Air ..... 58
*3.4.7* Proses Uji Antifouling Terhadap *Macrofouler Nerita sp* ..... 61
3.5 Analisis Data ..... 62
3.6 Diagram Alir Penelitian ..... 64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....64
4.1 Uji Fitokimia Ekstrak Methanol Teripang Lokal (*Phyllophorus* sp.). ..... 65
4.2 Uji Antifouling..... 68
4.2.1 Analisis *Antifouling Rate*.....70
4.2.2 Analisis *Regaining Rate*.....76
4.2.3 Pengaruh *Antifouling Rate* Terhadap *Regaining Rate*.....80
4.2.4 Analisis *Lethal Concentration* 50 ($LC_{50}$).....82
BAB V PENUTUP.....86
5.1 Kesimpulan ..... 86
5.2 Saran..... 87
DAFTAR PUSTAKA



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi teripang.....13
Gambar 2.2 Teripang Lokal (*Pyllophorus* sp.) .....20
Gambar 2.3 Larva Nauplius .....24
Gambar 2.4 Cirrus *Balanus* sp. .....24
Gambar 2.5 Cirrus *Balanus* sp. .....25
Gambar 2.6 Proses pembentukan biofouling .....26
Gambar 2.7 Keberadaan biofouling pada lambung kapal.....30
Gambar 2.8 Teritip menghancurkan cat antikorosi.....31
Gambar 2.9 Keberadaan biofouling pada kegiatan budidaya perairan.....31
Gambar 2.10 Morfometri genus *Nerita sp*.....33
Gambar 2.11 Ventral side of Alas Purwo National Park Nerita specimens.....33
Gambar 2.12 Perbandingan bentuk cangkang Nerita.....34
Gambar 2.13 Terminologi operkulum Nerita.....35
Gambar 2.14 Operkulum Nerita.....36
Gambar 2.15 Struktur dasar penyusun senyawa flavonoid.....43
Gambar 2.16 Struktur dasar penyusun senyawa steroid (kiri) dan terpenoid (kanan).....44
Gambar 2.17 Struktur dasar penyusun senyawa fenolik .....45
Gambar 2.18 Struktur dasar penyusun senyawa saponin.....46
Gambar 2.19 Struktur tanin .....47
Gambar 3.1 Lokasi pengambilan teripang lokal (*Phyllophorus* sp.).....56
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan *Nerita* sp. .....57
Gambar 3.3 Sampel teripang lokal (*Phyllophorus* sp.).....61
Gambar 3.4 Ekstrak kasar teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) .....63
Gambar 3.5 Uji senyawa alkaloid.....64
Gambar 3.6 Uji senyawa flavonoid .....64
Gambar 3.7 Uji senyawa saponin .....65
Gambar 3.8 Uji Senyawa steroid .....66



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 3.9 Uji senyawa triterpenoid .....66
Gambar 3.10 Uji senyawa tanin .....67
Gambar 3.11 Uji senyawa fenolik .....67
Gambar 3.12 Biota uji .....68
Gambar 3.13 Proses aklimatisasi .....69
Gambar 3.14 Proses uji *antifouling* skala laboratorium.....70
Gambar 3.15 Pengukuran salinitas .....70
Gambar 3.16 Pengukuran DO .....71
Gambar 3.17 Pengukuran pH .....72
Gambar 3.18 Pengukuran Temperatur .....72
Gambar 4.1 Jenis perlakuan.....81
Gambar 4.2 Kontrol positif .....83
Gambar 4.3 Kondisi *Nerita sp.* di dasar akuarium .....84
Gambar 4.4 *Antifouling rate* (%) .....85
Gambar 4.5 *Regaining rate* (%).....89
Gambar 4.6 Jenis Perlakuan *regaining rate*.....91
Gambar 4.7 Persentase kematian biota uji .....96
Gambar 4.8 Analisis probit dan perhitungan $LC_{50}$ .....97



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Presentase penyusun tubuh teripang.....19

Tabel 2.2 Bahan alam sebagai *antifouling*.....40

Tabel 3.1 Alat Penelitian.....57

Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....58

Tabel 3.3 Pengulangan uji *antifouling*.....59

Tabel 3.4 Hasil proses ekstraksi Ekstrak *Phyllophorus* sp.....54

Tabel 3.5 Pedoman Uji Fitokimia.....72

Tabel 4.1 Uji senyawa bioaktif teripang lokal (*Phyllophorus* sp.).....75

Tabel 4.2 Uji kualitas air pemeliharaan.....78

Tabel 4.6 Uji One Way ANOVA pengamatan 1x24 jam dan 2x24 jam.....85

Tabel 4.7 Pengamatan perilaku biota uji setelah diberi perlakuan air laut segar *Nerita sp*.....89

Tabel 4.10 Uji *One Way* ANOVA.....91

Tabel 4.11 Hasil uji regresi linear sederhana antifouling rate terhadap *regaining* rate.....92



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Fenomena *biofouling* merupakan salah satu permasalahan yang cukup serius dikarenakan resiko kerugian yang ditimbulkannya. *Biofouling* adalah aktifitas penempelan organisme laut (bakteri, protozoa, jamur, alga serta invertebrata) terhadap benda-benda yang mengapung atau terendam di perairan seperti kapal, dermaga, keramba budidaya, *heat exchanger* serta bangunan lepas pantai (Railkin, 2004; Briand, 2009; Kamyab et al, 2020). *Biofouling* dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan ukuran yaitu *microfouling dan macrofouling. Microfouling* adalah aktifitas penempelan biota yang berukuran < 0,5 cm contohnya alga dan bakteri. Sedangkan *macrofouling* adalah aktifitas penempelan biota yang memiliki ukuran > 0.5 cm (Baveridge, 1987 ; Rejeki, 2009).

Keberadaan *macrofouling* menjadi salah satu permasalahan serius dikarenakan resiko kerugian yang ditimbulkannya. *Macrofouling* hidupnya menempel dan membentuk sebuah koloni (Baveridge, 1987 ; Rejeki, 2009). Kemampuan tumbuh dan berkembang dengan cepat pada konstruksi marikultur yang terendam oleh air menjadikan keberadaannya menjadi sangat merugikan. Apabila proses akumulasi *macrofouling* dibiarkan secara berkelanjutan dapat menyebakan permasalahan baik secara ekonomis maupun operasional (Syahputra & Almuqaramah, 2019).

*Macrofouling* terdiri dari berbagai golongan diantaranya alga, moluska, crustacea, bryozoa serta polychaeta. Salah satu jenis *macrofouling* yang diduga paling sering ditemui di Perairan Pantai di kawasan Jember ialah dari golongan moluska yakni *Nerita* sp. *Nerita* sp. merupakan salah satu jenis moluska golongan gastropoda yang memiliki kebiasaan hidup menempel pada pantai berbatu serta *breakwater*. Mereka termasuk binatang yang bertubuh lunak dan ditutupi oleh cangkang (Baharudin, Basri & Syawal, 2018). *Nerita* sp. dapat bersifat herbivora, karnivora, omnivora atau detrivora (Eichhorst, 2016).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keberadaan moluska seperti *Nerita* sp. diduga memberikan dampak serta kerugian bagi lingkungan. Salah satu dampak yang ditimbulkannya ialah keberadaannya pada rakit budidaya yang mengakibatkan rakit tersebut menjadi tenggelam (Amstrong, 2000 ; Marhaeni, 2010). Selain itu, penempelan biota tersebut juga menyebabkan terjadinya kerusakan pada jaring kantung apung dan berpengaruh terhadap penurunan produksi rumput laut (La Didu, Ma'ruf K., & Emiyarti, 2019). Keberadaan moluska dapat menyebabkan terjadinya penutupan jaring pada budidaya sehingga dapat meningkatkan mortalitas ikan budidaya dan mengakibatkan terjadinya penyebaran penyakit (Huang, 2000; Phillipi *et al*., 2001; Tan *et al*., 2002; Swift *et al*., 2006). Penempelan suatu organisme pada material logam secara intensif dapat menyebabkan terjadinya korosi (Lukasheva et al., 1992; Raiklin, 2004). Kerusakan kayu pada bangunan pantai atau kapal terjadi akibat adanya serangan biota penempel yang menyebabkan perubahan permukaan (Pereira *et al*., 2002; Boesono, 2008).

Upaya perbaikan karena kerusakan yang ditimbulkan adanya *macrofouling* membutuhkan biaya yang cukup besar seperti yang dijelaskan oleh Badhury & Wright (2004) yang menyatakan bahwa pemerintah dan industri di Amerika setidaknya menghabiskan sebesar 200 juta dollar untuk mengatasi permasalahan *biofouling*. Kerusakan yang ditimbulkan oleh keberadaan *macrofouling* memberikan kerugian yang cukup serius sehingga diperlukan upaya pencegahan. Upaya pencegahan *macrofouling* biasanya dilakukan dengan menggunakan cat *antifouling*. Cat *antifouling* ini mencegah terjadinya *macrofouling* dengan cara menciptakan biosida yang efektif dan konstan (Marhaeni, 2008).

Secara umum cat *antifouling* mengandung tembaga dan TBT (*tri-n-butyltin*) sebagai unsur aktif dan paling efektif (Willemsen and Ferrari, 1993 dalam Marhaeni, 2008). Adanya bahan aktif yang terkandung dalam cat anti *fouling* tersebut justru menimbulkan permasalahan baru karena TBT tidak hanya toksik pada organisme *fouling* tetapi juga membahayakan bagi organisme non target. Selain itu, TBT dianggap



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menjadi sangat toksik dan *persistent* dalam lingkungan laut (Perez *et al*, 2009 dalam Amin, 2017).

Hal inilah yang menjadi suatu tantangan baru bagi industri dan pemerintah dalam mengembangkan teknologi alternatif untuk mencegah pencemaran pada konstruksi dan instalasi *marikultur*. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan senyawa alternatif yang ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan* gangguan dan kerusakan bagi organisme non-target maupun bagi lingkungan laut, salah satu senyawa alternatif yang dapat digunakan adalah ekstrak dari biota laut.

Belakangan ini masyarakat banyak menggunakan produk alam sebagai *bahan antifouling* salah satunya dengan memanfaatkan biota laut. salah satu biota laut yang dapat menghasilkan senyawa *antifouling* ialah ekstrak teripang. Ekstrak teripang mengandung metabolit sekunder seperti alkaloid, steroid, sapogenin, saponin, triterpenoid, glycosaminoglycan, lektin, fenol serta flavonoid (Bordbar *et al*, 2011 dalam Nimah *et al*, 2012). Berdasarkan kandungan senyawa bioaktif yang dimilikinya, *Holothuria* dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri, antimikroba, *antifouling*, antikanker, antitumor serta imunostimulan (Farouk *et al*, 2007 dalam Nimah *et al*, 2012).

Berdasarkan fakta-fakta yang telah diuraiakan maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai *antifouling* alternatif pengganti senyawa TBT agar lebih ramah lingkungan. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui apakah ekstrak teripang memiliki kemampuan serta potensi sebagai *antifouling* terhadap *macrofouler Nerita* sp., sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan ekstrak methanol teripang lokal dapat berpengaruh bagi biota *Nerita* sp.

Ada beberapa indikator yang di gunakan dalam uji *antifouling* penelitian ini diantaranya *antifouling rate* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat anti penempelan biota terhadap ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.). Indikator kedua adalah *regaining rate*,



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

analisis *regaining rate* digunakan untuk mengetahui tingkat pemulihan dan perilaku biota uji setelah diberi perlakuan air laut segar yang sebelumnya telah terpapar oleh ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.). Indikator selanjutnya ialah analisis *lethal concentration* 50 ($LC_{50}$) yang di gunakan untuk mengetahui konsentrasi yang dapat membunuh 50% dari seluruh biota uji.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil uji fitokimia ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) ?
2. Bagaimana pengaruh ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai *antifouling* alami terhadap *macrofouler Nerita* sp.?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil uji fitokimia ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.)
2. Mengetahui pengaruh ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai *antifouling* alami terhadap *macrofouler Nerita* sp.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kegunaan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat bermanfaat untuk mengetahui bahwa teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dapat dijadikan sebagai senyawa *antifouling* alami
2. Sebagai bahan pertimbangan mencari senyawa *antifouling* dari bahan yang ramah lingkungan seperti pengaplikasian ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai pengganti senyawa *antifouling* berbahan kimia seperti Tributyltin (TBT).

## 1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam suatu penelitian bertujuan untuk membatasi pembahasan pada pokok permasalahan agar tidak menyimpang



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan mengambang dari tujuan penelitian sehingga mempermudah mendapatkan data serta informasi yang dibutuhkan, maka penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Materi penelitian meliputi teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) yang diperoleh dari nelayan di Pantai Kenjeran Surabaya
2. Indikator uji *antifouling* yang di gunakan dalam penelitian ini ialah *antifouling rate*, *regaining rate* serta *lethal concentration* 50 ($LC_{50}$)
3. Konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) yang digunakan adalah 75 mg/ml, 100 mg/ml, 200 mg/ml.
4. Kontrol negatif berupa pengaplikasian air laut dengan penambahan methanol
5. Kontrol positif berupa pengaplikasian cat *antifouling*
6. Analisis *antifouling* dilakukan pada pengamatan 1x24 Jam serta 2x24 Jam

## 1.6 Hipotesis

Adapun hipotesis yang diuji dalam penelitian ini sebagai berikut:

**Pengaruh faktor konsentrasi terhadap *antifouling rate Nerita* sp.**

$H_0$ : Tidak terdapat pengaruh signifikan tingkatan konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *antifouling rate Nerita* sp.

$H_1$ : Terdapat pengaruh signifikan tingkatan konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *antifouling rate Nerita* sp.

**Pengaruh faktor konsentrasi terhadap *regaining rate Nerita* sp.**

$H_0$ : Tidak terdapat pengaruh signifikan tingkatan konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *regaining rate Nerita* sp.

$H_1$ : Terdapat pengaruh signifikan tingkatan konsentrasi ekstrak teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *regaining rate Nerita* sp.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Pengaruh faktor antifouling rate terhadap *regaining rate Nerita sp.***

$H_0$ : Tidak terdapat pengaruh signifikan tingkatan *antifouling rate* terhadap *regaining rate*

$H_1$ : Terdapat pengaruh signifikan tingkatan *antifouling rate* terhadap pembentukan *regaining rate*



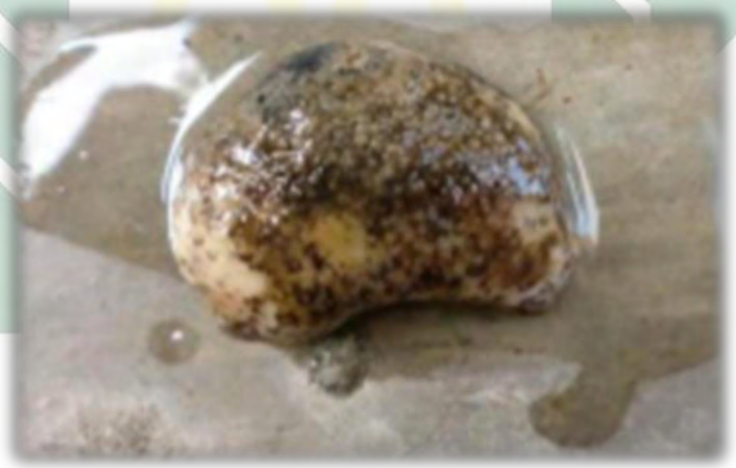
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Teripang Lokal (*Phyllophorus* sp.)

Teripang lokal (*Phylloporus* sp.) atau dikenal sebagai terung termasuk dalam filum Echinodermata. Teripang ini merupakan salah satu spesies teripang yang memiliki kandungan protein tinggi (44,39%) serta memiliki potensi imunostimulator terhadap bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Winarni *et al*, 2012 dalam Andriyono *et al*, 2016). Teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) juga dikenal sebagai teripang bola karena memiliki bentuk tubuh yang bulat menyerupai bola meskipun ada beberapa yang berbentuk memanjang. Seluruh tubuhnya ditutupi oleh filamen kecil (*papulae*).



**Gambar 2.1** Terung (*Pyllophorus* sp.) (*Sumber* : Rumiyati, 2014)

Teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memiliki bentuk morfologi seperti tubuhnya lunak berwarna putih, krem, coklat maupun oranye. Bagian antrior terdapat mulut yang beruoa tentakel transparan yang tipis dan gelap Wild Fact Sheet, 2008 dalam Rumiyati, 2014). Tentakel berfungsi sebagai alat penangkap makanan (Holtz & MacDonald, 2009). Panjang dan diameter bentuk tubuh *Phyllophorus* sp. bervariasi. Berdasarkan Wild Fact Sheet (2008) dalam Rumiyati (2014) di Indonesia *Phyllophorus* sp. memiliki



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

panjang antara 10-15 cm. Hewan ini bergerak dengan menggunakan kontraksi otot di dalam tubuhnya (Perdanawati, 2017).

Kingdom : Animalia
Phylum : Echinodermata
Class : Holothuroidea
Order : Dendrochirotida
Family : Phyllophoridae
Genus : Phyllophorus
Species : *Phyllophorus* sp.

*Phyllophorus* sp. yang ditemukan di Perairan Surabaya cenderung menyukai kondisi salinitas yang berkisar antara 28 hingga 30 ppt. Kadar pH perairan yaitu 8-9, DO berkisar antara 200 – 7,9 mg/l (Masithah *et al*, 2012). *Phyllophorus* sp. di Pantai Kenjeran di kedalaman 3,8 hingga 7,8 memiliki kebiasaan membenamkan diri di pasir serta kehidupannya berkelompok tetapi ada juga yang soliter (Winarni *et al*, 2010).

Sistem reproduksi teripang ada dua cara yaitu secara aseksual dengan membelah diri. Teripang yang dapat melakukan reproduksi ini dimasukan ke dalam kelompok teripang "*fissiporus*" yang berarti membelah seperti pada Synapta dan beberapa genus Holothuria seperti *Holoruria difficilis*, *Holothuria atra*, *Holothuria parvula* serta *Holothuria surinamensis*(Nurwidodo *et al*, 2018).

Cara reperoduksi teripang selanjutnya ialah secara seksual dan umumnya dilakukan oleh teripang yang bersifat *diecious* (kelamin jantan dan betina terletak pada individu yang berbeda) akan tetapi masing-masing jenis kelamin ini tidak memberikan ciri pada morfologi luarnya. Umunya jenis teripang yang melakukan cara reproduksi ini ialah *Holothuria scabra*, *Holothuria forskali*, *Holothuria nobilis*, *Holothuria foscopunctata*, *Thelenota ananas*, *Actinopyga echinites*, *Actinopyga gamauritinia*, telur dalam gonadnya relatif berkembang terus(Nurwidodo *et al*, 2018).

Telur-telur yang telah matang akan dikeluarkan bersamaan dengan proses pemijahan. Teripang memiliki pola pemijahan yang bermacam-macam seperti pada *Holothuria impatiens* memiliki pola reproduksi tahunan



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(*annual*) yang berarti musim pemijahannya terjadi sekali dalam setahun. Menurut penelitian yang dilaporkan oleh Pradina (1996) *Holothuria scabra* dan *Holothuria atra* di New Caledonia dan *Great Barrier Reef* (Australia) memiliki pola pemijahan yang bersifat setengah tahunan (*semiannual*) (Nurwidodo *et al*, 2018).

Alat reproduksi yang dimiliki teripang sangat sederhana yang terdiri dari kelenjar kelamin (*gonad*) serta saluran keluar gonad. Organ ini berupa satu atau dua untaian tubulus (suatu badan yang berbentuk seperti pipa) yang polos, berlekuk maupun bercabang*. Ujung tiap pipa terkadang tidak memiliki kantung. Gonad pada teripang terletak di bagian anterior atau diatas rongga badan. Perkembangan seksual pada teripang melibatkan pertambahan panjang tubulus, pertambahan percabangan serta menipisnya dinding tubulus (Nurwidodo *et al*, 2018).

Berdasarkan Purnayudha (2013) *Phyllophorus* sp. akan mengeluarkan usus serta gonad dari bagian anterior apabila mengalami stres akibat perubahan lingkungan. Selain itu kulit teripang juga akan dipenuhi dengan lendir yang menyebabkan kulit teripang mudah terluka. Perilaku stres teripang akibat perubahan lingkungan juga ditandai dengan eviserasi yaitu perilaku menggali lubang yang lebih dalam dibandingkan biasanya.

### 2.1.1 Habitat Teripang

Teripang dapat ditemukan di banyak tempat di perairan laut seperti di sela-sela terumbu karang, padang lamun, dan rumput laut. teripang tidak hanya hidup di perairan dangkal saja banyak juga di jumpai teripang yang hidup di perairan dalam (Perdanawati, 2017). Menurut Darsono (2007) menyat akan bahwa teripang merupakan hewan benthik yang memiliki pergerakan lambat, hidup pada dasar substrat pasir, lumpur maupun dalam lingkungan terumbu. Teripang dapat ditemukan pada habitat yang selalu berada di bawah garis surut terendah (Darsono, 2007).

Keberadaan teripang sangat berkaitan dengan beberapa faktor yang dapat mendukung kelangsungan hidupnya seperti suhu, jenis substrat, gerakan ombak, kecerahan, pH dan salinitas (Alfrely *et al*,



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2015). Teripang menyukai lingkungan perairan yang bersih dan jernih dengan salinitas air laut yang normal yaitu 30‰ hingga 33‰ (Darsono, 2007). Teripang tercatat sebagai organisme yang mampu bertahan hidup di lautan sejak ratusan tahun yang lalu hingga sekarang (Setyastuti, 2012).

### 2.1.2 Makanan Teripang

Sumber utama makanan teripang berasal dari kandungan zat organik dalam lumpur, detritus serta plankton (Suwignyo *et al*, 1998 dalam Nurwidodo *et al*, 2018). Teripang juga memperoleh makanan dari organisme yang berukuran kecil seperti protozoa, Nematoda, Algafilamen, Kopepoda, Strakoda, rumput laut, Radiolaria, Foraminifera serta potongan-potongan kecil hewan maupun tumbuhan laut beserta partikel –partikel pasir namun partikel pasir bukan makan utama teripang (Nurwidodo *et al*, 2018). Keberadaan teripang dalam struktur trofik berperan sebagai pemakan deposit dan pemakan suspensi. Dalam rantai makanan dari ekosistem setempat, teripang merupakan penyumbang pangan dalam bentuk telur-telur, larva dan juwana teripang bagi biota laut pemangsa di sekitarnya (Darsono, 2007).

### 2.1.3 Predator dan Pertahanan Diri Teripang

Beberapa jenis invertebrata dikenal sebagai pemangsa teripang seperti jenis bintang laut yang berukuran besar dan kepiting. Pemangsa teripang yang paling umum ialah bulu babi serta Moluska dari kelompok Gasropoda. Salah satu keong pemangsa teripang adalah jenis Tonna perdix. Selain biota yang telah disebutkan, burung laut juga merupakan salah satu predator teripang (Nurwidodo *et al*, 2018).

Predator teripang yang paling berbahaya adalah manusia, hal ini dikarenakan adanya ancaman *over exploitation* akibat meningkatnya permintaan pasar untuk teripang selain itu penggunaan teripang sebagai biota akuarium maupun sebagai riset



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

biomedis. Daur hidup teripang yang spesifik menjadikan teripang sangat rentan oleh terjadinya *over exploitation*. Ancaman lain bagi keberadaan teripang ialah terjadinya degradasi habitat tempat hidupnya. Kerusakan habitat berarti hilangnya "rumah" dan tempat mencari makan bagi teripang (Darsono, 2005).

Beberapa teripang memiliki senyawa holothurin yang sangat beracun terutama bagi kelompok ikan tetapi tidak berfungsi efektif bagi kelompok crustacea. Berdasarkan pengamatan di akuarium, teripang yang diserang oleh Tonna perdix akan memendekan dirinya (berkontraksi) sehingga tubuhnya nampak menggelembung. Hal ini dianggap sebagai upaya pertahan diri teripang dari musuh. Teripang jenis Holothuria atra mengeluarkan cairan berwarna merah dan menggagalkan niat predator untuk menyerangnya (Nurwidodo *et al*, 2018).

### 2.1.4 Metabolit Sekunder Teripang

Kandungan senyawa metabolit sekunder teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) pernah di identifikasi dalam penelitian Cahyono (2015) yang berjudul Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Teripang Lokal (*Phyllophorus* sp.) Terhadap Bakteri *Vibrio alginolyticus* dan *Vibrio harveyi*. Berdadsarkan penelitian tersebut diketahui bahwa metabolite sekuder yang terkandung dalam ekstrak metanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) meliputi senyawa alkaloid, triterpenoid, steroid dan saponin.

Ekstrak murni teripang memiliki kecenderungan menghasilkan holotoksin dimana memiliki efek yang sama dengan *antimicyn* dengan kadar 6,25 – 25 mikrogram/mililiter. Teripang sangat kaya akan kandungan gizi sehingga bermanfaat bagi tubuh manusia. Adapaun presentase penyusun tubuh teripang seperti pada tabel berikut:



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Tabel 2.1** Presentase penyusun tubuh teripang

| Komposisi | Jumlah |
|---|---|
| Air | 8,90 % |
| Protein | 82,00 % |
| Lemak | 1,70 % |
| Abu | 8,60 % |
| Karbohidrat | 4,80 % |
| Kalsium | 308,00 mg |
| Fosfor | 23,00 mg |
| Zat besi | 41,70 mg |
| Natrium | 770,00 mg |
| Kalium | 91,00 mg |
| Vitamin A | 455,00 mg |
| Vitamin B | 0,04 mg |
| Tiamin | 0,07 mg |
| Riboflavin | 0,40 mg |
| Niasin | - |
| **Total Kalori** | 385.00 cal/100 g |

(*Sumber* : Martoyo *et al*, 2006).

Teripang juga memiliki manfaat secara medis hal ini sesuai dengan penelitian Darsono (1993) yang menyatakan bahwa daging teripang bermanfaat sebagai obat untuk penyakit ginjal, konstipasi, anemia, serta diabetes. Organ dalam teripang diketahui bermanfaat sebagai obat penyakit ayan (epilepsy). Usus teripang dapat berkhasiat sebagai pencegah luka (tukak) pada saluran pencernaan. Penelitian manfaat teripang di Indonesia antara lain sebagai penambah vitalitas (Nurjanah *et al*, 2007), sebagai antibakteri (Aryantina, 2002), obat rematik dan osteoarthtriti, inflamasi serta penyembuhan luka setelah operasi (Majalah Demersal, 2007).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 2.2 Biofouling

Biofouling merupakan akumulasi pertumbuhan organisme laut yang hidupnya menempel pada struktur yang terendam oleh air laut (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Sedangkan menurut Marhaeni (2011) biofouling merupakan kumpulan mikroorganisme khususnya bakteri yang melekat pada permukaan substrat serta diselubungi oleh *matriks extracellular polymeric*. Organisme biofouling dapat menempel sementara maupun permanen pada struktur yang ditempelinya. Secara umum biofouling dibagi menjadi dua berdasarkan ukurannya yaitu mikrofauling dan makrofouling (Syahputra & Almuqaramah, 2019).

Mikrofouling yaitu penempelan mikroorganisme yang berukuran kecil seperti bakteri dan algae sedangkan mikrofouling adalah penempelan organisme yang memiliki ukuran lebih besar seperti teritip, remis serta polychaeta. Biofouling tumbuh dan berkembang dengan cepat pada substrat buatan manusia yang terendam oleh air laut (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Chapman *et al* (2014) membagi biofouling ke d alam tiga kategori yaitu:

a. *Microfoulers* yang meliputi jamur, mikroalga, bakteri dan diatom
b. *Soft foulers* contohnya makroalga
c. *Hard foulers* yang terdiri dari teritip, kerang, polychaeta, dan bryozoa

Golongan *biofouling* yang sering ditemukan diantaranya moluska, bryozoa, teritip, tunicata, decapoda, krustasea, hidroid serta anthozoa. Tiga golongan pertama merupakan organisme yang paling banyak ditemukan dan paling besar jumlahnya sedangkan selebihnya* tidak terlalu signifikan (Dharmaraj *et al*, 1987 dalam Amin, 2017). Berdasarkan Rittchof (2001) semua permukaan bawah air dam lingkungan laut dipengaruhi oleh penempelan organisme fouling seperti bakteri, alga, invertebrata terutama teritip dan remis. Biofilm merupakan sekelompok sel yang dihasilkan oleh bakteri tertentu yang bersifat irreversible serta menutupi seluruh permukaan



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan bahan utamanya berupa polisakarida. Bakteri laut diduga menjadi penyebab terjadinya *marine fouling* (Puspitasari, 2016).

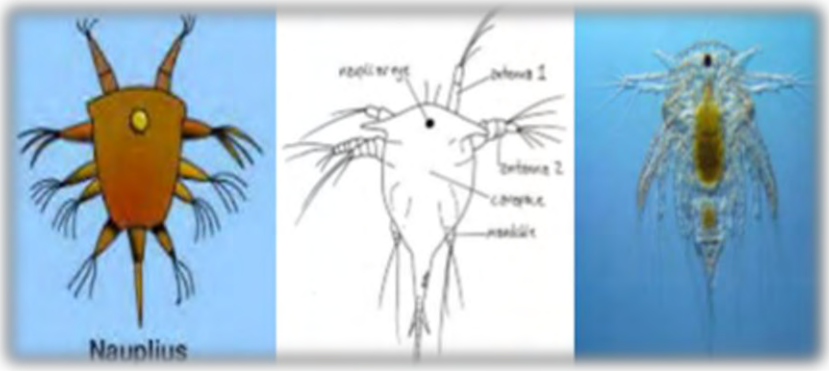
Balanus atau teritip merupakan salah satu jenis biofouling yang paling banyak ditemukan menempel pada konstruksi marikultur yang terendam air. Beberapa Balanus dapat menempel pada badan kapal yang terselup oleh air laut sehingga dengan cara tersebut Balanus telah menyebar ke seluruh dunia, sehingga Balanus disebut sebagai organisme kosmopolitan. Karakteristik umum yang dimiliki oleh Balanus ialah melekat erat di tempat yang sama sepanjang masa dewasa baik di cadas*, sekerat kayu terapung, sehelai ganggang maupun mamalia laut yang besar (Ramadhani, 2016).

Balanus banyak ditemukan pada daerah tropis maupn subtropis termasuk *perairan estuari hingga laut terbuka. Penyebaran larva Balanus dipengaruhi oleh gelombang, arus, turbulensi serta cahaya. Penempelan biofouling terjadi sepanjang tahun dan intensitas penempelannya dibedakan oleh musim* (Darsono & Hutomo, 1983 dalam Ramadhani, 2016). Anggota dari Famili Balanidae serta Famili Lepadidae adalah Balanus yang banyak dikenal. Famili Balanidae melekat menggunakan tangkai penempel sedangkan Famili Lepadidae melekat menggunakan tangkai (Ermaitis, 1984 dalam Ramadhani, 2016).

Berdasarkan Bames (1965) dalam Ramadhani (2016) menyatakan bahwa "*Balanus* sp. merupakan salah satu golongan hewan invertebrata laut". Balanus dapat berkembang biak secara seksual, hal ini berarti setiap individu memilki organ reproduksi jantan dan betina (hermaphrodite) sehingga dapat membuahi dirinya sendiri*. Pembuahan terjadi ketika organ jantan masuk ke lubang organ betina, kemudian sperma membuahi sel telur. Telur yang sudah dibuahi lalu dieramkan dalam rongga tubuh dan mengalami perubahan bentuk secara perlahan-lahan menjadi larva nauplius, proses ini berlangsung selama satu sampai dua bulan* (Moore, 1934 dalam Ramadhani, 2016).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




**Gambar 2.2** Larva Nauplius (*Sumber* : Ramadhani, 2016)

Larva nauplius yang berukuran mikroskopis serta bersifat planktonik lalu dilepaskan ke laut setelah menetas*. Larva nauplius mengalami pergantian kulit (*molting*) setiap satu hingga tiga kali dalam seminggu (Ermaitis, 1984 dalam Ramadhani, 2016). Fase larva nauplius belum membutuhkan makanan dari luar dikarenakan masih *disediakan dalam kandung kuning telur itu sendiri. Fase larva nauplius diakhiri dengan pergantian *kulit yang berbentuk cangkang bivalvia lalu dimulailah fase larva cyprid.

**Gambar 2.3** Cirrus *Balanus* sp. (*Sumber* : Ramadhani, 2016)

Menurut Ermaitis (1984) dalam Ramadhani (2016) menyatakan bahwa “fase larva cyprid berakhir 4 hari atau 10 sampai 12 minggu hingga menemukan subtrat yang sesuai serta cangkang larva cyprid akan mengalami perubahan menjadi cangkang dewasa”. Proses penempelannya menggunakan antenula dan kelenjar penghasil cement.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 2.3 Proses dan Faktor Pembentukan Biofouling

Proses pembentukan biofouling pada permukaan substrat diawali dengan menempelnya organisme oleh bakteri dan diatom yang tumbuh sangat cepat. Pembentukan lapisan biofilm bersama dengan debris dan bahan organik partikulat lainnya, ini merupakan tahapan primer dimana mikroorganisme berperan sebagai perintis bagi organisme penempel berikutnya yang secara umum berukuran lebih besar (Raiklin, 2005). Sedangkan menurut Chambers *et al* (2006) menyatakan bahwa "proses pembentukan biofouling terdiri dari beberpa tahapan diantaranya proses akumulasi material organik, penempelan serta pertumbuhan bakteri sebagai pembentuk biofilm, dan proses suksesi dari *microfoulers* dan *macrofoulers"*. Proses penempelan biofouling akan di ilustrasikan pada gambar 2.7.

**Gambar 2.5** Proses pembentukan biofouling (*Sumber* : Davis, 2011)

Fase pertama dari biofouling dimulai dengan terjadinya interaksi fisik seperti interaksi elektrostatik* gerak Brown dan Vanderwall's force kemudian diikuti adanya proses adhesi molekul organik seperti protein, polisakarida, peptidoglikan, glikoprotein dan beberapa molekul anorganik lainnya. Proses adhesi berlangsung dengan cepat dibawah permukaan air (Callow, 2002 dalam Amin, 2017). Pembentukan biofouling pada suatu substrat di perairan membututuhkan waktu tertentu dalam setiap tahapannya.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses penempelan makrofouler biasanya terjadi setelah terbentuknya biofilm. Namun terdapat pengecualian pada spesies larva bryozoa, *polychaeta* serta beberapa *biofouling* lainnya dimana melekat sebelum terjadinya pembentukan biofilm (Chao *et al*, 2011 dalam Amin, 2017). Proses pelekatan makrofouling ada dua proses yaitu pelekatan sementara dan pelekatan permanen. Teritip, larva (*cyprid*) melakukan pelekatan sementara selama mencari substrat yang sesuai untuk melekat secara permanen*. Makrofouling lain yang telah dikenal ialah makroalga *Ulva* sp. *Ulva* sp. dalam siklus hidupnya mengalami penempelan sementara dan permanen. *Ulva* sp. adalah salah satu makrofouling *yang mememiliki peranan penting karena kelimpahannya yang tinggi dalam suatu perairan serta mudah beradaptasi pada lingkungan yang berbeda.

Berdasarkan Panjaitan (2011) dan Triwibisono *et al*. (2012) keberadaan biofouling pada suatu substrat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantranya faktor kimia, biologi, dan fisika. Berikut ini adalah beberapa faktor yang mempengaruhi biofouling:

**a. Biofilm**

Biofilm merupakan sekelompok sel yang dihasilkan oleh bakteri tertentu yang bersifat *irreversible* serta menutupi seluruh permukaan dengan bahan utamanya berupa polisakarida. Bakteri bersama dengan mikroorganisme pembentuk biofilm menghasilkan *Extracelluer Polymeric Subtace* (EPS) yang tersusun dari polisakarida dan protein (Chambers, 2006). Biofilm memiliki peran penting *sebagai media penempela serta metamorfosis larva invertebrata.

**b. Permukaan Benda**

Larva invertebrata cenderung menyukai permukaan benda yang kasar dari pada permukaan yang halus dengan tujuan agar dapat melekat dengan* kuat. Jumlah biofouling akan berkurang apabila permukaan benda tersebut bersifat halus,



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

licin serta mengandung zat beracun. Berdasarkan hasil eksperimen menunjukan bahwa pertumbuhan biofouling dari besar hingga terkecil adalah dengan menggunakan material dari alumunium, kayu serta baja. Faktor fisikokimia yang berupa tekstur, suhu, hidrophobisitas serta kandungan nutrisi ternyata berpengaruh terhadap pertumbuhan biofouling (Triwibisono *et al*., 2012).

**c. Warna Permukaan Benda**

Warna permukaan benda yang gelap cenderung lebih mampu menstimulasi* penempelan larva, hal ini dikarenakan warna gelap dapat mengabsorbsi panas lebih besar bila dibandingkan dengan warna terang (Ring, 2008 *dalam* Amin, 2017). Menurut Azhar (2008) dalam penelitiannya menyatakan bahwa jumlah biofouling terbesar pada plat baja menggunakan cat hitam dan *terkecil pada plat baja warna biru. Substrat yang terendam air laut apabila dicat dengan menggunakan cat *antifouling* *dengan warna menyilaukan membuatnya tahan terhadap biofouling.

**d. Suhu**

Sifat poikiloterm (suhu tubuh mengikuti suhu lingkungan) pada organisme laut menjadikan persebaran nya cenderung mengikuti perbedaan suhu laut secara geografik*. Suhu perairan laut memiliki kisaran antara $24^0$-$32^0$C. Biofouling hanya dapat mentolerir perubahan suhu yang berkisar $15^0$-$30^0$C. Suhu menjadi faktor pembatas bagi keberadaan biofouling di perairan laut (Triwibisono *et al*., 2012).

**e. Salinitas**

Salinitas merupakan jumlah garam terlarut dalam satu liter air laut, *yang biasanya dalam satuan permil (‰). Umumnya air laut memiliki kadar salinitas yang seragam, namun pada perairan estuari kadar salinitas dapat mencapai 5-30‰ sedangkan perairan laut terbuka mencapai 41‰.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Biofouling hanya mampu hidup pada perairan laut dengan salinitas 10-30‰ oleh karena itu salinitas menjadi faktor pembatas bagi keberadaan biofouling(Triwibisono *et al*., 2012).

**f. Kecerahan**

Larva invertebrata cenderung lebih banyak ditemukan pada permukaan perairan bila dibandingkan dengan lapisan perairan dekat dasar, hal ini dikarenakan larva suka berenang di daerah yang terang dari pada daerah yang gelap*. Cahaya rendah yang terbaur akan merangsang pertumbuhan larva invertebrata tersebut(Triwibisono *et al*., 2012).

**g. Arus dan Gelombang**

Arus yang kuat menjadi faktor pembatas bagi keberadaan *biofouling*, hal ini dikarenakan arus yang kuat menyebabkan kegagalan penempelan larva sehingga tidak akan berkembang menjadi stadium dewasa. Arus yang lemah *memungkinkan larva untuk menempel pada substrat. Larva invertebrata dapat menempel pada substrat pada kisaran kecepatan arus sebesar 10,3 m/s(Triwibisono *et al*., 2012).

**h. Pasang Surut**

Pasang surut merupakan proses fluktuatif air laut akibat adanya gaya tarik benda-benda di langit terutama bulan dan matahari. Pasan surut menjadi faktor yang mempengaruhi keberadaan biofouling di perairan, hal ini berkaitan dengan arus pasang surut yang akan berpengaruh dengan proses penempelan larva invertebrata(Triwibisono *et al*., 2012).

Biofouling dapat tumbuh dan berkembang dengan cepat (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Dampak dari keberadaan biofouling dapat dikelompokan menjadi tiga kategori yakni dalam bidang ekonomi, lingkungan serta kesehatan* (GISP, 2008 dalam

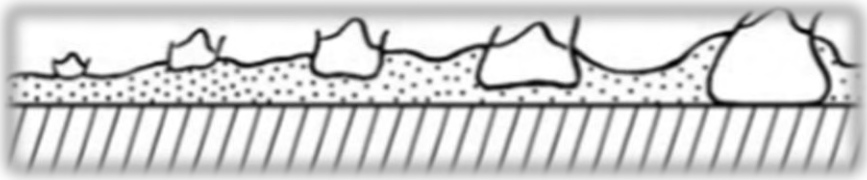


digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Amin, 2017). Berdasarkan GISP (2008) dalam bidang ekonomi, biofouling berdampak pada kegiatan pelayaran, budidaya perairan serta infrastruktur. Keberadaan biofouling memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap gangguan serta kerusakan struktur yang berada dibawah permukaan air laut. Menurut Sabdono (2005) dalam Pratama *et al* (2014) menyatakan bahwa "keberadaan biofuling dapat menurunkan efisiensi pelayaran suatu kapal, meningkatkan biaya bahan bakar, mahalnya biaya reparasi karena kerusakan akibat korosi. Peningkatan konsumsi bahan bakar dapat mencapai 40% yang berakibat pada meningkatnya biaya total operasional hingga 77%" (Yebra at al, 2004 dalam Amin, 2017).

**Gambar 2.6** Keberadaan biofouling pada lambung kapal (*Sumber* : International of Paint Ltd.)

Biofouling dapat mengganggu sirkulasi udara, makanan serta nutrien di dalam area budidaya keramba jaring apung sehingga pertumbuhan ikan budidaya kurang optimal. Biofouling juga berpotensi menjadi penyebab adanya penyebaran spesies asing (Cahyaningtyas *et al*, 2017). Biofouling juga dapat meningkatkan resistensi* terhadap gesekan yan disebabkan oleh kekasaran dari penempelan biofouling. Railkin (2005) menyebutkan bahwa biofouling mampu merusak lapisan cat sehingga menyebabkan terjadinya korosi.





digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Gambar 2.7** Teritip menghancurkan cat antikorosi* (*Sumber* : Railkin, 2005)

Dampak yang ditimbulkan bagi infrastruktur budidaya dapat memberikan kerugian melalui beberapa cara diantaranya:

1. Meningkatnya kebutuhan untuk biaya pemeliharaan serta tenaga kerja (Bourque *et al*, 2003 dalam Amin, 2017)
2. Berkurangnya sirkulasi air sehingga berakibat pada menurunnya suplai nutrien serta oksigen (Willemsen, 2005 dalam Amin, 2017)
3. Terjadi predasi akibat adanya kompetisi secara langsung dengan spesies budidaya *terhadap sumber daya
4. Penurunan produksi akibat adanya introduksi penyakit serta parasit (GISP, 2008 dalam Amin, 2017).

**Gambar 2.8** Keberadaan biofouling pada kegiatan budidaya perairan (*Sumber* : Fitridge *et al*, 2011)

### 2.3.1 *Macrofouler Nerita* sp.

Nerita dari kelompok Neritidae memiliki ukuran tubuh yang kecil hingga besar, sebagian besar merupakan herbivorayang mendiami zona intertidal dan hidup berkelompok (Tan & Clements, 2008). Beberapa dari mereka berada dalam distribusi yang sangat spesifik. Berdasarkan Poutiers (1988) anggota famili Neritidae berbentuk bulat, padat serta tebal. Cangkang Neritidae bersifat polimorfik yang berarti dalam satu spesies dapat memiliki banyak



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

variasi pola serta warna (Mujiono, 2006). Neritidae merupakan salah satu jenis Gastropoda yang memiliki kemampuan berjalan dengan menggunakan kaki perut. Ciri- ciri umum yang dimiliki oleh Neritidae seperti memiliki cangkang yang berfungsi untuk melindungi organ vital dan terletak di posisi dorsal tubuh, sedangkan pada bagian ventral terdapat kaki yang bisa menggulung atau melipat dan tersusun oleh otot – otot ventral perut. Berdasarkan Saripantung G, *et al*. (2013) Cangkangnya berasal dari materi organik dan anorganik, didominasi oleh kalsium karbonat ($CaCO_3$). Adapun klasifikasi dari Neritidae ialah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Filum : Mollusca

Kelas : Gastropoda

Ordo : Cycloneritimorpha

Familia : Neritidae

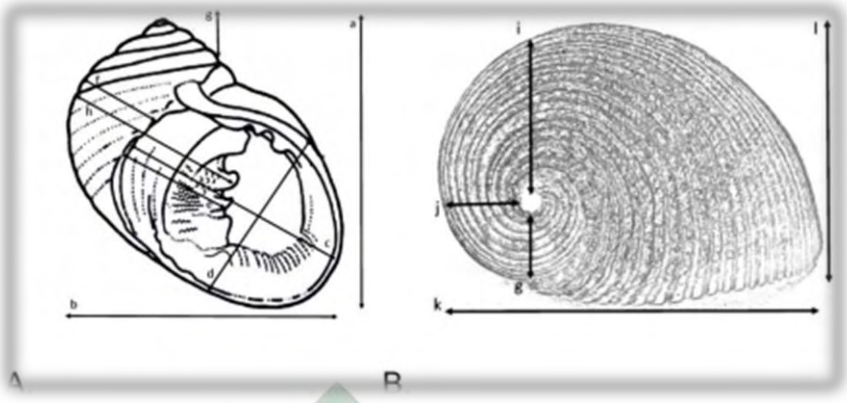
Genus : Nerita

Spesies : *Nerita* sp.

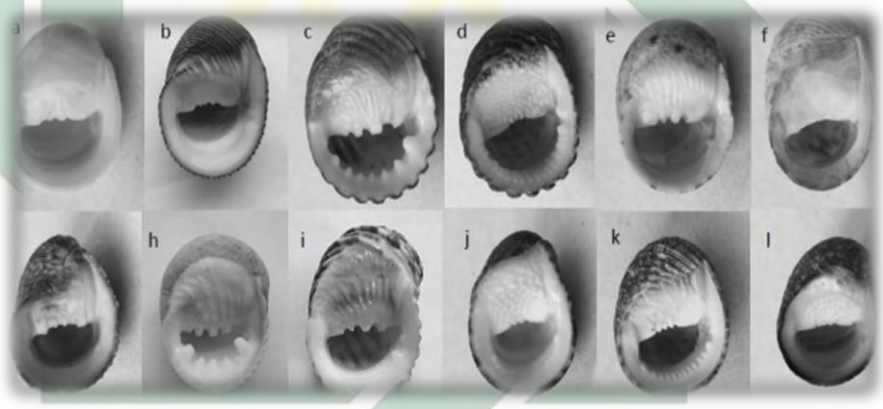
Famili Neritidae memiliki 45 genus (Bouchet, 2011). Genus anggota Neritidae meliputi Nerita yang memiliki kebiasaan hidup di laut serta Neritina dan Chithon yang hidup di perairan payau dan air tawar (Tan & Clements, 2008). Menurut Dharma (2005) Neritidae di Indonesia ada sebanyak 17 belas spesies yang terdapat di air tawar serta ada 21 spesies yang ada dilaut. Pengukuran morfometri pada genus Nerita memberikan informasi terkait ukuran dari suatu populasi serta memudahkan dalam proses identifikasi (Gospodinova, Georgiev & Mollov, 2015).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



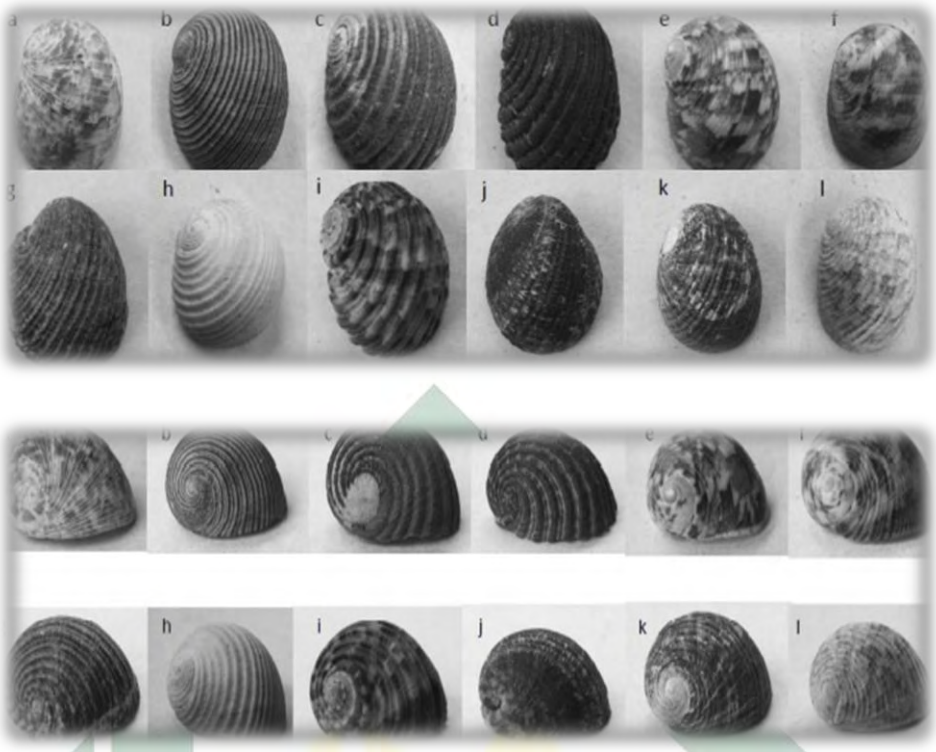

**Gambar 2.9** Morfometri genus Nerita A). Sisi ventral a. panjang cangkang b. Lebar cangkang c. Panjang aperture d. Lebar aperture e. Lebar dek columelar f. Columelar menonjol g. tinggi puncak menara B). Sisi dorsal h. Ketebatan columelar j. Lebar puncak menara k. panjang ventral l. Tinggi cangkang




**Gambar 2.10** Ventral side of Alas Purwo National Park Nerita specimens, a. *Nerita (Amphinerita) polita* Linnaeus, 1758, b. *Nerita (Ritena) balteata* Reeve, 1855 synonim: *Nerita lineata* Gmelin, 1791, c. *Nerita (Ritena) costata* Gmelin, 1791, d. *Nerita (Theliostyla) exuvia* Linnaeus, 1758, e. *Nerita (Ritena) maxima* Gmelin, 1791, f. *Nerita (Amphinerita) insculpta*, Récluz,1842, g. *Nerita (Theliostyla) planospira* Anton, 1839, h. *Nerita (Ritena) plicata* Linnaeus, 1758, i. *Nerita (Ritena) grossa* Linnaeus, 1758, j. *Nerita (Theliostyla) albicilla* Linnaeus, 1758, k. *Nerita (Ritena) chamaeleon* Linnaeus, 1758, l. *Nerita (Theliostyla) ocellata* Le Guillou, 1841



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



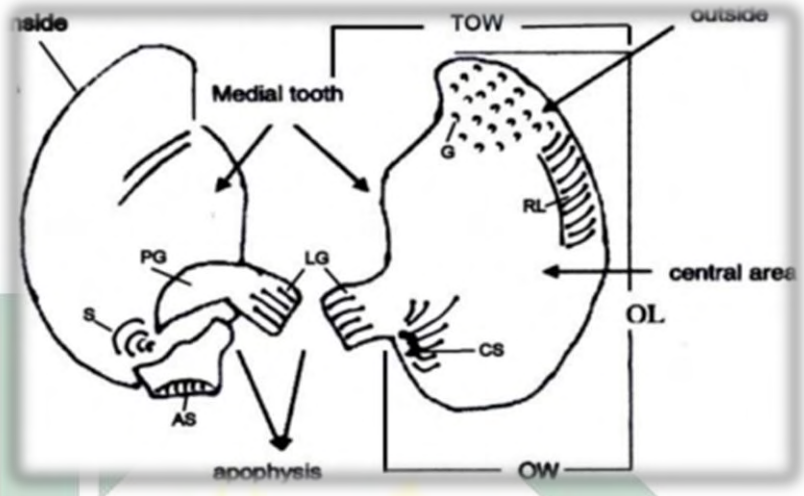

**Gambar 2.11** Perbandingan bentuk cangkang Nerita: Atas ; sisi dorsal, Bawah ; sisi spiral; a. *Nerita (Amphinerita) polita* Linnaeus, 1758, b. *Nerita (Ritena) balteata* Reeve, 1855 synonim: *Nerita lineata* Gmelin, 1791, c. *Nerita (Ritena) costata* Gmelin, 1791, d. *Nerita (Theliostyla) exuvia* Linnaeus, 1758, e. *Nerita (Ritena) maxima* Gmelin, 1791, f. *Nerita (Ritena) spengleriana* Récluz, 1843, g. *Nerita (Theliostyla) planospira* Anton, 1839, h. *Nerita (Ritena) plicata* Linnaeus, 1758, i. *Nerita (Ritena) grossa* Linnaeus, 1758, j. *Nerita (Theliostyla) albicilla* Linnaeus, 1758, k. *Nerita (Ritena) chamaeleon* Linnaeus, 1758, l. *Nerita (Amphinerita) insculpta*, Récluz, 1842

Operkulum terletak pada bagian posterior kaki. Operkulum berfungsi untuk menghindari predasi, dehidrasi serta gangguan fisik lingkungan. Operkulum tersusun ata kalsium karbonat (berkapur). Bentuk D serta ornamen operkulum dapat dijadikan sebagai pembeda antar spesies. Operkulum merupakan salah satu karakter yang penting untuk di identifikasi. Operkulum memiliki karakter yang berbeda antara sisi luar dengan sisi dalamnya (Gambar 2.17). pengukuran morfometrik operkulum dapat digunakan untuk

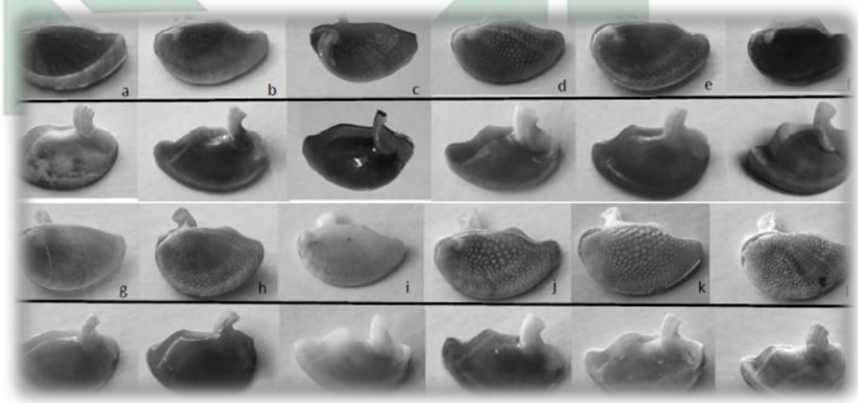


digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengetahui bentuk ellipsoid terdalam. Ada beberapa spesies yang memiliki ornamen serupa pada operkulumnya maka perlu diperhatikan detail pada setiap ornamen seperti nodul atau butiran (Susintowati *et al*., 2018).




**Gambar 2.12** Terminologi operkulum Nerita (modifikasi dari: J. H. Leal and P. A. Uneputty, Mar. Res): G = granulae, CS = central spire, LG = longitudinal groove, PG = peg-like projection, S = striae, AS = apophysis striae, RL = radier line, OL = operculum length, OW = operculum width, TOW = total operculum width




**Gambar 2.23** Operkulum Nerita, A) Sisi Luar, B) Sisi Dalam. a. *Nerita (Amphinerita) polita* Linnaeus, 1758, b. *Nerita (Ritena) balteata* Reeve, 1855 synonim: *Nerita lineata* Gmelin, 1791, c. *Nerita (Ritena) costata* Gmelin, 1791, d. *Nerita (Theliostyla) exuvia* Linnaeus, 1758, e. *Nerita (Ritena) maxima* Gmelin, 1791, f. *Nerita (Ritena) spengleriana*



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Récluz, 1843, g. *Nerita (Theliostyla) planospira* Anton, 1839, h. *Nerita (Ritena) plicata* Linnaeus, 1758, i. *Nerita (Ritena) grossa* Linnaeus, 1758, j. *Nerita (Theliostyla) albicilla* Linnaeus, 1758, k. *Nerita (Ritena) chamaeleon* Linnaeus, 1758, l. *Nerita (Amphinerita) insculpta*, Récluz, 1842

Keberadaan moluska seperti *Nerita* sp. diduga memberikan dampak serta kerugian bagi lingkungan. Salah satu dampak yang ditimbulkannya ialah keberadaannya pada rakit budidaya yang mengakibatkan rakit tersebut menjadi tenggelam (Amstrong, 2000 ; Marhaeni, 2010). Selain itu, penempelan biota tersebut juga menyebabkan terjadinya kerusakan pada jaring kantung apung dan berpengaruh terhadap penurunan produksi rumput laut (La Didu, Ma'ruf K., & Emiyarti, 2019).

Keberadaan moluska dapat menyebabkan terjadinya penutupan jaring pada budidaya sehingga dapat meningkatkan mortalitas ikan budidaya dan mengakibatkan terjadinya penyebaran penyakit (Huang, 2000; Phillipi *et al*., 2001; Tan *et al*., 2002; Swift *et al*., 2006). Penempelan suatu organisme pada material logam secara intensif dapat menyebabkan terjadinya korosi (Lukasheva et al., 1992; Raiklin, 2004). Kerusakan kayu pada bangunan pantai atau kapal terjadi akibat adanya serangan biota penempel yang menyebabkan perubahan permukaan (Pereira *et al*., 2002; Boesono, 2008).

### 2.3.2 Metode Penanganan Biofouling

Penumpukan biofouling apabila tidak segera diatasi akan menimbulkan dampak yang lebih signifikan lagi seperti gangguan pada olah gerak kapal, korosi dan tumbuhnya strain bakteri yang dapat merusak besi. Berbagai upaya pencegahan untuk menghambat dan menghilangkan biofouling terus dilakukan. Metode yang digunakan untuk penanggulangan biofouling bisa dilakukan dengan beberapa cara diantaranya secara kimiawi, biologi maupun fisik.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**a. Secara Biologi**

Penanggulangan biofouling dengan metode biologi melibatkan penggunaan berbagai enzim sebagai pengganti biosida tradisional (Krug, 2006 dalam Amin, 2017). Biosida yang biasa digunakan merupakan sekresi organik yang bersifat biodegradable sehingga metode biologi dianggap lebih ramah lingkungan* (Jakob *et al*, 2008 dalam Amin, 2017). Sebegian organisme dapat menghasilkan enzim untuk menghambat pertumbuhan pesaing mereka. Sekresi ini mempunyai toksisitas rendah, bersifat biodegradable serta telah mendapat banyak perhatian beberapa tahun terakhir ini*. Awal tahun 1999 dilaporkan bahwa senyawa aktif yang dihasilkan oleh ganggang biru memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan diatom (Abarzua *et al*, 1999 dalam Amin, 2017).

Komponen *antifouling* fungsional juga telah ditemukan dalam organisme lain seperti pada jamur (Xiong *et al*, 2006), spons (Limna *et al*, 2009) serta beberapa bakteri lainnya* (Fernando & Carlos, 2009). Beberapa jenis enzim seperti oksidoreduktase, transferase, hidrolase, liase, isomerase serta ligase memiliki kemampuan sebagai *antifouling*. Fungsi enzim sebagai *antifouling* dibedakan menjadi empat kategori diantaranya* degradasi perekat yang digunakan untuk penempelan, mengganggu matriks biofilm, biocides serta mengganggu komunikasi *intercellular* (Chao shan *et al*, 2011).

Pencegahan biofouling secara enzimatik memiliki tantangan tersendiri. Suhu air laut dapat mempengaruhi aktifitas katalitik serta stabilitas enzim. Enzim akan terdenaturasi apabila dalam kondisi suhu yang terlalu tinggi serta umur lapisan *antifouling* juga akan mengalami penurunan*. Distribusi enzim serta jumlahnya harus



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dianalisis karena enzim yang terlarut dapat membentuk lapisan terluluh yang tebal.

**b. Secara Kimia**

Sejak 1970-an , senyawa organotin telah digunakan sebagai biosida agresif cat *antifouling* pada kapal untuk mencegah pertumbuhan alga, bernakel serta organisme fouling lainnya. TBT merupakan salah satu contoh senyawa organotin yang telah banyak digunakan sebagai *antifouling.* Senyawa TBT yang digunakan dalam cat *antifouling* mengandung sebuah atom tin (Sn) yang terikat secara kovalen dengan tiga butyl ($C_4H_9$) dan berasosiasi dengan anion. Senyawa *antifouling* dari golongan organotin memiliki kemampuan fungisida yang kuat serta dapat menghambat pertumbuhan organisme *fouling* pada konsentrasi yang sangat *rendah (Iwao, 2003).

**c. Secara Fisik**

Metode penanggulangan biofouling secara fisik dapat dilakukan dengan menggunakan asam hipoklorit (HCIO), Ozone bubles, hidrogen peroksida atau bromin melalui elektrolisis air laut* (Tadashi & Tae, 2000 dalam Amin, 2017). Kemampuan oksidasinya yang kuat membuat HCIO serta senyawa lainnya dapat tersebar di seluruh permukaan lambung kapal dan memusnahkan organisme fouling. Beberapa dari sistem ini ada yang tidak efisien dikarenakan dapat menimbulkan drop tegangan yang besar di permukaan serta meningkatkan korosi* (Chao Shan *et al*, 2011 dalam Amin, 2017).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 2.3.3 Produk *Antifouling*

Produk *antifouling* secara umum dibedakan menjadi dua yakni produk *antifouling* buatan serta produk *antifouling* alami. Keduanya memiliki kesamaan dalam fungsinya yaitu untuk mencegah biota *fouling* akan tetapi memiliki perbedaan terhadap cara kerjanya.

**1. *Antifouling* Buatan**

Cat *antifouling* komersial mengandung senyawa yang mampu menghambat organisme fouling untuk menempel, senyawa tersebut adalah tributyltin organotin. Tributyltin organotin (TBT) bekerja dengan membunuh *foulers* maupun organisme lain yang menempel (Cahyanintyas *et al*, 2017).

Kemampuan TBT dalam mencegah fouling memang terbukti ampuh akan tetapi sifat nya tidak ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan tidak hanya membunuh organisme target tetapi juga menyebabkan *imposex* pada organisme. *Imposex* merupakan peristiwa berubahnya kelamin dimana organisme betina akan berubah menjadi jantan serta organisme jantan akan menjadi steril (Puspitasari, 2016).

**2. *Antifouling* Alami**

Larangan penggunaan TBT menjadi tantangan untuk mencari alternatif ketersediaan antifouling ramah lingkungan. Produk alami antifouling (*Natural Product Antifoulants* / NPA)*diusulkan sebagai alternatif *antifouling* ramah lingkungan. Produk alami *antifouling* lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan biocide konvensional karena dianggap lebih aman, efektif pada konsentrasi rendah, *biodegradable*, serta memiliki spektrum antifouling *yang luas (Ravendram, 2009 dalam Amin, 2017). Produk alami *antifouling* mencakup senyawa anorganik seperti asbes, mika, grafit serta senyawa organik.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Umumnya senyawa organik yang alami terbentuk dalam organisme hidup (Konstantinou, 2006 dalam Amin, 2017).

Sejauh ini senyawa produk alami antifouling berupa terpenoid, steroid, karotenoid, fenolat, furanones, alkaloid, peptide dan* lakton. Senyawa tersebut umumnya diisolasi dari berbagai avertebrata laut seperti sponge, soft coral, rumput laut, lamun, tunicata, bryozoa, mangrove, kepiting, lobster, bintang laut, bulu babi, moluska serta mikroorganisme laut. Avertebrata* laut diketahui dapat menghasilkan metabolit sekunder dengan jenis, konsentrasi serta fungsi yang beraneka ragam tiap spesies (Estika, 2010 dalam Amin, 2017).

**Tabel 2.2** Bahan alam sebagai antifouling

| Spesies | Metabolit sekunder | Sumber |
|---|---|---|
| *Achantella cavernosa* | Terpenoid, kalihin, steroid dan peroxidase | Estika, 2010 |
| *Axynissa* sp. | Axinyssimide A, B, C | Estika, 2010 |
| *Callyspongia truncata* | Asam lemak, derivative dan callytriol c. | Estika, 2010 |
| *Muricea fruticosa* | Muricin | Estika, 2010 |
| *Renilla reniformis* | Renillafoulins | Estika, 2010 |
| *Agelas tubulata* | Steroid dan tanin | Marisol *et al*, 2013 |
| *Holothuria glaberrima* | Steroid dan tanin | Marisol *et al*, 2013 |
| *Caesalpinia spinosa* | Tanin | Natalia *et al*, 2012 |
| *Rhizopora apiculata* | Tanin | Idora *et al*, 2013 |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | |
|---|---|---|
| *Durio zibethinus* | Steroid, alkaloid, flavonoid, *saponin dan tanin | Kurniawan & Aunurohim, 2016 |

## 2.4 Metode Ekstraksi

Ekstraksi merupakan kegiatan penarikan kandungan senyawa kimia yang dapat larut sehingga terpisahkan dari bahan yang tidak bisa larut dengan pelarut cair. Senyawa yang terdapat dalam simplisia dapat digolongkan dalam golongan terpenoid, alkaloid, flavonoid dan lain-lain Apabila senyawa aktif dalam simplisia telah diketahui maka dapat mempermudah dalam pemilihan pelarut serta cara ekstraksi yang akan digunakan (Agoes, 2007). Hasil dari proses ekstraksi dinamakan ekstrak.

Ekstrak merupakan sediaan yang diperoleh melalui proses ekstraksi terhadap sampel dengan menggunakan pelarut tertentu (Agoes, 2007). Ekstrak juga dapat dikatakan sebagai zat yang dihasilkan dari proses ekstraksi bahan mentah secara kimiawi. Senyawa kimia yang diekstrak meliputi senyawa aromatik, minyak atsiri, ester yang kemudian menjadi bahan baku proses industri atau di aplikasikan secara langsung oleh masyarakat. Menurut Sarker *et al.* (2006) proses ekstraksi ada beberapa cara seperti:

### 2.4. 1 Ekstraksi Menggunakan Jenis Pelarut

**1. Cara Dingin**

A. Maserasi

Maserasi merupakan metode ekstraksi yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Metode ini dilakukan dengan cara memasukan simplisia dan pelarut yang sesuai ke dalam wadah tertutup rapat. Proses ekstraksi dihentikan apabila telah tercapai keseimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel simplisia. Apabila proses ekstraksi telah selesai dilakukan maka maka pelarut dipisahkan dari sampel dengan cara penyaringan (Rahmawati, 2018).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Maserat yang diperoleh dari proses maserasi dipekatkan dengan menggunakan alat vaccum rotary evaporaor. Alat ini berfungsi untuk memisahkan suatu larutan dari pelarutnya sehingga dihasilkan ekstrak dengan kandungan kimia tertentu sesuai yang diharapkan. Uap cairan yang dihasilkan akan di dinginkan oleh suatu pendingin (kondensor) dan ditampung pada suatu tempat. Alat ini memiliki kapasitas kecepatan yang tinggi terutama bila dibantu oleh vakum (Firdaus, 2011).

Prinsip kerja dari rotary evaporator didasarkan pada titik didih pelarut dan adanya tekanan yang menyebabkan uap dari pelarut terkumpul diatas serta adanya kondensor yang menyebabkan uap ini mengembun dan akhirnya jatuh ke tabung. Apabila pelarutnya telah diuapkan maka akan dihasilkan ekstrak yang berbentuk padat atau cair. Biasanya ekstrak yang diperoleh dari ekstraksi awal ini disebut sebagai ekstrak kasar (Firdaus, 2012).

Kerugian dari penggunaan metode maserasi ialah membutuhkan banyak waktu, pelarut yang digunakan banyak serta berpeluang besar senyawa fitokimia ikut menguap. Akan tetapi metode ini memiliki kelebihan yakni dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil (Rahmawati, 2018).

B. Perkolasi

Perkolasi merupakan salah satu cara dingin yang cenderung membutuhkan banyak pelarut serta banyak membutuhkan waktu.

**3. Cara Panas**

A. Refluks

Sampel bersama dengan pelarut dimasukan ke dalam labu yang sudah terhubung dengan kondensor, pelarutnya konstan dikarenakan terdapat pendinginan balik saat melakukan ekstraksi.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

B. Soxhlet

Metode soxhlet memiliki beberapa kelebihan diantaranya prosesnya cepat, sampelnya murni serta pelarut yang di gunakan sedikit. Metode soxhlet memiliki kelemahan yakni senyawa nya bersifat termolabil.

C. Infus

Motode infus adalah ekstraksi simplisis dengan air ($90^0$C) selama 15 – 20 menit.

D. Dekok

Membutuhkan waktu cukup lama untuk mencapai titik didih.

E. Digesti

Proses ekstraksi bisa dilakukan pada suhu kamar 40-$50^0$C dengan terus menerus di aduk.

### 2.4.2 Distilasi Uap

Proses pemanasan menjadikan uap terkondensasi dan destilat terpisah menjadi dua bagian yang tidak saling bercampur dan di tampung dalam wadah yang terhubung dengan kondensor*. Proses ini memiliki kekurangan yaitu senyawa bersifat termolabil dan dapat terdegradasi.

## 2.5 Uji Senyawa Bioaktif

Senyawa bioaktif merupakan senyawa yang memiliki aktivitas biologis terhadap organisme lain atau pada organisme yang menghasilkan senywa tersebut. Senyawa metabolit sekunder dapat diperoleh melalui proses ekstraksi. Salah satunya melalui proses ekstraksi tunggal dengan menggunakan tiga jenis pelarut yang berbeda kepolarannya seperti methanol (polar), etil asetat (semipolar) serta n-heksana (nonpolar). Menurut Perez et al. (2006) penggunaan jenis pelarut yang berbeda tingkat kepolarannya dapat memengaruhi transfer elektron tunggal dan transfer atom hidrogen sehingga dapat diketahui aktifitas antioksidannya. Analisis senyawa bioaktif menggunakan uji fitokimia.

Berdasarkan Saxena (2008) uji fitokimia dilakukan untuk menentukan kandungan kimia secara kualitatif dengan tujuan untuk

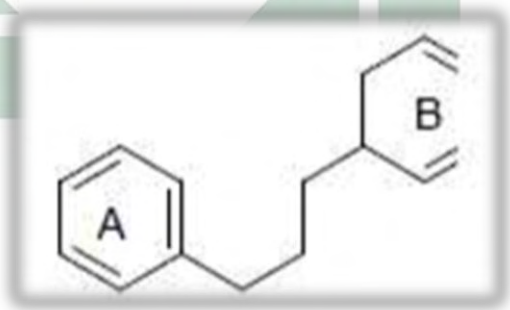


digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengetahui golongan senyawa kimia yang terkandung dalam bahan alam tersebut. Uji fitokimia meliputi sebagai berikut:

1. Flavonoid

   Senyawa flavonoid merupakan senyawa yang dapat larut dalam air dan dapat diekstraksi menggunakan pelarut etanol 70 %. Flavonoid berupa senyawa fenol, oleh karena itu warnanya berubah apabila ditambahkan basa atau amonia sehingga keberadaannya mudah dideteksi pada kromatogram atau dalam suatu larutan. Senyawa flavonoid mengandung sistem aromatik yang terkonjugasi dan daerah itu menunjukan pita serapan kuat pada daerah *spektrum ultra violet* (UV) dan spektrum tampak. Terbentuknya warna merah, kuning atau jingga di lapisan amil alkohol pada uji fitokimia menunjukan adanya senyawa flavonoid (Harbone, 1987). Berdasarkan Inayah *et al* (2012) uji flavonoid dilakukan dengan memasukan simplisia ke dalam tabung reaksi dengan menambahkan logam Mg dan HCI pekat. Apabila positif mengandung senyawa flavonoid dalam simplisia ialah timbulnya warna merah atau jingga. Berikut struktur dasar dari flavonoid (Gambar 2.14).




**Gambar 2.14** Struktur dasar penyusun senyawa flavonoid (*Sumber* : Kusrahman, 2012)

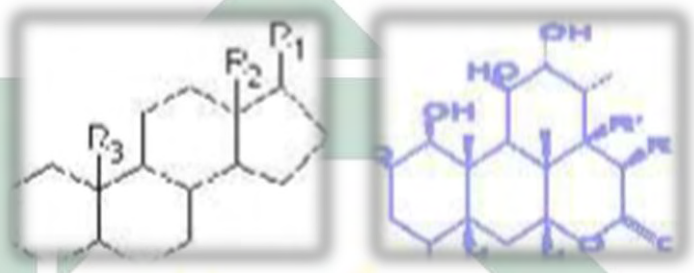
2. Steroid dan Terpenoid

   Terpenoid merupakan senyawa yang banyak dijumpai dalam bahan alam bersama steroid. Steroid dan terpenoid memiliki kerangka dasar sistem cincin sperhidrofenantrena. Uji steroid



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan terpenoid dapat dilakukan dengan cara memasukan simplisia ke dalam tabung reaksi dengan penambahan kloroform, asam asetat anhidrat dan asam sulfat pekat (Harbone, 1987). Apabila positif mengandung terpenoid maka simplisia akan menunjukan warna coklat atau violet sedangkan jika berwarna hijau kebiruan menunjukan adanya steroid (Inayah *et al*, 2012). Berikut merupakan struktur dasar penyusun senyawa steroid dan terpenoid (Gambar 2.15).




**Gambar 2.15** Struktur dasar penyusun senyawa steroid (kiri) dan terpenoid (kanan) (*Sumber* : Inayah *et al.*, 2012)

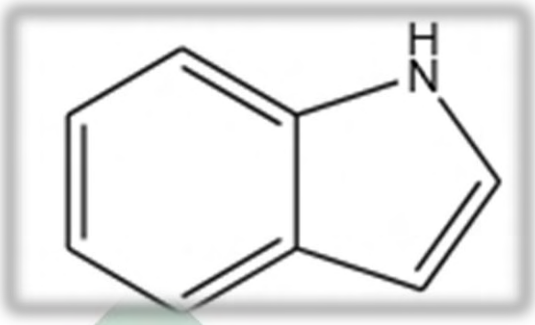
3. Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa organik yang umumnya terdapat pada tumbuhan, senyawa ini bersifat basa serta memiliki gugus atom hidrogen yang cukup banyak. Gugus atom hidrogen pada senyawa alkaloid dapat menimbulkan efek anestesi bahkan kematian pada hewan tergantung pada dosis yang diberikan (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Berdasarkan Arlyza (2007) dalam Syahputra & Almuqaramah (2019) menyatakan bahwa senyawa metabolit sekunder alkaloid yang dikeluarkan oleh Acidian dapat mengurangi pertumbuhan biofouling terutama teritip. Uji alkaloid dilakukan dengan cara menambahkan simplisia ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan HCI 2 %. Uji alkaloid dibedakan menjadi dua yaitu uji dragendorff dan uji myers. Uji positif alkaloid menunjukan endapan jingga pada pereaksi dragendorff serta endapan kuning pada pereaksi myers



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Inayah *et al*, 2012). Berikut strukur dasar penyusun senyawa alkaloid (Gambar 2.16).



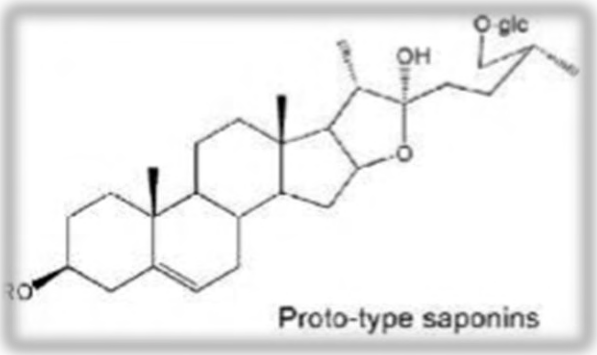

**Gambar 2.16** Struktur dasar penyusun senyawa (*Sumber* : Yuliana, 2016)

4. Saponin

Saponin adalah senyawa aktif yang berada di permukaan serta memiliki sifat seperti sabun. Saponin dapat diketahui keberadaannya berdasarkan kemampuannya membentuk busa serta menghemolisis sel darah (Harbone, 1987). Busa yang dihasilkan oleh saponin karena adanya kombinasi struktur senyawa penyusunnya yaitu rantai sapogenin nonpolar serta rantai samping polar yang larut dalam air (Saxena, 2008). Berdasarkan Cowan (1999) yang menyatakan bahwa saponin dapat berfungsi sebagai antijamur dengan mekanisme menurunkan tegangan permukaan membran sterol dari dinding sel. Hal ini diperkuat oleh Hardiningtyas (2009) menurutnya saponin merupakan golongan senyawa yang dapat menghambat atau membunuh mikroba melalui interaksi dengan membran sterol. Efek utama yang ditimbulkan saponin terhadap bakteri ialah adanya pelepasan protein serta enzim dari dalam sel. Saponin menunjukan spektrum yang luas sebagai hemolisis, sitostatik serta antikanker (Zhang et al, 2006). Berikut merupakan struktur dasar penyususn saponin (Gambar 2.17).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



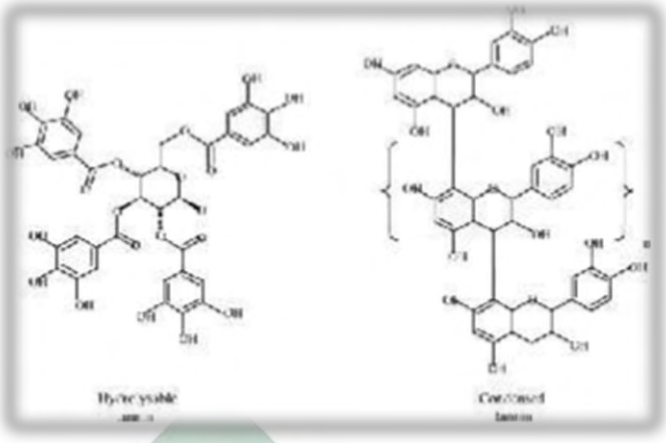

**Gambar 2.17** Struktur dasar penyusun senyawa saponin (*Sumber* : Man *et al*, 2010)

5. Tanin

Tanin merupakan senyawa organik yang terdiri dari campuran senyawa polifenol kompleks, dibentuk dari elemen C, H dan O serta membentuk molekul besar dengan berat molekul lebih dari 2000 (Shut, 2002). Tanin merupakan senyawa yang sering digunakan sebagai pewarna serta penyamak jaringan ikan. Sifat tanin yang memiliki daya rekat tinggi juga dapat dimanfaatkan sebagai campuran lem. Senyawa tanin terdiri dari gugus OH yang mampu mereduksi proses oksidasi reduksi sehingga memiliki kemampuan menghambat pelepasan ion $Fe^{+2}$ yang menjadi penyebab korosi serta penempelan biota fouling pada permukaan lempengan logam besi. Berdasarka Hangerman (2002) tanin banyak dikonsumsi oleh manusia atau hewan yang dapat memberikan pengaruh terhadap reaksi oksidasi pemanfaatan protein dengan membentuk protein yang terlarut, antioksidan serta pemamfaatan dalam pencegahan reaksi oksidasi pada logam. Menurut Chambers *et al* (2006) senyawa alami tanin yang dikombinasikan dengan cat dapat menurunkan kandungan tembaga apabila dibandingkan dengan cat biasa. Berikut merupakan struktur tanin (Gambar 2.18).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



**Gambar 2.18** Struktur tanin (*Sumber* : Dennis *et al*, 2005)

## 2.6 Integrasi Sains dan Keislaman

Biota laut merupakan salah satu kekayaan alam yang tidak ternilai harganya. Beragam upaya dilakukan untuk mengetahui rahasia yang terkandung di dalamnya. Usaha tersebut mulai menunjukan hasil dengan ditemukannya senyawa bioaktif baru yang tidak ditemukan pada biota darat. Penemuan senyawa bioaktif baru dari laut memiliki potensi sebagai sumber *antifouling*. Sebagai manusia yang dikaruniai akal sudah sepantasnya kita untuk mencari tahu sesuatu yang belum diketahui manfaatnya, hal ini sesuai dengan perintah Allah S.W.T dalam Al-qur'an surat Al-Baqarah 2 : 164

إِنَّ فِى خَلْقِ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ وَٱخْتِلَٰفِ ٱلَّيْلِ وَٱلنَّهَارِ وَٱلْفُلْكِ ٱلَّتِى تَجْرِى فِى ٱلْبَحْرِ بِمَا

يَنفَعُ ٱلنَّاسَ وَمَآ أَنزَلَ ٱللَّهُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مِن مَّآءٍ فَأَحْيَا بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِن

كُلِّ دَآبَّةٍ وَتَصْرِيفِ ٱلرِّيَٰحِ وَٱلسَّحَابِ ٱلْمُسَخَّرِ بَيْنَ ٱلسَّمَآءِ وَٱلْأَرْضِ لَءَايَٰتٍ لِّقَوْمٍ

يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

Artinya : " *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air lalu dengan air itu, Dia hidupkan bumi sesudah mati (kering)-*



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

*nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi. Sungguh terdapat tanda-tanda (ke-Esaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang mau berfikir"*.

Asbabun Nuzul surat al-Baqarah 2 : 164 berdasarka n Ibnu Abi Hatim serta Abu Syaikh dalam kitab "al-Azhamah" yang diperoleh dari Atha'. Atha' berkata turunnya ayat kepada Rasululloh di Madinah, ayat yang berbunyi: " Tuhan mu ialah Tuhan yang satu, Tiada Tuhan melainkan dia yang maha pengasih lagi maha penyayang (surat al-Baqarah ayat 163), sehingga orang-orang kafir Quraisy berkata "mana mungkin manusia yang begitu banyak diatur oleh hanya satu Tuhan" kemudian Allah merunukan surat al-Baqarah ayat 164.

Ayat tersebut turun sebagai jawaban dari pertanyaan kaum kafir Quraisy tersebut. Hal ini dijelaskan pula oleh Ibnu Hati serta Ibnu Mardawaih dari jalur yang baik dan bersambung dari Ibnu Abbas katanya : " orang-orang kafir Quraisy berkata kepada Rasululloh , mohonkanlah kepada Allah agar bukit Shafa dijadikannya bagi kami untuk menghadapi musuh-musuh kami". Allah pun mewahyukan kepadanya : "baiklah aku akan memberikannya kepada mereka, tetapi sekiranya mereka kafir lagi maka aku akan menyiksa mereka dengan suatu siksaan yang belum pernah kuberikan kepada seorangpun diantara penghuni alam". Rasululloh menjawab : " Biarkanlah aku menghadapi kaumku dan aku menyeru mereka dari hari ke hari", sehingga Allah menurunkan ayat ini : " *Sesungguhnya Dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya siang dan malam*" (surat al-Baqarah ayat 164) walaupun mereka meminta bukti emas padamu lagi, padahal mereka telah menyaksikan bukti-bukti yang lebih besar (*Sumber* : Tafsir Jallalain).

Adanya pergantian siang dan malam, mengikuti terbit dan terbenamnya matahari, siang lebih lama dari pada malam dan begitupun sebaliknya. Semua itu menunjukan adanya kebesaran serta kekuasaan Allah S.W.T bagi hamba yang mau berfikir (*Sumber* : Kementrian Agama RI). Ayat diatas menyeru kita untuk berfikir bahwasanya segala sesuatu yang



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ada di bumi dan di langit diciptakan memiliki tujuan. Seperti halnya Allah menciptakan hewan yang sesungguhnya hewan tersebut memiliki banyak manfaat bagi manusia. Salah satu manfaat dari hewan tersebut ialah memiliki khasiat sebagai *antifouling*.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan landasan penelitian yang terkait dengan uji ekstrak teripang sebagai bahan *antifouling* alami. Adapun penelitian terdahulu yang menjadi landasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

| No. | Penelitian | Metode | Hasil Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Fauzi Syahputra dan Teuku Muhammad Haja Almuqaramah (2019) yang berjudul Penambahan Ekstrak Larutan Kulit Mangrove Pada Cat Minyak Sebagai *Antifouling* | Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan pada material uji yang direndam air laut selama 14 hari, kemudian dihitung dan dicatat jumlah serta jenis *Biofouling* yang menempel pada material uji. Material uji yang dipakai dalam penelitian ini ialah lempengan besi berukuran 15 x 15 cm yang telah dicat dengan menggunakan campuran cat minyak | Penambahan ekstrak kulit mangrove dalam cat mampu menghambat penempelan biota fouling secara nyata pada material uji. Hasil penelitian menunjukan bahwa terdapat dua jenis biofouling yang menempel pada material uji yaitu *Balanus amphitrite* dan *Chtamalus* sp. Penurunan jumlah penempelan biofouling diduga adanya kandungan senyawa metabolite sekunder pada kulit mangrove seperti tanin, alkaloid, fenol, serta | Perbedaan dalam penelitian ini ialah pada penelitian ini menggunakan skala lab sedangkan pada penelitian terdahulu menggunakan skala lapang untuk uji *antifouling*. Metode yang digunakan juga berbeda, pada penelitian terdahulu menggunakan material uji lempengan besi yang mendapat perlakuan ekstrak lalu direndam selama 14 hari untuk melihat laju penempelan biota fouling sedangkan pada penelitian ini langsung diujikan pada spesies fouling. Ekstrak yang digunakan juga |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ditambahkan ekstrak larutan kulit mangrove lalu direndam selama 14 minggu. | peptida. Senyawa tanin, alkaloid serta fenol merupakan senyawa yang paling berpengaruh terhadap penempelan biofouling. | berbeda. |
| 2. | Nurafni dan Rinto Muhammad Nur (2018) yang berjudul Aktifitas *Antifouling* Senyawa Bioaktif Dari Lamun di Perairan Pulau Morotai | Metode yang dipakai ialah metode difusi agar dengan menggunakan bakteri bofilm (*Staphylococcus aureus*). Ekstraksi lamun dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut n-heksana dan methanol secara terpisah. | Hasil dari penelitian tersebut menunjukan bahwa ekstrak metanol *Enhalus acoroides* memiliki aktivitas *antifouling* serta senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak tersebut alkaloid, flavonoid, saponin serta steroid. Ekstrak *Cymodocea rotundata* serta *Halodule pinifolia* tidak menunjukan aktifitas *antifouling.* | Penelitian ini sama- sam menggunakan skala lab namun metode yang di gunakan berbeda, pada penelitian terdahulu menggunakan metode difusi agar sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode *antifouling* assay. Jenis ekstrak yang di gunkan juga berbeda. |
| 3. | Gannisa Alfin Cahyaningtyas, Feni Iranawati dan Citra Satria Utama Dewi | Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode anti penempelan atau pelekatan. Ekstraksi | Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa ekstrak *Avicennia marina* tidak memberikan pengaruh nyata | Penelitian terdahulu memiliki kesamaan dalam metodenya yakni menggunakan *antifouling* assay. Jenis ekstrak dan biota uji yang di |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (2017) yang berjudul Aktivitas *Antifouling Avicennia marina* Terhadap *Macrofouler Perna viridis* | *Aviccenia marina* dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut methanol 600 ml (1:3) selama 72 jam pada suhu ruang. Ekstrak mangrove dipekatkan menggunakan *rottary evaporator*. Proses pengujian diawali dengan mempersiapkan gelas bekker 500 ml yang telah diisi air laut yang mengandung 3 ml ekstrak A. *marina*. *Perna viridis* yang telah diaklimatisasi dipindahkan ke dalam gelas bekker yang berbeda. Jumlah *Perna viridis* yang digunakan sebanyak 5 ekor | terhadap pelekatan *Perna viridis*. Hal ini disebabkan oleh adanya toleransi *Perna viridis* terhadap suatu senyawa yang masuk ke dalam tubuhnya sangat tinggi. Pengaruh ekstrak akan berbeda jika dilihat dari produksi *byssus* maka dapat dikatakan bahwa ekstrak *Avicennia marina* menghambat produksi *byssus Perna viridis*. Jumlah *byssus Perna viridis* kurang dari 50 helai apabila dibandingkan dengan kondisi normal. | gunakan juga berbeda. |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | untuk masing-masing gelas bekker. Konsentrasi ekstrak yang digunakan ialah 1, 2, 4, 6 dan 8 mg/l. Pengamatan *Perna viridis* dilakukan pada 1 x 24 jam dan 2 x 24 jam setelah pemaparan. | | |
| 4. | Januar Indra Yudhatama, Aunurohim dan Nurita Abdulgani (2016) yang berjudul Pengaruh Campuran Ekstrak* Debu Tembakau Terhadap Luasan dan Biomassa Biofouling Pada Substrat Baja di | Metode ekstraksi yang digunakan ialah metode maserasi menggunakan pelarut ethanol 96% dan dishaker selama 7 hari hingga diperoleh filtrat yang jernih. Filtrat yang diperoleh kemudian di sntrifuge dengan kecepatan 7000 rpm selama 15 menit. Hasil sentrifuge berupa supernatan dan pelet. | Hasil penelitian menunjukan bahwa ekstrak debu tembakau tidak berpengaruh terhadap luasan dan biomassa biofouling. Hal ini diduga karena adanya faktor proses ekstraksi *yang tidak dapat menghasilkan solanesol murni. Hampir seluruh panel kayu tertutupi oleh organisme fouling sebanyak 100%. Presentase ini termasuk kategori sangat tinggi. Organisme makrofouling yang | Perbedaan dalam penelitian ini ialah pada penelitian ini menggunakan skala lab sedangkan pada penelitian terdahulu menggunakan skala lapang untuk uji antifouling. Metode yang digunakan juga berbeda, pada penelitian terdahulu menggunakan material baja yang mendapat perlakuan ekstrak lalu direndam selama 30 hari untuk melihat luasan dan biomasa biofouling sedangkan pada penelitian ini langsung diujikan |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Perairan Dermaga PT. DOK Surabaya | Supernatan di keringkan menggunakan *freeze dryer*. Eksrak kasar dibuat konsentrasi berbeda yaitu 0 ppm, 10 ppm, dan 25 ppm. Pengaruh dari ekstrak debu tembakau sebagai senyawa *antifouling* diukur dengan dua variabel yaitu luasan biofouling serta biomassa biofouling pada substrat baja | berhasil di identifikasi meliputi *Balanus amphitrite*, *Tubeworms*, dan famili Serpulidae. | pada spesies fouling. Ekstrak yang digunakan juga berbeda. |
| 5. | Muhammad Khoirul Amin (2017) yang berjudul Uji Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) Sebagai Bahan *Antifouling* | Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut ethanol 96% dengan perbandingan 1 : 4 direndam selama 3 X 24 jam. Filtrat yang diperoleh dipekatkan | Hasil dari penelitian ini menunjukan bahwa ekstrak daun T. *catappa* memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap luasan dan biomassa* biofouling. Luasan penempelan memiliki pengaruh signifikan | Perbedaan dalam penelitian ini ialah pada penelitian ini menggunakan skala lab sedangkan pada penelitian terdahulu menggunakan skala lapang untuk uji *antifouling*. Metode yang digunakan juga berbeda, pada penelitian terdahulu menggunakan |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Alami Pada Plat Baja di Perairan PT DOK | dalam *rottary evaporator*. Pengaruh dari ekstrak daun T. *catappa* sebagai senyawa *antifouling* diukur dengan dua variabel yaitu luasan biofouling serta biomassa biofouling pada substrat baja. | terhadap biomassa biofouling ($p < 0,005$). | material baja yang mendapat perlakuan ekstrak lalu direndam selama 30 hari untuk melihat luasan dan biomasa biofouling sedangkan pada penelitian ini langsung diujikan pada spesies fouling. Ekstrak yang digunakan juga berbeda. |
| 6. | Joseph Selvin & A.P Lipton (2004) yang berjudul *Antifouling* Activity Of Bioactive Subtances Extracted From *Holothuria scabra* | Metode yang digunakan adalah metode anti penempelan atau pelekatan. Ekstraksi teripang pasir dilakukan dengan menggunakan metode maserasi dengan pelarut methanol dan methanol diklorometh**a**ne (1:1). Proses pengujian diawali | Hasil penelitian menunnjukan bahwa konsentrasi ekstrak teripang pasir yang efektif ialah ekstrak sebesar 4,2 mg/ml sedangkan konsentrasi eksrak yang dapat mematikan organisme dengan *regainning rate* yang kecil ialah ekstrak teripang sebesar 200 mg/ml. | Penelitian ini sama-sama menggunakan metode *antifouling* assay. Jenis ekstrak dan biota uji yang di gunakan pun berbeda. |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | dengan mempersiapkan gelas bekker yang telah diisi air laut yang mengandung ekstrak teripang pasir (H. *Scabra*) pada tiap gelas bekker diisi 5 ekor P. *Vulgata*. | | |



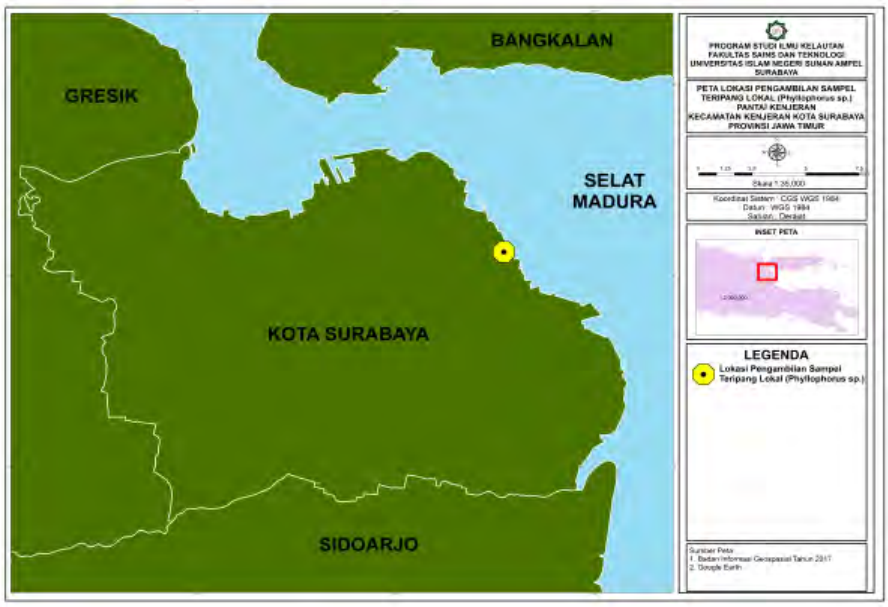
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB III

# METOLODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

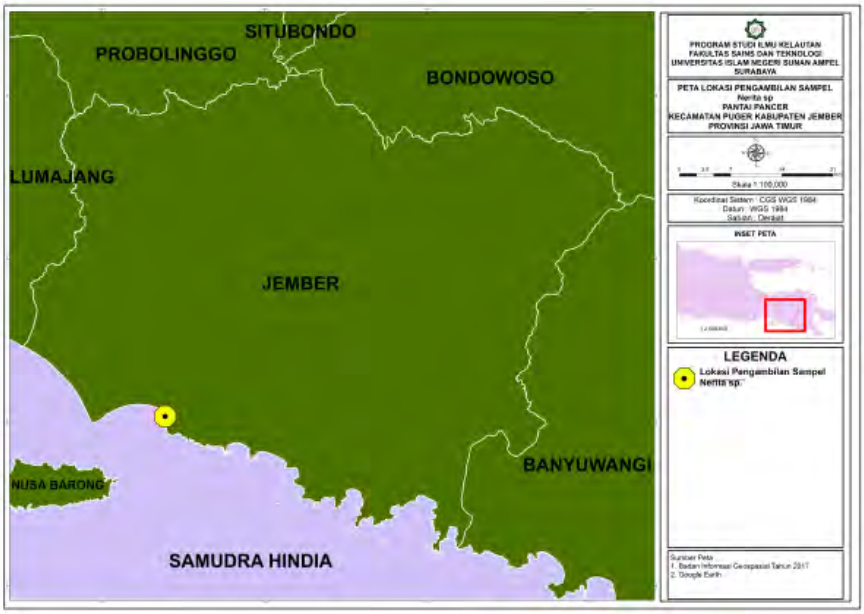
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan januari hingga juli 2020. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) yang diperoleh dari Pantai Kenjeran Surabaya. Biota uji yang digunakan yakni *macrofouler Nerita* sp. yang diperoleh dari Pantai Pancer Puger, Jember.




**Gambar 3.1** Lokasi pengambilan teripang lokal (*Phyllophorus* sp.)
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




**Gambar 3.2** Lokasi pengambilan *Nerita* sp. (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

## 3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

**Tabel 3.1** Alat penelitian

| No. | Alat | Spesifikasi | Fungsi |
|---|---|---|---|
| 1. | Akuarium | Kaca | Untuk media uji *antifouling* |
| 2. | Air laut | Cair | Untuk media uji *antifouling* |
| 3. | Sarung tangan | Karet | Perlengkapan APD |
| 4. | Kuas | Kayu | Untuk pengecatan |
| 5. | Masker | Kain | Perlengkapan APD |
| 6. | Kamera | Handphone | Untuk dokumentasi penelitian |
| 7. | DO meter | DO meter PDO-519 | Untuk mengukur kadar oksigen terlarut dan suhu perairan |
| 8. | pH meter | pH meter ST 02 | Untuk mengukur pH perairan |
| 9. | Refraktometer | Seawater refractometer HI 96822 | Untuk mengukur salinitas |
| 10. | Timbangan digital | - | Untuk menimbang berat biota fouling |
| 11. | Timbangan | - | Untuk menimbang bahan |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | |
|---|---|---|---|
| | analitik | | penelitian |
| 12. | Pipet tetes | Kaca dan karet | Untuk mengambil larutan dengan volume kecil |
| 13. | Pinset | Besi | Untuk mengambil |
| 14. | Baskom | Plastik | Untuk wadah merendam teripang |
| 15. | Pisau | Besi | Untuk alat pemotong teripang |
| 16. | Cool box | *Styrofoam* | Untuk menyimpan bahan penelitian yaitu teripang |
| 17. | Gelas bekker | 500 ml | Untuk tempat proses maserasi |
| 18. | Peralatan destilasi | Terbuat dari toples seng | Untuk memekatkan filtrat |
| 19. | Tabung reaksi | Kaca | Untuk tempat proses uji fitokimia |
| 20. | Alat tulis | Ballpoint, buku | Untuk mencatat hasil pengukuran |

(*Sumber* : Dokumentasi pribadi, 2020)

**Tabel 3.2** Bahan penelitian

| No. | Bahan | Fungsi |
|---|---|---|
| 1. | Teripang lokal atau terung (*Phyllophorus* sp.) | Untuk bahan ekstrak senyawa bioaktif |
| 2. | *Nerita sp.* | Biota uji antifouling |
| 3. | Air bersih | Untuk membersihkan teripang |
| 4. | Es batu | Untuk menjaga kesegaran teripang |
| 5. | Pelarut metanol | Untuk pelarut maserasi |
| 6. | Asam sulfat ($H_2SO_4$) | Untuk uji alkaloid |
| 7. | Pereaksi myers | Untuk uji alkaloid |
| 8. | Pereaksi wagner | Untuk uji alkaloid |
| 9. | Pereaksi dragendorff | Untuk uji alkaloid |
| 10. | Pereaksi liebeman burchard | Untuk uji steroid dan terpenoid |
| 11. | $FeCI_3$ 1 % | Untuk uji senyawa tanin |
| 12. | Cat *antifouling* | Untuk kontrol positif |

(*Sumber* : Dokumentasi pribadi, 2020)

## 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium. Pengumpulan data skala laboratorium dilakukan dengan pengamatan aktifitas penempelan biota fouling pada akuarium serta *regaining rate* nya. Penelitian ini mengunakan desain penelitian rancangan acak lengkap (RAL)



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan tiga kali pengulangan. Sebagaimana yang tergambar dalam tabel berikut:

**Tabel 3.3** Pengulangan uji *antifouling*

| Konsentrasi | Pengulangan skala laboratorium | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| A1 | | | |
| A 2 | | | |
| A 3 | | | |
| A 4 | | | |
| A5 | | | |

Keterangan :

A 1 : Kontrol negatif tanpa penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.)

A 2 : Konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) 75 mg/ml

A 3 : Konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) 100 mg/ml

A 4 : Konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) 200 mg/ml

A 5 : Kontrol positif yang diberi cat *antifouling* komersil

## 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur percobaan dalam penelitian ini meliputi proses pengambilan sampel teripang, proses ekstraksi, uji senyawa bioaktif, persiapan biota uji, proses aklimatisasi, proses uji *antifouling* ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *Nerita sp.*

### 3.4.1 Pengambilan Sampel Teripang

Sampel teripang lokal (*Phyllophorus* sp.), diperoleh dari nelayan teripang di Pantai Kenjeran, Surabaya. Sampel teripang kemudian



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

disimpan dalam *coolbox* dan diberi es batu dengan tujuan menjaga kesegaran teripang. Kemudian sampel teripang dibawa ke laboratorium integrasi untuk dilakukan proses ekstraksi serta identifikasi.

**Gambar 3.3** Sampel teripang lokal (*Phyllophorus* sp.)
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

### 3.4.2 Proses Ekstraksi

Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode maserasi (perendaman) dengan menggunakan pelarut polar (Dwicahyani *et al*., 2018). Pelarut polar yang digunakan dalam penelitian ini ialah pelarut methanol. Sampel teripang dibersihkan dengan mengeluarkan seluruh isi perut teripang lalu di cuci dengan air mengalir. Teripang dipotong-potong kecil dengan tujuan untuk memperbesar luas permukaan yang kontak dengan bahan. teripang direndam dalam pelarut metanol pada suhu ruang dengan perbandingan massa dan volume pembuatan ekstrak* yaitu 1 : 4 artinya 1 gram teripang dalam 4 ml pelarut methanol.

**Tabel 3.4** Hasil proses ekstraksi Ekstrak *Phyllophorus* sp.

| Pelarut | Berat Sampel (gr) | Volume filtrat (ml) | Berat ekstrak (ml) | Bentuk | Warna |
|---|---|---|---|---|---|
| Methanol | 250 gr | 2.370 ml | 168 ml | Encer | kuning |

Maserat disimpan dalam wadah tertutup dan tidak terkena cahaya*. Maserat kemudian disaring , filtrat dipisahkan* dan ampasnya direndam kembali ke dalam pelarut yang baru. Proses



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

maserasi dilakukan hingga diperoleh filtrat yang berwarna bening, yang berarti larutan bersifat jenuh. Filtrat yang diperoleh dipekatkan melalui proses destilasi sederhana. Hasil yang diperoleh* berupa ekstrak cair sedikit kental, kemudian dibuat tiga macam konsentrasi dengan pelarut aquades yaitu 75 mg/ml, 100 mg/ml dan 200 mg/ml dan perhitungan konsentrasi dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

**Gambar 3.4** Ekstrak kasar teripang lokal (*Phyllophorus* sp.)
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

### 3.4.3 Uji Fitokimia

Hasil ekstraksi yang diperoleh, dianalisis secara kualitatif untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif* yang ada pada teripang. Analisis secara kualitatif menggunakan skrinning fitokimia sebagai berikut:

1. Uji Alkaloid Dengan Metode *Culvenor-Fitzgerald* (Harborne, 1987)

   Sampel sebanyak 1 ml dicampur dengan 1 ml kloroform dan 1 ml amoniak di masukan ke dalam tabung reaksi lau dipanaskan di atas penangas air, dikocok lalu di saring. Filtrat yang diperoleh dibagi menjadi tiga bagian yang sama lalu dimasukan ke dalam tabung reaksi, tambahkan masing-masing 2 tetes asam sulfat 2 N kocok dan diamkan selama beberapa menit hingga terpisah. Bagian atas dari masing-masing filtrat diambil dan diuji dengan



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menggunakan pereaksi mayer, wagner serta dragendorf. Terbentuknya endapan jingga, coklat, dan putih pada masing-masing uji menandajan adanya alkaloid.

**Gambar 3.5** Uji senyawa alkaloid

(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

2. Uji Flavonoid (Harborne, 1987)

   Sampel sebanyak 1 ml dicampur dengan etanol 70 % lalu di kocok dan di panaskan, dikocok lagi kemudian baru disaring. Filtrat yang diperoleh kemudian ditambahkan Mg 0,1 g dan 2 tetes HCI pekat. Adanya flavonoid ditandai dengan terbentuknya warna merah pada lapisan etanol.

**Gambar 3.6** Uji senyawa flavonoid

(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

3. Uji Saponin (Harborne, 1987)

   Uji saponin dilakukan dengan cara sampel sebanyak 1 ml di didihkan dalam 10 ml air dalam penangas air. Filtrat di



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kocok dan didiamkan selama 15 menit. Adanya senyawa saponin di tunjukan dengan terbentuknya buih stabil.

**Gambar 3.7** Uji senyawa saponin
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

4. Uji Steroid (Harborne, 1987)

   Sampel sebanyak 1 ml di campur dengan 3 ml etanol 70% dan di tambah 2 ml $H_2SO_4$ pekat serta 2 ml asam asetat anhidrat (reagen Libermann-burchard). Adanya steroid ditandai dengan perubahan warna dari ungu ke biru/ hijau.

**Gambar 3.8** Uji senyawa steroid
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

5. Uji Triterpenoid (Harborne, 1987)

   Uji senyawa triterpenoid di lakukan dengan cara menambahkan 1 ml sampel dengan 2 ml kloroform serta 3 ml asam sulfat pekat. Adanya senyawa triterpenoid di



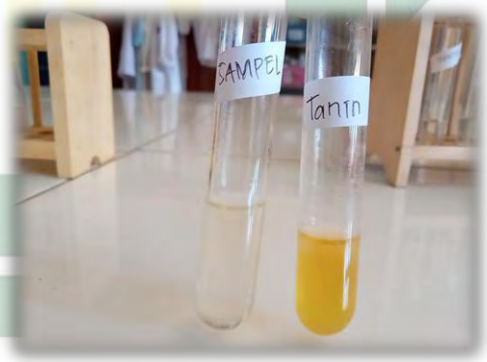
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tandai dengan terbentuknya warna merah kecoklatan antar permukaan.

**Gambar 3.9** Uji senyawa triterpenoid
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

6. Uji Tanin (Edeoga *et al*, 2005)

   Sampel sebanyak 1 ml didihkan di dalam 20 ml air di atas penangas air setelah itu di saring. Filtrat yang diperoleh di tambahkan 2-3 tetes $FeCI_3$ 1 %. Adanya senyawa tanin di tandai dengan terbentuknya warna cokelat kehijauan atau biru kehitaman.



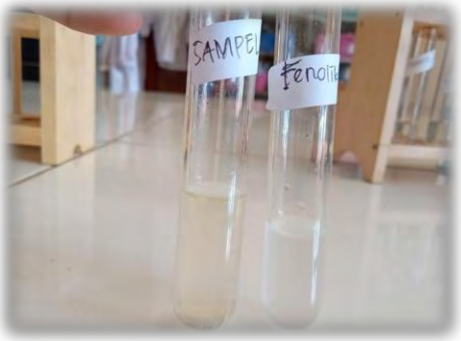

**Gambar 3.10** Uji senyawa tanin
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

7. Uji Fenolik (Edeoga *et al*, 2005)

   Sampel sebanyak 1 ml di masukan ke dalam tabung reaksi lalu tambahkan 1 ml larutan NaCI 1 % serta 1 ml larutan gelatin 10 %. Terbentuknya endapan warna putih menunjukan adanya senyawa fenolik.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




**Gambar 3.11** Uji senyawa fenolik
(*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

### 3.4.4 Persiapan Biota Uji

Biota uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa *macrofouler* yaitu *Nerita sp.*. *Nerita sp.* yang digunakan memiliki kisaran berat 0,65 gram sebanyak 150 biota *Nerita* sp.. *Operculum* berwarna kecoklatan, berkapur seperti plat tebal, mempunyai kait dan permukaan bagian luarnya berbutir. Cangkang berwarna hitam dengan bintik kecoklatan. *Nerita* sp. merupakan golongan hewan herbivora. Biota uji diperoleh dari batu karang dan *break water* di Pantai Pancer Puger, Jember.

**Gambar 3.12** Biota uji (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

### 3.4.5 Proses Aklimatisasi

Proses sebelum dilakukan uji *antifouling* ialah proses aklimatisasi biota uji selama tiga hari. Proses aklimatisasi adalah suatu upaya penyesuaian fisiologis atau adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Lubis & Pujiyati, 2013).Biota uji di bersihkan terlebih dahulu dari kotoran, lalu di masukan ke dalam akuarium. Selama proses klimatisasi *Nerita sp.* diberi aerasi.

**Gambar 3.13** Proses aklimatisasi (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

### 3.4.6 Pengukuran Kualitas Air

Berdasarkan Amin (2017) pertumbuhan organisme biofouling dipengaruhi oleh adanya komponen abiotik yang meliputi sifat fisika air laut seperti salinitas*, kecerahan, pH, temperatur, pasang surut serta arus. Parameter kualitas air yang diukur dalam penelitian meliputi salinitas, suhu, pH serta DO.

A. Salinitas

Salinitas diukur dengan menggunakan refraktometer. Pengukuran dilakukan dengan cara meneteskan* sampel air laut pada permukaan alat pengukurnya lalu ditutup dan pastikan tidak ada gelembung udara setelah itu dibaca hasilnya (Amin, 2017).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Gambar 3.14** Pengukuran salinitas (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

B. DO (*Dyssolved oxygen*)

DO at au oksigen terlarut diukur dengan menggunakan alat DO meter. Pengukuran DO dilakukan dengan cara mencelupkan bagian probe ke dalam sampel air lalu dibaca hasilnya. Sebelum digunakan alat DO meter perlu dikalibrasikan terlebih dahulu untuk menghindari eror dalam pembacaan hasilnya (Amin, 2017).

**Gambar 3.15** Pengukuran DO (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

C. Ph

Derajat keasaman atau pH diukur dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran pH dilakukan dengan cara mencelupkan alat pada sampel air laut (Amin, 2017).

**Gambar 3.16** Pengukuran temperatur perairan (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

D. Temperatur

Temperatur diukur dengan menggunakan alat DO meter. Pengukuran temperatur dilakukan dengan cara mencelupkan bagian probe ke dalam sampel air lalu dibaca hasilnya. Sebelum digunakan alat DO meter perlu dikalibrasikan terlebih dahulu untuk menghindari eror dalam pembacaan hasilnya (Amin, 2017).

**Gambar 3.17** Pengukuran temperatur perairan (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### *3.4.7* Proses Uji Ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) Terhadap *Nerita sp.*

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode anti penempelan. Metode ini dipilih karena dianggap lebih cepat dalam memperoleh hasil. Proses uji *antifouling* diawali dengan mempersiapkan toples kaca ukuran 500 ml yang berisi air laut yang mengandung ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.). *Nerita sp.* yang telah diaklimatisasi dipindahkan ke dalam akuarium yang berbeda. Jumlah *Nerita sp.* yang digunakan adalah 10 ekor untuk tiap akuarium. Pengujian dilakukan dengan tiga kali ulangan untuk tiap perlakuan.

Jenis perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini Perlakuan A1 yaitu perlakuan tanpa enambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.). Perlakuan A2 ialah perlakuan dengan penambahan ektrak teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebesar 75 mg/ml. Perlakuan A3 yakni perlakuan dengan penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebanyak 100 mg/ml. Perlakuan A4 yaitu dengan penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebesar 200 mg/ml. Perlakuan A5 yaitu perlakuan dengan penambahan cat *antifouling*. Pengamatan *Nerita sp.* dilakukan setiap 1 × 24 jam dan 2 × 24 jam setelah pemaparan. Analisis yang dipakai dalam penelitian ini meliputi analisis *antifouling rate*, *regaining rate* serta analisis *lethal concentration* 50 atau $LC_{50}$.

**Gambar 3.18** Proses uji *antifouling* skala laboratorium (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 3.5 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap pola faktorial*. Rancangan acak lengkap pola faktorial merupakan rancangan dengan dua faktor atau lebih pada lingkungan yang dianggap homogen (Sastrosupadi, 2000). Faktor yang digunakan dalam penelitian ialah konsentrasi ekstrak teripang yang diduga memiliki kandungan senyawa *antifouling*. Faktor konsentrasi ekstrak teripang memiliki tiga taraf yaitu 75 mg/ml, 100 mg/ml, 200 mg/ml faktor konsentrasi ekstrak teripang diduga berpengaruh terhadap respon yang diamati yaitu jumlah biota yang menempel, *regaining rate*. Hipotesis tersebut diuji dengan menggunakan uji Anova dengan menggunakan *software* SPSS.

Ekstrak teripang yang telah diperoleh kemudian dilakukan uji fitokimia dengan menggunakan metode uji kualitatif. Hasil uji kualitatif senyawa bioaktif teripang di analisis berdasarkan perubahan warna yang terjadi sesuai dengan pedoman berikut:

**Tabel 3.5** Pedoman Uji Fitokimia

| No. | Senyawa | Pereaksi | Hasil | Sumber |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Alkaloid | Mayer | Jingga | Harborne (1987) |
| | | Wagner | Coklat | |
| | | Dragendorrf | Putih | |
| 2. | Fenolik | NaCl 10 % , larutan gelatin 1 % | Endapan warna putih | Edeoga *et al.* (2005) |
| 3. | Flavonoid | Etanol 70 % + Mg + HCI pekat | warna merah pada lapisan etanol | Harborne (1987) |
| 4. | Terpenoid | Kloroform + $H_2SO_4$ pekat | Warna merah kecoklatan antar permukaan | Harborne (1987) |
| 5. | Steroid | Liebermann – burchard | Perubahan warna dari ungu ke biru | Harborne (1987) |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | atau hijau | |
| 6. | Saponin | - | Buih stabil | Harborne (1987) |
| 7. | Tanin | $FeCI_3$ 1 % | Warna cokelat kehijauan atau biru kehitaman | Edeoga *et al.* (2005) |

**Analisis *antifouling rate***

$$Antifouling\ rate = \frac{\text{Jumlah biota tidak menempel}}{\text{Jumlah biota uji}}\ X\ 100\%$$

**Analisis *regaining rate***

$$Regaining\ rate = \frac{\text{Jumlah biota yang pulih}}{\text{Jumlah biota uji}}\ X\ 100\%$$

Catatan :

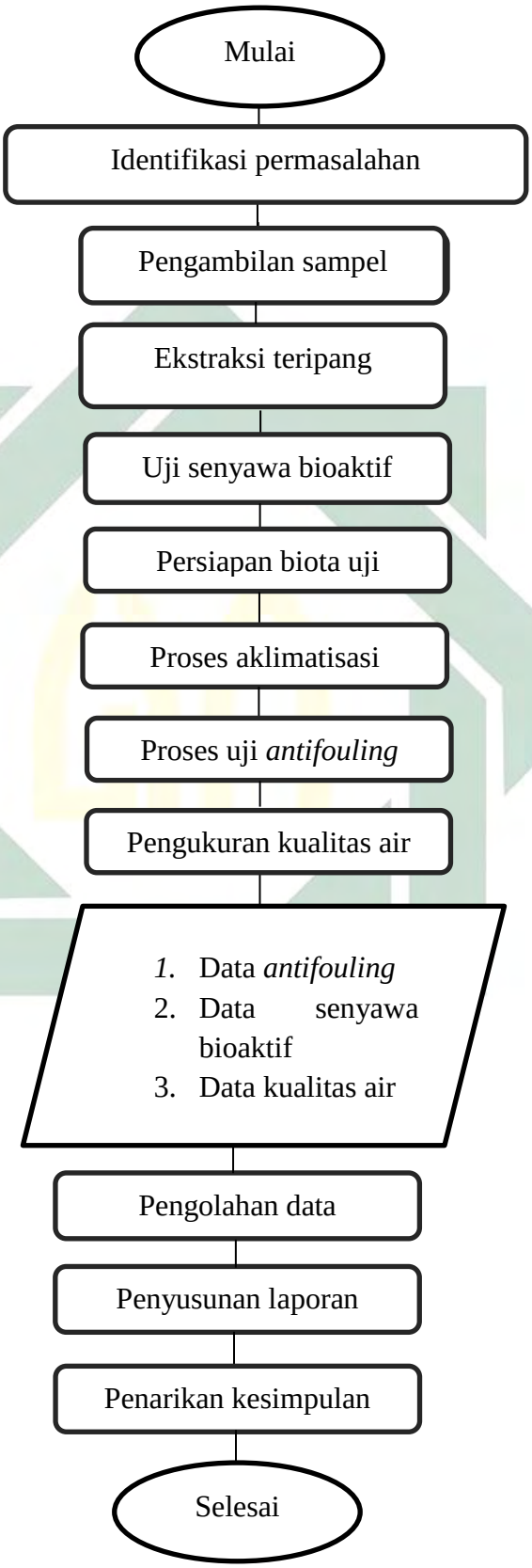
Jumlah biota uji 10 ekor tiap akuarium

Nilai $LC_{50}$ diperoleh dengan menggunakan metode probit sehingga diperoleh persamaan regresi linear y = a+bx. Harga y menyatakan biota uji yang mengalami kematian sebanyak 50 % selama 2 x 24 jam. Nilai a dan b merupakan nilai slope dan intercept dari data ketiga konsentrasi yang digunakan. Harga x yang diperoleh merupakan konsentrasi larutan yang menyebabkan kematian pada biota uji sebesar 50 %.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

### 3.6 Diagram Alir Penelitian






digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB IV

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Uji Fitokimia Ekstrak Methanol Teripang Lokal (*Phyllophorus* sp.)

Ekstraksi teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut* methanol. Hasil ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dilakukan uji fitokimia. Uji fitokimia merupakan uji kualitatif kandungan senyawa bioaktif (*metabolit sekunder*) yang terdapat dalam sampel. Senyawa bioaktif yang diuji meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, triterpenoid, steroid, fenolik dan tanin. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui manfaat selanjutnya dari senyawa bioaktif yang dihasilkan. Hasil analisis ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) disajikan dalam Tabel 4.1 Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) diketahui memiliki senyawa metabolit sekunder* diantaranya alkaloid, fenolik, steroid, saponin dan tanin.

**Tabel 4.1** Uji senyawa bioaktif teripang lokal (*Phyllophorus* sp.)

| No. | Senyawa | Pereaksi atau Perlakuan | Hasil | Kesimpulan |
|---|---|---|---|---|
| **1.** | Alkaloid | Mayer | Terbentuk endapan berwarna jingga | Positif |
| | | Wagner | Terbentuk endapan coklat | |
| | | Dragendorf | Terbentuk endapan putih | |
| **2.** | Fenolik | NaCl 10 % , larutan gelatin 1 % | Terbentuk endapan putih | Positif |
| **3.** | Terpenoid | Kloroform + $H_2SO_4$ pekat | Merah kecoklatan | Negatif |
| **4.** | Steroid | Liebermann – burchard | Terjadi perubahan warna dari ungu ke biru/ hijau | Positif |
| **5.** | Tanin | $FeCI_3$ 1 % | Terbentuk warna cokelat kehijauan | Positif |
| **6.** | Flavonoid | Etanol 70 % + | Warna merah | Negatif |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Mg + HCI pekat | | |
| **7.** | Saponin | - | Terbentuk buih stabil | Positif |

Senyawa metabolit sekunder ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) juga pernah diidentifikasi oleh Cahyono (2015) dalam penelitiannya diketahui bahwa senyawa metabolit sekunder dari teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) meliputi saponin, steroid, triterpenoid serta alkaloid. Senyawa metabolit sekunder yang dimiliki teripang dari kelas Holothuroidea dapat digunakan sebagai antikoagulan, antitrombotik, antikanker, antitumor, antibakteri, antivirus serta antijamur (Cahyono, 2015). Senyawa metabolit sekunder* seperti alkaloid, steroid, terpenoid serta tanin berpotensi sebagai *antifouling* karena memiliki kemampuan sebagai antibakteri atau antimikroba (Estika, 2010 ; Raveendran & Mol, 2010). Hal ini diperkuat oleh pernyataan Lim (2006) serta miriam *et al*. (2006) yakni bahan *antifouling* dapat *diperoleh dari bahan alami dikarenakan memiliki kemampuan sebagai antibakteri atau antimikroba.

Reaksi positif dari uji alkaloid jika larutan terbentuk endapan jingga, endapan cokelat dan endapan putih setelah ditambahkan pereaksi mayers, wagner dan dragendorrf. Alkaloid merupakan senyawa organic yang bersifat basa serta memiliki gugus atom hidrogen yang cukup banyak. Gugus atom hidrogen pada alkaloid dapat menyebabkan efek anestesi bahkan kematian pada hewan tergantung dosis yang diberikan (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Senyawa alkaloid yang dihasilkan oleh ascidian dapat mengurangi pertumbuhan biofouling terutama teritip (Arlyza, 2007). Alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri karena dapat menghambat proses terbentuknya peptidoglikan* pada sel bakteri sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh sehingga menyebabkan kematian sel* (Masduki, 1996 ; Ajizah, 2004).

Uji fenolik dilakukan dengan menambahkan NaCI 10 % serta larutan gelatin 1 % . Adanya senyawa fenolik ditandai dengan terbentuknya endapan warna putih. Senyawa fenolik adalah senyawa dengan tingkat keasaman yang tinggi bila dibandingkan dengan alkohol. Fenol dapat menyebabkan pembakaran kimia pada kulit, tingginya tingkat keasaman



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

fenol dapat menyebabkan kematian pada biofouling (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Golongan fenol memiliki kemampuan merusak membran sel, menginaktifkan enzim serta mendenaturasi protein yang menyebabkan kerusakan dinding sel akibat penurunan kemampuan permeabilitas. Perubahan permeabilitas sitoplasma dapat menyebabkan terganggunya transportasi ion-ion organik yang penting ke dalam sel sehingga dapat menghambat pertumbuhan hingga kematian sel (Damayanti & Suparjana, 2007).

Hasil identifikasi senyawa steroid dengan menggunakan pereaksi Liberman-burchard pada ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) menunjukan hasil yang positif. Reaksi positif dari uji steroid ialah terjadi perubahan warna dari ungu ke biru atau hijau. Steroid merupakan senyawa golongan triterpenoid dan biasanya dipakai sebagai bahan dasar pembuatan obat. Ekstrak yang mengandung senyawa steroid memiliki potensi sebagai antibakteri serta antifungi (Cowan, 1999). Steroid memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri dengan mekanisme merusak membran sel bakteri. Hal ini juga di jelaskan oleh Bontjura *et al*. (2015) yang menyatakan bahwa mekanisme steroid* sebagai antibakteri erat kaitannya dengan membran lipid dan sensitivitas terhadap komponen steroid yang menyebabkan kebocoran pada liposom. Steroid dapat berinteraksi dengan membran fosfolipid sel yang bersifat permeabel* terhadap senyawa lipofilik sehingga dapat menyebabkan penurunan integritas membran serta perubahaan pada morfologi membran sel yang menyebabkan sel menjadi rapuh dan lisis* (Ahmed, 2007).

Senyawa tanin teridentifikasi dalam ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) . Reaksi positif senyawa tanin setelah ditambahkan pereaksi $FeCI_3$ 1 % ialah terbentuk warna cokelat kehijauan. Tanin merupakan senyawa polifenol yang membentuk senyawa kompleks yang tidak larut dengan protein. Tanin memilki kemampuan untuk menghambat aktivitas beberapa enzim pencernaan seperti triptin, kimotripsin amilase, serta lipase selain itu juga dapat mengambat absorpsi besi ( Muchtadi, 1989). Tanin memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan cara menggu proses sintesis peptidoglikan yang berakibat pada pembentukan sel tidak sempurna. Dinding sel mengkerut serta permeabilitasnya terganggu sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Harborne, 1987). Berdasarkan pernyataan Syahputra & Almuqaramah (2019) senyawa tanin memiliki gugus OH yang berfungsi untuk mereduksi proses reaksi oksidasi serta reduksi sehingga memiliki kemampuan untuk menghambat terjadinya pelepasan ion $Fe^{+2}$ sebagai penyebab korosi dan penempelan biota fouling pada lapisan permukaan plat besi.

Saponin dihasilkan sebagai bentuk pertahanan diri secara kimiawi bagi teripang di alam. Saponin juga diyakini memiliki efek biologis diantaranya sebagai anti jamur, sitotoksik melawan sel tumor, hemolisis, imunostimulan serta anti kanker (Zhang *et al*., 2006). Efek utama saponin terhadap bakteri ialah terjadinya pelepasan protein dan enzim dalam sel (Pranoto, Ma'ruf & Pringgenies, 2012). Saponin berfungsi sebagai antimikroba (*antifouling*) dengan cara menghambat atau membunuh mikroba dengan cara berinteraksi dengan memrban sterol ( Hardiningtyas, 2009 ; Santi, Radjasa & Widowati, 2014). Saponin pada teripang telah dikarakterisasi sebagai senyawa holothurin (Arlyza, 2007). Saponin juga telah dilaporkan sebagai senyawa toksik atau (Selvin & Lipton, 2002).

## 4.2 Uji *Antifouling* Ekstrak Methanol Teripang Lokal (*Phyllophorus* sp.) Terhadap *Macrofouler Nerita* sp.

Guna mengetahui kemampuan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dalam menghambat penempelan biofouling maka diperlukan parameter* ukur yang dapat merepresentasikan hubungan tersebut yaitu dengan parameter *antifouling rate, regaining rate* serta *lethal concentration* 50 . Sebelum dilakukan uji *antifouling* maka perlu dilakukan pengecekan kondisi kualitas air pemeliharaan terlebih dahulu dengan tujuan untuk memastikan bahwa kualitas air sesuai dengan baku mutu yang dibutuhkan oleh biota *Nerita* sp.

Uji kualitas air dilakukan dengan perulangan sebanyak 3 kali pada tiap parameter. Tujuan pengukuran kualiatas air dalam penelitian ini ialah untuk mengontrol kondisi kualitas air selama pemeliharaan. Uji kualitas air



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang diukur meliputi suhu, salinitas, DO dan pH. Pengukuran kualitas air digunakan sebagai data pendukung dalam menunjang penelitian ini. Hasil dari pengukuran* kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Uji kualitas air pemeliharaan

| Parameter | Rata – Rata | Satuan | Nilai Optimum | Sumber |
|---|---|---|---|---|
| Suhu | 31,2 | $^0$C | 28 – 32 | KEPMEN. LH No.59 Tahun 2004 |
| Salinitas | 34 | Ppt | 33 – 34 | KEPMEN. LH No.51 Tahun 2004 |
| Ph | 7,6 | - | 7 – 8,5 | KEPMEN LH No.59 Tahun 2004 |
| DO | 3 | mg/l | 3 – 7 | Kadim *et al.* (2017) |

Suhu merupakan salah satu parameter yang berperan penting bagi kelangsungan hidup biota laut baik secara insitu maupun eksitu. Suhu berpengaruh terhadap kecepatan laju metabolisme ekosistem perairan. Hasil pengukuran suhu dalam penelitian menunjukan nilai sebesar 31,2 $^0$C. Berdasarkan KEPMEN LH No.59 Tahun 2004 nilai suhu yang optimal bagi biota laut berkisar antara 28-32 $^0$C.

Salinitas berpengaruh terhadap keberadaan biota penempel di perarairan, hal ini dikarenakan setiap organisme memiliki toleransi yang berbeda terhadap salinitas. Hasil pengukuran salinitas dalam penelitian menunjukan hasil sebesar 34 ppt. Berdasarkan KEPMEN LH No.51 Tahun 2004 nilai salinitas optimal bagi biota berkisar antara 33-34 ppt. Hal ini juga diperkuat oleh pernyataan dari Tambaru (2000) yang menyatakan bahwa salinitas untuk pertumbuhan biota penempel berkisar antara 30 – 33 ppt.

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai pH dalam penelitian menunjukan nilai sebesar 7,6. Berdasarkan KEPMEN LH No.59 Tahun



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2004 pH optimal untuk biota laut berkisar antara 7 – 8,5 yang berarti nilai pH dalam penelitian tergolong optimal untuk proses pemeliharaan biota penempel. Derajat keasaman atau dikenal dengan Ph memberikan* efek secara langsung yang kurang signifikan terhadap penempelan biota fouling. Hal ini pernah dilaporkan oleh Baragi & Anil (2017) yang menyatakan bahwa "penurunan pH memiliki efek langsung yang kurang signifikan terhadap perkembangan larva dan penempelan biota fouling".

Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter penting yang dibutuhkan oleh biota untuk proses respirasi serta penguraian zat-zat organik. Kebutuhan akan oksigen terlarut cenderung bervariasi tergantung pada jenis, stadium serta aktifitasnya (Gemilang *et al*., 2017). Hasil dari pengukuran DO pada saat penelitian yaitu didapatkan nilai sebesar 3 mg/l. Berdasarkan Kadim *et al.* (2017) nilai DO yang optimal untuk biota laut berkisar antara 3 -7 mg/l.

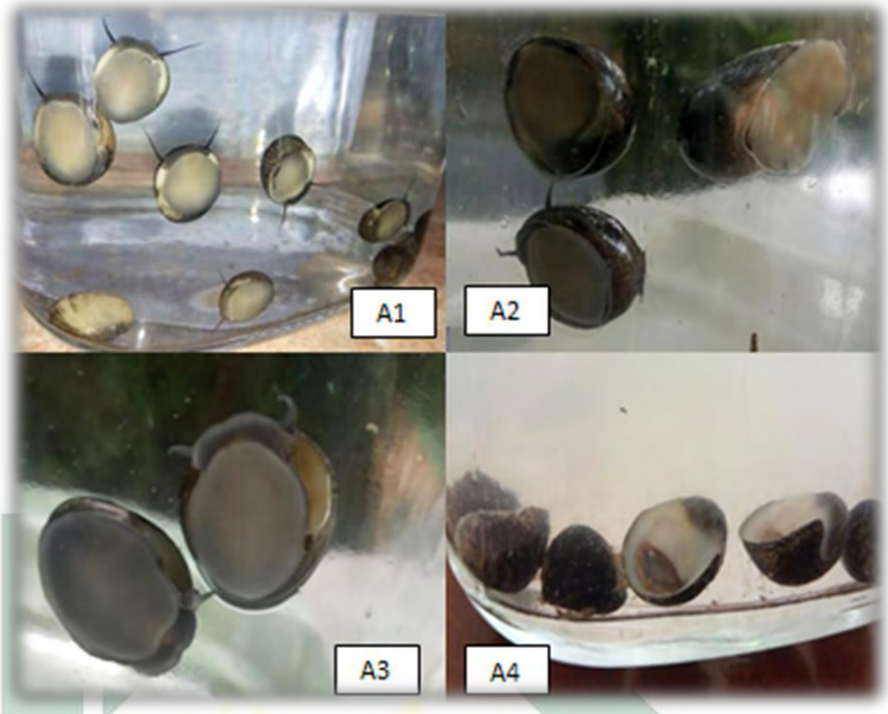
Setelah dilakukan uji kualitas air, maka proses selanjutnya ialah uji *antifouling.* Uji *antifouling* terhadap *Nerita sp.* dilakukan secara in vitro dengan pengamatan 1x 24 jam dan 2 x 24 jam. Pengamatan yang dilakukan adalah pengamatan visual terhadap pelekatan serta kemampuan *regaining rate Nerita sp.*, selain itu juga dilakukan analisis $LC_{50}$ guna mengetahui konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian hingga 50 % biota uji. Penghambatan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *Nerita sp.* dicatat pada tabel skoring.

### 4.2.1 Analisis *Antifouling* Rate

Analisis *antifouling rate* digunakan untuk mengetahui tingkat penempelan (penghambatan) ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *macrofouler Nerita* sp.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




**Gambar 4.1** Jenis Perlakuan (A1) Perlakuan kontrol negatif, (A2) Perlakuan konsentrasi ekstrak teripang 75 mg/ml, (A3) Perlakuan konsentrasi ekstrak teripang 100 mg/ml, (A4) Perlakuan konsentrasi ekstrak teripang 200 mg/ml (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

Hasil uji aktivitas *antifouling* ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dalam skala laboratorium pada perlakuan A1 yakni kontrol negatif menunjukan bahwa seluruh biota uji menempel pada dinding akuarium sedangkan hal sebaliknya terjadi pada perlakuan A5 yakni kontrol positif dimana hampir seluruh biota uji tidak menempel pada dinding akuarium. Hal ini terjadi karena pada perlakuan A5 ditambahkan cat *antifouling* sehingga senyawa kimia yang terkandung dalam cat terpapar dalam air sehingga berpengaruh terhadap kondisi fisiologis dari *macrofouler Nerita* sp. yang menyebabkan terjadinya penghambatan akibat senyawa *antifouling* dari cat.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Gambar 4.2** Jenis perlakuan A5 (kontrol positif) (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

Hasil uji *antifouling* menunjukan masih adanya pelekatan beberapa biota *Nerita sp* (Gambar 4.2). pada akuarium. Kondisi *Nerita sp.* yang tidak melekat ditandai dengan menutup rapat *operculum* dan berada di dasar akuarium (Gambar 4.4).

**Gambar 4.3** Kondisi *Nerita sp.* di dasar akuarium (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

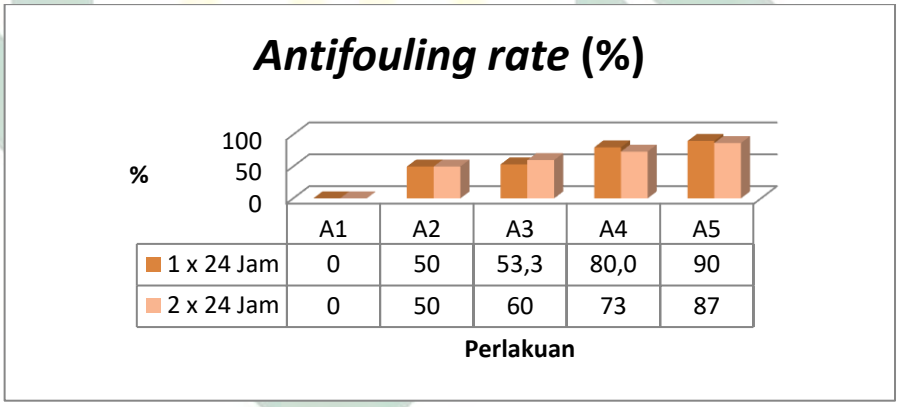
Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa rata-rata penghambatan *Nerita sp.* pada pengamatan 1 x 24 jam dengan konsentrasi 75 mg/ml (A2) sebanyak 4 ekor. Penghambatan *Nerita sp.* untuk konsentrasi 100 mg/ml (A3) ada sebanyak 5 ekor. Rata-rata penghambatan konsentrasi 200 mg/ml (A4) berjumlah 7 ekor, sedangkan pada kontrol menunjukan tidak ada penghambatan. Pengamatan dilanjutkan sampai 2x24 jam untuk melihat penghambatan ekstrak lebih lanjut. Pengamatan 2x24 jam jumlah *Nerita sp.* yang tidak Melekat tidak jauh berbeda dari hasil pengamatan 1x24 Jam.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nilai persentase *antifouling* untuk pengamatan 1 x 24 jam pada konsentrasi 75 mg/ml, 100 mg/ml, 200 mg/ml berturut-turut sebesar 40 %, 50 % dan 73,3 %. Presentase *antifouling* untuk pengamatan 2 x 24 jam pada konsentrasi konsentrasi 75 mg/ml, 100 mg/ml, 200 mg/ml berturut-turut sebesar 43,3 %, 50 % serta 70 % (Gambar 4.5).

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka semakin besar pulai nilai *antifouling rate* nya. Hal ini diduga disebabkan* bahwa pada konsentrasi ekstrak semakin tinggi, kandungan saponin,alkaloid, steroid, fenolik dan tanin juga semakin tinggi yang mana kandungan tersebut memiliki *kemampuan sebagai *antifouling*. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Idora *et al*. (2013), dalam penelitian tersebut diketahui bahwa tanin dapat menghambat pertumbuhan* biofouling bahkan pada konsentrasi yang rendah.




**Gambar 4.4** *Antifouling rate* (%) (*Sumber* : Pengolahan data, 2020)

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa *Nerita sp.* terganggu dengan penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.). Hal ini disebabkan karena ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yang berfungsi sebagai *antifouling*. Teripang banyak mengandung senyawa yang bersifat toksik seperti saponin (*Holothurin*). Senyawa toksik tersebut dapat dijadikan sebagai sumber *antifouling* yang ampuh ( Selvin & Lipton, 2004).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Senyawa alkaloid dan fenolik juga dapat mengurangi jumlah penempelan biofouling karena kedua senyawa tersebut bersifat racun yang dapat membunuh biofouling (Syahputra & Almuqaramah, 2019). Untuk mengetahui adanya pengaruh konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *antifouling rate* maka perlu dilakukan uji *One Way* ANOVA. Sebelum uji *One Way* ANOVA dilakukan maka terlebih dahulu perlu dilakukan uji normalitas serta homogenitas.

Berdasarkan uji normalitas pada pengamatan 1x24 jam dan 2x24 jam diketahui bahwa sebaran data berdistribusi normal. Hal ini ditunjukan dengan nilai signifikansi masing-masing sebesar 0.841 dan 0.654 yang mana nilai tersebut lebih dari 0.05 sehingga dapat dilakukan uji lanjut *One Way* ANOVA. Berdasarkan hasil uji homogenitas diketahui bahwa sebaran data bersifat homogen. Hal ini ditunjukan dengan nilai signifikansi sebesar 0.881 yang mana nilai tersebut lebih dari 0.05 sehingga dapat dilakukan uji *One Way* ANOVA.

**Tabel 4.3** Uji *One Way* ANOVA pengamatan 1x24 jam dan 2x24 jam

**ANOVA**

| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 12173.333 | 4 | 3043.333 | 50.722 | .000 |
| Within Groups | 600.000 | 10 | 60.000 | | |
| Total | 12773.333 | 14 | | | |

Keterangan : taraf kepercayaan (p = 0.05)

**ANOVA**

| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 12173.333 | 4 | 3043.333 | 50.722 | .000 |
| Within Groups | 600.000 | 10 | 60.000 | | |
| Total | 12773.333 | 14 | | | |

Keterangan : taraf kepercayaan (p = 0.05)



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Uji *One Way* Anova dilakukan dengan tujuan untuk melihat adanya pengaruh konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *antifouling rate*. Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa konsentrasi ekstrak memberikan* pengaruh yang signifikan terhadap *antifouling rate* ditunjukkan dengan nilai P 0.000 < 0.05 sehingga dilakukan uji lanjut, uji lanjut digunakan untuk mengaetahui variabel manakah yang memiliki pengaruh signifikan*.

Berdasarkan hasil analisis *One Way* ANOVA menunjukkan bahwa pemberian ekstrak teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memberikan pengaruh nyata terhadap penghambatan *macrofouler Nerita* sp. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil tersebut antara lain ekstrak teripang, jumlah konsentrasi, habitat serta jenis biota uji (Cahyaningtyas, Iranawati & Dewi, 2017). Terdapat perbedaan antara mekanisme kerja senyawa *antifouling* ramah lingkungan dari ekstrak teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dengan senyawa *antifouling* TBT (Raiklin, 2004; Juhni, 2006; Yudhatama, Aunurohim & Abdulgani, 2016). TBT memiliki mekanisme kerja yang jauh lebih simpel dengan membunuh biota penempel namun akan memberikan dampak toksik bagi biota tersebut. Sedangkan pada senyawa *antifouling* alami yang ramah lingkungan seperti saponin dalam teripang diharapkan memiliki mekanisme *repelent* atau *anti adhesive*.

Senyawa *antifouling* dianggap memiliki mekanisme kerja *repelent* apabila mampu memberikan rangsangan negatif pada suatu organisme untuk menjauh dari substrat atau sumber rangsangan (Raiklin, 2004; Juhni, 2006; Yudhatama, Aunurohim & Abdulgani, 2016). Percobaan sederhana pernah dilakukan oleh Raiklin (1995) dengan tujuan untuk mengetahui efek repelent dari suatu senyawa dengan menggunakan *chemotaxis assay*. Percobaan ini menggunakan *chemotatic chamber* yang terbuat dari *Plexiglas* dengan ukuran 36 x 40 x 80 mm dengan tiga ruang yang terpisah.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Mikroorganisme diletakkan pada bagian tengah ruang sedangkan larutan senyawa antifouling diisikan pada ruang yang berbeda dan air laut pada ruang yang berbeda pula. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah mikroorganisme yang berada pada ruang yang berisi larutan antifouling dan ruang yang berisi air laut.

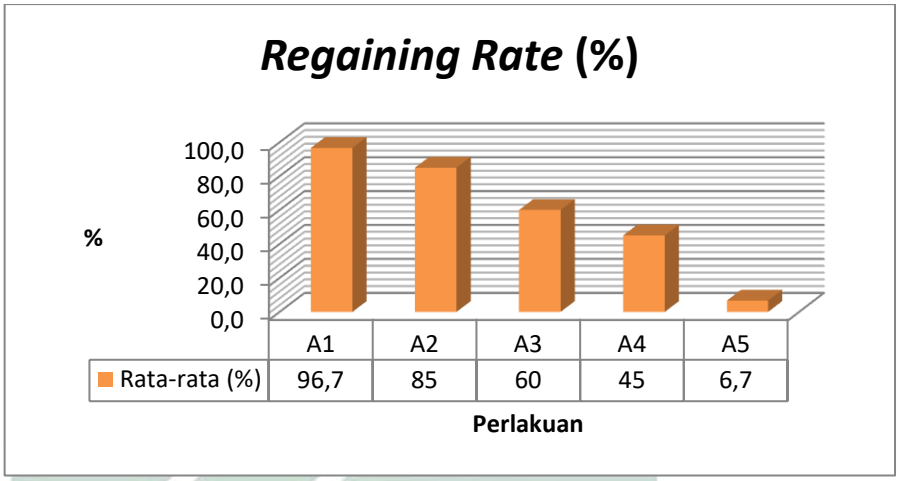
Beberapa jurnal penelitian lain juga melakukan metode yang dinamakan *antifouling assay*. Chen *et al.* (2008) merupakan salah satu peneliti yang menggunakan metode *antifouling assay*. Senyawa *antifouling* alami yang dipakai berasal dari akar mangrove jenis *Ceriops tagal*. Biota fouling yang dipakai dalam penelitian ini ialah spesies *B. albicostatus* dewasa dari genus Balanus. *B. albicostatus* dimasukkan dalam air laut buatan dengan salinitas 30‰ dan temperatur 25°C selama dua belas jam, dari proses ini akan menghasilkan larva tahap nauplius. Larva naplius akan dipelihara selama enam hari agar menjadi larva cyprids. Tahap cyprids inilah yang kemudian akan diberi perlakuan berupa konsentrasi dari ekstrak akar *Ceriops tagal*. Jumlah cyprids yang berhasil menempel dan mati dihitung dengan menggunakan bantuan mikroskop stereo. Serangkain proses tersebut akan ditemukan konsentrasi efektif yang dapat diaplikasikan dalam skala lapang.

### *4.2.2* Analisis *Regaining Rate*

Faktor lain selain *antifouling rate* yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dapat dijadikan sebagai *antifouling* ialah *regaining rate*. Biota uji yang telah dilakukan uji *antifouling* selanjutnya dipindahkan ke dalam akuarium untuk dilakukan analisis *regaining rate* nya. Analisis *regaining rate* dilakukan untuk melihat kemampuan pemulihan biota uji setelah mendapat perlakuan berupa penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) (Tabel 4.7). Hasil analisis *regaining rate* menunjukan hasil seperti pada gambar berikut (Gambar 4.5).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




**Gambar 4.5** *Regaining rate* (%)(*Sumber* : Pengolahan data, 2020)

Berdasarkan gambar diatas menunjukan bahwa nilai *regaining rate* pada masing-masing perlakuan berbeda. Nilai *regaining rate* pada perlakuan A1, A2, A3, A4 serta A5 berturut-turut sebesar 96,7%, 85%, 60%, 45% serta 6,7%. Nilai tersebut menunjukan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal ( *Phyllophorus* sp.) yang diberikan maka nilai *regaining rate* semakin kecil pula, hal ini dikarenakan senyawa bioaktif pada ektrak melebihi batas yang dapat ditolerir oleh *Nerita* sp sehingga berpengaruh terhadap kemampuan pemulihan nya.

**Tabel 4.4** Pengamatan perilaku biota uji setelah diberi perlakuan air laut segar *Nerita sp.*

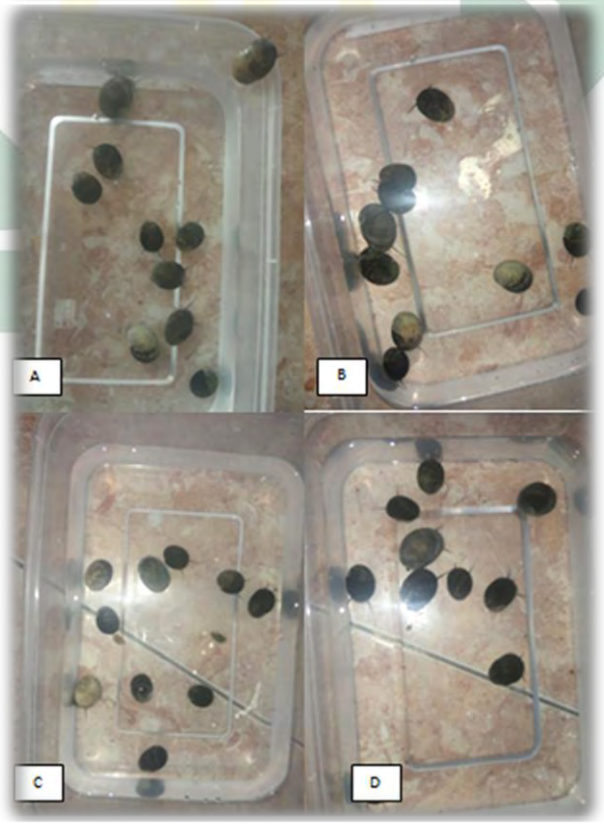
| **Konsentrasi** | **Perilaku biota uji setelah diberi perlakuan air laut segar** |
|---|---|
| Kontrol (-) | Operculum terbuka dan Pergerakan cepat |
| 75 mg/ml | Mengeluarkan kaki jalan serta antena dan bergerak cepat |
| 100 mg/ml | Mulai bergerak dalam waktu 10 menit |
| 200 mg/ml | Mulai mengeluarkan kaki dalam waktu 30 menit, sebagian biota uji mati |
| Kontrol (+) | Hampir semua biota uji mati, *Nerita* sp. mengapung di air |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

| | |
|---|---|
| | dengan sebagian tubuh keluar dari cangkang dan *operculum* terbuka |

Proses pemulihan kembali *Nerita* sp. setelah dimasukan ke dalam air laut segar menunjukan respon berbeda pada masing-masing perlakuan. Respon *Nerita* sp. pada konsentrasi 75 mg/ml menunjukan respon berupa *Nerita* sp. mulai mengeluarkan antena serta berjalan dengan cepat. Respon *Nerita* sp. pada konsentrasi 100 mg/ml ditandai dengan mulai adanya pergerakan setelah 10 menit dimasukan ke dalam air laut. Konsentrasi 200 mg/ml menunjukan respon seperti mulai mengeluarkan kaki jalan dalam waktu 30 menit, sebagian biota uji mati. Pemberian ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) menyebabkan reaksi antar zat aktif dengan reseptor dalam organ efektor menimbulkan gejala keracunan.






digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Gambar 4.6** Jenis Perlakuan *regaining rate* (A)Perlakuan A1, (B) Perlakuan A2, (C) Perlakuan A3, (D) Perlakuan A5 (*Sumber* : Dokumentasi Pribadi, 2020)

Setiap biota uji yang digunakan memberikan respon yang berbeda pada konsentrasi tertentu. Adanya perbedaan respon tersebut dikarenakan oleh perbedaan tingkat kepekaan setiap biota. Berdasarkan Gambar 4.6 diketahui bahwa seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak, terjadi penurunan *regaining rate macrofouler Nerita* sp. guna melihat adanya pengaruh konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *regaining rate macrofouler Nerita* sp. diperlukan uji *One Way* ANOVA. Sebelum dilakukan uji *One Way* ANOVA maka perlu dilakukan uji normalitas serta homogenitas terlebih dahulu.

Berdasarkan uji normalitas diketahui bahwa sebaran data berdistribusi normal. Hal ini ditunjukan dengan nilai signifikansi sebesar 0.863 yang mana nilai tersebut lebih dari 0.05 sehingga dapat dilakukan uji lanjut *One Way* ANOVA. Berdasarkan hasil uji homogenitas diketahui bahwa sebaran data bersifat homogen. Hal ini ditunjukan dengan nilai signifikansi sebesar 0.34 yang mana nilai tersebut lebih dari 0.05 sehingga dapat dilakukan uji *One Way* ANOVA.

**Tabel 4.5** Uji *One Way* ANOVA

**ANOVA**

| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 14973.333 | 4 | 3743.333 | 140.375 | .000 |
| Within Groups | 266.667 | 10 | 26.667 | | |
| Total | 15240.000 | 14 | | | |

Keterangan : taraf kepercayaan (p = 0.05)

Analisis ANOVA (*One Way* ANOVA) menggunakan *software* SPSS. Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui bahwa konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

*regaining rate macrofouler Nerita* sp dengan nilai signifikansi sebesar 0.000 dimana P 0.000 < 0.05.

Berdasarkan hasil analisis *One Way* ANOVA menunjukkan bahwa pemberian ekstrak teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memberikan pengaruh nyata terhadap nilai regaining *macrofouler Nerita* sp. Hal ini dikarenakan saat terpapar oleh ekstrak *Nerita* sp. memiliki kemampuan menutup rapat bagian *operculum* dengan tujuan menghindari konsentrasi ekstrak teripang lokal (*Phyllophorus* sp.). Hal serupa juga pernah di jelaskan oleh V Wilsanand, A.B Wagh dan M. Bapuji (1999) yakni beberapa pekerja juga telah melaporkan bahwa larva serta mytilus dewasa menutup katup cangkangnya untuk mengisolasi jaringan mereka dari lingkungan saat terpapar konsentrasi yang sangat tinggi.

Analisis *regaining rate* juga pernah dilakukan oleh V Wilsanand, A.B Wagh dan M. Bapuji pada tahun 1999 dalam penelitian tentang *Antifouling Activities Of Marine Sedentary Invertebrates on some macrofoulers*. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa tingkat *regaining* dari *P. Viridis* mencapai 100% pada penggunaan ekstrak *G. sanguinolenta* dan *Antipatharian* sp. sedangkan untuk ekstrak *Dendropenephthya sp.* dan *E. complexa* menunjukan tingkat *regaining* sebesar 83% namun pada pengamatan 48 jam, 72 jam serta 96 jam seluruh *P. viridis* mati. *A. turgida* hanya menunjukan tingkat *regaining* sebesar 67% pada pengamatan 96 jam. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa tingkat *regaining* dari *P. viridis* akan semakin kecil apabila waktu pemaparan ekstrak semakin lama.

### 4.2.3 Pengaruh *Antifouling Rate* Terhadap *Regaining Rate*

Berdasarkan uji *Analysis of Variances* (ANOVA One Way) antara konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) terhadap *antifouling rate macrofouler Nerita* sp. diketahui bahwa konsentrasi ekstrak berpengaruh secara signifikan terhadap *antifouling rate macrofouler Nerita* sp. Hal yang sama juga terjadi



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada hasil analisis antara konsentrasi ekstrak terhadap *regaining rate*, yang juga menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara konsentrasi ekstrak dengan regaing rate *macrofouler Nerita* sp.

Menindaklannjuti hal diatas, sehingga menimbulkan pertanyaan, apakah *antifouling rate* dan *regaining rate* memiliki korelasi satu sama lain. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dilakukan uji lebih *lanjut. Salah satu uji yang dapat dilakukan adalah uji regresi linear sederhana*. Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk mengetahui apakah faktor *antifouling* rate dan *regaining rate* saling berpengaruh *satu sama lain.

**Tabel 4.6** Hasil uji regresi linear sederhana *antifouling rate* terhadap *regaining rate*

**ANOVA[b]**

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Regression | 12000.832 | 2 | 6000.416 | 22.229 | .000[a] |
| | Residual | 3239.168 | 12 | 269.931 | | |
| | Total | 15240.000 | 14 | | | |

a. Predictors: (Constant), Pengamatan 2x24 Jam, Pengamatan 1x24 Jam

b. Dependent Variable: Regaining Rate

**Model Summary**

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|---|---|
| 1 | .887[a] | .787 | .752 | 16.430 |

a. Predictors: (Constant), Pengamatan 2x24 Jam, Pengamatan 1x24 Jam



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 110.633 | 9.010 | | 12.279 | .000 |
| | Pengamatan 1x24 Jam | -.371 | .399 | -.363 | -.930 | .371 |
| | Pengamatan 2x24 Jam | -.587 | .426 | -.537 | -1.376 | .194 |

a. Dependent Variable: Regaining Rate

Berdasarkan Tabel 4.11 diketahui bahwa nilai Koefisien Determinasi (*R-square*) menunjukkan nilai sebesar 0.787, nilai tersebut menjelaskan bahwa pengaruh* variable bebas (*antifouling rate*) terhadap variable terikat (*regaining rate*) sebesar 78,7%. Hasil Tabel 4. juga diketahui bahwa *antifouling rate* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap regaining rate *macrofouler Nerita* sp. ditunjukkan dengan nilai P 0.000 < 0.05. Tujuan dari penggunaan regresi ialah untuk mengetahui* jika suatu variabel berubah apakah variabel lain juga ikut berubah. Persamaan regresi dari tabel diatas dapat diartikan sebagai berikut:

- Konstanta sebesar 110,633: Apabila variabel lain* bernilai konstan (*antifouling rate* = 0) maka *regaining rate* nilainya sebesar 110.633
- Koefisien regresi *antifouling rate* pada pengamatan 1x24 jam sebesar – 0,371 dan pengamatn 2x24 jam sebesar -0,587: artinya apabila nilai *antifouling rate* mengalami peningkatan sebesar satu (1) maka *regaining rate* akan mengalami penurunan sebesar 0,371 serta 0,587.

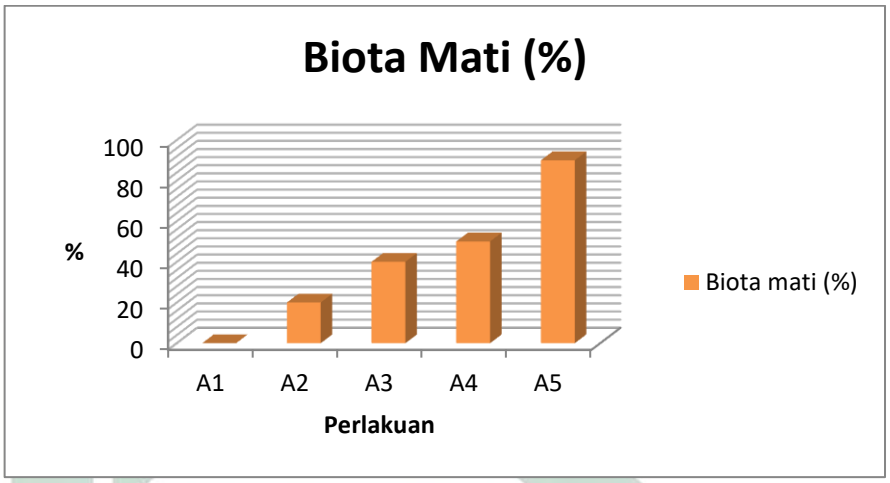
### 4.2.4 Analisis *Lethal Concentration* 50 ($LC_{50}$)

Nilai persentase kematian *macrofouler Nerita* sp. pada masing-masing konsentrasi menunjukan hasil yang berbeda. Nilai persentase kematian terbesar terjadi pada perlakuan A5 yakni sebesar 90%, lalu diikuti oleh perlakuan A4 yakni sebesar 50 %.



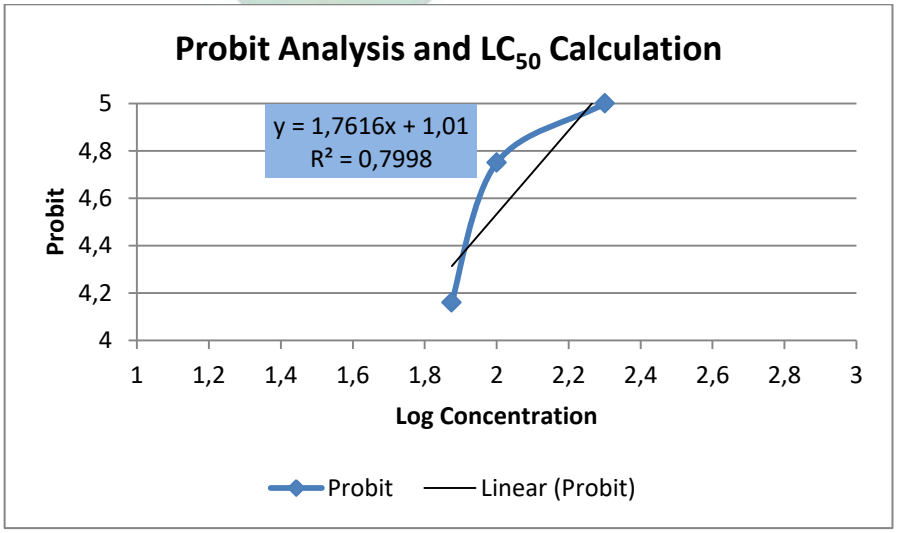
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nilai persentase kematian terkecil pada perlakuan A1 sebesar 0% . Nilai persentase kematian ini selanjutnya digunakan untuk melakukan analisis $LC_{50}$ dengan menggunakan metode probit(USEPA, 2002).




**Gambar 4.7** Persentase kematian biota uji (*Sumber* : Pengolahan data, 2020)

Analisis $LC_{50}$ dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian sebesar 50 % dari organisme uji yang dapat diestimasi dengan menggunakan grafik serta perhitungan pada suatu pengamatan tertentu. *Lethal concentration* 50 atau $LC_{50}$ merupakan suatu perhitungan untuk mengetahui keaktifan dari suatu ekstrak atau senyawa. Nilai $LC_{50}$ 48H dapat diketahui dengan menggunakan uji statistik.






digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Gambar 4.8** Analisis probit dan perhitungan $LC_{50}$ (*Sumber* : Pengolahan data, 2020)

Berdasarkan hasil perhitungan *lethal concentration* 50 atau $LC_{50}$ diperoleh nilai sebesar 185,18. Hal ini berarti konsentrasi ekstrak teripang (*Phyllophorus* sp.) bersifat mematikan 50 % dari seluruh biota uji yakni pada konsentrasi 185,18 mg/ml. Nilai *lethal concentration* 50 atau $LC_{50}$ sebesar 185,18 berdasarkan kategori toksisitas tergolong toksik rendah (Wagner *et al*., 1993).

| |
|---|
| Y = ax + b |
| Y = 1,76x + 1,009 |
| 5 = 1,76x + 1,009 |
| 5-1,009 = 1,76x |
| 3,991 = 1,76x |
| x = 2,267614 |
| LC 50 = antilog x |
| LC 50 = antilog 2,267614 |
| LC 50 = 185,18 |

Ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memiliki kemampuan untuk dapat membunuh biota fouling meskipun dalam konsentrasi rendah. Jumlah konsentrasi ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) juga dapat menentukan terjadinya penghambatan penempelan biota fouling *serta regaining rate* nya. Hasil penelitian menunjukan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi maka semakin meningkat pula penghambatan penempelannya. Hal sebaliknya terjadi apabila semakin meningkatnya konsentrasi maka nilai *regaining* nya akan semakin menurun.

Penelitian ekstrak teripang sebagai *antifouling* juga pernah dilakukan oleh Selvin & Lipton (2004) menunjukan bahwa ekstrak teripang pasir (*H. Scabra*) terbukti efektif menghambat *P. vulgata*. Konsentrasi yang efektif dalam menghambat *P. vulgata* ialah pada konsentrasi 4,2 mg/ml. Konsentrasi tersebut menunjukan dosis yang aman digunakan dikarenakan nilai *regaining rate* nya lebih dari 80% setelah dilakukan uji. Ekstrak *H. Scabra* bersifat



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

toksik pada konsentrasi 6.5 mg/ml, hal ini ditunjukan dengan hampir seluruh *P. Vulgata* mati. Penelitian lain oleh Mokhase (1994) juga memperlihatkan bahwa ekstrak methanol *H. leucospilota* efektif dalam menghambat pertumbuhan biofilm diatom diantaranya *Navicula subinflata* dan *N. Crucicula*. Kandungan senyawa *antifouling* dalam ekstrak methanol *H. Leucospilota* telah diidentifikasi secara spesifik (Gonsalves, 1997).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB V

# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Beradasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat *diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji fitokimia ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memiliki kandungan senyawa seperti saponin, alkaloid, tanin, steroid serta fenolik
2. Ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memberikan pengaruh terhadap nilai *antifouling rate* dengan mengurangi tingkat penempelan *macrofouler Nerita* sp. dengan semakin meningkatnya konsentrasi. Ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) memberikan pengaruh terhadap nilai *regaining rate macrofouler Nerita* sp. dimana semakin kecil konsentrasi yang diberikan maka nilai *regaining rate macrofouler Nerita* sp. semakin besar. Variasi konsentrasi yang diaplikasikan memberikan respon yang berbeda terhadap *macrofouler Nerita* sp. Berdasarkan hasil perhitungan *lethal concentration* 50 atau $LC_{50}$ diperoleh nilai sebesar 185,18. Hal ini berarti konsentrasi ekstrak teripang (*Phyllophorus* sp.) bersifat mematikan 50 % dari seluruh biota uji yakni pada konsentrasi 185,18 mg/ml.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis melalui tulisan ini yaitu:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait rentang waktu yang panjang, dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan* ekstrak dalam mengurangi biota fouling *dengan waktu yang lebih panjang
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaplikasian ekstrak pada jenis biota fouling lainya guna mengetahui kemampuan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai *antifouling*
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penerapan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai *antifouling* dalam skala lapang
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan komposisi konsentrasi yang lebih rendah, guna mengetahui efektifitas penambahan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) dalam menghambat penempelan biota fouling
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait penggunaan ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) sebagai *antifouling* dengan menggunakan metode berbeda.
6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaplikasian ekstrak methanol teripang lokal (*Phyllophorus* sp.) pada jenis *microfouler*.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Abarzua, S., & Jakubowski, S. 1995. Biotechnological Investigation for the Prevention of Biofouling. I. Biological dan Biochemical Principles for the Prevention of Biofouling. *Marine Ecology Progress Series, 123*.

Afrely, R., Rosyidi, M., & S., F. 2015. Keanekaragaman Jenis Holothuroidea di Zona Intertidal Pantai Pancur Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal ILMU DASAR, 16*, 23-28.

Agoes, G. 2007. *Teknologi Bahan Alam.* Bandung: ITB.

Amin, M. 2017. *Uji Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia catappa) Sebagai Bahan Antifouling Alami Pada Plat Baja Di Perairan PT DOK Dan Perkapalan Surabaya.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Andriyono, S., Masithah, E. D., Rumiyati, B., Triastuti, J., & Winarni, D., August. 2016. The Behaviour Of Sea Cucumber Phyllophorus sp. During The Period Of Adaptation. *Asian Journal Of Applied Science, 04*

Arlyza, I. (2007). Bahan Aktif Dari Organisme Laut Sebagai Pengendali Biota Penempel. *Jurnal Oseana*, 32.

Aryantina, P. 2002. *Ekstraksi Komponen Antibakteri dari Teripang dan Pengujian Aktivitasnya sebagai Antibakteria.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Azhar, R. 2008. *Pengaruh Warna Cat Anti Korosi Terhadap Penempelan Biofouling Berdasarkan Faktor Kedalaman Laut.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Basri, N.B, Syawal N.H, & Baharuddin N. 2018. Marine gastropods (Gastropoda; Mollusca) diversity and distribution on intertidal rocky shores of Terengganu, Peninsular Malaysia. *AACL Bioflux* , 1144-1154.

Bastyan, E. 2017. *Analisa Kualitas Layanan Bongkar Muat Di Terminal Petkemas Surabaya Dengan Metode Servqual dan QFD.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Bhadhury, P., & Wright , P. 2004. Exploitation of Marine Algae : Biogenic Compounds for Potential Antifouling Applications. *Planta*, 561–578.

Briand, J. 2009. Marine antifouling laboratory bioassays: An overview of their diversity. *Biofouling*, 297–311.

Budiharta, R. 2009. *Studi Penempelan Biofouling dengan Variasi Jenis Material di laut Tropis.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Cahyaningtyas, G., Iranawati, F., & Dewi, C. 2017. Aktifitas Antifouling Avicennia marina Terhadap Macrofouler Perna viridis. *Journal Of Fisheries and Marine Science*.

Chairunnisa, N. 2012. *Uji Potensi Ekstrak Kasar Teripang Holothria atra Jaeger Sebagai Pencegah Kanker Melalui Uji Mikronukleus Pada Sumsum Tulang Mencit Mus musculus L. Jantan Galur DDY.* Depok: Universitas Indonesia.

Chambers, L., K.R, S., F.C, W., & R.J.K, W. 2006. Modern approaches to marine antifouling coating. *Surface & Coatings Technology*, 3642–3652.

Chapman et al. t.thn.. Bioinspired synthetic macoalgae; Examples from nature for antifouling applications. *International Biodeterioration & Biodegradation, 86*, 6-13.

Cita, Y. 2011. Bakteri Salmonella Thypi dan Demam Tifoid. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*.

Cowan, M. 1999. Plant product as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 564 – 582.

Damayanti, E., & T.B Suparjana. 2007. Efek Penghambatan Beberapa Fraksi Ekstrak Buah Mengkudu Terhadap Shigella dysenteriae. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman*, 46.

Darsono. 2005. Teripang (Holothurians) perlu dilindungi.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Darsono, P. 1993. Kandungan Substansi Bioaktif pada Teripang. *Oseana, 18*, 87-94.

Darsono, P. 2007. Teripang (Holothuroidea) : Kekayaan Alam Dalam Keragaman Biota Laut. *Oseana, XXXII*, 1-10.

Dwicahyani, T., Rianingsih , L., & Sumardianto. 2018. Uji Bioaktivitas Ekstrak Teripang Keling (Holothuria atra) Sebagai Antibakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan, 7*.

Eichhorst, T. 2016. Neritidae Of The World. *Conchbooks*, 694 pp.

Firdaus. 2011. *Hibah Penulisan Buku Ajar Teknik dalam Laboratorium Kimia Organik.* Makassar: Universitas Hasanuddin.

Hardiningtyas, S. 2009. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Karang Lunak Sarcophyton sp. yang Difragmentasi dan Tidak Difragmentasi di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Hartati, R., Widianingsih, & U. Fatimah. 2015. Re-Deskripsi Teripang Stichopus hermanii dari Kepulauan Karimunjawa melalui Analisa Morfologi, Anatomi, dan Spikula (Ossicles). *Jurnal Kelautan Tropis, 18*, 70-75.

Holtz, E., & MacDonald, B. 2009. Feeding Behaviour of the Sea Cucumber Curcumaria frondosa (Echinodermata : Holothuroidea) in the Laboratory and the Field : Relationships Between Tentacle Insertion Rate, Flow Speed, and Ingestion. *Mar Biol, 156*, 1389-1398.

Jaeger. 1883. *De Holothuriis.* Australia: ETI Biofarmati.

Jalaludi Al-Mahali, & Jalaludin Suyuthi. t.thn.. *Tafsir Jalalain.*

Kamyab, e. 2020. Anti-Fouling Effects of Saponin-Containing Crude Extracts from Tropical Indo-Pacific Sea Cucumbers. *Marine drugs*.

La Didu, Ma'ruf K., & Emiyarti. 2019. Komposisi Jenis dan Kepadatan Makrobiofouling Pada Jaring Kantung Apung Dengan dan Tanpa



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menggunakan Sintetik Anti Fouling Hubungannya dengan Pertumbuhan Kappapycus alvarezii Di Perairan Pantai Lakeba Kota Baubau . *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 111-121.

Lubis, M., & Pujiyati, S. (2013). Pengaruh Aklimatisasi Kadar Garam Terhadap Nilai Kematian Dan Tingkah Laku Ikan Gupy (Poecilia reculata) Sebagai Pengganti Umpan Ikan Cakalang (Katsuwonus pelamis). *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 123-129 .

Majik, M., & Parvatkar, P. 2014. Next Generation Biofilm Inhibitors for Pseudomonas aeruginosa: Synthesis and Rational Design Approaches. *Curr. Top. Med. Chem*, 81–109.

Marhaeni, B. 2008. Biofouling Pada Beberapa Jenis Substrat Permukaan Kasar dan Halus. *Sains Akuatik*.

Marhaeni, B. 2011. *Potensi bakteri simbion tumbuhan lamun sebagai penghambat terjadinya biofouling di laut.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Martoyo, J., Aji, N., & Winanto, T. 2006. *Budi daya teripang.* Jakarta: Penebar Swadaya.

Masithah, E., A.N, K., & S., A. 2012. Budidaya Teripang Lokal Phyllophorus sp. sebagai Sumber Bahan Aktif Imunomodulatore terhadap Infeksi Mycobacterium tuberculosis. *Laporan Hibah Strategis Nasional Tahun Anggaran 2012*.

Nimah, S., Widodo F.M, & Agus T. 2012. Uji Bioaktifitas Ekstrak Teripang Pasir (Holothuria scabra) Terhadap Bakteri Pseudomonas aeruginosa Dan Bacillus cereus. *Jurnal Perikanan*, 1.

Nurjanah, S., E Gumbira-Sa'id, Khaswar Syamsu, Suprihatin, & Etty Riani. 2007. *Pengaruh Tepung Teripang Pasir (Holothuria scabra) Terhadap Perilaku Seksual Dan Kadar Testosteron Darah Mencit.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nurvina. 2013. *Hubungan Antara Sanitasi Lingkungan, Hygiene Perorangan dan Karakteristik Individu Dengan Kejadian Demam Tifoid di Wilayah Kerja Puskesmas Kedungmundu Kota Semarang.* Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Nurwidodo, Rahardjanto, A., Husamah, Mas'odi , & Hidayatullah, M. 2018. *Buku Panduan Mudahnya Budidaya Teripang.* Malang: Kota Tua.

Nybakken. 1982. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan ekologis.* Jakarta: Gramedia.

Perdanawati, R. 2017. Metode Pengumpulan Teripang Ramah Lingkungan (Studi Kasus Penggunaan Garit di Sukolilo, Surabaya). *Marine Journal, 03*.

Pradina. 1996. Metode pengkajian reproduksi teripang (Holothuroidea, Ekhinodermata). *Lonowarta*, 13-22.

Pranoto, E., W.F Ma'ruf, & D. Pringgenies . 2012. Kajian Aktivitas Bioaktif Ekstrak Teripang Pasir (Holothuria scabra) Terhadap Jamur Candida albicans. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 1-8.

Pratama, B., Kusdiyantini, E., Suprihadi, A., Budiharjo, A., & Susanto, A. 2014. Eksplorasi dan Karakterisasi Bakteri Potensial Penghasil Senyawa Antifouling Yang Berasosiasi Dengan Alga Coklat (*Phaeophyta*) di Perairan Kepulauan Karimun Jawa Jepara. *Jurnal Biologi*, 39-48.

Puentes, C., Carreño, K., Gómez-León, J., Santos-Acevedo, M., García, M., Pérez, M., et al. 2014. Anti-fouling paints based on extracts of marine organisms from the colombian varibbean. *Sh. Sci. Technol*, 75–90.

Purnayudha, T. 2013. Pengaruh Model Pemeliharaan Sistem Resirkulasi pada Bak Pemeliharaan terhadap Tingkat Kelulushidupan (Survival Rate) Teripang Lokal *(Phyllophorus sp.).* Surabaya: Skripsi. Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Uiniversitas Airlangga.

Puspitasari, R. 2016. Evaluasi Penggunaan Ekstrak Lamun Sebagai Bahan Aktif Antifouling Terhadap Produsen Perairan. *Jurnal Segara*, 45-51.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Rachmawati, A. 2002. *Pengaruh Warna Cat Dekoratif terhadap Penempelan Teritip dan Biomassa Biofouling pada Substrat Baja di Perairan Ujung Surabaya.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Rahmawati, E. 2018. *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kelor (Moringa oleifera Lmk.) Terhadap Bakteri Shigella dysenteriae* . Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Raiklin, A. 2005. *Marine Biofouling Colonization Processes and Defenses.* Boca Raton London New Work Washington D.C: CRC PRESS.

Railkin, A. 2004. *Marine biofouling: Colonization processes and defenses.* Boca Raton, FL, USA: CSC Press.

Ramadhani, H. 2016. *Studi Pengaruh Variasi Kedalaman Air Laut Tropis Terhadap Penempelan Biofouling Pada Material Bambu Laminasi.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Rizka , A. 2013. *Skrining Bakteri Simbion Spons Asal Perairan Pulau Polewali Dan Pulau Sarappolompo Sebagai Penghasil Antibakteri Terhadap Bakteri Patogen Pada Manusia dan Ikan.* Makassar: Universitas Hasanuddin.

Rumagit, H., Max R.R, & Sri S. 2015. Uji Fitokimia Dan Uji Aktifitas Antioksidan Dari Ekstrak Etanol Spons Lamellodysidea herbacea. *Jurnal Ilmiah Farmasi*.

Rumiyanti, B. 2014. *Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Tingkah Laku Dan Lama Hidup Teripang Lokal (Phyllophorus sp.) Selama Masa Adaptasi Di Bak Pemeliharaan.* Surabaya: Universitas Airlangga.

Ruslan, A. 2014. *Kepadatan dan Keragaman Macrobiofouling pada Dermaga Beton dan Dermaga Kayu di Pulau Balanglompo. Kec. Mattiro Sompe. Kab. Pangkep.* Makassar: Universitas Hasanuddin.

Salim. 2019. Pencegahan Korosi Kapal Dengan Metode Pengecatan. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja, 17*.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Salta, M., Wharton, J., Stoodley, P., Dennington, S., Goodes, L., Werwinski, S., et al. 2010. Designing biomimetic antifouling surfaces. *Philos. Trans. R.Soc. AMath. Phys. Eng. Sci*, 4729–4754.

Saputra, F. 2016. Analisis Kesesuaian Penerapan Safety Sign di PT. Terminal Petikemas Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 5*, 121–131.

Saripantung G.L, e. (2013). Struktur Komunitas Gastropoda Di Hamparan Lamun Daerah Intertidal Kelurahan Tongkeina Kota Manado . *Jurnal Ilmiah Platax*, 3.

Saskiawan, I., & Hasanah, N. 2015. Aktivitas Antimikroba dan Antioksidan Senyawa Polisakarida Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia, 1*, 1105-1109.

Sastrosupadi, A. 2000. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian.* Jakarta: Kanisius.

Selvin J., & A.P Lipton. (2002). Development Of a Rapid "Mollusk Foot Adherence Bioassay" For Detecting Potent Antifouling Bioactive Compounds. *Current science*, 735-737.

Setyastuti, A. 2012. Fosil dan Evolusi Holothuroidea (Echinodermata). *Oseana, 37*, 29-40.

Setyastuti, A. 2014. Timun Laut Synaptidae di Pantai Sanur, Bali. *Oseana, 39*, 1-9.

Shan, C., JiaDao, W., HaoSheng, C., & DaRong, C. 2011. Progress of marine biofouling and antifouling technologies. *Chinese Science Bulletin, 56*, 598-612.

Siddiq, A. 2016. *Diversitas dan Distribusi Holothuroidea di Perairan Dangkal Taman Nasional Baluran.* Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sudaryanto, A. 2001. Pencemaran Laut Oleh Senyawa Organotin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 241-246 .

Suwandi, J., & Sandika, J. 2017. Sensitivitas Salmonella thypi Penyebab Demam Tifoid Terhadap Beberapa Antibiotik. *Universitas Lampung*.

Syahputra, F., & Almuqaramah, T. 2019. Penambahan ekstrak larutan kulit mangrove pada cat minyak sebagai antifouling. *Aquatic Sciences Journal*, 37-40 .

Triwibisono, A., Ranu, I., & Sardono. 2012. Analisa Impressed Fouling (ICAF) sebagai Pencegah Fouling di Linier Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. *Jurnal Teknik POMITS*, *1*(1), 1-7.

Vedaprakash, L., R. Dineshram, K. Ratnam, K. Lakshmi, K. Jayaraj, S. Mahesh, et al. 2013. Experimental studies on the effect of different metallic substrates on marine biofouling. *Biointerfaces* , 1–10.

Wafa, J., Adi, T., Hanapi, A., & Fasya, A. 2014. Penentuan Kapasitas Antioksidan dan Kandungan Fenolik Total Ekstrak Kasar Teripang Pasir (Holothuria scabra) Dari Pantai Kenjeran Surabaya. *ALCHEMY*, *3*, 76 - 83

Widodo, A. 2013. *Budidaya Teripang.* Pustaka Baru Press

Wildati, A. 2019. *Diversitas Holothuroidea Berdasarkan Karakteristik Morfologi Di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dan Pulau Mandangin Madura.* Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Winarni, D., Affandi, M., Masithah, E., & Kristanti, A. 2010. Eksplorasi Potensi Teripang Pantai Timur Surabaya sebagai Modulator Imunitas Alami terhadap Mycobacterium tuberculosis. *Laporan Akhir Hibah Strategis Nasional Batch II. Lanjutan Tahun 2010*.

Wulandari, A., Adi, T., & Yuliani, D. 2015. Mercury (Hg) and Copper (Cu) Analysis of Sea Cucumber Paracaudina australis Crackers from Kenjeran Surabaya using Atomic Absorption Spectroscopy. *ALCHEMY*, 17-24.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Yebra, D., Kill, S., & Dam-Johansen. 2014. Antifouling technology—Past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Prog. Org. Coatings* , 75-104.

Yuliana. 2016. *Isolasi Senyawa Bioaktif Antibakteri Pada Ekstrak Etanol Teripang Pasir (Holothuria scabra) Di Kepulauan Selayar*. Makassar : Universitas Hasanuddin.

Yusron, E. 2004. Sumberdaya Teripang di Perairan Tanjung Pai Padaido Biak Numfor Papua. *MAKARA, SAINS, 8*, 123-127.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id