



TUGAS AKHIR -SB 141510

**PENGARUH EKSTRAK KULIT *Durio zibethinus*
TERHADAP LUAS PENEMPELAN DAN
BIOMASSA BIOFOULING PADA PERMUKAAN
PLAT KAPAL DI PT DOK DAN PERKAPALAN
SURABAYA**

**ANDREAS WIM KURNIAWAN
1511 100 088**

**Dosen Pembimbing
Aunurohim, S.Si, DEA.
NIP. 19730504 200501 1 002**

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT -SB 141510

**EFFECT OF *Durio zibethinus*'s SKIN ON
SPACIOUS AND BIOMASSA OF BIOFOULING AT
THE PLATE IRON OF SHIP IN SURABAYA**

**ANDREAS WIM KURNIAWAN
1511 100 088**

**Advisor Lecture
Aunurohim, S.Si, DEA.
NIP. 19730504 200501 1 002**

**Department of Biology
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH EKSTRAK KULIT *Durio ziberthinus* TERHADAP LUAS PENEMPELAN DAN BIOMASSA BIOFOULING PADA PERMUKAAN PLAT KAPAL DI PT DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana SAINS

Pada

Jurusan S-1 Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

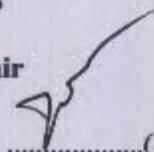
ANDREAS WIM KURNIAWAN

NRP. 1511 100 088

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Aunurohim, S.Si., DEA

NIP. 19730504 200501 1 002



.....(Pembimbing)

Surabaya, 8 Agustus 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Hidayati, M.Si

NIP. 19691121 199802 2 00



**PENGARUH EKSTRAK KULIT *Durio zibethinus*
TERHADAP LUAS PENEMPELAN DAN BIOMASSA
BIOFOULING PADA PERMUKAAN PLAT KAPAL DI PT
DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Andreas Wim Kurniawan
NRP : 1511 100 088
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Aunurohim, S.Si., DEA.

Uraian singkat

*Biofouling merupakan akumulasi mikroorganisme, tumbuhan dan hewan yang menempel sementara atau tetap pada permukaan benda, utamanya pada badan kapal, dan menjadi salah satu penyebab biodeterioration. Salah satu cara penanggulangannya hingga saat ini adalah dengan penggunaan cat kapal yang dicampur dengan Tributyltin (TBT). Namun penggunaan bahan kimia tersebut berefek negatif pada beberapa hewan laut, oleh karena itu penggunaan cat dengan campuran bahan utama Natural Product Antifoulant (NPA) mulai digunakan. Durian (*Durio zibethinus*) merupakan tumbuhan yang memiliki senyawa antifouling sehingga perlu dieksplorasi potensinya sebagai bahan baru NPA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ekstrak kulit *Durio zibethinus* terhadap luasan penempelan dan biomassa biofouling pada plat kapal.*

*Uji skrining fitokimia menunjukkan ekstrak kental kulit *Durio zibethinus* positif mengandung senyawa metabolit sekunder alkaloid, terpenoid, tanin, flavonoid dan saponin. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ekstrak kulit *Durio zibethinus* memberikan pengaruh terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling, dimana pada minggu ke-empat percobaan tercatat luas penempelan 66,1% (0 ppm), 62,1 (25 ppm), 60,9% (50 ppm), 54,2% (75 ppm), 47,8% (100 ppm). Sedangkan Biomassa*

*biofouling di minggu 4 terhitung 36,6 g (0 ppm), 30,3 g (25 ppm), 20,4 g (50 ppm), 9,6 g (75 ppm) dan 8,9 g (100 ppm). Hasil tersebut menunjukkan bahwa ekstrak *D.zibethinus* berpotensi sebagai anti makrofouling, dan spesies biofouling yang ditemukan diidentifikasi hanya satu jenis yaitu Balanus amphitrite.*

Kata kunci: Durio zibethinus, luas penempelan dan biomassa biofouling, metabolit sekunder

EFFECT OF *Durio zibethinus*'s SKIN ON SPACIOUS AND BIOMASSA OF BIOFOULING AT THE PLATE IRON OF SHIP IN SURABAYA

Student Name : Andreas Wim Kurniawan
NRP : 1511 100 088
Department : Biologi
Advisor Lecture : Aunurohim, S.Si., DEA.

Absract

Biofouling is an accumulation of microorganisms, plants and animals attached temporarily or permanently on the surface of objects, especially on the hull, and became one of the causes biodeterioration. One way to overcome this is to use your current ship paint mixed with Tributyltin (TBT). But the use of such chemicals negatively affect some marine animals, therefore the use of paint with a mixture of main ingredients Natural Product antifoulant (NPA) into use. Durian (*Durio zibethinus*) is a plant that has antifouling compounds that need to be explored as a potential new material NPA. This study aims to determine the effect of skin extract concentration *Durio zibethinus* to the width of the attachment and biomass biofouling on ship plate.

Phytochemical screening test showed a thick skin extract *Durio* positive *zibethinus* contains secondary metabolites, alkaloids, terpenoids, tannins, flavonoids and saponins. The results showed that skin extract *Durio zibethinus* give effect to the attachment area and biomass biofouling, in which at week four comprehensive experiments attachment recorded 66.1% (0 ppm), 62.1 (25 ppm), 60.9% (50 ppm), 54.2% (75 ppm), 47.8% (100 ppm). While Biomass biofouling in Week 4 as of 36.6 g (0 ppm), 30.3 g (25 ppm), 20.4 g (50 ppm), 9.6 g (75 ppm) and 8.9 g (100 ppm). The results showed that the extract has potential as an anti makrofouling *Durio zibethinus* and biofouling species had been identified only one type that is *Balanus amphitrite*.

Keywords: *Durio zibethinus*, spacious pasting and biomass biofouling, secondary metabolites

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul Pengaruh ekstrak kulit *Durio zibethinus* terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling pada permukaan plat kapal di PT Dok dan Perkapalan Surabaya. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis tidak lepas dari bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Bapa di Surga.
2. Orangtua penulis, Widyo Prayogo dan Iis Ismiati, adik penulis Andre Puspa Melinda, yang selalu mendukung, mendoakan, dan menginspirasi penulis.
3. Bapak Aunurohim, S.Si., DEA selaku pembimbing tugas akhir penulis, yang selalu setia membimbing, memotivasi dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Dewi Handayani, M.Si. dan Bapak Farid Kamal Muzaki S.Si.,M.Si. selaku dosen penguji tugas akhir yang telah meluangkan waktu, kritik dan saran untuk pengembangan tugas akhir ini.
5. Seluruh anggota Laboratorium Ekologi, Biologi ITS yang telah membantu dan memfasilitasi penulis untuk menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bernadeta Chrisdayanti, Widya Bima Hadi Pratama dan Iko Putri Tyashening atas sharing pengalaman dan ilmu serta software statistika yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Tirza Puji Syukur dan Aulia Ulfi atas sharing pengalaman dan ilmu kimia.

8. Shanice Himma Putri, Ruth Novainty, Adolfinathasya sekelurga, Kak Retno Ditalarasti, Riyan Yefta Purba, Herdy Yudha Johan Julian, , Zulfrizal Amhri Indra, Ahmada Dian Nurlima, Aninditha Giffari, Muhammad Mahsun Fahmi atas bantuan serta motivasi yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman Sekretariat Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS, yang selalu berbagi keceriaan, memberi dukungan, dan selalu ada bersama penulis dikala suka dan duka. Aditya Timothy, Sonny Singgih Pratomo, Yohanes Andi Kurniawan sebagai kakak rohani serta membimbing penulis dalam berdiskusi konsep tugas akhir, terutama untuk Go Peter Christian Tejo Hutomo yang selalu bermain, berjuang bersama, dan sering sekali bekerja bersama penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Teman-teman penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi ITS, terutama angkatan B-14 dan B-15 yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat berarti untuk penulis dan semoga dapat bermanfaat untuk penulis sendiri maupun pembaca.

Surabaya, 8 Agustus 2016

Andreas Wim Kurnaiwan
NRP:1511100088

DAFTAR ISI

Judul Indonesia	ii
Judul Inggris	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
Uraian singkat	v
Abstrak	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Biofouling</i>	5
2.2. Klasifikasi <i>Biofouling</i>	6
2.3. Tahapan Penempelan <i>Biofouling</i>	10
2.4. Faktor yang mempengaruhi <i>Biofouling</i>	14
2.5 Permasalahan <i>Biofouling</i> bagi Manusia	19
2.6 Upaya Penanggulangan <i>Biofouling</i> di Laut	21
2.6.1 TBT.....	22
2.6.2 Produk Alami <i>Antifoulants</i> (NPA)	25
2.7 <i>Durio zibethinus</i>	27
2.7,1 Taksonomi <i>Durio zibethinus</i>	28
2.7.2 Fisiologi dan Persebaran <i>Durio zibethinus</i>	28
2.7.3 Kegunaan dan Manfaat <i>Durio zibethinus</i>	31
2.7.4 Kulit <i>Durio zibethinus</i>	32
2.7.5 Sifat dan Komposisi Kimia Kulit <i>D.ziberthinus</i> .	32
2.8 Cat.....	33

2.8.1 Teknik Pengecatan	35
2.8.2 <i>Coating Thickness</i>	40
2.9 Plat Kapal	41
2.10 Metode Pemisahan	44
2.10.1 Ekstraksi	44
2.10.2 Pelarut	46
2.10.3 Metanol sebagai Pengekstrak	48
2.10.4 Metode Maserasi	48
2.10.5 Uji Pendahuluan Skrining Fitokimia	51
2.10.7 Metabolit Sekunder	51
2.10.8 <i>Gas Chromatography – Mass Spectra (GC - MS)</i>	55
BAB III METODE PENELITIAN	59
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	59
3.2. Alat dan Bahan	60
3.2.1 Alat.....	60
3.2.2 Bahan	61
3.3 Tahapan Kerja	61
3.3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Kulit <i>D.ziberthinus</i>	61
3.3.2 Metode Ekstraksi.....	61
3.3.3 Metode Pembuatan Pereaksi.....	62
3.3.4 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif.....	63
3.3.4.1 <i>Skrining</i> Fitokimia.....	63
3.3.4.2 <i>GC-MS</i>	64
3.3.5 Pembentukan Konsentrasi Ekstrak	65
3.3.6 Persiapan Bahan Material Uji	65
3.3.7 Pengecatan Bahan Material Uji	66
3.3.8 Pengukuran Kualitas Air Laut	67
3.4 Analisis <i>Biofouling</i>	68
3.7 Rancangan percobaan	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	73
4.1. Potensi Ekstrak Kulit <i>Durio zibethinus</i>	73

4.1.1 Analisis Skrining Fitokimia.....	74
4.1.2 Analisis Kromatografi Gas – Spektrometri Massa (GC-MS)	78
4.2 Komposisi Spesies.....	83
4.3 Luas penempelan biofouling	88
4.4 Biomassa biofouling.....	95
4.5 Analisis data.....	100
4.5.1 ANOVA one way.....	100
4.5.2 MANOVA.....	103
4.5.3 Analisa data regresi linear sederhana	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN.....	123
BIOGRAFI PENULIS	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Biofouling</i> pada makhluk hidup, bangunan offshore, batu, pipa, kayu, kapal.....	5
Gambar 2.2 Kerusakan akibat <i>Biofouling</i> pada kura-kura, lumba-lumba dan korosi bangunan.....	6
Gambar 2.3 Teritip	7
Gambar 2.4 <i>Gooseneck barnacles</i>	7
Gambar 2.5 <i>Hydroid</i>	8
Gambar 2.6 Kerang	8
Gambar 2.7 <i>Tube worms</i>	8
Gambar 2.8 <i>Tunicates</i>	9
Gambar 2.9 Tanaman fouling dengan spesies <i>Enteromorphopa</i> sp., <i>Ectocarpus</i> sp., lambung kapal yang ada tanaman fouling ..	10
Gambar 2.10 <i>Slime fouling</i>	10
Gambar 2.11 Contoh <i>biofouling</i> dan waktu berkembangnya	11
Gambar 2.12 Skema <i>biofouling</i>	12
Gambar 2.13 Tahapan pertumbuhan <i>biofouling</i> pada permukaan benda.....	13
Gambar 2.14 Siklus <i>biofouling</i>	14
Gambar 2.15 Parameter sistem <i>antifouling</i>	18
Gambar 2.16 Teritip menghancurkan cat antikorosi.....	20
Gambar 2.17 interpretasi <i>bioelectrochemical</i> dari proses <i>biocorrosion</i> baja karbon di lingkungan <i>anoxic</i>	20
Gambar 2.18 Perjalanan generasi <i>antifouling</i>	22
Gambar 2.19 Kondisi bahan aktif <i>antifouling</i> di perairan laut	23
Gambar 2.20 Ilustrasi dampak cat antifouling dari kimia sintetis dan cat antifouling dari sintetis alami	25
Gambar 2.21 Buah dan kulit durian.....	30
Gambar 2.22 Peta yang menunjukkan Negara <i>D.ziberthinus</i> dapat ditanam.....	31
Gambar 2.23 Bagian pengecatan lambung kapal.....	37

Gambar 2.24 Lapisan cat pada lambung kapal	39
Gambar 2.25 Metode maserasi sederhana dan dilengkapi pengaduk	51
Gambar 2.26 Struktur flavonoid	52
Gambar 2.27 Struktur steroid	53
Gambar 2.28 Isopentenil profosfat	54
Gambar 2.29 Letak kepala ekor unit isopren	54
Gambar 2.30 Struktur alkaloid tritofan	54
Gambar 3.1 PT Dok dan Perkapalan Surabaya	59
Gambar 3.2 Ukuran plat kapal	65
Gambar 3.3 Model perendaman plat kapal di PT Dok dan Perkapalan Surabaya	67
Gambar 3.4 Ukuran petakan pada mika transparan yang ditempelkan ke plat kapal	69
Gambar 4.1 Hasil analisis GC-MS komponen kulit <i>Durio zibethinus</i>	79
Gambar 4.2 <i>Balanus amphitrite</i> dilihat di mikroskop pada perbesaran 100x	84
Gambar 4.3 Persentase luas penempelan biofouling	89
Gambar 4.4 Perhitungan luas penempelan biofouling dalam 1 grid	91
Gambar 4.5 Degradasi <i>Balanus amphitrite</i> pada plat kapal ..	93
Gambar 4.6 Hasil pengamatan biofouling pada plat kapal ..	94
Gambar 4.7 Biomassa biofouling di setiap plat kapal	97
Gambar 4.8 Perbandingan jumlah dan degradasi <i>Balanus amphitrite</i> plat minggu 3 dan 4	98
Gambar 4.9 Hasil uji normalitas luas penempelan	101
Gambar 4.10 Uji normalitas data luas penempelan terhadap biomassa	101
Gambar 4.11 Analisis regresi linear sederhana	105
Gambar 4.12 Data luas penempelan dan biomassa tiap minggu	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi <i>biofouling</i> berdasarkan jenis.....	6
Tabel 2.2 Parameter kelayakan untuk <i>biofouling</i>	18
Tabel 2.3 Faktor <i>adhesi</i> mikroorganisme ke permukaan benda	19
Tabel 2.4 Metode <i>antifouling</i> dari generasi awal.....	21
Tabel 2.5 Waktu paruh TBT di air laut pada musim panas dan dingin	25
Tabel 2.6 Organisme laut dan hasil isolasi metabolit sekunder	26
Tabel 2.7 Karakteristik fisik buah durian	29
Tabel 2.8 Manfaat tiap bagian durian	31
Tabel 2.9 Hasil Skrining Fitokimia Kulit <i>D.ziberthinus</i>	33
Tabel 2.10 Syarat cat antifouling yang optimal	34
Tabel 2.11 Bagian pengecatan kapal	39
Tabel 2.12 Perbandingan metode pengecatan konvensional dan modern	40
Tabel 2.13 Sifat mekanis baja karbon.....	42
Tabel 2.14 Komposisi kimia plat kapal	42
Tabel 2.15 Sifat mekanis plat kapal.....	43
Tabel 2.16 Titik didih pelarut	46
Tabel 2.17 Konstanta dielektrikum pelarut organik.....	47
Tabel 2.18 Kelebihan dan Kelemahan maserasi	50
Tabel 2.19 Kelebihan dan Kelemahan GC	57
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	60
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian	61
Tabel 3.3 Penelitian yang dilakukan terhadap plat kapal.....	66
Tabel 3.4 Luas area penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kelas kehadiran jenis	69
Tabel 3.5 Porsentase luas penempelan <i>biofouling</i>	70
Tabel 4.1 Hasil skrining fitokimia kulit <i>Durio zibethinus</i> ...	74
Tabel 4.2 Perbandingan hasil uji skrining fitokimia	75

Tabel 4.3 Studi pengaruh ekstrak kulit <i>Durio zibethinus</i> sebagai antibakteri dan antijamur	76
Tabel 4.4 Komponen senyawa melimpah di kulit <i>Durio zibethinus</i> hasil GC-MS	80
Tabel 4.5 Perbandingan senyawa kulit <i>Durio zibethinus</i> yang teridentifikasi di GC-MS	82
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran parameter kualitas air selama penelitian.....	84
Tabel 4.7 ANOVA one way untuk luas penempelan	102
Tabel 4.8 ANOVA one way untuk biomassa.....	103
Tabel 4.9 MANOVA untuk konsentrasi terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling.....	104
Tabel 4.10 Perbandingan antar plat dengan luas penempelan biofouling	107

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Biofouling merupakan akumulasi mikroorganisme, tumbuhan dan hewan yang menempel sementara atau tetap pada permukaan benda yang terendam dalam air laut (Chamber *et al.*, 2006). Menurut para ahli kelautan, biofouling berada di peringkat pertama untuk masalah yang terkait dengan *biodeterioration* atau pengikisan material akibat mikroba sebab dapat menyebabkan korosi dan kehadirannya sulit diprediksi (Flemming *et al.*, 2009). Pada lambung kapal, adanya biofouling dapat meningkatkan kekasaran permukaan dan penambahan bobot kapal secara signifikan. Hal ini mengakibatkan peningkatan gaya hambat (*drag force*) yang berpengaruh terhadap peningkatan bahan bakar sebesar 40% dan pengurangan kecepatan sebesar 50% sehingga waktu pelayaran pun dapat tertunda 10-15% dari waktu yang seharusnya (Chambers *et al.*, 2006). Selain itu, keberadaan biofouling dapat mempercepat kerusakan mesin dan hilangnya waktu sekitar satu bulan dalam satu tahun untuk melakukan docking kering. Hal ini akan menjadi lebih serius saat proses biofouling telah mengakselerasi proses biokorosi pada infrastruktur di perairan laut (Callow *et al.*, 2002).

Berbagai penelitian terus dikembangkan sebagai upaya penanggulangan untuk mencegah dan menghilangkan biofouling. Menurut *International Marine Organization* (IMO), cat *antifouling* hingga saat ini menggunakan prinsip *chemobiocidal* dengan berbahan dasar kimiawi, yaitu senyawa organologam, pestisida, logam berat dan antibiotika. Semua senyawa tersebut dapat terakumulasi bahkan persisten dan bersifat toksik di alam, salah satunya TBT (tri-n-butyl tin) (Edward *et al.*, 2003). Contohnya gastropoda yang terpapar senyawa Trybutyltin (TBT) akan mengalami kelainan imposex. Imposex merupakan perkembangan organ kelamin jantan pada gastropoda betina (Yudhatama *et al.*, 2013). Oleh sebab itu, beberapa negara maju

telah melarang penggunaan cat yang menggunakan prinsip *chemobiocidal* untuk infratraktur di perairan laut.

Alternatif cat *antifouling* non toksik menjadi kebutuhan yang sangat mendesak. Teknik penelitian yang dilakukan dalam mencari senyawa *antifouling* ramah lingkungan adalah dengan melihat mekanisme alami organisme laut dalam mengatasi masalah biofouling, sehingga muncul sebuah gagasan pengembangan produk *natural product antifoulants* (NPA) dari organisme laut (Estika, 2010). Prinsip ini sangat beralasan sebab produk yang dihasilkan bersifat *biodegradable* (Arlyza *et al.*, 2007). Satu kendala utama dalam pemanfaatan NPA berupa keterbatasan avertebrata laut untuk di produksi skala besar sebagai *antifouling*. Avertebrata laut yang dibutuhkan sebanyak 1 ton berat basah bahan baku untuk mendapatkan 1 gram zat aktif. Jika aktivitas ini terus dilakukan, maka dapat mengakibatkan ketidakseimbangan ekosistem hingga kepenuhan spesies tertentu (Estika, 2010). Oleh sebab itu, perlu diteliti bahan cat *antifouling* alami dari limbah tumbuhan atau hewan dengan proses eksporasinya tidak mengganggu keseimbangan lingkungan.

Durian (*Durio zibethinus*) merupakan tumbuhan dengan metabolit sekunder yang mempunyai banyak kandungan senyawa *antifouling*. Menurut Estika (2010) senyawa terpenoid, alkaloid, steroid digunakan sebagai bahan baku untuk NPA. Ketiga senyawa tersebut ditemukan juga pada hasil penelitian Setyowati *et al.* (2014) yang menunjukkan kulit *D. zibethinus* mengandung terpenoid, lignin dan kumarin, berupa senyawa fenolik, flavonoid, saponin dan tannin. Kulit *D. zibethinus* diprediksi berpotensi sebagai bahan baku *antifouling* sebab memiliki senyawa alkaloid, terpenoid dan steroid.

Potensi penelitian produk antifouling hasil anak bangsa dari *D. zibethinus* sangat besar, sebab Indonesia merupakan penghasil durian terbesar di dunia, baik dari sisi produksi maupun luas panen. Hal ini dibuktikan dari data statistik (2011) menunjukkan bahwa produksi *D. zibethinus* meningkat setiap tahun, saat ini telah mencapai angka produksi 1.818.949 ton. *D. zibethinus* menempati posisi keempat sebagai komoditi buah di Indonesia

dengan limbah kulit durian sebesar 60 - 75% per buah (Jein, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensi kulit *D. zibethinus* sebagai bahan aktif NPA.

1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian ini untuk menguji apakah kandungan senyawa di ekstrak kulit *D. zibethinus* serta bagaimana pengaruhnya terhadap persentase luas penempelan dan biomassa biofouling pada plat kapal?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Tipe cat merk Hempel untuk plat kapal
2. Penggunaan konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus* 0, 25, 50, 75, 100 ppm
3. Waktu perendaman di perairan laut selama 28 hari
4. Perendaman pada kedalaman 20 cm dibawah permukaan laut pada saat surut terendah di lokasi
5. Analisis berupa luas penempelan dan biomassa biofouling pada plat kapal
6. Plat kapal ukuran 7 x 9 cm
7. Pelarut untuk ekstraksi menggunakan metanol
8. Bahan baku berupa kulit dalam yang berwarna putih dari *D. zibethinus*
9. Uji deskriptif morfologi makrofouling yang teramati saat pengambilan plat
10. Plat kapal diambil satu dari tiap konsentrasi dengan tiap 7 hari sekali tanpa pengembalian.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa dan pengaruh konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus* terhadap luasan penempelan dan biomassa biofouling pada plat kapal yang direndam dalam perairan PT Dok dan Perkapalan Surabaya.

1.5 Manfaat

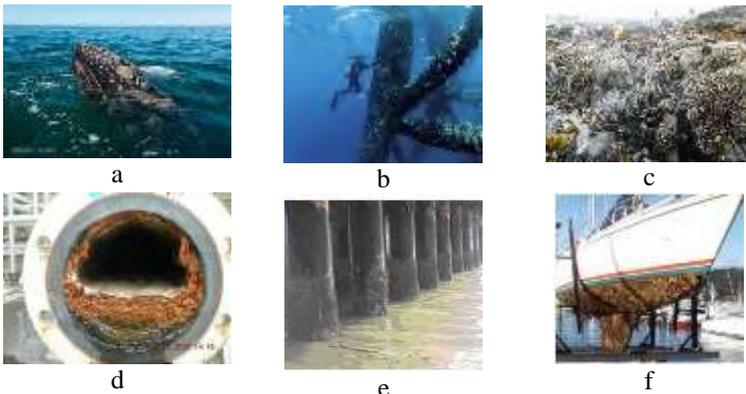
Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui kandungan senyawa dan eksplorasi potensi limbah kulit *D. zibethinus* serta memberikan alternatif bahan baku pembuatan *Natural product antifoulant* (NPA).

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biofouling

Biofouling merupakan akumulasi mikroorganisme, tumbuhan dan hewan yang menempel sementara atau tetap pada permukaan benda di bawah permukaan air laut (Chamber *et al.*, 2006). *Biofouling* terdiri dari dua tipe, yaitu mikrofouling dan makrofouling. Menurut Seidel (2012) mikrofouling merupakan mikroorganisme pembentukan biofilm maupun spora dan larva hewan dalam ukuran mikroskopis, sedangkan makrofouling terdiri dari organisme yang lebih besar dan bersifat merusak substrat seperti teritip, cacing polychaeta, rumput laut atau ganggang.

Biofouling bergerak secara dinamis sebab mengikuti arus, gelombang dan pasang. Biofouling mencari permukaan baik makhluk hidup maupun benda mati yang terendam air laut untuk menetap dan bertumbuh seperti pada Gambar 2.1. Biofouling menyebabkan kerusakan baik kepada makhluk hidup berupa kematian maupun akselerasi korosi pada benda mati, seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Biofouling pada: a. Makhluk hidup (Mayoral, 2011); b. Bangunan *offshore* (Lipsith, 2013); c. Batu (Lester, 2012); d. Pipa (Pronomar, 2007); e. Jembatan (Hartono, 2005); f. Kapal (Australia Government, 2015)



Gambar 2.2 Kerusakan akibat Biofouling pada: a. kura – kura (Vallini, 2011); b. Lumba - lumba (Westerkov,2011); c. Korosi bangunan (Hartono, 2005)

2.2. Klasifikasi Biofouling

Biofouling dapat diklasifikasi menjadi dua kelompok seperti pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.3 – 2.10, yaitu makrofouling dan mikrofouling. Spesifik organisme Biofouling yang berkembang tergantung pada substrat, lokasi geografis, musim dan faktor kompetisi serta predator (Callow,2002).

Tabel 2.1. Klasifikasi Biofouling berdasarkan jenis (Callow, 2002; Siedel, 2012; Almeida, 2007)

Makrofouling		Mikrofouling
Hewan	Tumbuhan	
<i>Barnacles</i> (teritip)	Alga coklat (Ectocarpus)	<i>Slimes</i> Bacillus
<i>Hydroids</i>	Alga hijau (Enteromorpha)	Diatoms (Tumbuhan)
<i>Moluska</i>	Alga merah (Rhodophyceae)	Streptococcus
Polyzoa	Fucus	Candida
<i>Tube Worms</i>	Ceramium	Pseudomonas
<i>Tunicates</i>	Ulva	Vibrio
karang lunak	Cladophora	Staphylococcus

Jenis biofouling yang paling umum ditemukan pada kapal atau infrastruktur fasilitas laut menurut Seidel (2012), yaitu:

a. *Barnacles* atau teritip

Teritip merupakan hewan fouling yang umum ditemukan. Hewan ini bercangkang keras dari zat kapur dan punya tentakel untuk menangkap plankton. Larva teritip selektif dalam mencari tempat tumbuh dan dapat mengenal kehadiran teritip lainnya. Hal ini menyebabkan teritip menetap dekat dengan anggota lain yang menjamin cukup dekat untuk melakukan fertilisasi seperti Gambar 2.3. Teritip hidup dalam cangkang keras berkapur yang sangat kuat dan sulit dilepaskan. Pada kapal, penghapusan *biofouling* dengan cara menggosok atau menggores mekanik akan meninggalkan cangkangl *barnacles* yang akan mengundang teritip lain mendekat.



Gambar 2.3 Teritip (Siedel, 2012)

b. *Gooseneck barnacles*

Hewan seperti Gambar 2.4 hidup menempel pada benda yang bergerak, sehingga menjadi masalah bagi lambung kapal di laut terbuka.



Gambar 2.4 *Gooseneck barnacles* (Siedel, 2012)

c. *Hydroid*

Hydroid seperti Gambar 2.5 hidup dalam koloni dan sering ditemukan pada bagian lambung kapal yang disalah pahami sebagai bentuk ganggang.



Gambar 2.5 *Hydroid* (Siedel, 2012)

d. *Moluska*

Hewan seperti Gambar 2.6 dengan cangkang keras seperti kerang dan tiram. *Moluska* umumnya berada pada benda stasioner seperti pipa minyak daripada di kapal.



Gambar 2.6 Kerang (Siedel, 2012)

e. *Tubeworms*

Organisme bercangkang kapur untuk melindungi lapisan tubuh lunaknya seperti Gambar 2.7. Larva *tubeworms* dapat mengenali spesies sendiri, sehingga dapat membentuk koloni besar. Sifatnya menetap pada struktur stasioner atau kapal yang menghabiskan waktu relative lama di pelabuhan.



Gambar 2.7 *Tube Worms* di lambung kapal *fiberglasses* (Siedel, 2012)

f. *Polyzoa*

Hewan yang terdiri dari banyak sel dengan kerangka dari kapur yang keras. Tentakel berbentuk jaring digunakan untuk menangkap plankton.

g. *Tunicates*

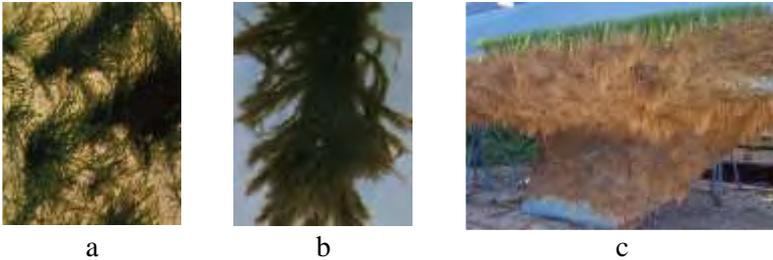
Beberapa spesies pada Gambar 2.8 menempel di permukaan kapal dan substrat berupa pasir maupun lumpur. Mereka menyaring plankton dari aliran air melalui mulut ke faring berlubang.



Gambar 2.8 *Tunicates* (Siedel, 2012)

h. Tanaman *fouling*

Tanaman yang paling umum sebagai Biofouling adalah alga cokelat halus bercabang *Ectocarpus* sp. dan alga hijau *Enteromorpha* sp (Gambar 2.9). Ketika penyelam harus menghapus pertumbuhan alga dengan menggosok, mereka meninggalkan struktur akar yang tertanam di permukaan. Alga hijau umumnya mendominasi di posisi intensitas cahaya yang lebih tinggi. Alga cokelat mendominasi kondisi intensitas cahaya rendah dengan spora sangat kecil dan warna berasal dari fucoxanthin pigmen. Alga merah pada dasarnya filamentitious, namun pepadatan sel dapat menyembunyikan fitur ini. Satu syarat tumbuhnya tanaman fouling adalah ketersediaan sinar matahari.



Gambar 2.9 Tanaman *fouling* dengan spesies: a. *Enteromorpha* sp.; b. *Ectocarpus* sp; c. Lambung kapal yang ada tanaman *fouling* (Siedel, 2012)

i. *Slime*

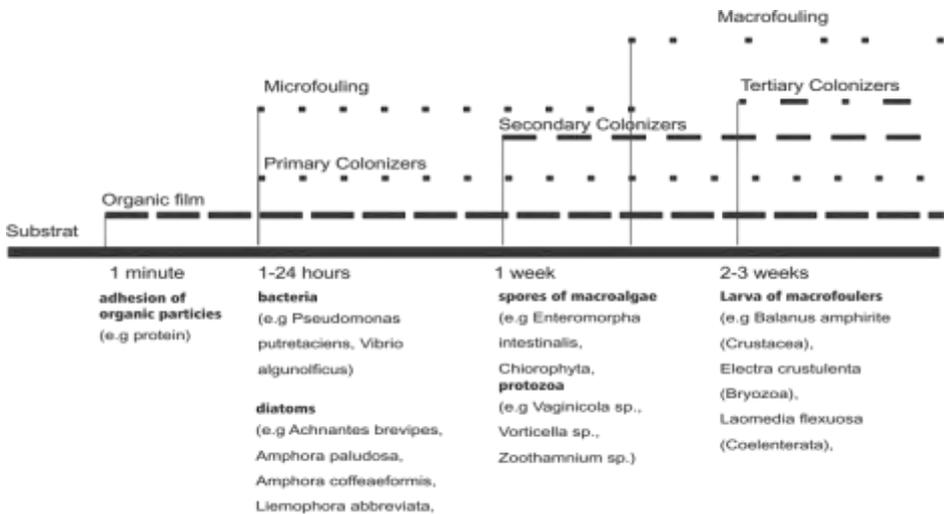
Lendir pada permukaan terendam seperti Gambar 2.10 disebabkan oleh akumulasi algar uniseluler, diatom dan bakteri. *Slime* sulit dikontrol sebab permukaan sangat rendah dan tahan terhadap kecepatan lebih dari 30 knot.



Gambar 2.10 *Slime fouling* (Siedel, 2012)

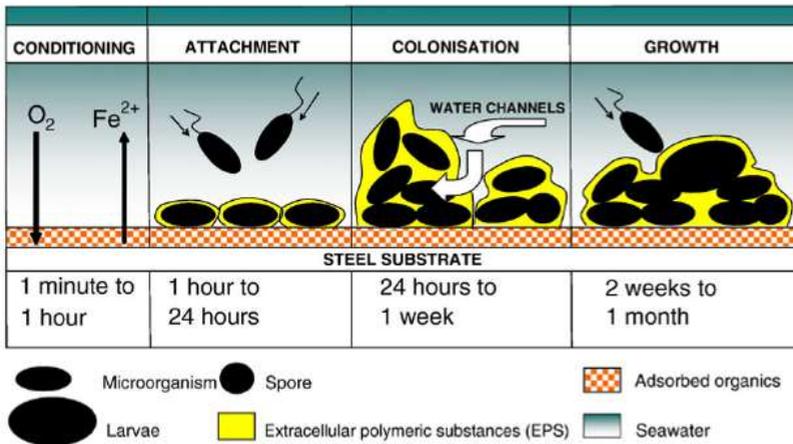
2.3. Tahap Penempelan Biofouling

Fase awal biofouling dimulai dengan kegiatan dasar fisik seperti interaksi elektrostatis, gerakan Brown dan Van der Waals force berupa adhesi molekul organik seperti protein, polisakarida, glikoprotein, proteoglikan serta beberapa molekul anorganik seperti pada Gambar 2.11. Proses adhesi molekul berlangsung dalam hitungan detik dibawah permukaan air. Untuk berbagai jenis permukaan benda dalam kondisi kecepatan dipengaruhi oleh suhu, salinitas dan turbulensi (Callow *et al.*, 2002).



Gambar 2.11 Contoh *biofouling* dan waktu berkembangnya (Callow *et al.*, 2002)

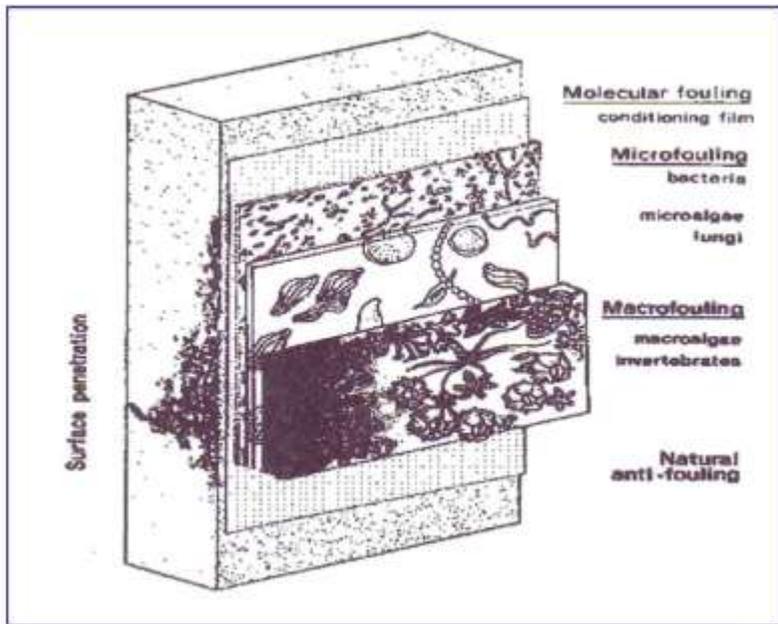
Mikrofoiling uniseluler maupun multiseluler mulai menempel dikisaran waktu 1 – 24 jam. Mikrofoiling mensekresikan zat polimer ekstraseluler (EPS) seperti pada Gambar 2.12 yang menciptakan matriks gel untuk menyediakan interaksi enzimatik, pertukaran nutrisi, perlindungan terhadap stress lingkungan dan meningkatkan resistensi terhadap biosida. Selanjutnya keberadaan mikrofoiling menyediakan makanan bagi kemungkinan penetapan makrofoiling. Kontak dan kolonisasi antara mikrofoiling dengan permukaan benda dipengauhi oleh perpindahan air melalui gerak brown, sedimentasi, suhu, salinitas, dan turbulensi meskipun beberapa mikroorganisme dapat menggunakan flagella (Callow *et al.*, 2002).



Gambar 2.12 Skema *biofouling* (Chamber *et al.*, 2006)

Proses interaksi saat bahan perekat dengan permukaan benda ada dua tahapan, yaitu pembasahan dari permukaan benda oleh adhesi dan penyembuhan adhesi. Proses pembasahan akan menentukan luas sebenarnya kontak, kekuatan interaksi antara adhesi dan permukaan benda. Proses menyembuhkan perekat akan menentukan mikrofilm padat sehingga berdampak baik terhadap sifat mekanik dan kekuatan adhesi (Callow *et al.*, 2002). Proses penyembuhan menentukan kuat lapisan struktur mikro sehingga mempengaruhi sifat mekanik dan daya rekat.

Biofouling menggunakan bahan lengket dari laut dengan adhesi sementara atau permanen, tetapi rincian mekanisme serta molekul adhesi belum diketahui. Para peneliti saat ini memiliki bertujuan untuk mengidentifikasi elemen struktur yang bertanggung jawab untuk menciptakan perekat yang luar biasa tersebut dan bersifat kohesif (Callow *et al.*, 2002).

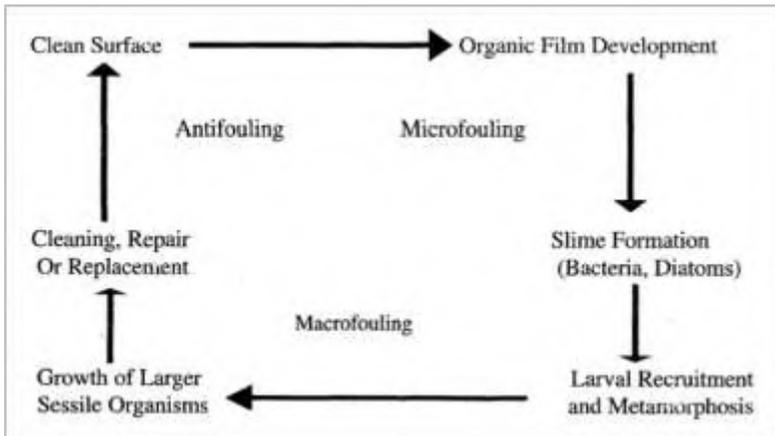


Gambar 2.13 Tahapan pertumbuhan *biofouling* Pada permukaan benda (Callow *et al.*, 2002)

Pada Gambar 2.11 - 2.13 terlihat bahwa kontrol terhadap biofouling dapat dilakukan dengan mengelola proses *adhesi*. *Adhesi* spesies ke permukaan benda merupakan aspek biofouling terpenting, karena jika proses dapat dicegah maka *biofouling* dapat dikendalikan. *Adhesi* merupakan sebuah gaya tarik menarik antar dua partikel atau lebih yang tidak sejenis. Hal ini mengakibatkan sebuah zat dapat menempel pada zat lain (Callow *et al.*, 2002).

Pada proses biofouling seperti Gambar 2.11 – 2.14 terjadi interaksi antara perairan dengan substrat, perairan dengan biofouling dan khususnya interaksi antara *biofouling*. Permukaan benda bagi biofouling merupakan elemen sangat penting bagi keberlanjutan hidupnya. Ruang yang terbatas tersebut menyebabkan terjadinya kompetisi antar biofouling yang dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, umur dan tingkat pertumbuhan.

Kompetisi dapat terjadi dengan dua cara, yaitu eksploitasi dan interferensi. Pada biofouling terjadi kompetisi interferensi, yaitu satu spesies mampu menyingkirkan spesies lain dengan cara saling tumpang tindih. Selain itu terjadi kompetisi eksploitasi, yaitu penggunaan sumber daya sama seperti nutrisi maupun ruang. Faktor pendorong utama dalam rangkaian pembentukan biofouling tergantung pada interaksi antar organisme dengan faktor fisik, kimia dan biologi (Callow *et al.*, 2002).



Gambar 2.14 Siklus Biofouling (Callow *et al.*, 2002)

2.4 Faktor yang mempengaruhi Biofouling

Triwibisono *et al.* (2012) menyatakan faktor fisik, kimia dan biologi menentukan spesies *biofouling* pada substrat seperti pada Gambar 2.18, berikut faktor yang mempengaruhi:

a. Permukaan benda

Faktor fisikokimia pada permukaan benda berupa tekstur, temperatur, hidrofobisitas dan kandungan nutrisi. Larva invetabrata lebih memilih permukaan benda yang kasar daripada halus agar dapat melekat pada dengan kuat. Permukaan benda halus, licin dan kehadiran zat beracun pada permukaan akan mengurangi jumlah *biofouling*. Menurut dari hasil eksperimen yang dilakukan

menunjukkan kepadatan pertumbuhan *biofouling* paling besar hingga terkecil berdasarkan urutannya adalah plat material dari aluminium, kayu dan baja.

b. *Biofilm*

Biofilm merupakan kumpulan mikroorganisme multispesies tersusun atas sel mikroorganisme yang menempel erat ke substrat sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (Chambers *et al.*, 2006).

Biofilm terbentuk akibat interaksi antara bakteri dan substrat. Interaksi tersebut disebabkan faktor berupa kelembaban permukaan, makanan yang tersedia, pembentukan matrik ekstraseluler (exopolimer). Bakteri dan organisme pembentuk biofilm menghasilkan *extracellular polymeric substance* atau yang disingkat EPS yang terdiri dari polisakarida dan protein (Chambers *et al.*, 2006). Biofilm mempunyai peranan yang penting sebagai media penempelan dan metamorphosis larva invertebrate.

c. Temperatur

Organisme laut mempunyai sifat poikilotermik (suhu tubuh mengikuti suhu lingkungan), sehingga penyebarannya mengikuti perbedaan suhu laut secara geografik. Suhu di perairan di lingkungan laut berkisar antara 24^o – 32^oC. *Biofouling* dapat hidup dari perairan dengan perubahan suhu berkisar antara 15-30^o C atau dari perairan eustarina sampai laut terbuka, iklim tropic sampai dengan iklim sedang.

d. Salinitas

Salinitas adalah jumlah garam terlarut dalam satu liter air, biasanya dalam satuan promil (‰). Air laut umumnya memiliki salinitas yang seragam karena mendekati pencampuran sempurna oleh sirkulasi, namun ada

penyimpanangan yang signifikan diakibatkan geografis serta vertikal dasar laut. Pada perairan estuaria kadar salinitas dapat mencapai 5-30‰ sedangkan laut terbuka berjumlah 41‰, sedangkan biofouling dapat hidup kisaran 10-30‰.

e. Gelombang dan arus laut

Arus yang kuat akan menyebabkan kegagalan penempelan larva invertebrata, sehingga tidak akan berkembang menjadi stadium dewasa. Lokasi perendaman akan membuat plat uji akan terhampar gelombang maupun arus laut ketika masuk keluar kapal dari dan menuju galangan kapal. Hutomo (1983) menyatakan bahwa gelombang memegang peranan penting dalam kelangsungan hidup dari *Balanus*. Perairan yang mempunyai gelombang yang besar menghalangi penempelan larva cypris pada substratnya. Arus yang kuat dapat menggagalkan penempelan larva cypris pada suatu substrat, sehingga marga tersebut tidak mencapai stadium dewasa. Arus air yang lemah memungkinkan larva untuk menempel pada substrat. Larva invertebrata dapat menempel pada substrat dengan batas maksimum kecepatan arus sekitar 10,3 m/s (meter per sekon).

f. Cahaya dan Kecerahan

Cahaya matahari yang jatuh dipermukaan laut akan diserap dan diseleksi oleh air laut, sehingga cahaya merah, ungu, kuning akan hilang akibat panjang gelombang yang panjang. Menurut Flemming (2008), larva invertebrata lebih banyak ditemukan pada permukaan dibandingkan dengan lapisan dekat dasar, karena larva suka berenang di daerah yang terang daripada di daerah gelap. Cahaya rendah yang terbaur akan merangsang pertumbuhan larva.

g. Warna Permukaan Benda

Warna permukaan benda yang lebih gelap mampu menstimulasi penempelan larva. Warna gelap mampu mengabsorpsi panas lebih besar daripada warna terang (Ring, 2000). Dalam penelitian Ring (2000) jumlah *biofouling* tertinggi terletak pada plat baja dengan warna cat hitam dan terkecil pada plat baja dengan cat warna biru. Benda yang terendam air laut yang dicat dengan cat antifouling dengan warna yang menyala seperti warna putih atau warna menyilaukan membuatnya tahan terhadap *biofouling*.

h. Pasang Surut

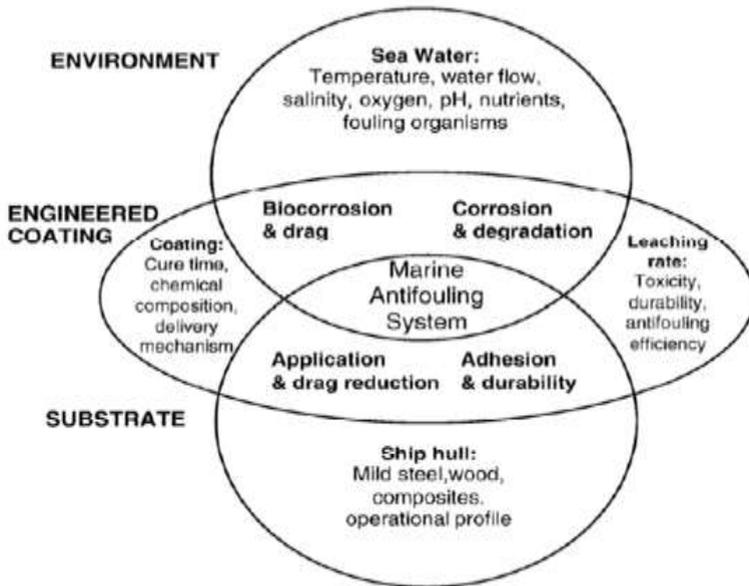
Pasang surut (pasut) adalah proses naik turunnya air laut secara hampir periodik karena gaya tarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Pasut tidak hanya mempengaruhi lapisan di bagian teratas saja, melainkan seluruh massa air. Di perairan pantai, terutama di teluk atau selat yang sempit, gerakan naik turunnya muka air akan menimbulkan terjadinya arus pasang surut. Hal ini berbeda dengan arus yang disebabkan oleh angin yang hanya terjadi pada lapisan tipis di permukaan, arus pasut bisa mencapai lapisan yang lebih mendalam

i. Kedalaman laut

Semakin tinggi kedalaman laut maka biota laut yang hidup akan semakin banyak, pada laut dalam biota laut seperti hydroid, oysters, byrozoa dan sepulids akan ditemukan lebih banyak pada laut yang lebih dangkal.

j. Sedimentasi

Pada perairan Eropa ditemukan byrozoa, serpuilids, hydroid. Ada *biofouling* di kedalaman 15 m, yaitu *hydroid*, *byrozoa*, *serpuilids*, *oyster*.



Gambar 2.15 Parameter sistem *antifouling*

Tabel 2.2 Parameter Pertumbuhan optimal untuk *biofouling* (Railkin *et al.*, 2004)

Parameter	Standard
Kecerahan (m)	5 – 10
Kecepatan arus (m/dt)	0,10 – 0,50
Salinitas (ppt)	34 - 35
pH	7,5 – 8,4
Oksigen terlarut (mg/l)	>4
Temperatur (0C)	20 – 30
Nitrat (Ppm)	0,001 – 0,012
Posfat (Ppm)	0,0012 – 0,0055

Tabel 2.3. Faktor *adhesi* mikroorganisme ke permukaan benda (Flemming, 2008)

Mikroorganism	Permukaan benda	Kondisi air
Spesies	Komposisi molekul kimia	Temperatur
Komposisi campuran populasi	Muatan permukaan	pH
Kepadatan populasi	Tegangan permukaan	Bahan organik terlarut
Fase pertumbuhan	Hidrofobik	Bahan anorganik terlarut
Nutrisi	Conditioning film	Suspended matter (ditanggihkan peduli)
Hidrofobik Charges (Beban)	Kekasaran Sifat penyerapan	Viskositas Shear forces (Gayaa geser)
Fisiologis	-	Boundary layer (Lapisan batas)
-	-	Flux

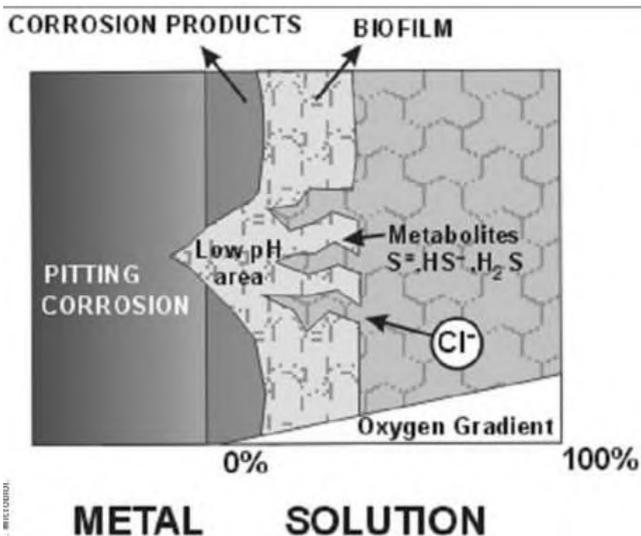
2.5 Permasalahan *biofouling* bagi manusia

Masalah utama *biofouling* berasal dari *adhesi*, metabolisme dan distribusi organisme pada permukaan benda yang mengambil nutrisi dari fase air dan mengubahnya menjadi metabolit serta biomassa baru (Flemming, 2008). Hal ini akan memberikan kerugian secara ekonomis maupun operasional. Dampak kerugian dari segi operasional terlihat dari hasil penelitian Chambers *et al.* (2006) yang menunjukkan keberadaan *biofouling* pada lambung kapal yang telah berlayar selama 6-8 bulan mengakibatkan kecepatan kapal menurun hingga 50%. Hal ini mengakibatkan tertundanya waktu berlayar selama 10-15% dari total waktu berlayar serta meningkatkan konsumsi bahan bakar hingga 40%. Selain itu, Yudhatama *et al.* (2013) menyebutkan bahwa *biofouling* mampu merusak lapisan cat seperti pada Gambar 2.16 – 2.17. Lapisan cat yang rusak mengakibatkan logam akan bereaksi dengan air laut sehingga mengakselerasi korosi. Mekanisme umum *biokorosi* disebabkan oleh elektrokimia yang organisme

heterogenitas dan permukaan logam terendam dalam elektrolit (air laut) dan proses pemerataan potensi anoda dan katoda. Kontak antara organisme dengan permukaan logam akan mengintensifkan korosi dalam medium air laut.



Gambar 2.16 Teritip menghancurkan lapisan cat antikorosi (Railkin *et al.*, 2005)



Gambar 2.17 interpretasi *bioelectrochemical* dari proses *biocorrosion* baja karbon di lingkungan *anoxic* (Videla *et al.*, 2005)

Industri yang bergerak di bidang kelautan membutuhkan dana investasi besar untuk pencegahan biofouling. Satu pengeluaran pasti yang dilakukan semua industri bidang kelautan adalah doking. Kegiatan doking membutuhkan biaya Rp 24 juta per tahun dan kehilangan waktu 107 hari dari 365 hari (Flemming,

2008). Total biaya tersebut belum termasuk kebutuhan untuk pembelian bahan bakar, pembayaran awak kapal dan masa tunggu kapal yang sedang di doking. Berikut daftar contoh total pengeluaran yang dibutuhkan beberapa industri bidang kelautan dalam menghadapi biofouling. Industri minyak Amerika mengeluarkan 16 – 18 miliar dollar untuk perlindungan *antifouling*. Angkatan laut Amerika membutuhkan dana 75 – 150 juta dollar untuk konsumsi bahan bakar. Industri pelayaran Amerika mengalami kerugian 100 juta dollar pertahun akibat *biofouling*. Armada kapal di dunia menggunakan 350 juta ton bahan bakar per tahun, menghasilkan 1,1 miliar ton CO₂ dan lebih dari 10 juta ton SO₂ (Seidel, 2012).

2.6 Upaya Penanggulangan *Biofouling* di Laut

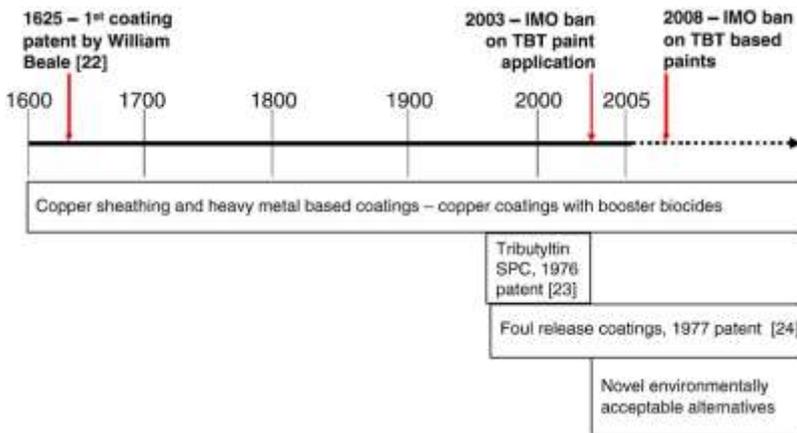
Penelitian dalam mencegah dan menghilangkan *biofouling* ada tiga metode, yaitu fisika, kimia dan biologi seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Metode - metode *antifouling* (Callow *et al.*, 2002)

Metode	Produk	Kelemahan
Fisika	<i>Water jet, scraping</i>	Mahal, tidak mudah dilakukan, dan butuh waktu lama.
Kimia	TBT, tembaga, iritasi UV, klorinasi, Campuran titanium, karet silikon	Akumulasi, persisten dan toksik.
Biologi	Mikroorganisme laut, algae laut, sponges, coelenterates holothurians, ascidians	Eksplorasi sumber daya alam skala besar, kepunahan spesies dan ketidakseimbangan ekosistem.

Metode tersebut *antifouling* terus dikembangkan seperti pada Gambar 2.18. Pada tahun pertengahan tahun 1800 mulai dikembangkan cat antifouling. Bahan dasar cat antifouling generasi

pertama mengandung tembaga dengan masa pakai tergolong pendek, yaitu kurang dari 1,5 tahun. Tahun 1960 cat antifouling menggunakan prinsip *chemobiocidal* dengan berbahan dasar kimiawi, yaitu senyawa organotin yang terdiri dari arsen, organo-mercuri, TBT dan timah sebagai campuran cat antifouling. Senyawa organotin adalah senyawa organometalik yang disusun oleh 1 atau lebih ikatan Sn-karbon (Sn-C). Senyawa organotin secara mayoritas mempunyai tin dalam kedudukan oksidasi +4 (Almeida, 2007).

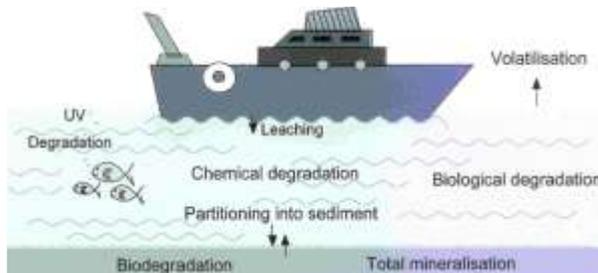
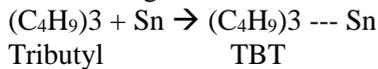


Gambar 2.18 Perjalanan generasi *antifouling* (Almeida, 2007)

2.6.1 TBT

Sejak 1970, TBT salah satu contoh senyawa organotin digunakan sebagai biosida agresif cat antifouling pada lambung kapal untuk mencegah pertumbuhan *biofouling*. Senyawa TBT yang digunakan dalam cat antifouling mengandung sebuah tom tin (Sn) yang terikat secara kovalen dengan tiga butil (C_4H_5) dan berasosiasi dengan anion. Seiring berjalan waktu maka TBT dilepaskan dari cat antifouling dan masuk ke dalam lingkungan laut seperti pada Gambar 2.19 Menurut estimasi dari Sudyanto (2001) satu kapal boat dapat melepaskan antara 1 – 10 μg TBT / cm^2 dari lambung per hari untuk menjamin proteksi antifouling. Kapal boat

ikan berukuran kecil, laju pelepasan berjumlah 0,2 – 2 g per hari dan kapal berukuran sedang dapat melepaskan 50 – 500 g per hari. Menurut Edward *et al.* (2003) Rumus kimia dari senyawa TBT adalah sebagai berikut:



Gambar 2.19 Kondisi bahan aktif *antifouling* di perairan laut (Almeida, 2007)

Menurut Almeida (2007) pelepasan TBT dari cat *antifouling* ke perairan menghasilkan zat beracun ke dalam air yang memberikan pengaruh negatif terhadap lingkungan serta mengganggu kehidupan organisme. Senyawa TBT dan degradasinya dapat terakumulasi dalam semua media lingkungan seperti air, sedimen dan berbagai macam organisme termasuk mamalia. Konsentrasinya di lingkungan sangat bervariasi tergantung kedekatan sumber utama pencemaran, seperti pelabuhan. Menurut Sudyanto (2001) sifat toksik TBT disebabkan karena memiliki sifat ionik dan lipofilik, sehingga dapat terakumulasi dalam lipid serta terikat pada molekul-molekul besar seperti *glutathionine*.

Menurut Sudyanto (2001) berikut daftar akibat kadar TBT pada organisme:

- < 1 ng/l menyebabkan penampakan karakter sex jantan di banyak gastropod betina yang dikenal sebagai fenomena imposex. dogwhelk *Nucella lapillus* berubah bermula dari pembentukan vas deferens dan berakhir dengan penutupan oviduck, sehingga menuju kepada proses kemandulan.

Imposex telah dilaporkan terjadi pada lebih dari 27 spesies meliputi 49 genus, dan ini mencerminkan sebagai bioindikator pencemaran oleh TBT.

- Konsentrasi > 1 ng/l membatasi pembentukan devisa pada sel phytoplankton (diatom) dan reproduksi zooplankton (mikro krustacea dan kopepoda).
- Konsentrasi > 2 ng/l bertanggung jawab pada anomali kalsifikasi cangkang oyster *Crassostrea gigas*.
- Konsentrasi > 20 ng/l menyebabkan gangguan reproduksi moluska bivalva, Pertumbuhan larva *C. gigas* dapat terganggu pada konsentrasi TBT mencapai 50 ng/l (kematian larva total setelah 10 hari).
- Konsentrasi antara 1-10 µg/l mempengaruhi reproduksi pada ikan.
- Konsentrasi 1-1000 µg/l menghasilkan gangguan tingkah laku ikan.
- Konsentrasi <500 µg/l menghasilkan gangguan exuviasi krustacea.

Kontak langsung TBT menyebabkan iritasi pada mata dan kulit dan secara potensial dapat menuju ke dermatitis. Menurut hasil studi Sudyanto (2001) pada ikan di Amerika dan Jepang memungkinkan manusia mengakumulasi TBT.

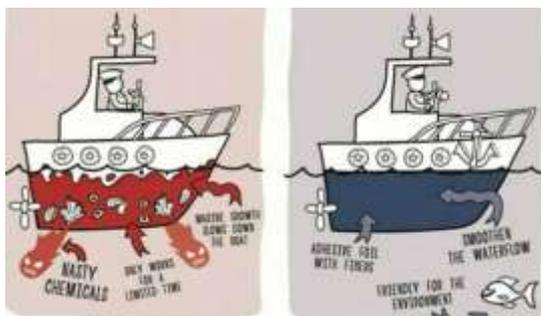
Sifat TBT yang mempunyai waktu paruh 1,3 – 4,4 tahun bahkan berdasarkan percobaan mesocosm diperkirakan melebihi 19 tahun menambah alasan larangan pemakaian sebagai bahan baku *antifouling*. Waktu paruh TBT di air laut bervariasi tergantung kondisi lingkungan seperti pH, suhu, turbulensi dan cahaya dengan estimasi dari kisaran beberapa hari sampai minggu. Biodegradasi oleh mikroorganisme adalah mekanisme yang utama, disamping fotosisi dan oleh cahaya ultra violet. Kondisi ini yang menjadi alasan diberikan batas toleransi harian standar laju pelepasan TBT tidak boleh melebihi 4 µg/cm²/hari untuk kapal besar. Pada tabel 2.5 dari Sudaryanto (2001) dapat dilihat penghitungan waktu paruh TBT di laut di musim panas dalam kondisi *turbid water* hingga musim dingin dengan kondisi *non turbid*.

Tabel 2.5. Waktu paruh TBT di air laut pada musim panas dan dingin (Sudaryanto,2001)

	Musim Panas	Musim Dingin
Waktu paruh (hari)	5.8-16.8	37.3-127.4
Biodegradasi (%)	86-20	90-37
Photolisis (%)	14-80	9-61
Evaporasi (%)	0.1-0.3	0.8-2.6

2.6.2 Produk Alami *Antifoulants* (NPA)

Seluruh dunia menggunakan cat berbahan baku TBT untuk pengecatan lambung kapal sebelum IMO mengeluarkan larangan sebab TBT memiliki sifat resisten dan toksik. Oleh karena itu, produk alami *antifoulants* (*Natural Product Antifoulants* atau NPA) sebagai pengganti TBT telah dikembangkan dan diharapkan seperti pada Gambar 2.20 (Almeida, 2007).



Gambar 2.20 Ilustrasi dampak cat *antifouling* bahan organotin (kiri) dan cat antifouling bahan NPA (kanan)

NPA lebih menguntungkan dibanding dengan biosida konvensional yang beracun; NPA non toksik, efektif pada konsentrasi rendah, biodegradable, memiliki aktivitas spektrum luas dan efek antifouling yang reversible. Senyawa NPA sejauh ini berupa terpenoid, steroid, karotenoid, fenolat, furanones, alkaloid, peptide dan lakton. Senyawa tersebut didapat dari hasil isolasi berbagai avertebrata laut (Tabel 2.6). Menurut Estika (2010)

avertebrata laut diketahui menghasilkan metabolit sekunder dengan jenis, konsentrasi serta fungsi beranekaragam antar spesies.

Tabel 2.6. Organisme laut dan hasil isolasi metabolit sekunder (Estika, 2010)

Organisme	Spesies	Metabolit sekunder
Spons	<i>Acanthella cavernosa</i>	Terpenoid, kalihin, 10b-formamidokalihinol A, steroid, peroxidase
	<i>Axinyssa sp</i>	Axinyssimide A, B, C
	<i>Callyspongia truncata</i>	Asam lemak, derivative, callytriol c.
	<i>Pseudoceratina purpurea</i>	Ceratinamide A dan psammapplysin, pseudoceratidine
	<i>Agelas mauritina</i>	mauritiamine
Koral lunak	<i>Leptogorgia virgulata dan Laptogorgia setacea</i>	Homarine
	<i>Muricea fruticosa</i>	Muricin
	<i>Renilla reniformis</i>	Renillafoulins
	<i>Juncella juncea</i>	Juncins
	<i>Delisea pulchra</i>	Furanon terhalogenasi
Rumput laut	<i>Dictyota menstrualis</i>	Dictyols
	<i>Laurencia rigida</i>	Sesquiterpen
	<i>Alteromonas sp</i>	Ubiquinone
Mikroorganisme	<i>Streptomyces fungicidicus</i>	Diketopiperazine
	Bakau Akar <i>Ceriops tagal</i>	Methoxy-ent-8(14)-pimarenely-15-one, ent-8(14)-pimarene-15R, 16-diol, stigmasterol

Avertebrata laut kurang efisien untuk produksi antifouling sebab dibutuhkan 1 ton berat basah bahan baku untuk mendapatkan 1 gram zat aktif. Jika hal tersebut terus dilakukan, maka akan terjadi eksploitasi sumber daya hayati skala besar. Efek samping dari eksploitasi tersebut menimbulkan kepunahan spesies dan ketidakseimbangan ekosistem.

2.7 D. *zibethinus* (Durian)

The king of The Fruit, itulah julukan bagi buah durian yang merupakan salah satu jenis buah yang telah lama berkembang dan ditanam di wilayah Indonesia. Nama durian diduga berasal dari istilah Melayu, yaitu dari kata duri yang diberi akhiran -an sehingga menjadi durian. Kata ini dipergunakan untuk menyebut buah dengan yang kulitnya berduri tajam.

Durian merupakan buah musiman, hanya berbuah selama kurang lebih 3-4 bulan, yaitu November-Januari tiap tahunnya. Buah durian yang berasal dari pohon durian (*D. zibethinus* L.) banyak tumbuh di hutan maupun di kebun milik penduduk. Buah durian mempunyai kulit keras dan tebal dengan kadar air daging buah rendah (60%), namun buah dipanen pada kondisi sudah cukup tua atau setelah jatuh dari pohon, sehingga daya simpannya pendek (5 hari) (Antarlina *et al.*, 2003). Buah durian agak sulit dipanen, sebab bila sudah masak buah akan jatuh sendiri dari pohon. Bila sampai jatuh maka durian akan gampang busuk dan tidak tahan lama. Ciri-ciri buah durian yang benar-benar tua adalah sebagai berikut:

- a) Aroma buah sudah tercium tanpa dibelah.
- b) Duri buah melebar dan agak tumpul.
- c) Pangsa buah terlihat jelas pada sisi-sisinya.
- d) Warnanya akan berubah dari hijau menjadi kuning

Menurut Jein (2011) durian mempunyai berbagai sebutan di tiap daerah Indonesia, yaitu deureuyan (Aceh), duren (Gayo), drotong (Batak), kadu (Sunda), duren (Jawa), dhurin (Madura), dahuyan (Dayak), duren (Bali), aduria (Bima), duria (Gorontalo),

durian (Sangir), duriang (Makasar), duliango (Buol), duriang (Bugis), duria (Ternate), duria (Tidore), dulen (Seram).

2.7.1 Taksonomi *D. zibethinus*

Kingdom: Plantae
 Divisi: Mangnoliophyta
 Sub division: Spermatophyta
 Class: Magnoliopsida
 Ordo: Malvales
 Familia: Bombacaceae
 Genus: *D.*
 Spesies: *D. zibethinus* Murr (Jein, 2011)

2.7.2 Fisiologi dan Persebaran *D. zibethinus*

Tumbuhan berbentuk pohon, tinggi 27 - 40 m. Akar tunggang. Batang berkayu, silindris, tegak, kulit pecah - pecah, permukaan kasar, percabangan simpodial, bercabang banyak, arah mendatar. Daun tunggal, bertangkai pendek, tersusun berseling, permukaan atas berwarna hijau tua - bawah cokelat kekuningan, bentuk jorong hingga lanset, panjang 6,5 - 25 cm, lebar 3 - 5 cm, ujung runcing, pangkal membulat, permukaan atas mengkilat, permukaan bawah buram, tidak pernah meluruh, bagian bawah berlapis bulu halus berwarna cokelat kemerahan. Bunga muncul di batang atau cabang yang sudah besar, bertangkai, kelopak berbentuk lonceng berwarna putih hingga cokelat keemasan. Buah durian berbentuk bulat hingga lonjong atau tidak beraturan, Buah durian mempunyai duri yang rapat dan tajam, dan pada setiap buah terdiri dari 5-7 ruang dimana setiap ruang mengandung 2-5 biji warna coklat, berbuah setelah berumur 5 - 12 tahun.

Hasil penelitian Antarlina *et al.* (2003) buah *D. zibethinus* seperti pada Gambar 2.21 tergolong buah berukuran besar, dengan bobot bervariasi dari 0,6—3 kg., dengan nisbah P/L = 0,90—1,59. Tebal kulit sekitar 0,9—1,3 cm. Permukaan kulit berduri tajam. Warna daging buah krem dan kuning dengan tekstur daging buah halus. Rasa daging buah manis—alkoholik. Jumlah biji cukup

banyak (6—31 biji), ukuran biji besar dan warna biji coklat muda. Bagian buah yang dapat dimakan (persentase bobot daging buah) tergolong rendah yaitu hanya 20,52% dan sebesar 22%. Karakter fisik buah *D. zibethinus* lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Karakteristik fisik buah *D. zibethinus* (Antarlina *et al.*, 2003)

No.	Karakter	<i>D. zibethinus</i>
1.	Warna kulit muda	hijau
2.	Warna kulit masak/tua	Hijau kekuningan, hijau kusam
3.	Permukaan ulit	Berduri
4.	Warna daging	Putih tulang, krem, putih kekuningan
5.	Warna biji	Cokelat muda-krem
6.	Ukuran buah	besar
7.	Bobot buah	0,6 – 3 kg
8.	Volume buah	1992 ml
9.	Densitas	1,05 g/ml
10.	Panjang	10 – 25 cm
11.	Lebar	8 – 15 cm
12.	Lingkar buah	30 – 50 cm
13.	Nisbah (P/L)	0,90 – 1,59
14.	Bentuk buah	lonjong
15.	Kekerasan buah berkulit	6,89 kg
16.	Tebal kulit	0,9 cm
17.	Jumlah juring	5 - 6
18.	Jumlah biji per juring	0 – 7
19.	Jumlah biji	6 - 31
20.	Ukuran biji	3 cm
21.	Tebal daging	2 – 4 mm
22.	Persentase daging (BDD)	20,52 %
23.	Tekstur daging	Lunak, halus
24.	Rasa daging	Manis berakohol
25.	Aroma buah	Tajam



Gambar 2.21 Buah dan kulit *D. zibethinus*

Menurut Setiadi (2003), kriteria buah *D. zibethinus* unggul adalah sebagai berikut:

1. Buah *D. zibethinus* unggul mempunyai penampilan menarik.
2. Durinya besar dan berbentuk piramida.
3. Bentuk buah elips dan beraturan serta tidak memiliki
4. Tangkai buahnya relatif pendek.
5. Daging buahnya berserat halus, pulen, kering, dan warnanya kuning madu (warna tembaga), tebal dan manis.
6. Pohon *D. zibethinus* unggul biasanya bertajuk teratur atau indah, seperti piramida atau payung.
7. Cabangnya banyak dan tumbuh beraturan.
8. Produktivitas pohon tinggi dan tahan terhadap gangguan hama dan penyakit.

Karakter unggul dicirikan dari bobot 1,5 - 2,0 kg, porsi buah yang dapat dimakan tinggi yaitu 30-40% dan jumlah biji sedikit. Letak pongge (biji) pada juring teratur, aromanya kurang tajam dan buah durian harus dipetik dengan tangkai minimal 2 cm (Haryanto, 2003).

D. zibethinus merupakan tumbuhan dengan beradaptasi pada sekitar garis khatulistiwa seperti pada Gambar 2.22 Efektif tumbuh dengna ketinggian 300-800 meter, rata-rata suhu tahunan 22⁰ C dengan tingkat curah hujan tahunan 1500-2000mm, tipe tanah berupa berpasir atau liat, tanah harus dalam serta memiliki drainase yang baik.



Gambar 2.22 Peta yang menunjukkan Negara *D. zibethinus* dapat ditanam (Orwa, 2009)

2.7.3 Kegunaan dan Manfaat *D. zibethinus*

Semua bagian tumbuhan *D. zibethinus* dapat diolah menjadi lebih bermanfaat baik secara tradisional maupun modern seperti pada Tabel 2.8

Tabel 2.8. Manfaat tiap bagian *D. zibethinus* (Deny, 2013)

Bagian yang digunakan	Manfaat
Biji	Dimakan sebab mengandung 27% amilosa.
Akar	Obat demam.
Daun	Daunnya dicampur dengan jeringau, digunakan untuk menyembuhkan cantengan atau infeksi pada kuku. Jadi batu baterai. Menghilangkan bau durian.
Kulit	Bersihkan tumpahan minyak di pantai. Pengusir nyamuk. Pengental dalam pembuatan cendol dan tepung karena mengandung pectin.
Buah	Jaga kestabilan kadar gula dalam darah sebab ada kalsium, potassium dan berbagai vitamin B. Mengatasi migrain sebab ada riboflavin (vitamin B2). Memelihara kondisi tiroid sebab ada kandungan tembaga. Mengatasi anemia sebab banyak asam folat dan zat besi.

2.7.4 Kulit *D. zibethinus*

Menurut Setyowati *et al.* (2014) bagian buah *D. zibethinus* yang lebih dikonsumsi adalah bagian dagingnya dengan prosentase berat bagian ini 20-35%. Hal ini berarti ada sekitar 75% yang merupakan bagian yang belum dimanfaatkan terbuang seperti kulit dan biji durian. Prosentase biji durian sekitar 5-15%, sedangkan kulit durian sekitar 60-75%.

Selama ini kulit durian merupakan limbah rumah tangga yang dibuang sebagai sampah dan tidak memiliki nilai ekonomi. Penelitian yang dilakukan oleh Jein (2011) menunjukkan kulit *D. zibethinus* secara proporsional mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60%) dan kandungan lignin (5%) serta kandungan pati yang rendah (5%) sehingga dapat diindikasikan bahan tersebut bisa digunakan sebagai campuran bahan baku pangan olahan serta produk lainnya yang dimanfaatkan. Selain itu, limbah kulit *D. zibethinus* mengandung sel serabut dengan dimensi yang panjang serta dinding serabut yang cukup tebal sehingga akan mampu berikatan dengan baik apabila diberi bahan perekat sintetis atau bahan perekat mineral.

2.7.5 Sifat dan Komposisi Kimia Kulit *D. zibethinus*

Menurut Jein (2011) kulit *D. zibethinus* mengandung minyak atsiri, flavonoid, saponin, unsur selulosa, pektin, lignin, serta kandungan pati. Penelitian tersebut di perkuat oleh hasil penelitian Setyowati *et al.* (2014) pada tabel 2.9 tentang senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam durian ditemukan alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, steroid dan terpenoid. Hasil analisis kromatografi gas – spektrometri massa (GC-MS) menunjukkan bahwa 2 senyawa komponen utama penyusunnya adalah metal heksadekanoat dan metal 11 oktadekanoat.

Tabel 2.9. Hasil Skrining Fitokimia Kulit *D. zibethinus* (Setyowati *et al.*, 2014)

Uji Fitokimia	Pereaksi	Hasil	Kesimpulan
Alkaloid	<i>Mayer</i>	Terbentuk endapan putih	Positif
	<i>Wagner</i>	Terbentuk warna coklat kemerahan	Positif
	<i>Dragendorff</i>	Terbentuk warna jingga	Positif
Flavonoid	Mg + HCl pekat	Terbentuk warna jingga	Positif
Saponin	Air + HCl	Terbentuk busa stabil	Positif
Steroid	<i>Liebermann - burchard</i>	Terbentuk warna hijau	Positif
Terpenoid		Terbentuk warna coklat kemerahan	Positif
Tanin	-	Terbentuk warna hijau kehitaman	Positif

2.8 Cat

Cat merupakan suatu produk berbentuk cair yang diulaskan pada substrat dan setelah mengering akan membentuk lapisan tipis dengan daya lekat baik pada permukaan. Cat berfungsi untuk memisahkan lingkungan korosif dengan logam dan mengendalikan lingkungan mikro pada permukaan logam (Azhar, 2008).

Lapisan cat diharapkan akan berumur panjang dan akan membatasi masuknya udara dan ion seperti klorida, sulfat, karbonat, oksigen dan air. Lapisan cat tidak akan mampu menghalangi terjadinya reaksi dengan logam pada saat air maupun oksigen mampu mencapai permukaan logam.

Cat *antifouling* mempunyai standard baku internasional seperti yang dijelaskan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Syarat cat *antifouling* yang optimal (Chamber *et al.*,2002)

Wajib	Dilarang
Antikorosi	Tidak bersifat racun bagi lingkungan
Antifouling	Bersifat persisten di lingkungan
Toksisitas mamalia rendah	Mahal
Ekonomis	Sifat kimiawi yang tidak stabil
Tahan lama	Target spesies tidak spesifik
Kompatibel dengan sistem yang mendasari	Bersifat akumulasi tinggi
Tahan terhadap abrasi / biodegradasi / erosi	-
Tidak ada bioakumulasi dalam rantai makanan	-
Halus	-

Menurut Sudaryanto (2010) cat *antifouling* dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan sistem pelepasan zat aktif secara biologi, yaitu:

- a. tipe konvensional, matrik tidak terlarut dalam air laut dan molekul yang beracun bergerak menuju permukaan melalui pori-pori mikroskopik.
- b. *Erodable*, pelepasan zat beracun tetap tertinggal pada lapisan yang lebih dalam dari coating film dan difasilitasi melalui *partial dissolution* dari matrik.
- c. *Self polishing*, matrik dan TBT secara kimia terikat ke dalam bentuk polimer, seperti TBT methacrylate yang melepaskan TBT melalui reaksi dengan air laut karena itu secara tetap memperbaharui permukaan cat. Sistem ini mempunyai beberapa keuntungan laju pelepasan dalam waktu yang konstan dan lebih rendah, menjanjikan perlindungan yang lebih lama (5 tahun).

Sistem cat yang digunakan dalam air mempunyai lapisan berpigmen, tetapi lapisan paling atas bergantung absorpsi air yang sanggup untuk menahan masuknya elektrolit ke permukaan

logam. Ikatan antara permukaan logam dengan cat harus kuat untuk mencegah kerusakan akibat osmosis.

2.8.1 Teknik Pengecatan

Cat merupakan lapisan pelindung yang mudah rusak oleh suhu tinggi, oleh karena itu cat hanya digunakan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih air. Menurut Aulia *et al.* (2013) dan Widhiatmaka (2009) berikut proses dan metode pengecatan kapal sesuai aturan IMO (*Internasional Marine Organization*):

a. *Pre Inspection*

Pemeriksaan awal terhadap permukaan material dan peralatan yang digunakan (blaster dan painter). Permukaan dibersihkan dari berbagai kotoran yang menempel pada material misalnya minyak, garam, lumpur, organisme. Pembersihan dilakukan dengan menyemprotkan air tawar bertekanan tinggi, tujuan agar diperoleh perekatan secara maksimal untuk proses pengecatan.

b. *Surface Preparation*

Kegiatan utama tahap ini adalah *blasting*. Objeksi utama dari persiapan permukaan adalah didapatkannya pendekatan maksimal untuk *coating*. Persiapan permukaan memiliki 2 kegunaan utama, yaitu:

- Persiapan permukaan menghilangkan kontaminasi atau pencemaran dari dasar menghapus oksida metal, sisa-sisa pengecatan lama yang melekat erat, bahan kimia, kotoran dan sebagainya. Pengeluaran dari material kontaminasi ini akan membuat lapisan primer dapat kontak langsung dengan bidang material sehingga menghasilkan perekatan yang maksimal.
- Penyiapan permukaan dengan jalan menaikkan tingkat kekasarannya sehingga membuat pengecatan dapat melekat secara efektif.

Pemilihan *abrasive* material akan menentukan profil permukaan yang dihasilkan. Ada 2 jenis *abrasive* yang umum digunakan, yaitu:

- *Metalic abrasive*
Material yang termasuk dalam *metallic abrasive* adalah steel shot dan steel grit yang penggunaannya menggunakan mesin *blasting* atau biasa disebut dengan autoblast dan dikendalikan oleh operator dari dalam ruang kontrol.
- *Non metallic abrasive*
Material yang termasuk dalam non *metallic abrasive* adalah *copper, slag, granit, silica, alumunium oxcide*. Pengerjaan *blasting* ini dilakukan secara manual yang dilakukan oleh blaster dan dibantu helper.

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses *blasting* adalah besarnya tekanan udara yang berasal dari *compressor* harus disesuaikan dengan material *abrasive* yang keluar sehingga kedalaman profil yang diinginkan tercapai. Pemilihan dari *abrasive* merupakan faktor utama dalam kecepatan pembersihan. Jika pada suatu proses *blasting* menggunakan *abrasive* ukuran kecil dimaksudkan untuk menaikkan kecepatan pembersihan pada baja baru atau yang mengalami karat, *abrasive* dengan ukuran besar biasa digunakan untuk baja yang memiliki tingkat karat tinggi atau keras.

Skema *blasting* standard di lapangan, yaitu udara disalurkan menuju *air receiver* yang akan ditampung dan dipisahkan sesuai kebutuhan. Udara yang ditampung tersebut disalurkan ke *after cooler* untuk menurunkan suhu dan menyaring kotoran yang mungkin ada. Di *after cooler* udara tidak ditampung terlalu lama karena akan dibagi oleh separator, salah satunya ke *sand pot* dan helm blaster. Udara inilah yang dipakai untuk menembakkan *abrasive* yang ada di *sand pot* melalui *nozzle*.

- c. *Pain Preparation*
Tahap persiapan sebelum dimulai proses pengecatan, yaitu:
 - Persiapan peralatan pengecatan dan perlengkapan tukang cat. Peralatan yang digunakan sama dengan proses *blasting* hanya *sand pot* diganti *paint pot* sebagai tempat cat. Dalam

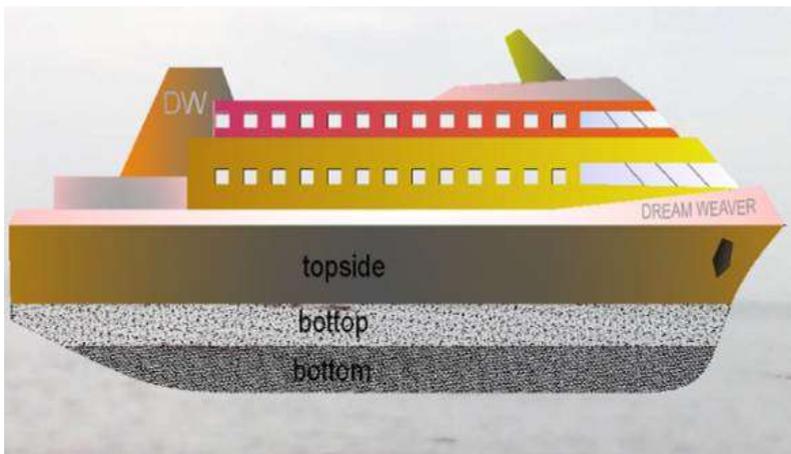
paint pot terdapat *mixer* yang berfungsi untuk menjaga agar cat tidak menggumpal. Alat yang digunakan untuk menyemprotkan cat ke permukaan disebut dengan *spray gun*.

- *Mixing* adalah proses penyampuran cat dengan *curing agent*. *Curing* adalah cairan yang bersifat perekat namun memiliki fungsi sebagai pengencer. Jika hasil campurannya kurang sesuai dapat ditambahkan *thinner*.

d. *Pain Application*

Setelah proses pengecatan selesai harus dilakukan pemeriksaan terhadap hasil pengecatan, terutama pada ketebalan dari cat apakah sudah sesuai dengan standard yang diminta. Kondisi pengecatan dapat berupa dalam kondisi basah atau kering. Alat yang digunakan adalah *dry film thickness* dan *wet film thickness*.

Kegiatan pengecatan kapal meliputi seluruh bagian kapal dari haluan hingga buritan termasuk sistem dalam kapal. Bagian pengecatan lambung kapal terdiri dari 3 bagian seperti yang terlihat pada Gambar 2.23 dan Tabel 2.11.



Gambar 2.23 Bagian pengecatan lambung kapal (Ariany, 2014)

Tabel 2.11. Bagian pengecatan kapal (Ariany, 2014)

Bagian lambung kapal	Keterangan	Struktur cat
Bottom	Daerah ketinggian nol sampai sarat kapal kosong.	Primer, sealer dan antifouling
Bottop	Daerah lambung yang mudah alami korosi sebab selalu mengalami kondisi timbul dan tenggelam (basah dan kering) karena perubahan muatan.	Primer, Intermediate/sealer, dan cat Finish Bottop.
Top	Daerah lambung kapal di atas garis air.	Primer, Intermediate/sealer, dan cat Finish Bottop.

Pelaksanaan pengecatan menurut Aulia *et al.* (2014) dapat dilakukan dengan menggunakan roll, kuas atau semprot. Proses pengecat pada lambung kapal sesuai dengan urutan jenis cat menurut Ariany (2014). seperti Gambar 2.24, yaitu:

- a. Cat AC (anti *corrosion* / korosi) dasar dilakukan antara 2 – 3 lapisan dengan ketebalan masing-masing minimal 90 mikron. Proses untuk pengecatan menggunakan cat AC ini dilakukan ditunggu hingga mengering. Cat AC berguna untuk melindungi badan kapal dari pengkaratan.
- b. Selanjutnya digunakan cat AF (antifouling). Sebaiknya 24 jam sebelum kapal akan diturunkan ke dalam air dengan ketebalan minimal 95 mikron. Cat ini dipergunakan pada bagian kapal yang selalu terendam air,yaitu antara lunas sampai garis air.
- c. Setelah itu dilakukan pengecatan dengan menggunakan cat warna bergantung pada perusahaan pelayaran.
- d. Setelah proses pengecatan selesai, maka dilakukan pemasangan cathodic protection (zinc anoda) dengan cara dibaut maupun dengan cara dilas. Zinc anoda berfungsi sebagai pelindung plat agar tidak terjadi korosi. Ukuran

zinc anoda untuk plat datar itu 1 m²/kg, sedangkan plat tidak datar berukuran 0,5 m²/kg.



Gambar 2.24 Lapisan cat pada lambung kapal

Ada 2 teknik pengecatan, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 2.12, yaitu tradisional dan modern. Teknik tradisional menggunakan kuas atau roll dengan mengolesi badan kapal. Teknik modern menggunakan *compressor* yang diberi tekanan tinggi untuk menyemprotkan cat pada lambung kapal (Ariany, 2014).

Tabel 2.12. Perbandingan metode pengecatan konvensional dan modern (Ariany, 2014)

Metode Pengecatan	Kelebihan	Kekurangan
Konvensional (kuas atau roll)	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat menjangkau bagian yang sulit seperti bagian batasan dua cat. • Hemat pemakaian cat. • Dapat dilakukan siapa saja tanpa tenaga ahli. 	<ul style="list-style-type: none"> • Butuh waktu lama untuk pengecatan. • Hasil pengecatan kurang rata. • Tidak dapat mengukur ketebalan cat.
Modern (sprai)	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil akhir finish halus. • Daya serap dan tingkat kerataan tinggi hingga ke tempat sulit dijangkau. • Efisien waktu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material yang melekat pada benda rendah (<i>transfer efficiency 30 – 40%</i>) • Tidak dapat digunakan pada ketebalan tinggi.

2.8.2 *Coating Thickness*

Menurut artikel di Widhiatmaka (2009) pada proses pengecatan sering temukan banyak kesalahan yang disebabkan oleh berbagai faktor yang berpengaruh. Salah satu kesalahan dalam pengecatan adalah ketebalan lapisan cat yang tidak sesuai standar. Ketebalan lapisan cat yang tidak sesuai standar yang diaplikasikan dipengaruhi oleh cat meleleh sehingga cat tidak rata dan pada bagian tertentu catnya sangat tebal. Hal ini terdapat pada permukaan yang tegak atau menyudut. Hal yang menyebabkan, yaitu terlalu banyak *thinner* yang lambat menguap, lapisan cat terlalu tebal atau kurang merata, cat disemprotkan terlalu sering tanpa waktu tunggu yang cukup antar pelapisan yang satu dengan yang berikutnya, alat semprot terlalu dekat dengan permukaan benda yang disemprot, tekanan udara rendah, cairan yang keluar dari alat semprot terlalu banyak, viskositas cat penyemprot terlalu rendah. Oleh sebab itu diperlukan *coating thickness*.

Coating thickness merupakan pengujian kualitas cat untuk menentukan ketebalan cat tiap titik dari material seperti logam, timah, baja, dan lainnya yang sangat diperlukan bagi suatu industri atau perusahaan. Aspek yang perlu diperhatikan secara umum dalam melakukan pengujian kualitas cat menurut website alat uji (2015) meliputi:

a. *Coating thickness* secara visual

Metode untuk melihat visual lapisan film cat yang meliputi kerusakan pengecatan dapat dilakukan dengan *popping*, *pin hole*, *orange peel*, *cratering* (lubang kawah) *motling*, *meler* (*sagging*), *dry spray*, cat berbintik-bintik dan lainnya.

b. Ketebalan (*thickness*)

Metode untuk mengetahui ketebalan cat dipermukaan suatu material dilakukan pengujian ketebalan.

c. *Adhesion*

Metode untuk mengukur tingkat kerekatan cat pada benda baik metal maupun plastik dilakukan *cross cut*. Hal ini

untuk mencegah terjadinya pengelupasan pada *part* yang sudah dicat.

d. Kekerasan (*hardness*)

Metode pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan lapisan cat pada plat.

e. *Corrosion resistance* (ketahanan korosi)

Pengujian ini disebut "*salt spray*", yaitu pengujian cat yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan cat menahan timbulnya karat. Tes ini khusus untuk *test cat stoving* (metal)

2.9 Plat Kapal

Baja merupakan komponen terbesar (40%) sebagai material lambung kapal. Baja secara luas dapat diartikan sebagai paduan antara besi dan karbon yang terdiri dari 92 - 97% besi, kandungan fosfor dan sulfur kurang dari 0,05%, 0,15 - 0,23% karbon (C), sisanya unsur tambahan Si, P, S, Cu dan Mn. Karbon diperoleh dari proses membersihkan bahan pada temperature yang sangat tinggi (dilebur). Sifat baja tergantung kepada kadar karbon, semakin tinggi kadar karbon, semakin tinggi tegangan patah, kekuatan dan kekerasannya namun perpanjangannya menurun. Jika kandungan fosfor dan sulfur terlalu tinggi akan menyebabkan keretakan. Menurut Hermawan (2012) baja karbon terbagi menjadi tiga macam sesuai kadar kadar karbon yang terkandung dalam paduan, yaitu (Hermawan,2012):

- a. Baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,30%
- b. Baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,30 – 0,45 %
- c. Baja karboon tinggi dengan kadar karbon 0,45 – 1,70%

Pada industri, baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam bentuk berbagai bentuk sifat mekanis seperti pada tabel 2.13.

Tabel 2.13. Sifat mekanis baja karbon (Hermawan, 2012)

Bentuk	Kekuatan Tarik, ksi (Mpa)	58 – 80 (400 – 550)
Plat dan bars	Yield point, min, ksi (Mpa)	36 (250)
	Elongasi pada 8" (200 mm), min, %	20
	Elongasi pada 2" (50 mm), min, %	23
Shapes	Elongasi pada 8" (200 mm), min, %	20
	Elongasi pada 2" (50 mm), min, %	21

Baja untuk konstruksi kapal harus mempunyai kekuatan tinggi berupa komposisi kimia (Tabel 2.14), perlakuan panas, sifat mekanis (Tabel 2.15) dan sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Baja yang digunakan untuk bagian lambung kapal ada dua macam, yaitu baja dengan kekuatan daya Tarik 48 – 60 kg/mm² serta baja dengan kekuatan Tarik 50 – 63 kg/mm² (BKI, 2006). Kekuatan tarik baja adalah aplikasi penting dalam sebuah bangunan kapal, karena sebuah plat baja akan mengalami kelelahan saat proses pengelasan. Kekuatan tarik plat baja pada sebuah kapal terjadi paling besar pada daerah lambung kapal, terutama kapal tanker, container dan kargo. Hal ini membuat konstruksi pada bagian dek mengalami penurunan ketebalan untuk mengurangi berat pada kapal. Berdasarkan kekuatan Tarik plat baja ada tiga bagian konstruksi, yaitu baja konstruksi biasa, baja konstruksi kapal dengan tegangan tinggi dan baja tempa (Hermawan,2012).

Tabel 2.14. Komposisi kimia plat kapal (Purwaningrum *et al.*, 2014)

Kelas	C max	Mn min	Si max	P max	S max	Al min
A	0,21	2,5 x C	0,5	0,035	0,035	-
B	0,21	0,8	0,35	0,035	0,035	-
D	0,21	0,6	0,35	0,035	0,035	0,015
E	0,7	0,7	0,35	0,035	0,035	0,015

BKI telah membuat standard (ABS, BKI, DNV, RINA, GL, LR, BV, NK, KR, CCS) untuk komposisi kimia dengan kelas kualitas baja dari A, B, D, E dengan ukuran tebal 8 – 100 mm,

panjang 6 – 13 m, lebar 1.500 – 2.700 mm. Kelas A merupakan baja dengan kualitas bagus untuk sebuah konstruksi kapal, sedangkan kelas B termasuk jenis baja ringan. Baja kelas B merupakan baja dengan tebal platnya difokuskan untuk daerah kritis, sedangkan kelas D dan E memiliki tingkat kelenturan yang baik. Kelas baja yang umum digunakan untuk plat baja kapal ada AH32-AH40, DH32-40, A32, A36, D32, D36 (Purwaningrum, 2014).

Tabel 2.15. Sifat mekanis plat kapal (BKI, 2006)

Jenis Baja	Kekuatan tarik (Kg/mm²)	Tegangan luluh (Kg/mm²)	Regangan patah (%)	Keterangan
Baja kapal biasa	41-50	>24	>22	Bagian kapal yang mendapat tekanan kecil
Baja tegangan tinggi	1,48-60 2,5-63	>32 min >36	>22	Bagian kapal yang mendapat tekanan tinggi
Baja tempa	Min 41	-	-	Poros, kopleng, engkol, linggi.

Plat kapal sangat reaktif dan memiliki kecenderungan besar untuk mengalami korosi air laut. Korosi yang merupakan proses elektrokimia, akibat lingkungan air laut yang memiliki resistivitas sangat rendah +25 Ohm-cm, jika dibandingkan dengan air tawar +4000 Ohm-cm dan sesuai dengan posisi plat pada lambung kapal. Korosi pada permukaan baja dipengaruhi oleh kadar kelembaban udara disekelilingnya. Jika kelembaban udar kurang 70% pada permukaan baja tidak akan terjadi korosi. Berdasarkan konstruksi di galangan kapal, plat lambung kapala dalah daerah yang pertama terkena air laut. Pada daerah lambung kapal bagian bawah garis air ataupun daerah atas garis air rentan terkena korosi. Korosi pada plat lambung kapal dapat mengakibatkan turunnya kekuatan, umur pakai pakai, mengurangi kecepatan kapal, mengurangi jaminan keselamatan dan keamanan muatan barang maupun penumpang. (Hermawan, 2012).

Posisi plat kapal terbagi dalam tiga bagian,yaitu:

- a. Selalu tercelup air yaitu plat lajur alas, plat lajur bilga dan plat lajur sisi sampai sarat minimal.
- b. Keluar masuk air yaitu plat lajur sisi kapal dari sarat air minimal sampai sarat air maksimal
- c. Tidak tercelup air yaitu plat lajur sisi mulai dari sarat maksimal sampai utama kapal.

2.10 Metode Pemisahan

Kandungan kimia dalam suatu tanaman atau simplisia nabati yang berkhasiat obat umumnya mempunyai sifat kepolaran yang berbeda-beda, sehingga perlu untuk memisahkan secara selektif menjadi kelompok-kelompok tertentu. Serbuk simplisia diekstraksi berturut-turut dengan pelarut yang berbeda polarisasinya. Metobalis sekunder merupakan senyawa kimia yang mempunyai kemampuan bioaktifitas dan berfungsi sebagai pelindung tumbuhan tersebut dari gangguan hama penyakit untuk tumbuhan itu sendiri atau lingkungannya (Lenny,2006). Oleh sebab itu agar mendapatkan senyawa murni dari tumbuhan diperlukan metode ekstraksi yang sesuai. Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk memperoleh senyawa murni,yaitu:

2.10.1 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan teknik pemisahan campuran beberapa zat menjadi beberapa komponen yang terpisah berdasarkan pada distribusi zat terlarut di dalam suatu pelarut yang dipilih atau zat yang diinginkan larut (Pratiwi,2010). Distribusi pemisahan tersebut mengikuti prinsip *like dissolve dislike* yang berdasarkan pada perbedaan kepolaran. Proses distribusi ini melibatkan perbedaan kelarutan komponen campuran dalam suatu pelarut sehingga senyawa yang diinginkan dapat dipisahkan dari campurannya secara selektif dalam pelarut yang digunakan tersebut. Hasil dari ekstraksi disebut ekstrak yang tidak mengandung hanya satu unsur saja, tetapi berbagai macam unsur, tergantung pada kandungan senyawa kimia tumbuhan yang digunakan dan kondisi dari

ekstraksi. Ekstraksi yang tepat tergantung pada tekstur dan kandungan air bahan tumbuhan yang diekstraksi dan pada jenis senyawa yang diisolasi.

Menurut Pratiwi (2010) proses ekstraksi dibedakan menjadi dua fase, yaitu:

- Fase Pencucian (*Washing Out*)

Pada saat penggabungan pelarut dengan simplisia, maka sel-sel yang rusak karena proses pengecilan ukuran langsung kontak dengan bahan pelarut. Komponen sel yang terdapat pada simplisia tersebut dapat dengan mudah dilarutkan dan dicuci oleh pelarut. Pada fase pertama ini, sebagian bahan aktif telah berpindah ke dalam pelarut. Semakin halus ukuran simplisia, maka semakin optimal jalannya proses pencucian tersebut.

- Fase Ekstraksi (Difusi)

Proses melarutkan komponen sel yang tidak rusak, maka pelarut masuk ke dalam sel dan mendesak komponen sel tersebut keluar dari sel. Membran sel simplisia yang mula-mula mengering dan mengencil harus diubah terlebih dahulu agar terdapat suatu perlintasan pelarut ke dalam sel. Hal ini dapat terjadi melalui proses pembengkakan, yaitu membran mengalami suatu pembesaran volume melalui pengambilan molekul bahan pelarut. Kemampuan sel untuk mengikat pelarut menyebabkan struktur dinding sel tersebut menjadi longgar, sehingga terbentuk ruang antarmiselar yang memungkinkan bahan ekstraksi mencapai ke dalam ruang dalam sel. Peristiwa pembengkakan ini sebagian besar disebabkan oleh air. Campuran alkohol dan air lebih disukai untuk mengekstraksi bahan farmasetik karena terbukti lebih cepat. Cara untuk mendapatkan sari yang kental dapat dilakukan dengan menguapkan hasil ekstraksi dengan bantuan *rotary evaporator*.

Menurut Pratiwi (2010) tahap yang harus diperhatikan dalam mengekstraksi jaringan tumbuhan adalah penyiapan bahan sebelum ekstraksi, pemilihan pelarut dan kondisi proses ekstraksi, proses

pengambilan pelarut, pengawasan mutu dan pengujian yang dikenal sebagai tahap penyelesaian.

2.10.2 Pelarut

Pelarut merupakan senyawa yang dapat melarutkan zat sehingga dapat menjadi sebuah larutan yang bisa diambil sarinya. Pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi berupa pelarut polar untuk melarutkan garam alkaloid, glikosida dan pelarut non polar, yaitu pelarut yang tidak larut dalam air. Menurut Fitriana (2015) pelarut yang dapat digunakan dalam proses mengekstraksi bahan alam umumnya pelarut organik yang bersifat non polar maupun polar seperti n-heksana, eter, benzene, kloroform, diklorometana, aseton, etil asetat dan methanol.

Pelarut bukan senyawa bertitik didih tinggi, sebab dapat menyebabkan kerusakan komponen senyawa penyusun pada saat pemanasan. Kriteria pelarut yang baik menurut Kerans (2010) berupa berikut ini, yaitu murah dan mudah diperoleh, stabil secara fisika kimia, bereaksi netral, tidak mudah menguap, tidak mudah terbakar dan diperbolehkan oleh peraturan, selektif yaitu hanya menarik senyawa yang dikehendaki dan tidak mempengaruhi zat berkhasiat. Titik didih beberapa pelarut dapat dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.16. Titik didih pelarut (Utami, 2013)

No.	Pelarut	Titik didih (⁰ C)
1.	Dietil Eter	34,6
2.	Diklorometan	40,8
3.	Aseton	56,2
4.	Metanol	64,7
5.	N-Heksan	68,7
6.	Etil Asetat	77,1
7.	Etanol	78,3
8.	Air	100

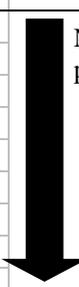
Menurut Pratiwi (2010) indikator kelarutan pelarut dapat ditentukan dari nilai konstanta dielektrik dan nilai polaritas pelarut.

Konstanta dielektrikum dinyatakan sebagai gaya tolak menolak antara dua partikel yang bermuatan listrik dalam suatu molekul. Semakin tinggi konstanta dielektrikunya maka pelarut bersifat semakin polar. Pelarut polar merupakan pelarut yang memiliki gugus hidrokarbon. Polaritas pelarut sangat berpengaruh terhadap daya larut.

Pelarut berdasarkan konstanta dielektrikum dapat dibedakan menjadi dua, yaitu polar dan non polar. Kandungan kimia yang bersifat polar akan lebih mudah larut dalam pelarut yang bersifat polar, sedangkan komponen yang bersifat non polar akan lebih larut dalam pelarut non polar. Senyawa organik memiliki afinitas yang berbeda terhadap sifat polaritas dari suatu cairan pengeksrak sehingga diperlukan macam-macam pelarut yang berbeda tingkat polaritasnya (Kerans, 2010). Besarnya nilai polaritas pelarut dengan konstanta dielektrikum dapat dilihat pada Tabel 2.17

Zat pelarut dan terlarut dengan nilai total kelarutan yang hampir sama akan mudah melarut. Nilai parameter kelarutan menurut Pratiwi (2010) diwakili oleh tiga komponen, yaitu disperse atau non polar, polar dan ikatan hidrogen. Parameter total kelaurtan (secara matematik) dapat dinyatakan sebagai akar kuadrat dari jumlah kuadrat pada komponen non polar, polar dan ikatan hidrogen.

Tabel 2.17. Konstanta dielektrikum pelarut organik (Kerans, 2010 dan Pratiwi, 2010)

Besarnya konstanta	Pelarut	Polaritas
1,89	n-heksana	 Non polar
1,90	Eter	
2,023	Sikloheksan	
4,806	Kloroform	
4,340	Etileter	
6,02	Etil asetat	
24,30	Etanol	Polar
33,60	Metanol	
80,370	Air	

Menurut Pratiwi (2010) *aquades* dipertimbangkan sebagai pelarut karena murah, mudah didapat, stabil, tidak mudah menguap, tidak mudah terbakar, tidak beracun, alamiah dan mampu mengekstraksi banyak bahan kandungan simplisia. Adapun kerugian air sebagai pelarut adalah tidak selektif, diperlukan waktu yang lama untuk memekatkan ekstrak, sari dapat ditumbuhi kapang atau kumat serta cepat rusak.

2.10.3 Metanol sebagai Pengekstrak

Metanol sering digunakan sebagai pengekstrak, bahan bakar dan biodiesel. Metanol diproduksi secara alami dengan cara fermentasi atau metabolisme anaerobik dari mikrobi. Metanol (metil alkohol, CH_3OH) merupakan pelarut organik bersifat polar dengan konstanta dielektrik 33,60. Menurut Kerans (2010) Metanol adalah senyawa alkohol paling sederhana, mudah menguap dan mudah terbakar dengan titik cair $114,3^\circ\text{C}$ sedangkan titik didih $64,7^\circ\text{C}$.

Menurut Kerans (2010) metanol merupakan pelarut tak berwarna dan cairan yang larut dalam air. Metanol umumnya yang diproduksi saat ini banyak dipakai untuk sintesis formaldehid ($\text{H}^2\text{C} = \text{o}$) dan bahan kimia lainnya. Metanol digunakan sebagai bahan bakar, anti pembekuan dan pelarut.

2.10.4 Metode Maserasi

Metode ekstraksi dipilih berdasarkan faktor berupa sifat dari bahan mentah dan daya penyesuaian dengan di tiap macam metode ekstraksi serta kepentingan dalam memperoleh ekstrak yang sempurna atau mendekati sempurna dari bahan (Pratiwi, 2010). Metode pembuatan ekstrak yang umum digunakan antara lain maserasi, perkolasi dan sokhletasi. Perbedaan metode dan pelarut ekstraksi yang digunakan menyebabkan kadar dan jenis senyawa yang akan diperoleh.

Menurut Pratiwi (2010) sifat bahan mentah merupakan faktor utama yang menjadi bahan pertimbangan dalam memilih metode ekstraksi. Salah satu metode ekstraksi adalah maserasi.

Menurut Fitriana (2015) istilah asli dari maserasi adalah *macerare* yang artinya mengairi, melunakkan, merendam. Proses ini merupakan cara paling tepat karena bahan yang sudah halus memungkinkan untuk direndam dalam *mestruum* sampai meresap dan melunakan susunan sel, sehingga zat-zat yang mudah larut akan melarut.

Proses pembuatan ekstrak dengan metode maserasi harus mengikuti syarat farmakope, yaitu bahan tumbuhan dihaluskan dengan cara dipotong-potong atau disebut kasaran, kemudian disatukan dengan bahan pengekstraksi (Kerans,2010). Rendaman tersebut disimpan terlindungi dari cahaya langsung untuk mencegah reaksi yang dikatalis cahaya atau perubahan warna sambil sesekali diaduk (Fitriana *et al.*,2015). Menurut Pratiwi (2010) pengadukan atau pengocokan dilakukan agar cepat mendapat kesetimbangan antara bahan yang diekstraksi dalam bagian sebelah dalam sel dengan bahan yang masuk ke dalam cairan. Kondisi diam tanpa pengocokan selama maserasi menyebabkan turunnya perpindahan bahan aktif. Semakin besar perbandingan bahan terhadap pelarut akan semakin baik hasil yang diperoleh.

Faktor yang dapat berpengaruh dalam proses ekstraksi dengan bahan kering, yaitu ukuran dari partikel tersebut (Kerans,2010). Semakin kecil ukuran partikel dari bahan, maka akan semakin mudah pelarut menarik senyawa kimia yang terkandung dalam bahan tersebut.

Metode Maserasi umumnya menggunakan pelarut non air atau pelarut non-polar. Teori menurut Pratiwi (2010 dan Fitriana (2015), ketika bahan uji yang akan di maserasi direndam dalam pelarut yang dipilih, maka ketika direndam, pelarut akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel yang penuh dengan zat aktif. Oleh sebab ada pertemuan antara zat aktif dan pelarut, maka zat aktif akan larut akibat perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel dengan di luar sel, maka larutan yang terpekat didesak keluar untuk mencapai keseimbangan konsentrasi. Proses keseimbangan ini akan berhenti, setelah terjadi

keseimbangan konsentrasi (istilahnya “jenuh”). Dalam kondisi ini, proses ekstraksi dinyatakan selesai, maka zat aktif di dalam dan di luar sel akan memiliki konsentrasi yang sama, yaitu masing-masing 50%.

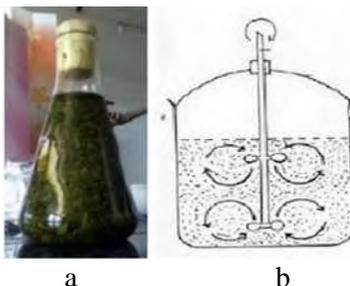
Waktu maserasi berbeda-beda tergantung pada sifat atau ciri campuran bahan (Kerans, 2010). Durasi waktu maserasi harus cukup supaya pelarut dapat memasuki rongga dari struktur serbuk bahan dan melarutkan semua zat yang mudah larut. Lamanya maserasi dapat memerlukan waktu beberapa jam atau beberapa hari untuk ekstrak yang optimum. Standard farmakope mencantumkan 4-10 hari. Menurut Pratiwi (2010) waktu 5 hari sudah memadai sebab setelah waktu tersebut keseimbangan antara bahan yang diekstraksi pada bagian dalam sel dengan luar sel telah dicapai.

Tabel 2.18. Kelebihan dan kelemahan Maserasi (Soebagio, 2005 dan Kerans, 2010)

Kelebihan	Kelemahan
Unit alat yang dipakai sederhana, hanya dibutuhkan bejana perendam	Proses penyariannya tidak sempurna, karena zat aktif hanya mampu terekstraksi sebesar 50% saja.
Biaya operasionalnya relative rendah	Proses lama, butuh waktu beberapa hari
Selama maserasi bahan disimpan di tempat yang di tempat yang terlindungi dari cahaya langsung untuk mencegah reaksi katalis dari cahaya matahari.	Pelarut yang digunakan lebih banyak
Metode ini tidak menggunakan pemanasan sehingga zat aktif yang terkandung dalam bahan tidak rusak	Tidak dapat digunakan untuk bahan-bahan yang mempunyai tekstur keras seperti benzoin dan lilin

Maserasi adalah salah satu jenis metoda ekstraksi dengan sistem tanpa pemanasan atau dikenal dengan istilah ekstraksi dingin, jadi pada metoda ini pelarut dan sampel tidak mengalami pemanasan sama sekali. Sehingga maserasi merupakan teknik

ekstraksi yang dapat digunakan untuk senyawa yang tidak tahan panas ataupun tahan panas (Fitriana *et al.*, 2015).



Gambar 2.25 Metode maserasi sederhana (a) dan maserasi dilengkapi pengaduk (b) (Fitriana *et al.*, 2015)

2.10.5 Uji Pendahuluan Skrining Fitokimia

Menurut Sani (2014) senyawa fitokimia merupakan senyawa golongan metabolit sekunder dalam tumbuhan yang memiliki fungsi tertentu bagi manusia. Metode untuk mengetahui senyawa fitokimia tersebut dilakukan skrining fitokimia. Skrining fitokimia merupakan metode untuk mengetahui secara kualitatif suatu komponen bioaktif atau metabolit sekunder yang terdapat pada sampel uji berdasarkan sifat kelarutan senyawa.

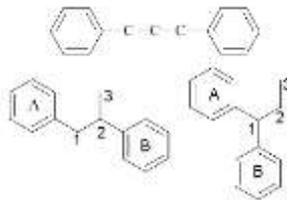
2.10.7 Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder adalah suatu molekul atau produk metabolik yang dihasilkan oleh proses metabolisme sekunder mikroorganisme bertujuan bukan kebutuhan mikroorganisme tumbuh maupun hidup. Metabolit sekunder bermanfaat banyak bagi manusia dan makhluk hidup lain, karena banyak diantaranya bersifat sebagai obat, pigmen, vitamin. Berikut contoh senyawa metabolis sekunder menurut Zulfa (2013):

a. Flavonoid

Flavonoid merupakan suatu kelompok senyawa fenol yang tersebar ditemukan di alam. Senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu, biru dan sebagian kuning. Flavonoid

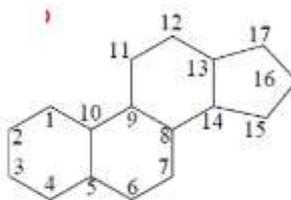
mempunyai kerangka dasar karbon yang terdiri dari 15 atom karbon, dua cincin benzene (C_6) terikat pada suatu rantai propan (C_3) sehingga terbentuk suatu susunan $C_3-C_6-C_3$. Susunan ini dapat menghasilkan tiga jenis struktur, yakni 1-3 diaryl propan atau flavonoid, 1-2 – diaryl propan atau isoflavonoid dan 1,1 – diaryl propan terpenoid. Flavonoid yang mengikat molekul gula disebut flavonoid glikosida, sedangkan yang tidak mengikat molekul gula disebut flavonoid aglikon. Flavonoid yang terkandung dalam tanaman dan bahan pangan nabati terdapat pada bagian tumbuhan termasuk daun, kayu, akar, bunga dan biji.



Gambar 2.26 Stuktur flavonoid (Zulfa, 2013)

b. Steroid

Steroid adalah senyawa yang mempunyai kerangka dasar karbon yang merupakan turunan dari hidrokarbon 1,2-siklopentenoperidihidrogenantren. Penelitian biogenetic menunjukkan bahwa steroid yang terdapat di alam berasal dari triterpenoid. Steroid yang terdapat pada jaringan hewan berasal dari triterpenoid lanosterol, sedangkan yang terdapat dalam jaringan tumbuhan berasal dari triterpenoid sikloartenol setelah triterpenoid ini mengalami perubahan-perubahan tertentu.



Gambar 2.27 Stuktur steroid (Zulfa, 2013)

c. Terpenoid

Terpenoid merupakan senyawa yang mengandung karbon, hidrogen atau karbon dan oksigen yang tidak bersifat aromatik. Terpenoid merupakan golongan lemak dengan keragaman struktur, fungsi dan dibentuk dari unit isoprena C5. Struktur kimia terpenoid merupakan penggabungan dari unit isoprene, dapat berupa rantai terbuka atau siklik, dapat mengandung ikatan rangkap, gugus hidroksil, karbonil atau gugus fungsi lainnya. Unit C5 dihubungkan bersama secara ikatan kepala-ekor dengan karakteristik struktur rantai bercabang (Budiarti, 2009).

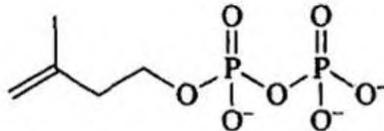
Fraksi yang paling mudah menguap, hasil penyulingan dan fraksi mengandung 15 atom karbon mempunyai titik didih paling tinggi. Sifat terpenoid secara fisik berupa tingkat kerapatan lebih kecil dari air, larut dalam pelarut organik (eter dan alkohol), mempunyai bau yang khas, indeks bias tinggi, dalam keadaan segar berwujud cairan tidak berwarna namun jika teroksidasi warna berubah jadi gelap, kebanyakan optik aktif. Sifat kimia senyawa terpenoid adalah senyawa tidak jenuh (rantai terbuka atau siklik) dan isoprenoid kebanyakan bentuknya khiral dan terjadi dalam dua bentuk enantiomer.

Terpen diklasifikasi berdasarkan jumlah unit isoprena C5 yang dikandungnya. Ada komponen minyak atsiri, yaitu monoterpena (C10) dan sesquiterpena (C15) yang mudah menguap dan membentuk dasar dari wewangian serta bumbu di industri. diterpena menguap, yaitu triterpenoid dan

sterol (C30), serta pigmen karotenoid (C40). Sebagian besar terpen memiliki struktur siklik. Monoterpenoid merupakan komponen utama dari aroma yang mudah menguap, dikenal sebagai minyak.

Klasifikasi terpenoid dibentuk dari unit isoprene atau unit C5. Pada umumnya menurut Lenny (2006) biosintesa dari terpenoid dengan terjadinya 3 reaksi dasar, yaitu:

- Pembentukan isoprene aktif berasal dari asam asetat melalui asam mevalonat
- Penggabungan kepala dan ekor dua unit isoprene akan membentuk mono-, seskui-, di-, sester- dan poli-terpenoid.
- Penggabungan ekor dan ekor dari unit C15 atau C20 menghasilkan triterpenoid dan steroid.



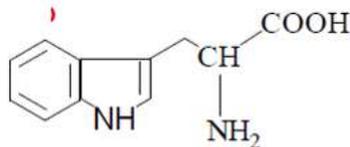
Gambar 2.28 Isopentenil profosfat (Hanson, 2000).



Gambar 2.29 Letak kepala ekor unit isopren (Lenny, 2006)

d. Alkaloid

Alkaloid adalah suatu golongan senyawa organik yang terbanyak ditemukan di alam. Hampir seluruh alkaloid berasal dari tumbuh-tumbuhan. Persentase jenis tumbuhan yang mengandung alkaloid terletak dalam interval 15-30 %.



Gambar 2.30 Struktur alkaloid triptofan (Zulfa, 2013)

Semua alkaloid mengandung paling sedikit sebuah atom nitrogen yang biasanya bersifat basa dan dalam sebagian besarnya atom nitrogen ini merupakan bagian dari cincin heterosiklik. Hampir semua alkaloid yang ditemukan di alam mempunyai keaktifan fisiologis tertentu, ada yang sangat beracun tetapi ada pula yang sangat berguna dalam pengobatan. Adanya sifat-sifat fisiologis pada alkaloid telah banyak menarik perhatian para ahli kimia sejak abad lalu dan telah menemukan 5000 senyawa alkaloid. Alkaloid dapat ditemukan dalam berbagai bagian tumbuhan, seperti biji, daun, ranting dan kulit kayu.

e. Tanin

Tanin terdapat banyak dalam tumbuhan berpembuluh. Secara kimia terdapat dua jenis tanin, yaitu tanin terkondensasi terdapat dalam tumbuhan *gymnospermae* serta tersebar luas dalam *angiospermae* terutama tumbuhan berkeayu. Tanin terhidrolisi, penyebarannya terbatas pada tumbuhan berkeping dua. Sebagian besar tumbuhan yang banyak bertani dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan (herbivore) karena rasanya pahit. Salah satu fungsi tanin dalam tumbuhan ialah sebagai penolak hewan pemakan tumbuhan.

f. Saponin

Saponin adalah glikosida triterpenoid dan sterol. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan dan bersifat seperti sabun serta dapat dideteksi berdasarkan kemampuannya membentuk busa.

2.10.8 Gas Chromatography – Mass Spectra (GC - MS)

Menurut Fardyani (2012) kromatografi merupakan teknik untuk menganalisa atau memisahkan campuran gas, cairan atau zat terlarut. Pada umumnya semua jenis kromatografi melibatkan dua fasa yang berbeda, yaitu fase stasioner dan fase gerak. Salah satu

jenis kromatografi adalah jenis *Gas Chromatography – Mass Spectra* (GC - MS) atau kromatografi gas-spektrometri massa. GC-MS merupakan metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometri massa untuk mendeteksi dan mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam analisis sampel berdasarkan waktu retensinya pada GC, pola elusi dan fragmentasi MS yang karakteristik bagi suatu senyawa.

Menurut Fardyani (2012), GC adalah metode pemisahan yang menggunakan fase diam cair dan fase gerak gas. Kromatografi ini dapat menganalisis gas, zat yang mudah menguap atau diuapkan. Pemisahan berdasarkan daya ikat (afinitas) analit terhadap fase diam. Semakin lemah afinitasnya, maka akan semakin mudah dibawa oleh *carrier* gas dan lebih dulu mencapai detektor. Semakin kuat afinitasnya, maka akan semakin lama ditahan oleh fase diam sebelum pada akhirnya terbawa oleh *carrier* gas. Sifat kepolaran sangat mempengaruhi afinitas ini. Sampel yang dapat dianalisis GC. Sampel yang dapat dianalisis GC adalah gas, cair atau padatan, bobot molekul 2 – 1.000 AMU, organik atau anorganik dan sampel harus mudah menguap.

Menurut Fardyani (2012), analisis menggunakan GC dapat diaplikasikan untuk analisis kuantitatif maupun kualitatif. Analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan membandingkan luas area peak sampel dengan luas area peak standar yang konsentrasinya telah diketahui. Analisis kualitatif dapat dilakukan dengan membandingkan waktu retensi sampel dengan standar. Waktu retensi adalah waktu yang dibutuhkan sampel untuk keluar dari kolom. Waktu ini diukur dari titik injeksi sampei peak maksimum. Hal ini merupakan karakteristik suatu sampel berdasarkan suhu yang diberikan dan kepolaran sampel.

Tabel 2.19. kelebihan dan kelemahan GC (Fardyani, 2012)

Kelebihan	Kelemahan
Efisien, resolusi tinggi sehingga dapat digunakan untuk menganalisa partikel berukuran sangat kecil	Teknik GC terbatas untuk zat yang mudah menguap, jumlah sampel kurang dari 1 mg
Aliran fasa bergerak (gas) sangat terkontrol dan kecepatan tetap	Tidak boleh ada pengotor
Pemisahan fisik terjadi didalam kolom, panjang dan temperatur dapat diatur	Fase gas dibandingkan sebageaian besar fase cair tidak bersifat reaktif terhadap fase diam dan zat terlarut
Kromatografi sangat mudah digabung dengan instrument fisika-kimia yang lain, misal GC/ FT-IR/ MS	Dibutuhkan training dan pengalaman
Sensitivitas tinggi sehingga dapat memisahkan berbagai senyawa yang saling bercampur dan mampu menganalisa berbagai senyawa meskipun dalam kadar rendah	GC tidak mudah dipakai untuk memisahkan campuran dalam jumlah besar. Pemisahan pada tingkat mg mudah dilakukan, pemisahan pada tingkat gram mungkin dilakukan, tetapi pemisahan dalam tingkat pon atau ton sulit dilakukan
Akurasi tinggi, Jenis detektor banyak yang dapat dipakai pada GC (ada 13 jenis) dan respons detektor adalah proporsional dengan jumlah tiap komponen yang keluar dari kolom	Harus menggunakan instrument lanjutan (seperti MS) untuk konfrimasi identifikasinya.
Analisis cepat, biasanya hanya dalam hitungan menit	-

Menurut Fardyani (2012), spektrometer Massa atau *Mass Spectrometer* (MS) adalah instrument yang menyusun molekul gas (ion) berdasarkan massanya. Dalam sebuah spectrometer, suatu sampel dalam keadaan gas ditabrak dengan elektron yang berenergi tinggi. Tabrakan antara sebuah molekul organic dengan salah satu

elektron menyebabkan lepasnya sebuah elektron dari molekul itu dan terbentuk suatu molekul organik. Ion ini tidak stabil dan pecah menjadi fragmen kecil. Fragmen bermuatan positif yang akan dideteksi oleh MS.

Alat GC-MS yang mempunyai sistem komputer merupakan metode pilihan utama yang digunakan untuk mengetahui senyawa-senyawa yang diekstraksi. Kriteria utama untuk prosedur GC-MS untuk menghasilkan interpretasi yang bagus adalah menggunakan kolom kapiler resolusi tinggi (biasanya 50 meter atau lebih), sinyal tinggi dari spektrometer massa dan proses scanning yang cepat. GC dilengkapi dengan kolom kapiler silica DB-5MS dengan ketebalan film 0,25 μm dan panjangnya 30 m. Hasil analisa berupa arus ion total (TIC) atau kromatogram hasil rekonstruksi ion (RIC) yang menggambarkan semua senyawa yang dideteksi oleh proses kromatografi gas (Budiati, 2009).

Menurut Fardyani (2012) metode GC-MS hanya terbatas untuk senyawa dengan tekanan uap berkisar 10^{-10} torr. Kondisi sampel harus dalam keadaan larutan untuk diinjeksikan ke dalam kromatografi. Pelarut harus bersifat volatile dan organik (Contoh heksana atau diklorometana). Jumlah sampel bergantung pada metode ionisasi yang dilakukan, umumnya sering digunakan untuk analisis sensitivitas adalah sebesar 1 – 100 pg per komponen. Umumnya senyawa dengan tekanan lebih rendah hanya dapat dianalisis jika senyawa tersebut merupakan senyawa turunan (contoh: trimetilsili eter). Penentuan gugus fungsional pada cincin aromatic masih sulit. Senyawa isomer tidak dapat dibedakan oleh spektrometer (contoh: naftalena vs azulena) namun dapat dipisahkan dengan kromatografi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian dari November 2015 – April 2016. Kegiatan penelitian di Laboratorium Ekologi Jurusan Biologi ITS berupa pembuatan ekstrak kulit *Durio zibethinus*, analisis dan identifikasi *biofouling*. Kegiatan penelitian di Laboratorium Kimia Mikroorganisme Jurusan Kimia ITS berupa penyaringan hasil ekstraksi, evaporasi. Kegiatan penelitian di PT Dok dan Perkapalan Surabaya berupa pemotongan, pengecatan dan perendaman plat kapal. Plat kapal direndam dalam perairan laut di PT Dok dan Perkapalan Surabaya (gambar 3.1 – 3.2) selama 28 hari. Lokasi PT Dok dan Perkapalan Surabaya berada pada lintang $7^{\circ}12'07.38''$ S $112^{\circ}43'55.27''$ E beralamat di Jl. Tanjung Perak Barat No. 432-433.



Gambar 3.1 PT Dok dan Perkapalan Surabaya (Sumber: google map).

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini tercantum dalam tabel 3.1, yaitu:

Tabel 3.1. Alat yang digunakan dalam penelitian

Tahapan proses	Nama alat
Pengolahan kulit <i>Duriio zibethinus</i>	Pisau
	Blender
	Timbangan manual
	Alumunium foil
	Wadah bening
Ekstraksi	<i>Rotary evaporator</i>
	Corong Buchner
	Labu bundar 250 mL
	Kertas saring Whatman
<i>Skrining</i> fitokimia	Plat tetes
	Tabung reaksi
	Pipet tetes
Persiapan bahan uji	Plat kapal
	Mika bening
	Kapur
Pengecatan bahan uji	Cat primer
	Cat antikorosi
	Sprayer
Perendaman	Tali
	Bambu atau kayu
	<i>Secchi</i> disk
Pengukuran kualitas air	Termometer raksa
	<i>Refraktometer</i>
	Tali tambang
Analisis	Kamera
	Software minitab

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini tercantum dalam tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

Proses	Nama bahan
Pengolahan kulit <i>Durio zibethinus</i>	kulit <i>Durio zibethinus</i>
Ekstraksi	Metanol murni HgCl ₂ KI Iodium
Pembuatan pereaksi	Bismut sub nitrat Asam asetat glasial H ₂ SO ₄ 2 N Asam asetat anhidra H ₂ SO ₄ 2 N
Skrining fitokimia	Aquades HCl 2 N FeCl ₃ 1%

3.3. Tahapan Kerja

3.3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Kulit *Durio zibethinus*

Kulit *Durio zibethinus* didapatkan dari sisa penjualan buah *Durio zibethinus* di Surabaya. Kulit *Durio zibethinus* bagian dalam berwarna putih dipisahkan dari bagian duri, lalu dipotong berukuran sekitar 4 cm. Kemudian, diangin-anginkan tanpa terkena sinar matahari langsung hingga mengering. Kemudian, kulit dihaluskan dengan blender hingga menjadi berbentuk serbuk.

3.3.2. Ekstraksi

Metode ekstraksi yang digunakan adalah maserasi berupa perendaman serbuk kulit *Durio zibethinus* dengan metanol dengan perbandingan serbuk dengan metanol 1 : 10 (20 gram : 200 mL) selama 3 x 24 jam pada suhu kamar dan terhindar dari cahaya matahari. Wadah maserasi dalam kurun waktu 24 jam diaduk 4 kali

sehari agar komponen bioaktif pada sampel kulit *Durio zibethinus* terlarut dalam pelarut tersebut. Setelah 3 x 24 jam, dilakukan penyaringan menggunakan corong Buchner. Corong Buchner yang telah dilapiskan kertas saring Whatman dan selang pompa vakum dipasang labu Erlenmeyer. Larutan hasil maserasi secara perlahan dipindahkan ke labu Erlenmeyer hingga didapatkan ekstrak metanol berwarna kuning, sedangkan serbuk *Durio zibethinus* disimpan untuk ekstraksi kembali. Serbuk dapat digunakan untuk 2 kali maserasi. Ekstrak metanol dimasukkan ke labu bundar untuk dipisahkan dengan rotary evaporator dengan temperatur 65⁰ C, sebab titik didih metanol 64,7⁰ C (Utami, 2013) dan didapatkan ekstrak metanol kental.

3.3.3 Pembuatan Pereaksi

Pembuatan pereaksi yang digunakan dalam proses *skrining* fitokimia berdasarkan pada Sangi (2008), yaitu:

A. Pereaksi Mayer

Dilarutkan 1,36 g HgCl₂ dalam 60 ml air suling. Pada bagian lain dilarutkan 5 g KI dalam 10 ml air suling. Kedua larutan ini kemudian dicampurkan dan diencerkan dengan air suling sampai 100 ml. Hasil pereaksi ini disimpan dalam botol terhindar dari cahaya agar tidak rusak.

B. Pereaksi Wagner

Sebanyak 1,27 g Iodium dan 2 g KI dilarutkan dalam 5 ml air suling. Kemudian larutan ini diencerkan menjadi 100 ml dengan air suling. Endapan yang terbentuk disaring dan disimpan dalam botol yang berwarna coklat.

C. Pereaksi Dragendroff

Sebanyak 8 g KI dilarutkan dalam 20 ml air suling, sedangkan pada bagian lain 0,85 g bismut sub nitrat dilarutkan dalam 10 ml asam asetat glasial dan 40 ml air suling. Kedua larutan dicampurkan. Larutan ini disimpan dalam botol berwarna coklat.

Dalam penggunaannya satu larutan ini diencerkan dengan 2/3 bagian larutan 20 ml asam asetat glasial dalam 100 ml air suling.

3.3.4 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif

Ekstrak metanol kental yang didapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengetahui komponen kimia yang menyusun atau terdapat dalam kulit *Durio zibethinus*. Analisis kualitatif menggunakan metode *skrining* fitokimia, sedangkan analisis kuantitatif dengan metode *kromatografi gas-spektrometri* (KG-MS).

3.3.4.1 *Skrining* Fitokimia

Kulit *Durio zibethinus* yang selanjutnya disebut ekstrak sampel dalam prosedur *skrining* fitokimia menurut Huliselan (2005) sebagai berikut:

a. Uji Flavonoid dengan H_2SO_4

Ekstrak sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan H_2SO_4 2 N sebanyak 2 tetes dan dikocok hingga tercampur homogen. Sampel positif mengandung flavonoid bila larutan mengalami perubahan warna yang sangat mencolok menjadi warna kuning, merah atau coklat.

b. Uji Alkaloid

Ekstrak sampel 1 mL ditambahkan 10 tetes H_2SO_4 2 N dan dikocok satu arah, dibiarkan beberapa menit sampai terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas dipindahkan ke dalam tiga tabung reaksi masing-masing sebanyak 1 mL. Tabung 1 ditambahkan 3 tetes pereaksi Mayer, Wagner dan Dragendorff. Sampel positif mengandung alkaloid bila pereaksi Mayer memberikan endapan putih, pereaksi Wagner memberi endapan coklat dan pereaksi Dragendorff memberikan endapan berwarna jingga.

c. Uji Steroid dan Terpenoid

Satu tetes ekstrak sampel ditaruh di plat tetes pada 3 titik (titik pertama untuk standard dan dua titik lainnya untuk pengujian terpenoid dan steroid) dan dibiarkan hingga kering. Setelah kering, ditambahkan Lieberman Burchard (1 tetes asam sulfat pekat dan 3 tetes asam asetat anhidra) kemudian diamati perubahan warnanya. Sampel positif bila mengalami perubahan warna menjadi merah atau coklat untuk terpenoid (triterpenoid) dan perubahan warna biru, ungu, atau hijau untuk steroid.

d. Uji Saponin

1 mL ekstrak sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambah 5 mL aquades panas dan ditambah 2 tetes 2 HCl 2 N dan dikocok. Setelah itu, dilihat apakah terbentuk buih setelah didiamkan selama 10 menit. Sampel positif mengandung saponin bila terdapat buih dengan intensitas yang banyak dan konsisten selama 10 menit.

e. Uji tanin

1 mL ekstrak sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan FeCl_3 1% sebanyak 2-3 tetes. Sampel positif mengandung tanin bila mengalami perubahan warna menjadi hijau kehitaman.

3.3.4.2 Gas Chromatography – Mass Spectra (GC - MS)

GC-MS berguna untuk menentukan massa atau berat molekul suatu senyawa dengan fragmentasinya sebagai salah satu analisis struktur. Identifikasi komponen utama Ekstrak kulit *Durio zibethinus* menggunakan GC-MS. Menurut Widia (2013) intepetasi data GC-MS dilakukan dengan mengelompokkan puncak kromatogram yang berubah pada variasi proses. Senyawa dikelompokkan berdasarkan jumlah C dalam senyawa dan pola perubahan konsentrasi pada perubahan temperatur; dalam hal ini senyawa mengalami pemecahan rantai karbon pada kenaikan

temperatur atau senyawa mengalami kenaikan presentase. Analisis GC-MS dilakukan di laboratorium kimia PT Gelora Djaja.

3.3.5 Pembentukan Konsentrasi Ekstrak

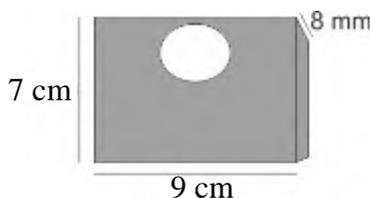
Hasil ekstrak kental metanol yang diperoleh kemudian dibuat komposisi dalam satuan ppm (*part per million*) dengan pelarut metanol menggunakan rumus seperti dibawah dengan konsentrasi 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm dan 100 ppm.

$$\text{ppm (part per million)} = \frac{\text{mg zat yang terlarut}}{\text{volume larutan (L)}} \times 100 \%$$

Penentuan konsentrasi ekstrak *Durio .zibethinus* tersebut didasarkan pada penelitian umumnya yang menggunakan rentang interval besar karena belum ada studi literatur yang menjelaskan tentang konsentrasi ekstrak *Durio zibethinus*.

3.3.6. Persiapan Material Uji

Plat kapal sebagai material uji berukuran 7 x 9 cm dengan lubang pada bagian tengah atas berdiameter 2 cm (seperti gambar 3.2) untuk tempat mengikat tali. Plat kapal di *blasting* untuk menghilangkan debu, kotoran, minyak, lemak dan pengotor lainnya agar cat dapat menempel optimal. Setelah itu dilakukan proses pengecatan seperti tabel 3.3. Prosedur *blasting* dan pengecatan dilakukan oleh pekerja PT Dok dan Perkapalan Surabaya. Plat kapal yang telah dicat akan ditimbang dan dicatat sebagai biomassa pertama.



Gambar 3.2 Ukuran Plat kapal.

3.3.7 Pengecatan Bahan Material Uji

Tahap pengecatan dilakukan dengan sprayer. PT Dok dan Perkapalan Surabaya menggunakan standart ketebalan cat 100 μm dan cat merk Hempel. Tiap konsentrasi ekstrak kulit *Durio zibethinus* (25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm) dicampurkan pada volume cat yang sama, yaitu 20 mL. Plat kapal diberi cat 3 lapisan cat, yaitu cat primer, cat antikorosi dan cat primer yang telah ditambahkan ekstrak kulit *Durio zibethinus*. Setiap konsentrasi ekstrak dicat ke 4 plat dan diberi tanda nama seperti pada tabel 3.3. Rentang waktu antara cat 6 jam supaya cat menjadi kering dahulu sehingga daya lekat cat selanjutnya lebih baik.

Tabel 3.3. Penelitian yang dilakukan terhadap plat kapal

Pemberian jenis cat	Kode plat kapal				
	A1, A2, A3, A4	B1, B2, B3, B4	C1, C2, C3, C4	D1, D2, D3, D4	E1, E2, E3, E4
Primer + ekstrak 0 ppm	V				
Primer + ekstrak 25 ppm		V			
Primer + ekstrak 50 ppm			V		
Primer + ekstrak 75 ppm				V	
Primer + ekstrak 100ppm					V

Keterangan:

Setiap plat diberi 2 lapisan awal sama, yaitu cat primer dan antikorosi.

Kode plat A: Cat primer + cat antikorosi + (cat primer + ekstrak 0 ppm)

Kode plat B: Cat primer + cat antikorosi + (cat primer + ekstrak 25 ppm)

Kode plat C: Cat primer + cat antikorosi + (cat primer + ekstrak 50 ppm)

Kode plat D: Cat primer + cat antikorosi + (cat primer + ekstrak 75 ppm)

Kode plat E: Cat primer + cat antikorosi + (cat primer + ekstrak 100 ppm)



Gambar 3.3. Model perendaman plat kapal di PT Dok dan Perkapalan Surabaya

Keterangan:

A: tiang pembatas jalur ke perairan.

B: jalur pijakan

C: batas ketinggian air laut saat pasang

D: batas ketinggian air laut saat surut

E: tali sepanjang 5 meter (dari atas permukaan beton ke permukaan air laut)

F: papan atau balok kayu sepanjang 25 cm

G: tali pengikat ke plat kapal sepanjang 20 cm

H: plat kapal berukuran 7 x 9 cm

I: jarak antar plat 5 cm

J: jarak antar balok 50 cm

3.3.8. Pengukuran Kualitas Air Laut

Menurut Yudhatama *et al.* (2013) faktor abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan *biofouling* diantaranya sifat fisika air laut seperti salinitas, kecerahan, gelombang air laut dan suhu. Pengukuran faktor kualitas air laut dilakukan setiap 7 hari sekali, bersamaan dengan pengambilan data luas penempelan dan biomassa. Berikut metode untuk mengukur faktor fisik air laut:

a. Kecerahan Air Laut

Perhitungan kecerahan air laut menggunakan *cakram secchi*. Cara penggunaannya adalah dengan memasukan *cakram secchi* perlahan ke dalam air laut sampai tidak terlihat atau menyentuh dasar perairan. Diukur ke dalaman sejauh titik ini.

Kemudian *cakram secchi* dinaikkan sampai mulai tampak lagi, diukur ke dalaman pada titik ini. Hasil rata-rata keduanya merupakan ke dalaman kecerahan air.

b. Salinitas

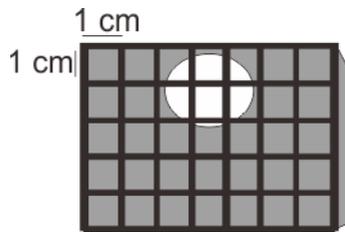
Perhitungan salinitas menggunakan alat bernama *refraktometer*. Pertama, *aquades* ditetaskan pada kaca prisma *refraktometer* hingga angka 0 untuk proses kalibrasi. Kemudian, *refraktometer* dikeringkan dengan tisu. Air laut yang menjadi tempat pengujian dan perendaman plat kapal diambil untuk ditetaskan pada *refraktometer*. Kemudian dilihat angka pada kaca prisma dan dicatat hasilnya.

c. Suhu

Suhu air laut diukur dengan menggunakan termometer air raksa. Termometer dicelupkan pada permukaan air laut, lalu dicatat hasilnya.

3.4 Analisis Biofouling

Setiap 7 hari dari 28 hari waktu penelitian, plat kapal diambil 1 buah dari tiap konsentrasi ekstrak. Plat kapal yang telah diambil dikeringkan dengan tisu dan difoto dengan kamera digital. Plat diukur luas penempelan dengan alat bantu mika transparan yang telah diberi petakan berukuran 1 x 1 cm (gambar 3.4) dan teknik perhitungan seperti tabel 3.4. Setelah itu plat dipindahkan ke Laboratorium Ekologi Jurusan Biologi ITS dengan cara dimasukkan ke wadah berisi air laut untuk menjaga biofouling tetap hidup. Plat kapal dipindahkan dari PT Dok dan Perkapalan ke Laboratorium Biologi ITS untuk ditimbang biomassa biofouling dan dilakukan pengamatan morfologi serta identifikasi biofouling yang ditemukan pada plat kapal. Data dianalisa secara deskriptif morfologi.



Gambar 3.4 Ukuran petakan pada mika transparan yang ditempel ke plat kapal.

Tabel 3.4. Luas area penempelan *biofouling* berdasarkan kelas kehadiran jenis

Kelas	Luas area penutupan	% Penutupan area	% Titik tengah (M)
5	1/2 - penuh	50 – 100	75
4	1/4- 1/2	25 – 50	37,5
3	1/8 – 1/4	12,5 – 25	18,75
2	1/16 – 1/8	6,25 – 12,5	9,38
1	< 1/16	< 6,25	3,13
0	Tidak ada	0	0

Perhitungan penempelan jenis *biofouling* pada tiap petak digunakan rumus:

$$C = \frac{\sum (M_i \times f_i)}{\sum f_i}$$

Keterangan:

C: prosentase penempelan jenis *biofouling*

M_i: prosentase titik tengah dari kelas kehadiran jenis *biofouling*

f_i: banyaknya subpetak dengan kelas kehadiran jenis *biofouling* sama

Tingkat luas penempelan *biofouling* sangat menentukan keefektifan cat antifouling yang digunakan. Kriteria baku untuk menentukan prosentase luas penempelan *biofouling* menurut Zhu *et al.* (2004) adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5. Persentase luas penempelan biofouling (Zhu *et al.*, 2004)

Persentase luas penempelan	Kategori luas penempelan
< 10%	rendah
10-30%	agak rendah
30-50%	sedang
50-80%	tinggi
80-100%	sangat tinggi

Setiap plat kapal ditimbang setelah dilakukan pengecatan sebagai biomassa awal, lalu biomassa akhir didapatkan pasca perendaman. Biomassa biofouling didapatkan dari hasil selisih biomassa akhir dikurang biomassa awal (Yudhatama *et al.*, 2013).

3.5 Rancangan Percobaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak kulit *Durio zibethinus* terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling. Pada penelitian ini, variabel bebas (independent) berupa konsentrasi dan variabel terikat (dependent) berupa luas penempelan dan biomassa biofouling. Metode analisis yang digunakan berupa ANOVA (*Analysis of Variance*) one way dan MANOVA (*Multivariat Analisis of Variance*).

ANOVA one way digunakan untuk melihat pengaruh konsentrasi terhadap luas penempelan, dan pengaruh konsentrasi terhadap biomassa. Hal ini berdasarkan fungsi ANOVA one yang menguji 1 variabel bebas atau lebih terhadap 1 variabel terikat. Hipotesis yang akan diuji berupa:

a. Variabel terikat berupa luas penempelan

H0	Tidak ada perbedaan rata-rata luas penempelan terhadap konsentrasi.
H1	Ada perbedaan rata-rata luas penempelan terhadap konsentrasi.

b. Variabel terikat berupa biomassa

H0	Tidak ada perbedaan rata-rata biomassa terhadap konsentrasi.
H1	Ada perbedaan rata-rata biomassa terhadap konsentrasi.

MANOVA digunakan untuk melihat pengaruh konsentrasi secara simultan (respon yang terjadi secara bersamaan) terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling. Hal ini berdasarkan fungsi MANOVA yang menguji 1 variabel terikat terhadap lebih dari 1 variabel terikat. Hipotesis yang uji berupa:

H0	Konsentrasi tidak memberi pengaruh terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling.
H1	Konsentrasi memberi pengaruh terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling.

Respon dari luas penempelan dan biomassa yang terjadi secara bersamaan menimbulkan asumsi bahwa keduanya saling memberi pengaruh satu sama lain. Oleh sebab itu, digunakan analisis regresi linear sederhana. Persamaan regresi akan mengetahui nilai perubahan yang terjadi ketika satu variabel dan pengaruh terhadap nilai variabel lain. Pada analisis ini variabel bebas berupa luas penempelan dan variabel terikat berupa biomassa biofouling. Hipotesis yang diuji berupa:

H0	Luas penempelan tidak berpengaruh terhadap biomassa biofouling
H1	Luas penempelan berpengaruh terhadap biomassa biofouling

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak kulit *D. zibethinus* terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling. Kulit *D. zibethinus* yang digunakan sebagai ekstrak berupa bagian dalam berwarna putih terpisah dari duri. Kriteria Kulit *D. zibethinus* yang dipilih berupa bagian dalam berwarna putih bersih seperti lampiran 1. Kulit tersebut dipotong, diangin-anginkan tanpa kena cahaya matahari, dihaluskan menjadi serbuk dengan blender, direndam dengan pelarut metanol, dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* dan didapatkan ekstrak kental metanol kulit *D. zibethinus* seperti lampiran 1. Ekstrak kulit *D. zibethinus* diuji dengan skrining fitokimia dan kromatografi gas – spektrometri massa (GC-MS) untuk diketahui kandungan senyawa kimia, kemudian dibentuk konsentrasi 0, 25, 50, 75, 100 ppm. Konsentrasi tersebut dicampurkan dengan cat primer untuk dioleskan ke plat kapal sebagai media penempelan biofouling. Pengaruh dari ekstrak kental metanol kulit *D. zibethinus* sebagai antifouling dapat dilihat dari perbedaan persentase luas penempelan dan biomassa biofouling disetiap plat kapal.

4.1 Potensi Ekstrak Kulit *D. zibethinus*

Kulit *D. zibethinus* yang digunakan pada penelitian berjumlah 5 kg, dihasilkan kulit bagian putih tanpa duri berat kering sebanyak 1000 g. Kulit tersebut diolah dan didapatkan ekstrak kental berjumlah 127 gram berwarna merah kehitaman. Pemanfaatan kulit *D. zibethinus* sebagai alternatif antifouling dapat diperkirakan dari kandungan senyawa metabolit sekunder yang perlu dibuktikan kebenarannya. Suatu pendekatan yang dapat memberikan informasi adanya senyawa metabolit sekunder berupa uji skrining fitokimia. Selain itu, diperlukan identifikasi komponen utama menggunakan alat kromatografi gas – spektrometri massa (GC-MS) untuk menunjang data ilmiah dalam pemanfaatan kulit *D. zibethinus*.

4.1.1 Analisis Skrining Fitokimia

Komponen senyawa yang terdapat dalam ekstrak kental metanol kulit *D. zibethinus* dianalisis golongan senyawa metabolit sekunder dengan uji warna dengan beberapa pereaksi untuk golongan senyawa alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, tanin dan saponin. Hasil uji skrining fitokimia ekstrak kental metanol kulit *D. zibethinus* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar di lampiran 2.

Tabel 4.1. Hasil skrining fitokimia kulit *D. zibethinus*

Uji fitokimia	Pereaksi	Hasil	Kesimpulan
Alkaloid	Mayer	Tidak terbentuk endapan putih	Negatif
	Wagner	Terbentuk warna kemerahan	Positif
	Dragendorff	Terbentuk warna jingga	Positif
Flavonoid	Mg + HCl	Terbentuk warna jingga	Positif
Saponin	Air + HCl	Terbentuk busa stabil	Positif
Steroid	Liebermann burchard	Tidak terbentuk warna hijau	Negatif
Terpenoid	Liebermann burchard	Terbentuk warna coklat kemerahan	Positif
Tanin	FeCl ₃	Terbentuk warna hijau kehitaman	Positif

Penelitian mengenai uji skrining fitokimia untuk kulit durian (*D. zibethinus*) telah dilakukan oleh Setyowati *et al.* (2013), Setyowati *et al.* (2014 dan 2015) dan Azhari (2015). Tabel 4.2 memperlihatkan perbandingan hasil senyawa metabolit sekunder yang didapatkan dari uji fitokimia kulit *D. zibethinus*. Penelitian yang dilakukan Setyowati *et al.* (2013) dan Azhari (2015) menggunakan pelarut etanol 96% dalam proses ekstraksi dan tidak disebutkan varietas yang digunakan sama atau berbeda-beda. Metode yang berbeda dilakukan oleh Setyowati *et al.* (2014

dan 2015), yaitu menggunakan pelarut metanol dalam proses ekstraksi dan kulit *D. zibethinus* yang digunakan varietas petruk.

Tabel 4.2. Perbandingan hasil uji fitokimia

Senyawa	Azhari (2015)	Setyowati (2013)	Setyowati (2014 dan 2015)	Faizah (2015)	Hasil penelitian
Pelarut	Etanol 96%	Etanol 96%	Metanol	Etanol 96%	Metanol
Alkaloid	-	-	V	-	V
Flavonoid	V	V	V	V	V
Saponin	V	V	V	V	V
Steroid	-	-	V	-	-
Terpenoid	V (minyak atsiri)	-	V	V	V
Tanin	-	V	V	-	V

Keterangan:

Lambang V: menandakan positif

Lambang - : menandakan negatif

Penelitian ini menggunakan pelarut metanol dalam proses maserasi metode seperti penelitian Setyowati *et al.* (2014 dan 2015). Pelarut metanol digunakan sebab bersifat lebih polar dibandingkan etanol yang bisa dibuktikan dari nilai konstanta dielektrium di Tabel 2.17. Etanol memiliki konstanta dielektrium 24,3 sedangkan konstanta dielektrium metanol adalah 33,6. Semakin tinggi konstanta dielektrikunya maka pelarut bersifat semakin polar (Pratiwi, 2010). Pelarut bersifat lebih polar digunakan untuk melarutkan lebih efektif senyawa metabolit sekunder yang diinginkan, yaitu alkaloid, terpenoid dan flavonoid yang bersifat polar.

Metanol yang bersifat polar diduga menjadi penyebab ada senyawa tidak terdeteksi di Tabel 4.2 karena membentuk kadar air tinggi. Kadar air tinggi terlihat dari hasil ekstrak kulit *D. zibethinus* yang masih berbentuk cair, seharusnya mengental. Hal ini sesuai dengan pernyataan Aulia *et al.* (2011) menyebutkan

sifat pelarut yang semakin polar cenderung membentuk air semakin tinggi.

Senyawa Ekstrak kulit *D. zibethinus* seperti Tabel 4.1 dan 4.2 memiliki mekanisme penghambat pertumbuhan bakteri yang khas sesuai karakter masing-masing. Sifat ekstrak kulit *D. zibethinus* sebagai antibakteri dibuktikan oleh penelitian seperti pada Tabel 4.3. Bakteri dan jamur di Tabel 4.3 tergolong dalam mikrofouling seperti yang terlihat di Tabel 2.1. Setyowati (2013) menunjukkan ekstrak kulit *D. zibethinus* sebagai antijamur terhadap spesies *Candida albicans*. Kandungan senyawa antibakteri tersebut menunjukkan potensi ekstrak kental metanol kulit *D. zibethinus* sebagai antifouling, sebab bakteri berperan dalam biofouling seperti Gambar 2.11.

Tabel 4.3. Studi pengaruh ekstrak kulit *D. zibethinus* sebagai antimikroorganisme

Literatur	Hambat pertumbuhan	Tipe
Azhari (2015)	<i>Staphylococcus epidermidis</i> dan <i>Shigella sonnei</i>	Bakteri
Faizah (2015)	<i>Klebsiella pneumoniae</i> dan <i>Streptococcus pyogenes</i>	Bakteri
Setyowati <i>et al.</i> (2013)	<i>Candida albicans</i>	jamur

Mekanisme penghambat pertumbuhan bakteri oleh ekstrak kulit *D. zibethinus* berasal dari kandungan senyawa metabolit sekunder. Mekanisme kerja senyawa flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, terpenoid dalam menghambat pertumbuhan bakteri, antara lain menyebabkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri. Senyawa flavonoid dan tanin yang terkandung dalam ekstrak kulit *D. zibethinus* termasuk golongan senyawa fenolik. Senyawa fenol memiliki kemampuan mendenaturasi protein dan merusak dinding sel (Kurniawan *et al.*, 2015) Senyawa flavonoid dan tanin bersifat larut dalam air dan mengandung gugus fungsi hidroksil (-OH), sehingga lebih mudah masuk ke dalam sel dan membentuk kompleks dengan protein

membran sel. Senyawa fenolik berinteraksi dengan protein membran sel melalui proses adsorpsi yang melibatkan ikatan hidrogen dengan cara terikat pada bagian hidrofilik dari membran sel. Kompleks protein – senyawa fenolik terbentuk dengan ikatan yang lemah sehingga akan segera mengalami peruraian kemudian diikuti penetrasi senyawa fenolik ke dalam membran sel yang menyebabkan presipitasi dan terdenaturasinya protein sel. Kerusakan pada membran sel menyebabkan perubahan permeabilitas pada membran sehingga mengakibatkan lisisnya membran sel sehingga mengakibatkan kematian sel (Setyowati *et al.*, 2013). Kemampuan antibakteri oleh tanin berkaitan dengan kemampuan untuk menginaktivasi adhesi mikroba, enzim dan transport protein pembungkus sel. Tanin juga membentuk kompleks dengan polisakarida (Taufik *et al.*, 2015).

Mekanisme kerja alkaloid sebagai antibakteri adalah dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel (Taufik *et al.*, 2015). Selain itu, alkaloid bekerja dengan mengganggu komponen penyusun peptidoglikan dan menghambat enzim topoisomerase yang mempunyai peran sangat penting dalam proses replikasi, transkripsi dan rekombinasi DNA dengan cara memotong dan menyambung untai tunggal dan untai ganda DNA (Taufik *et al.*, 2015).

Mekanisme kerja saponin sebagai antibakteri adalah dengan mengganggu stabilitas membran sel bakteri berupa kebocoran protein dan enzim di dalam sel. Saponin dapat berdifusi melalui membran luar dan dinding sel yang rentan kemudian mengikat membran sitoplasma sehingga mengganggu dan mengurangi kestabilan membran sel (Taufik *et al.*, 2015). Kondisi tersebut menyebabkan keluarnya berbagai protein, asam nukleat dan nukleotida mengakibatkan sel bakteri mengalami lisis (Kurniawan *et al.*, 2015).

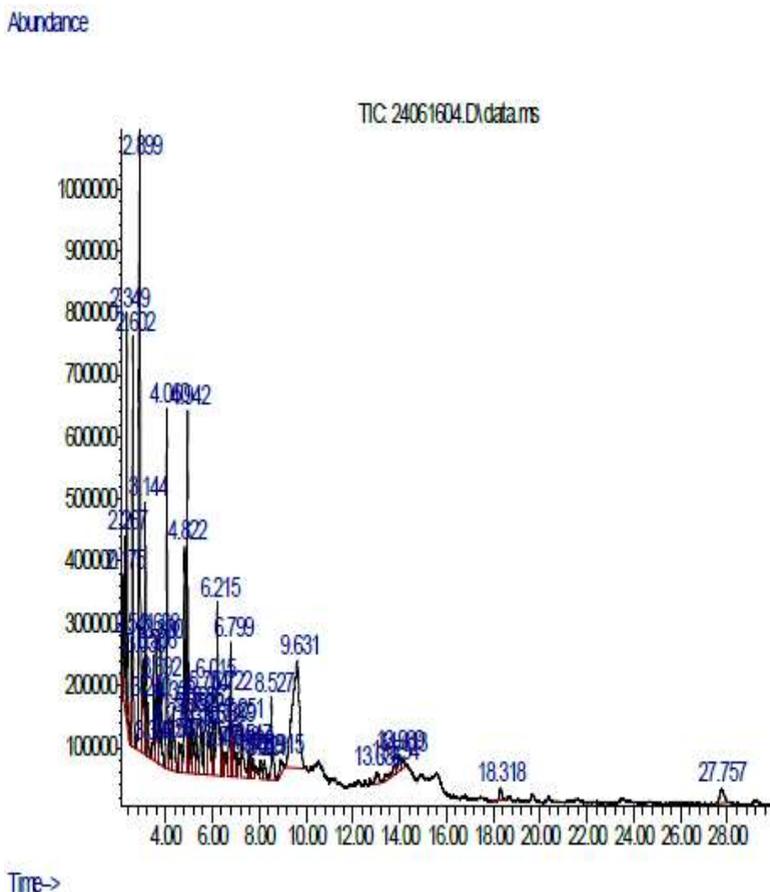
Senyawa steroid dan terpenoid yang merupakan golongan minyak atsiri yang bermanfaat sebagai senyawa antibakteri.

Minyak atsiri menghambat enzim yang terlibat pada produksi energy dan komponen struktural sehingga pembentukan membran sel terganggu. Minyak atsiri memiliki gugus hidroksil yang berikatan melalui proses absorpsi dengan ikatan hidrogen. Mekanisme kerusakan dinding sel disebabkan oleh adanya akumulasi komponen lipofilik yang terdapat pada dinding sel atau membrane sel sehingga menyebabkan perubahan komposisi penyusun dinding sel (Kurniawan *et al.*, 2015).

4.1.2 Analisis Kromatografi Gas – Spektrometri Massa (GC-MS)

Hasil uji skrining fitokimia seperti pada Tabel 4.2 memperlihatkan kulit *D. zibethinus* mengandung senyawa metabolit sekunder namun tidak memperlihatkan senyawa mana yang sebenarnya menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Oleh sebab itu, Faizah (2015) dan Azhari (2015) melakukan uji bioautografi untuk mengetahui senyawa kimia yang terkandung di dalam ekstrak kulit *D. zibethinus* yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan hasil bioautografi yang telah dilakukan oleh Faizah (2015) dan Azhari (2015) tidak memperlihatkan adanya hasil zona jernih di bekas bercak. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa yang bertanggungjawab sebagai antibakteri yang terdapat di dalam kulit *D. zibethinus* belum dapat diketahui.

Selain metode uji bioautografi, cara lain untuk melihat senyawa apa yang bertanggungjawab sebagai antibakteri dalam kulit *D. zibethinus* adalah uji kromatografi gas – spektrometri massa (GC-MS). GC-MS berfungsi untuk identifikasi komponen utama ekstrak kulit *D. zibethinus*. Teknik GC-MS berupa dilakukan dengan pemisahan menggunakan kromatografi gas, kemudian menggunakan spektrometri massa didapat spektrum puncak-puncak sampel yang telah dianalisis dengan menggunakan kromatografi gas seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil analisis GC-MS komponen kulit *D. zibethinus*

Berdasarkan hasil uji GC-MS pada Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa ada puluhan komponen senyawa organik yang ada di sampel ekstrak kulit *D. zibethinus*. Jika lihat dari Gambar 4.1 akan sulit menentukan puncak tinggi berada pada *peak* berapa karena terjadi *tailing* (penumpukan puncak) dengan beberapa senyawa lain yang keluar pada waktu retensi yang sama. Hasil setiap *peak* pada Gambar 4.1 disesuaikan dengan pola

fragmentasi senyawa pada database PT Gelora Djaja sehingga didapatkan data seperti pada lampiran 2.

Hasil pendataan dengan pola fragmentasi tersebut, diambil senyawa dengan *quality* diatas 90. Semakin mendekati 100 berarti tingkat kecocokan pola fragmentasi *library* dengan hasil GC-MS semakin tinggi. Beberapa senyawa yang tingkat kecocokan dengan *library* dibawah 90% sebaiknya dianalisis dengan IR (*infrared spectroscopy*) untuk menentukan gugus fungsi dari senyawa dan NMR (*nuclear magnetic resonance*) untuk mengetahui adanya pergeseran proton hidrogen di senyawa. Hal ini disebabkan hasil analisa GC-MS adalah data pendukung untuk menentukan profil senyawa dari suatu sampel dan masih dibutuhkan beberapa analisa lain untuk menentukan senyawa pasti dari senyawa. Senyawa dengan *quality* diatas 90 dari lampiran 2 didapatkan seperti Tabel 4.4. Ketiga senyawa pada Tabel 4.4

Tabel 4.4. Komponen senyawa yang melimpah di kulit *D. zibethinus* hasil GC-MS

<i>Peak</i>	<i>Waktu retensi</i>	<i>Area (%)</i>	<i>Area</i>	<i>Senyawa</i>	<i>Quality</i>
21	4,943	3,85	198070 28564	4H-Pyran-4-one-2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl	91
23	5,165	1,60	957400 0065	Benzoid acid	95
28	6,017	1,95	107700 00067	2-furancarboxaldehyde, 5- (hydroxymethyl)	93

Dari hasil ini, tidak bisa ditentukan secara pasti berapa konsentrasi senyawa tersebut. Tapi dari hasil kurva dapat dihitung luas area masing-masing puncak. Perbandingan antara luas area masing-masing puncak dengan total area grafik secara keseluruhan menghasilkan data % area seperti terlihat pada Tabel 4.4. Persentase area ini menunjukkan berapa banyak kandungan senyawa tersebut dalam sampel yang diuji.

Hasil GC-MS di Tabel 4.4 menunjukkan 3 senyawa komponen utama penyusun kulit *D. zibethinus* adalah senyawa 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl, 2-furancarboxaldehyde, 5-hydroxymethyl dan benzoic acid. Senyawa 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl merupakan senyawa terbanyak dalam kulit *D. zibethinus*, sebab memiliki luas area sebesar 3,85%, lalu diikuti 2-furancarboxaldehyde, 5-hydroxymethyl dengan 1,95% dan terakhir benzoic acid dengan luas 1,6%. Senyawa 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl adalah jenis senyawa flavonoid karena umumnya flavonoid mengandung cincin pyran yang menghubungkan rantai C3 dengan cincin benzene (Firmansyah,2011, Setyaningsih,2014). Senyawa dengan rumus molekul $C_6H_8O_4$ mampu mendonorkan 2 ikatan hidrogennya (*Pubchem compound*), sehingga senyawa ini memiliki aktivitas antioksidan (Windarwati,2011). Senyawa benzoic acid telah dilaporkan oleh Sz wajgier (2005) dalam Prasetyaningrum *et al.* (2012) sebagai senyawa antioksidan dan termasuk jenis senyawa fenol. Selain sebagai antioksidan, benzoic acid bersifat antibakteri seperti tanin dan flavonoid, karena termasuk jenis fenol. Senyawa 2-furancarboxaldehyde, 5-hydroxymethyl dengan rumus molekul $C_6H_6O_3$ merupakan jenis senyawa fural (Setyaningsih,2014).

Komponen utama ekstrak kulit *D. zibethinus* pada Tabel 4.4 sangat berbeda dengan hasil GC-MS Setyowati *et al.* (2014). Berdasarkan analisis GC-MS oleh Setyowati *et al.* (2014) diketahui bahwa ekstrak kental metanol kulit *D. zibethinus* mengandung metil heksadekanoat dan metil 11 oktadekanoat. Rincian perbandingan senyawa yang ditemukan menggunakan GC-MS dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Perbandingan senyawa kulit *D. zibethinus* yang teridentifikasi di GC-MS

	Senyawa	Jenis senyawa
Hasil penelitian	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl 2-furancarboxaldehyde, 5-hydroxymethyl benzoic acid	Flavonoid (Firmansyah,2011, Setyaningsih,2014). Fural (Setyaningsih,2014). Fenol (Prasetyaningrum <i>et al.</i> ,2012)
Setyowati <i>et al.</i> (2014)	metil heksadekanoat metil 11 oktadekenoat	Minyak atsiri Senyawa ester

Tabel 4.5 memperlihatkan senyawa melimpah yang ditemukan pada ekstrak kulit *D. zibethinus* antara hasil penelitian ini dan penelitian Setyowati *et al.* (2014) sangat berbeda. Hasil analisis GC-MS yang berbeda ini disebabkan ada perbedaan varietas *D. zibethinus* yang digunakan sebagai bahan uji. Setyowati *et al.* (2014) hanya menggunakan kulit *D. zibethinus* varietas petruk sebagai bahan uji. Pada penelitian ini digunakan berbagai varietas karena mengambil seluruh kulit *D. zibethinus* terbuang di pedangang durian.

Penelitian mengenai perbedaan kandungan senyawa pada berbagai varietas durian belum dilakukan namun dapat dibandingkan secara paralel dengan hasil penelitian Dewatisari *et al.* (2008) dan Fitriana *et al.* (2012). Dewatisari *et al.* (2008) menunjukkan lima varietas *Sansevieria trifasciata* memiliki kadar saponin berbeda-beda. Adanya perbedaan kadar senyawa antar varietas diduga karena setiap varietas mempunyai potensi atau sifat genetik berbeda. Potensi setiap varietas berpengaruh terhadap kemampuan tumbuhan untuk berkembang. Selain pengaruh gen, Fitriana *et al.* (2012) membuktikan bahwa media tanam memberi pengaruh terhadap perbedaan kadar suatu senyawa pada dua varietas. Hal ini sesuai dengan pendapat Fitriana *et al.* (2012), bahwa varietas terdiri atas sejumlah

genotipe yang berbeda, setiap genotipe mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungan tempat tumbuhnya. Sebuah perbedaan kadar atau suatu senyawa pada varietas berbeda dapat ditemukan pada berbagai spesies, termasuk hasil GC-MS di Tabel 4.5.

Senyawa yang ditemukan berbeda, namun baik hasil penelitian Setyowati *et al.* (2014) dan penelitian ini sama-sama termasuk dalam tipe metabolit sekunder dengan sifat antibakteri. Senyawa metil heksadekanoat yang ditemukan pada hasil uji GC-MS oleh Setyowati *et al.* (2014) termasuk tipe senyawa minyak atsiri, sedangkan senyawa 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl pada hasil uji GC-MS untuk penelitian ini termasuk tipe senyawa flavonoid. Minyak atsiri dan flavonoid memiliki mekanisme penghambat pertumbuhan bakteri yang khas sesuai karakter masing-masing. Berdasarkan jenis senyawa melimpah di uji GC-MS maka dapat dinyatakan kulit *D. zibethinus* memiliki sifat sebagai antibakteri.

4.2 Komposisi Spesies

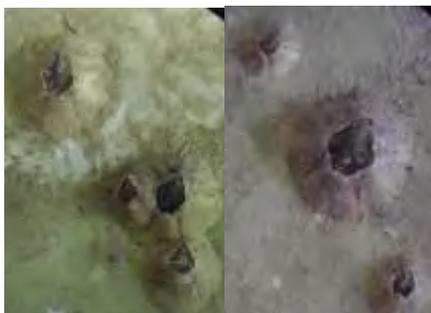
Besarnya koloni yang terbentuk, keanekaragaman jenis, perkembangan komunitas organisme penempel tergantung pada material (sifat kimia substrat, tekstur) yang digunakan untuk menempel serta kondisi lingkungan (pasang surut, kecerahan, cahaya, arus, gelombang, persediaan makanan dan ruang untuk bertumbuh) (Rejeki, 2009 & Mahuri, 2014).

Parameter kimia dan fisik lingkungan diduga berperan penting dalam peningkatan jumlah makrofouling. Menurut Rejeki (2009) menyatakan sebagian besar penempelan dan pertumbuhan biofouling sangat dipengaruhi oleh parameter fisika dan kimia perairan seperti suhu, kecepatan arus dan unsur hara. Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian di Tabel 4.6 menunjukkan bahwa kondisi perairan PT Dok dan Perkapalan Surabaya memungkinkan bagi pertumbuhan biofouling karena masih berada dalam kadar seperti menurut Nasmi (2014).

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Selama Penelitian

Parameter	Kondisi <i>Balanus</i> sp dapat berkembang (Nasmi,2014)	Minggu			
		1	2	3	4
Salinitas (‰)	5 - 30	30	31	30	30
Temperatur (° C)	25-30	30	31	30	30

Hasil pengamatan selama 28 hari terhadap plat kapal sebagai material uji ditemukan satu spesies makrofouling, yaitu *Balanus amphitrite*. Menurut Southward *et al.* (1963), *Balanus amphitrite* memiliki morfologi cangkang bulat berbentuk kerucut, cangkang tersebut memiliki tekstur halus dan tipis. Warna dari cangkang tersebut biasanya merupakan perpaduan antara putih dan merah muda, putih dan coklat atau putih dan abu-abu. Garis-garis warna tersebut berjajar dengan warna putih ditengah seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Balanus amphitrite* dilihat di mikroskop pada perbesaran 100x

Balanus amphitrite merupakan organisme *eurythermal* dan *euryhaline*, yakni dapat hidup dalam rentang salinitas dan suhu yang tinggi. Nasmi (2014) menyebutkan *Balanus* sp dapat berkembang pada salinitas perairan estuaria yang berkisar antara 5-30 ‰ hingga salinitas perairan terbuka mencapai 41 ‰. Perairan tropis yang hangat merupakan kondisi ideal bagi *Balanus amphitrite* untuk berkembang. Nasmi (2014)

menyebutkan perkembangan *Balanus amphitrite* menunjukkan tingkat mortalitas tertinggi pada suhu 15⁰ C apabila dibandingkan dengan suhu lingkungan yang lebih hangat sekitar 25-30⁰ C. Pada kondisi salinitas dan suhu pada lokasi perendaman yang menunjukkan 30 ‰ dan 31⁰ C maka *Balanus amphitrite* dimungkinkan dapat tumbuh dan berkembang pada plat baja.

Dominasi *Balanus amphitrite* disebabkan oleh senyawa arthropodine yang diproduksinya sehingga spesies teritip yang sama akan berkumpul dan tumbuh hingga terjadi penumpukan (Boesono,2008). Menurut Nasmi (2014) *Balanus* sp yang telah dewasa akan memancarkan sinyal berupa senyawa kimia yaitu Glycyl-glycyl L-Arginine (GGR) yang berfungsi memanggil larva untuk menempel pada substrat tersebut dan berkembang hingga fase dewasa. Penelitian tersebut diperkuat dengan pernyataan Rejeki (2009) yang mengemukakan bahwa makroalga sebagai koloni makrofouling pertama akan kehilangan tempat penempelan karena tertutup oleh organisme lainnya. Lebih lanjut Hutomo *et al.* (1983) menunjukkan intensitas penempelan hydroid berlawanan dengan *Balanus* sp Bertambah tinggi intensitas hydroid, maka bertambah rendah intensitas penempelan *Balanus* sp Intensitas *Balanus* sp tinggi berada di lempeng baja karbon dan baja karbon berlapis asphalt, sehingga pada plat kapal yang termasuk tipe baja karbon hanya ditemukan *Balanus amphitrite*.

Penelitian terdahulu di Muara Karang, Laut Jawa serta perairan Kelapa Dua dan Suralaya, Selat Sunda (Hutomo *et al.*, 1983) menyatakan *Balanus amphitrite* merupakan jenis paling dominan. Di Muara Karang dan Suralaya perendaman di kedalaman 1,5 – 2 m dibawah permukaan air. Pengamatan di Selat Kijang menunjukkan bahwa teritip dan tiram (*Crassostrea*) kelompok biota dominan di lapisan 0-2 m, dibawah kedalaman 2 m komunitas biota penempel terdiri dari alga, sponge dan hydroid (Hutomo *et al.*,1983). Plat kapal yang direndam dengan tali berukuran lima meter dengan data surut terendah pada lokasi sejauh 1,5 m memungkinkan dominansi *Balanus amphitrite* pada penelitian ini. Kondisi plat yang selalu terendam air laut

menyebabkan plat kapal tidak terpengaruh penetrasi cahaya dan larva *Balanus amphitrite* dapat berkembang secara optimal.

Habitat *Balanus* sp berada pada bagian zona pasang surut, mulai dari pasang tertinggi hingga pada kedudukan rata-rata pasang surut (Febrianto *et al.*,2014), oleh sebab itu plat kapal direndam pada kedalaman lima meter dari total kedalaman tujuh meter untuk mengoptimalkan pertumbuhan *Balanus* sp. Febrianto *et al.* (2014) menyatakan kepadatan teritip secara vertikal umumnya meningkat, sebab pada bagian sisi atas berjumlah 263 individu, sisi tengah berjumlah 303 individu dan bawah 323 individu. Hasil penelitian tersebut diperkuat oleh Jefrianto *et al.* (2012) menyebutkan bahwa pada zonasi bawah pasang surut yaitu pada rentang garis surut rata-rata terendah harian *Balanus* sp dijumpai dengan kelimpahan tertinggi. Kelimpahan *Balanus* sp dipengaruhi oleh tekanan mekanik yang dihasilkan oleh gelombang, sebab lokasi perendaman dekat dengan tempat perbaikan kapal.

Batas perendaman dibawah 20 cm didalam permukaan air laut saat surut terendah disebabkan pernyataan Fajri *et al.* (2011) yang menyebutkan bahwa perairan dengan kecerahan yang kurang dari 20 cm menyebabkan kematian pada *Balanus* sp Pernyataan tersebut menunjukan faktor cahaya berpengaruh terhadap penempelan *Balanus Amphitrite*. Menurut Nasmi (2014), larva *Balanus* sp memiliki perilaku menghindari cahaya secara langsung atau disebut fototropik negatif sebab cahaya rendah yang terbaur akan merangsang pertumbuhan *Balanus amphitrite*. Penelitian oleh Fajri *et al.*, 2011, menyimpulkan bahwa cypris *Balanus* sp tertarik untuk menempel oleh stimulasi intensitas cahaya optimum yang rendah cahaya yang berpengaruh adalah cahaya terbaur (*diffused light*) bukan cahaya searah, karena larva *Balanus* sp memiliki perilaku menghindari cahaya secara langsung atau disebut fototropik negatif. Pernyataan tersebut dibuktikan oleh hasil Nasmi (2014) berupa perendaman pipa menunjukan penempelan *Balanus* sp lebih banyak pada

permukaan cekung pipa daripada di ujung pipa sebab terlindung dari cahaya.

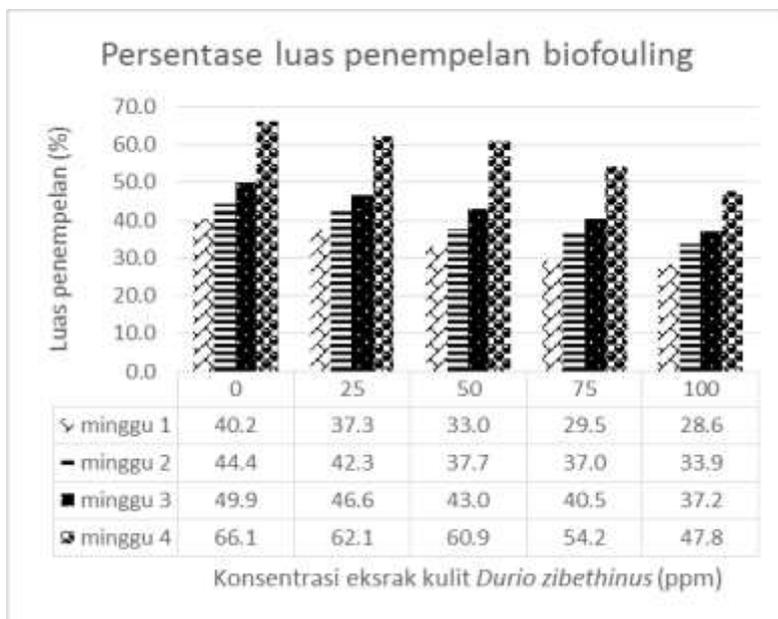
Selain faktor lingkungan, faktor fisikokimia pada permukaan benda berupa tekstur dan warna berpengaruh terhadap penempelan *Balanus* sp. Hutomo *et al.* (1977) menyebutkan kondisi kasar atau halus dan keras atau lemah permukaan benda mempengaruhi kemampuan *Balanus* sp menempel. Hutomo *et al.* (1977) menunjukkan lempeng baja dan lempeng baja tahan karat penempelan berlangsung lebih cepat daripada lempeng tembaga. Mahuri (2014) menunjukkan kelimpahan teritip tertinggi di kayu rata-rata 637,628 ind / m², sedangkan terendah besi rata-rata 34,366 ind / m². Hal ini menyatakan bahwa kelimpahan teritip (*Balanus* sp) pada lambung kapal yang terbuat dari kayu lebih tinggi dari kelimpahan *Balanus* sp yang terbuat dari besi. Hal ini disebabkan karena permukaan lambung kapal yang terbuat dari kayu lebih kasar daripada lambung kapal yang terbuat dari besi (Jefrianto *et al.*, 2012). Menurut Fajri *et al.* (2011) menyatakan *Balanus* sp cenderung memilih permukaan yang retak-retak dan bercelah atau kasar (Mahuri *et al.*, 2014). larva *Balanus* sp lebih memilih permukaan benda yang kasar daripada halus agar dapat melekat pada dengan kuat. Permukaan benda halus, licin dan kehadiran zat beracun pada permukaan akan mengurangi jumlah biofouling (Panjaitan, 2011).

Selain tekstur, warna permukaan benda yang lebih gelap mampu menstimulasi penempelan larva invertebrata. Pada penelitian Ring (2000) jumlah biofouling tertinggi terletak pada plat baja dengan warna cat hitam dan terkecil pada plat baja dengan cat warna biru. Benda yang terendam air laut yang dicat dengan cat antifouling dengan warna yang menyala seperti warna putih atau warna menyilaukan membuatnya tahan terhadap biofouling. Warna gelap mampu mengabsorpsi panas lebih besar daripada warna terang (Ring, 2000) sehingga larva *Balanus* sp menempel lebih banyak daripada yang berwarna terang.

4.3 Luas Penempelan Biofouling

Penempelan *Balanus amphitrite* telah dimulai sejak minggu pertama. Teknik pengukuran persentase luas penempelan biofouling menggunakan bantuan kertas mika transparan yang telah diberi petakan berukuran 1 x 1 cm seukuran plat kapal. Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengamatan luas penempelan biofouling yang dilakukan pada seluruh plat kapal yang direndam selama 28 hari. Gambar 4.3 menunjukkan konsentrasi 25-75 ppm memiliki persentase luas penempelan diatas 50% yang dalam Tabel 3.5 menurut Zhu & Huang (2014) telah masuk kedalam kategori tinggi. Persentase luas penempelan di plat kapal yang diberikan campuran cat primer dengan konsentrasi 100 ppm masuk kategori sedang, karena 47,8% berada dalam range 30-50% (Zhu & Huang, 2014). Data hasil perhitungan luas penempelan di minggu 4 (28 hari) yang dilihat pada Gambar 4.3 untuk menentukan tingkat efektivitas konsentrasi karena batas waktu penelitian terakhir.

Hasil perhitungan luas penempelan biofouling di Gambar 4.3 menunjukkan persentase yang selalu menurun pada plat kapal dengan penambahan kadar konsentrasi ekstrak. Menurut Gambar 4.3 terlihat grafik penurunan persentase luas penempelan di minggu pertama mulai dari 40,2% (0 ppm), 37,3% (25 ppm), 33% (50 ppm), 29,5% (75 ppm) dan 28,6% (100 ppm). Pada minggu kedua terjadi hal sama, yaitu 44,4% (0 ppm), 42,3% (25 ppm), 37,7% (50 ppm), 37% (75 ppm) dan 33,9% (100 ppm). Kondisi tersebut terjadi di pengambilan dan perhitungan plat kapal pada minggu 3 dan 4 yang menunjukkan terjadi penurunan persentase luas penempelan biofouling seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus*. Hal ini diduga disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus* maka semakin banyak kandungan alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, saponin yang memiliki daya antimakrofouling.



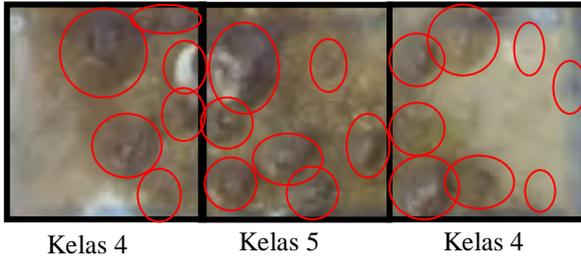
Gambar 4.3 Persentase luas penempelan biofouling

Potensi ekstrak kental kulit *D. zibethinus* sebagai antifouling diperkuat dengan data pada Gambar 4.3. Pada minggu ke-4 (28 hari) terhitung luas penempelan biofouling menunjukkan penurunan dari 66,1% (0 ppm), 62,1 % (25 ppm), 60,9 % (50 ppm), 54,2 % (75 ppm) dan 47,8 % (100 ppm). Persentase luas penempelan untuk konsentrasi 0-75 ppm berada dalam kisaran 50-80% yang dalam standard Zhu & Huang di Tabel 3.5 menunjukkan kategori tinggi, sedangkan persentase luas penempelan untuk konsentrasi 100 ppm berada dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan potensi ekstrak kulit *D. zibethinus* bila dibandingkan dengan penelitian Yudhatama bertujuan menguji pengaruh ekstrak debu tembakau terhadap luas penempelan biofouling di lokasi penelitian yang sama, yaitu PT Dok dan Perkapalan Surabaya yang menunjukkan rata-rata penempelan 100% berarti kategori tinggi.

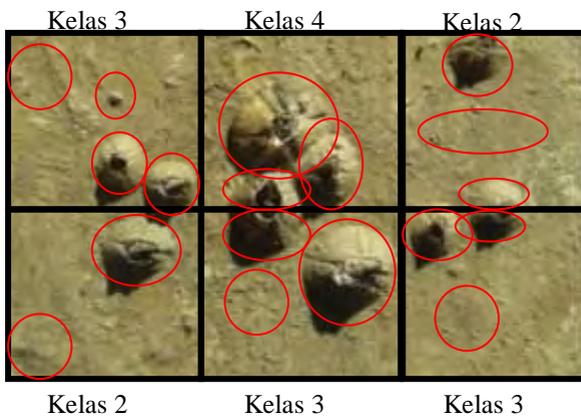
Pada sisi lain, persentase luas penempelan biofouling pada konsentrasi yang sama akan semakin meningkat seiring penambahan waktu perendaman. Data pada grafik di Gambar 4.3 untuk konsentrasi 25 ppm terlihat mengalami peningkatan dengan rincian sebagai berikut, di minggu 1 mempunyai luas penempelan berjumlah 37,4%, di minggu 2 menjadi 42,3%, minggu 3 meningkat menjadi 46,6% dan minggu 4 terjadi peningkatan hampir 20%, yaitu menjadi 62,1%. Kondisi tersebut terjadi juga pada konsentrasi 0, 50, 75 dan 100 ppm. Data tersebut menunjukkan lama waktu perendaman akan meningkatkan persentase luas penempelan biofouling.

Teknik perhitungan luas penempelan biofouling berdasarkan luas area penutupan seperti yang tercantum pada Tabel 3.4. Luas area penutupan dalam satu grid (1x1 cm) ditentukan berdasarkan jumlah area material uji yang tertutup oleh kehadiran subjek penelitian dalam penelitian ini adalah biofouling. Hasil pengamatan yang tercantum pada Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa jumlah individu biofouling, ukuran dari subjek penelitian dan persebaran biofouling akan mempengaruhi penentuan luas area penutupan. Hal ini diduga menjadi salah satu penyebab hasil persentase luas penempelan di Gambar 4.4 mengalami peningkatan, karena minggu 3 dan 4 didominasi oleh *Balanus amphitrite* yang berukuran lebih dari 0,5 mm.

Plat minggu 3 konsentrasi 0 ppm



Plat minggu 4 konsentrasi 50 ppm



Keterangan:

Lingkaran merah: menandakan *Balanus amphitrite*.

Kelas 2: area penutupan 25-50%

Kelas 3: area penutupan 12,5-25%

Kelas 4: area penutupan 25-50%

Gambar 4.4 Perhitungan luas penempelan biofouling dalam 1 grid

Pada Gambar 4.4 maupun hasil penelitian di plat kapal lainnya terlihat bahwa *Balanus amphitrite* menempel secara berkelompok atau berdekatan satu sama lain. *Balanus amphitrite*

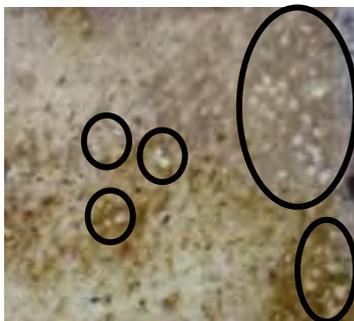
berkumpul atau menumpuk disebabkan oleh produksi senyawa arthropodine (Boesono,2008). Hal ini diperjelas oleh pernyataan Nasmi (2014) bahwa *Balanus* sp yang telah dewasa akan memancarkan sinyal berupa senyawa kimia yaitu glycyl-glycyl l-arginine (GGR) yang berfungsi memanggil larva untuk menempel pada substrat tersebut dan berkembang hingga fase dewasa. *Balanus amphitrite* yang berkumpul pada salah satu sisi maupun menyebar merata dalam satu grid akan memberi pengaruh terhadap hasil perhitungan luas area penutupan, karena prinsip dasar teknik perhitungan berupa memperkirakan persentase luas penutupan area oleh subjek penelitian. Gambar 4.4 telah memperlihatkan saat *Balanus amphitrite* tersebar merata dalam satu grid akan meningkatkan luas area penutupan, begitu sebaliknya ketika *Balanus amphitrite* hanya berada pada sisi tertentu dalam satu grid akan menurunkan luas area penutupan.

Senyawa arthropodine menyebabkan *Balanus Amphitrite* berkumpul dan menumpuk akan memberi pengaruh terhadap peningkatan daya saing antara teritip di dalam suatu populasi. Hipotesis tersebut didukung oleh pernyataan Nasmi (2014) yang menyebutkan persaingan dalam mendapatkan tempat menempel akan mengganggu perkembangan dari teritip. Teritip yang tidak dapat bertahan dari persaingan akan mengalami degradasi atau pelepasan diri. Hasil pengamatan pada plat kapal sebagai material uji ditemukan titik putih yang diduga bekas dari *Balanus amphitrite* yang pernah menempel lalu mengalami degradasi. Titik putih tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.7. Degradasi *Balanus amphitrite* dapat menurunkan jumlah individu namun belum tentu berpengaruh terhadap perhitungan luas penempelan. Jumlah individu yang berkurang dalam satu grid dapat mengurangi persentase luas penempelan area karena luas area penutupan ikut berkurang. Asumsi tersebut dapat terwujud dengan syarat ukuran individu tetap, namun pada hasil pengamatan dilapangan terjadi penambahan ukuran *Balanus amphitrite* sehingga memperlihatkan degradasi tidak terlalu

memberi pengaruh terhadap perhitungan luas penempelan biofouling.

Konsentrasi 25 ppm

Minggu 2



Konsentrasi 50 ppm

Minggu 4

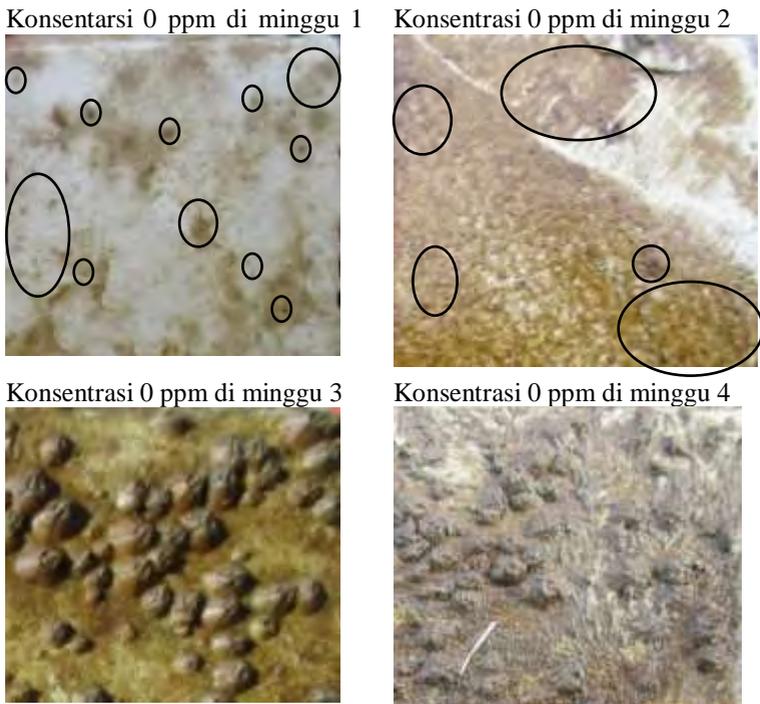


Keterangan: lingkaran hitam menunjukkan titik putih yang diduga hasil degradasi *Balanus amphitrite*.

Gambar 4.5 Degradasi *Balanus amphitrite* pada plat uji

Ukuran dari *Balanus amphitrite* menunjukkan pertambahan diameter cangkang seiring penambahan waktu perendaman yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan lampiran 1. Waktu pengamatan di minggu 1 dan 2 terlihat bahwa pada plat didominasi *Balanus amphitrite* berukuran kecil kira-kira berdiameter kurang dari 0,5 mm. Pada minggu 3 dan 4 dominan berdiameter lebih dari 0,5 mm namun masih ditemukan yang berdiameter kurang dari 0,5 mm. Diameter *Balanus amphitrite* yang berubah dari minggu 1 hingga minggu 4 seperti hasil penelitian Hutomo *et al.* (1983). Penelitian Hutomo *et al.* (1983) memperlihatkan data rata-rata diameter teritip 3,25 mm di pekan kedua, setelah tiga pekan tumbuh menjadi 5,65 mm namun di pekan keempat berkurang menjadi 5,14 mm. Hal ini bukan mengartikan bahwa ukuran berkurang, tetapi ada penempelan baru dari individu muda dengan ukuran lebih kecil. Sebuah penempelan baru maupun peristiwa teritip yang terdegradasi

disebabkan oleh senyawa arthropodine yang dikeluarkannya sehingga spesies teritip yang sama akan berkumpul dan bertumbuh hingga terjadi penumpukan (Boesono, 2008). Penambahan ukuran diameter cangkang dalam satu grid mempengaruhi perhitungan luas penempelan biofouling seperti yang terlihat di Gambar 4.4



Keterangan:

Lingkaran hitam: alat bantu untuk menunjukkan posisi amphitrite yang terlihat oleh mata.

Gambar 4.6 Hasil pengamatan biofouling pada plat kapal

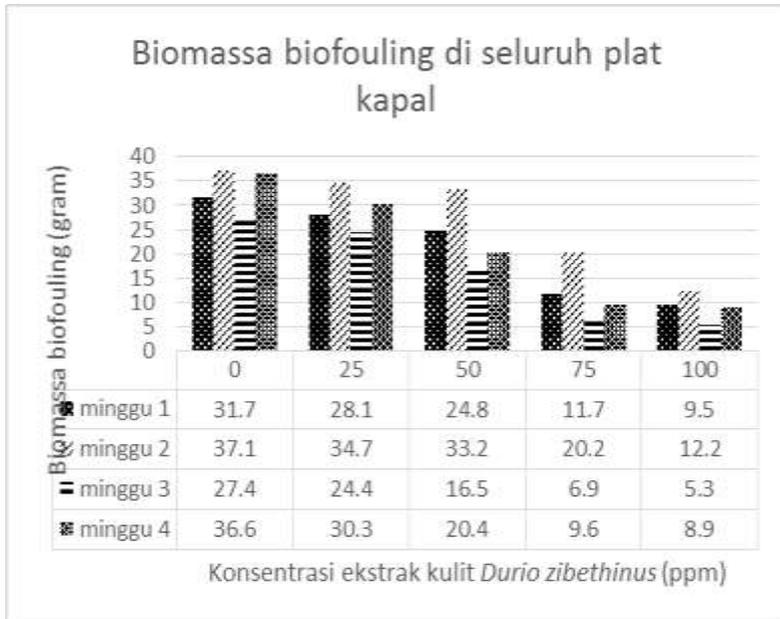
Hutomo *et al.* (1977) menyebutkan bahwa ukuran diameter berbeda menunjukkan ada perbedaan pertumbuhan di

antara teritip disebabkan karena persediaan makanan dan adanya persaingan dalam mendapatkan makanan serta ruang antara teritip di dalam suatu populasi. Menurut Nasmi (2014), semakin banyak plankton pada suatu perairan mengakibatkan pertumbuhan teritip semakin cepat, karena sumber makanan yang dibutuhkan melimpah. Teritip yang bertumbuh terbukti dari peningkatan ukuran diameter sehingga berpengaruh terhadap perhitungan luas penempelan biofouling. Luas penempelan biofouling yang berdasarkan pada perkiraan luas area yang tertutupi oleh teritip akan meningkat seiring penambahan diameter teritip dalam satu grid.

4.4 Biomassa biofouling

Plat kapal yang telah dicat dengan campuran ekstrak kulit *D. zibethinus* ditimbang menggunakan neraca analitik, didapatkan berat awal sebesar 520 gram. Setiap minggu diambil 1 buah plat kapal dari tiap konsentrasi untuk dilakukan pengukuran biomassa biofouling. Biomassa biofouling merupakan ukuran berat basah organisme fouling per satuan luas area (Yudhatama *et al.*, 2013). Biomassa basah biofouling ini didapat dari selisih biomassa plat kapal sebelum dan sesudah penenggelaman di air laut seperti yang pada lampiran 2. Sesudah plat kapal direndam terdapat penambahan biomassa plat kapal akibat adanya penempelan organisme penyebab biofouling seperti yang terlihat di Gambar 4.7.

Biomassa biofouling yang terlihat pada Gambar 4.7 menunjukkan terjadi penurunan biomassa biofouling terhadap plat yang diambil pada minggu yang sama. Minggu 4 ditemukan biomassa 36,6 gram (0 ppm), 30,3 gram (25 ppm), 20,4 gram (50 ppm), 9,6 gram (75 ppm) dan semakin menurun menjadi 8,9 gram (100 ppm). Penurunan biomassa terjadi pada minggu 1, 2 dan 3 dengan konsentrasi yang berbeda. Hal ini diduga disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus* maka semakin banyak kandungan alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, saponin yang memiliki daya antimakrofouling.



Gambar 4.7 Biomassa biofouling di setiap plat kapal

Pada sisi lain Gambar 4.7 memperlihatkan biomassa biofouling pada konsentrasi yang sama akan mengalami perubahan jumlah seiring penambahan waktu perendaman. Plat kapal dengan konsentrasi 25 ppm di minggu 1 berjumlah 28,1 gram, lalu meningkat jadi 34,7 gram di minggu 2 dan perlahan turun di minggu 3 jadi 24,4 gram dan meningkat kembali di minggu 4 jadi 30,3 gram. Hasil perhitungan biomassa biofouling pada plat dengan konsentrasi lain dalam jangka waktu 4 minggu menunjukkan terjadi penurunan di minggu ke- 3.

Biomassa biofouling yang mengalami penurunan di minggu 3 diduga akibat jumlah *Balanus amphitrite* yang lebih sedikit dibandingkan plat kapal pada minggu 1, 2 dan 3. Jumlah individu di tiap plat pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan, namun perbedaan jumlah sangat terlihat pada Gambar 4.8. Plat kapal yang digunakan sebagai Perbandingan

biomassa biofouling dari jumlah individu di Gambar 4.8 hanya foto hasil minggu ke-3 dan minggu ke-4. Hal ini disebabkan pada minggu ke-1 dan minggu ke-2 ukuran *Balanus amphitrite* kurang dari 0,5 cm sehingga sulit dilihat secara jelas melalui foto, namun minggu ke-3 dan minggu ke-4 banyak didominasi *Balanus amphitrite* berukuran lebih dari 0,5 cm sehingga mudah dilihat melalui foto. Ukuran yang mudah terlihat dengan foto akan mempermudah dalam melihat pengaruh jumlah individu terhadap biomassa biofouling. Pada Gambar 4.8 terlihat plat kapal dengan lapisan ekstrak berkonsentrasi 100 ppm dihasilkan biomassa biofouling 5,3 gram (minggu ke-3) dan 8,9 gram (minggu ke-4). Biomassa biofouling menunjukkan peningkatan seiring berjalannya waktu yang disebabkan kehadiran dari biofouling pada plat kapal. Pada plat kapal di minggu ke-4 dibandingkan hasil biomassa pada konsentrasi sama di minggu (Gambar 4.8). Sedangkan pada minggu yang sama, jumlah individu terlihat berkurang seiring pertambahan jumlah konsentrasi ekstrak. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jumlah individu berpengaruh terhadap nilai biomassa biofouling.

Kelimpahan *Balanus amphitrite* pada plat kapal disebabkan oleh senyawa arthropide sehingga terjadi penumpukan seperti Gambar 4.4 dan 4.8 yang meningkatkan persaingan antar spesies. Menurut Nasmi (2014) persaingan dalam mendapatkan tempat menempel akan mengganggu perkembangan dari *Balanus amphitrite*. *Balanus amphitrite* yang kalah bersaing akan mengalami degradasi. Titik putih yang terlihat di Gambar 4.8 diduga hasil degradasi *Balanus amphitrite*. Degradasi *Balanus amphitrite* pada plat kapal yang diamati pada minggu ketiga lebih banyak dibandingkan plat kapal minggu keempat (Gambar 4.8). Degradasi akan menurunkan jumlah individu yang ditemukan pada plat kapal, sehingga biomassa biofouling ikut turun.

Minggu ke- 3	Minggu ke- 4
Konsentrasi 0 ppm Biomassa biofouling 27,4 gram	Konsentrasi 0 ppm Biomassa biofouling 36,6 gram
	
Konsentrasi 25 ppm Biomassa biofouling 24,4 gram	Konsentrasi 25 ppm Biomassa biofouling 30,3 gram
	
Konsentrasi 50 ppm Biomassa biofouling 16,5 gram	Konsentrasi 50 ppm Biomassa biofouling 20,4 gram
	
Konsentrasi 75 ppm Biomassa biofouling: 6,9 gram	Konsentrasi 75 ppm Biomassa biofouling 9,6 gram
	
Konsentrasi 100 ppm Biomassa biofouling 5,3 gram	Konsentrasi 100 ppm Biomassa biofouling 8,9 gram
	

Keterangan: lingkaran menandakan *Balanus amphitrite* yang terdegradasi

Gambar 4.8 Perbandingan jumlah dan degradasi *Balanus amphitrite* minggu 3 dan minggu 4

Selain degradasi dan jumlah individu, biomassa biofouling dipengaruhi oleh ketersediaan sumber makanan. *Balanus* sp merupakan organisme *filter feeder* yang sangat bergantung pada plankton sebagai sumber pakannya (Kerry & Palmer, 2003). Ukuran plankton yang dimakan oleh *Balanus* sp bervariasi, seperti Copepoda, Isopoda, Amphipoda dan mikrop plankton berukuran 20 – 200 μm . Penelitian kelimpahan plankton di perairan PT Dok dan Perkapalan Surabaya belum dilakukan sehingga belum ada data terkait keanekaragaman spesies. Pertumbuhan plankton dipengaruhi oleh parameter lingkungan dan suhu merupakan parameter paling berperan. Suhu optimal untuk pertumbuhan diatom adalah sekitar 20 – 30° C (Effendi, 2003), sedangkan suhu rata-rata perairan PT Dok dan Perkapalan Surabaya adalah 30° C (Tabel 4.6). Hasil tersebut menunjukkan bahwa fitoplankton terutama diatom masih dapat tumbuh secara optimal pada perairan PT Dok dan Perkapalan, sehingga Copepoda sebagai pakan favorit *Balanus amphitrite* akan melimpah. Berdasarkan nilai indeks Elektivitas hasil penelitian (Agustini *et al.*, 2008) menunjukkan bahwa *Balanus amphitrite* lebih memilih Copepoda sebagai pakannya daripada jenis plankton lain.

Balanus amphitrite yang bertahan di plat kapal akan berkembang yang ditandai dengan pertumbuhan diameter cangkang. Pertumbuhan diameter cangkang *Balanus amphitrite* dapat dilihat pada Gambar 4.6. Nasmi (2014) menyatakan semakin banyak plankton pada suatu perairan akan mengakibatkan pertumbuhan *Balanus* sp semakin cepat. Penambahan ukuran diameter cangkang *Balanus amphitrite* mempengaruhi perhitungan biomassa biofouling seperti yang terlihat pada Gambar 4.7. Biomassa biofouling pada plat dengan konsentrasi 100 ppm berjumlah 9,5 gram (minggu 1), 12,2 gram (minggu 2), 5,3 gram (minggu 3) dan 8,9 gram (minggu 4) menunjukkan bahwa ukuran diameter lebih besar dengan jumlah individu lebih sedikit pada minggu 4 mempunyai nilai biomassa hampir sama dengan minggu 1 maupun minggu 2 yang ukuran

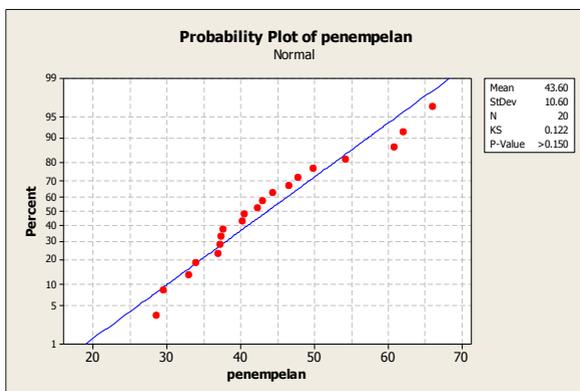
diameter jauh lebih kecil namun lebih banyak jumlah individunya.

4.5 Analisis data

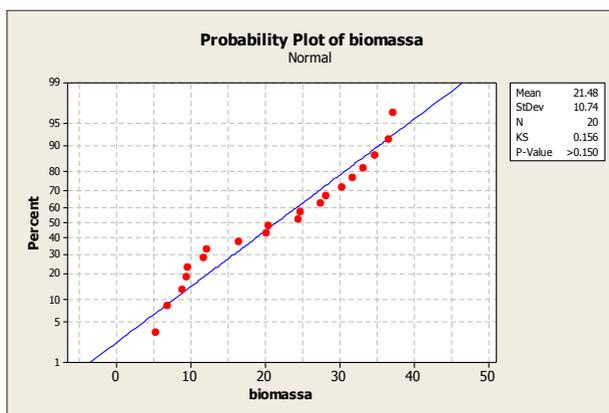
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data tentang persentase luas penempelan dan biomassa biofouling. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan simpulan yang berlaku sesuai tujuan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus* terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling. Pada penelitian ini variabel independent (bebas) adalah konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus*, sedangkan variabel dependend (terikat) adalah luas penempelan dan biomassa biofouling. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ANOVA one way, MANOVA dan regresi linear sederhana. Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk melihat pengaruh antara luas penempelan dan biomassa. Semua analisis menggunakan software Minitab.

4.5.1 ANOVA one way

Sebelum melakukan ANOVA one way dilakukan pengujian asumsi. Pengujian asumsi dilakukan untuk memeriksa apakah data hasil penelitian telah memenuhi syarat untuk dilakukan analisis dengan metode yang telah ditentukan. Uji asumsi yang perlu dilakukan adalah uji normalitas data. Uji normalitas data bertujuan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi berdistribusi normal atau tidak. Pada uji ini terdapat beberapa teknik pengujian, salah satunya Kolmogorov-smirnov. Berikut hasil uji normalitas data penempelan dan biomassa menggunakan bantuan software Minitab seperti yang tampak pada Gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Hasil uji normalitas luas penempelan



Gambar 4.10 Hasil uji normalitas biomassa biofouling

Pada Gambar 4.9 dan 4.10 terlihat hasil uji normalitas untuk luas penempelan dan biomassa biofouling berdistribusi normal karena dominan plot berada disekitar garis lurus dan nilai $P, 0,15 > 0,05$.

ANOVA one way digunakan untuk melihat pengaruh konsentrasi terhadap luas penempelan dan pengaruh konsentrasi terhadap biomassa. Data hasil ANOVA one way yang didapatkan terlihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7. ANOVA one way untuk luas penempelan

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
konsentrasi	4	444,5	444,5	111,1	0,99	0,445
Error	15	1691,8	1691,8	112,8		
Total	19	2136,2				

Keterangan:

R-Sq: 20,81%

 $\alpha = 0,05$

Hasil uji ANOVA one way pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa luas penempelan tidak berpengaruh signifikan sebab nilai $P = 0,445 > 0,05$. Hasil ini berbanding terbalik dengan hasil perhitungan luas penempelan di Gambar 4.3. Pada Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa luas penempelan akan semakin berkurang ketika jumlah konsentrasi ekstrak kulit *D. zibethinus* ditingkatkan. Contoh konsentrasi 25 ppm terlihat mengalami peningkatan dengan rincian sebagai berikut, di minggu 1 mempunyai luas penempelan berjumlah 37,4%, di minggu 2 menjadi 42,3%, minggu 3 meningkat menjadi 46,6% dan minggu 4 terjadi peningkatan hampir 20%, yaitu menjadi 62,1%.

Ada sebuah perbedaan pada hasil perhitungan dengan analisis data disebabkan pada hasil ANOVA one way terlihat nilai R-Sq (R Square) didapat 20,81%. Nilai R-Sq memberikan arti variabel persentase luas penempelan dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 20,81% sedangkan sisanya ($100\% - 20,81\% = 79,19\%$) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti. Pada model analisis data variabel independent berupa waktu tidak dimasukkan, karena penelitian bertujuan melihat pengaruh ekstrak kulit *D. zibethinus* terhadap luas penempelan. Gambar 4.3 memperlihatkan penambahan luas penempelan seiring penambahan lama perendaman.

Tabel 4.8. ANOVA untuk biomassa

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
konsentrasi	4	1796,36	1796,36	449,09	17,02	0,000
Error	15	395,68	395,68	26,38		
Total	19	2192,04				

Keterangan:

R-Sq: 81,95%

$\alpha = 0,05$

Hasil uji ANOVA pada Tabel 4.8 menunjukkan bahwa konsentrasi berpengaruh signifikan terhadap biomassa, sebab nilai P $0,000 < 0,05$. Hasil ini sama seperti hasil perhitungan di Gambar 4.7 yang menunjukkan penambahan konsentrasi akan menurunkan biomassa biofouling. Contoh di minggu 1 ditemukan biomassa 31,7 gram (0 ppm), 28,3 gram (25 ppm), 24,8 gram (50 ppm), 11,7 gram (75 ppm) dan semakin menurun jadi 9,5 gram (100 ppm).

Model data sudah baik, sebab nilai R-Sq (R Square) didapat 81,95%. Nilai R-Sq memberikan arti variabel biomassa dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 81,95% sedangkan sisanya ($100\% - 81,95\% = 18,05\%$) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.

4.5.3 MANOVA

Hasil perhitungan selama 28 hari pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa secara terpisah konsentrasi memberikan pengaruh terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling. Oleh sebab itu, MANOVA digunakan agar terlihat pengaruh konsentrasi terhadap kedua variabel dependent (luas penempelan dan biomassa) secara bersamaan. Hasil pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa variabel konsentrasi berpengaruh terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling sebab nilai P $0,000 < 0,05$ pada kriteria Wilk's.

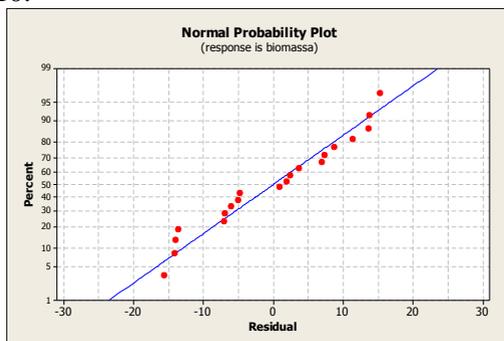
Tabel 4.9. MANOVA untuk konsentrasi terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling

<i>Criterion</i>	<i>Test statistic</i>	F	Num	Df Denom	P
Wilks'	0,15652	5,347	8	28	0,000
Lawley-Hotelling	5,34494	8,686	8	26	0,000
Pillai's	0,85034	2,774	8	30	0,020
Roy's	5,33672				

4.5.3 Analisa data regresi linear sederhana

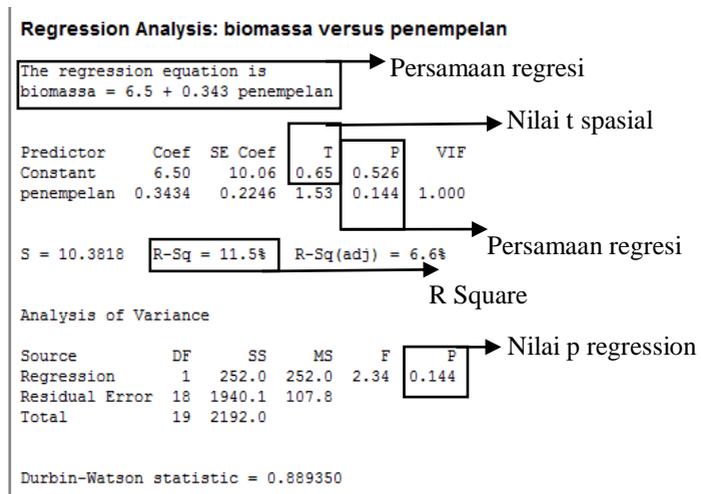
Hasil penelitian yang telah dilakukan menimbulkan sebuah pertanyaan apakah sebuah persentase luas penempelan dan biomassa saling berpengaruh? Pertanyaan ini muncul akibat melihat bahwa seluruh faktor baik kondisi lingkungan maupun kondisi material uji sama dalam mempengaruhi hasil persentase luas penempelan dan biomassa biofouling. Oleh sebab itu dilakukan uji analisis menggunakan regresi linear sederhana. Analisis regresi linear sederhana digunakan sebab hanya ada satu variabel independent dan satu variabel dependen. Pada analisis ini variabel independent adalah persentase luas penempelan, sedangkan variabel dependen adalah biomassa.

Sebelum melakukan analisis dengan analisis uji regresi linear rangkap perlu dilakukan pengujian asumsi. Uji asumsi yang dilakukan berupa uji normalitas data yang hasilnya terlihat pada Gambar 4.10.



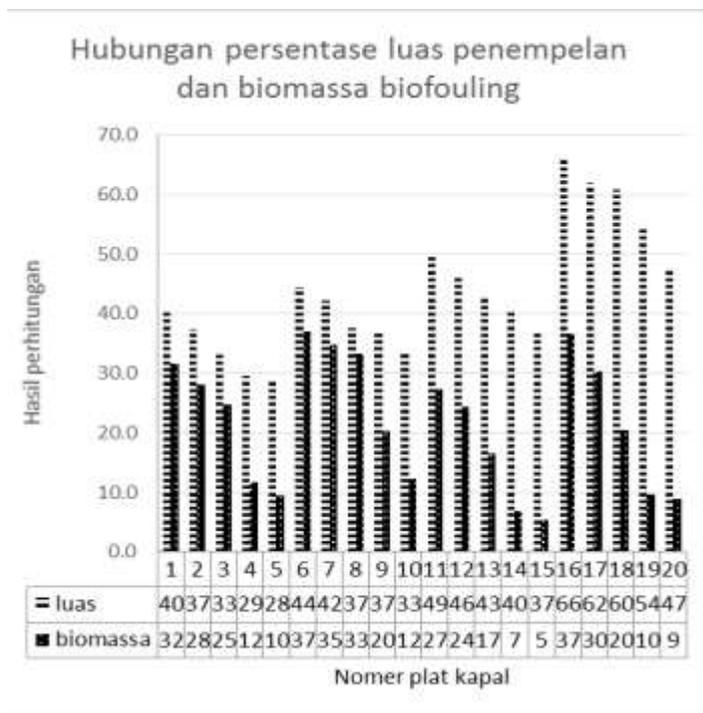
Gambar 4.10 Uji normalitas luas penempelan terhadap biomassa

Pada Gambar 4.10 terlihat hasil uji normalitas berdistribusi normal karena dominan plot berada disekitar garis lurus. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai P regression $0,144 > 0,05$ (Gambar 4.11) yang menunjukkan bahwa model data dapat dipercaya.



Gambar 4.11 Analisis regresi linear sederhana

Gambar 4.11 memperlihatkan bahwa persentase luas penempelan tidak mempunyai pengaruh bermakna terhadap biomassa yang dibuktikan dengan nilai P $0,144 > 0,05$ namun tergolong model yang kurang baik. Hal ini terlihat dari nilai p pada t parsial dan nilai R-Sq. R Square yang ditunjukkan dengan nilai R-Sq berjumlah 11,5%, artinya variabel biomassa dapat dijelaskan oleh variabel luas penempelan 11,5% sedangkan sisanya ($100\% - 11,5\% = 88,5\%$) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti. Angka 11,5% tersebut didukung oleh hasil dari nilai P untuk T parsial berjumlah $0,526 > 0,05$ yang berarti variabel luas penempelan tidak ada pengaruh secara individu terhadap biomassa tanpa memperhatikan variabel lain.



Gambar 4.12 Data gabungan luas penempelan dan biomassa tiap plat

Hasil R-Sq dan nilai T yang menunjukkan perlu melihat variabel lain dibuktikan dengan hasil penggabungan data persentase luas penempelan dan biomassa biofouling di seluruh plat kapal hasil perendaman selama 28 hari pada Gambar 4.12. Data tersebut memperlihatkan bahwa pada plat dengan luas penempelan yang hampir serupa memiliki biomassa biofouling yang berbeda. Hasil Tabel 4.10 memperlihatkan keanehan sebab persentase luas penempelan yang hampir sama memiliki jumlah biomassa biofouling yang berbeda cukup jauh. Hal ini terjawab dengan melihat Gambar 4.3 dan 4.7 yang menunjukkan bahwa plat nomor 2 merupakan plat yang direndam selama 7 hari dengan konsentrasi 25 ppm, plat nomor 9 merupakan plat yang direndam

14 hari dengan konsentrasi 75 ppm, dan plat nomor 15 merupakan plat yang direndam selama 21 hari dengan konsentrasi 100 ppm.

Tabel 4.10. Perbandingan antar biomassa dengan luas penempelan

Nomor plat	luas penempelan (%)	Biomassa biofouling (gram)
2	37,3	28,1
9	37	20,2
15	37,2	5,3

Tujuan penggunaan regresi untuk mengetahui jika satu variabel berubah apakah variabel lain turut berubah dapat dilihat dari persamaan regresi. Pada Minitab dapat dilihat melalui “*The regression equation is*” pada Gambar 4.11 yaitu hasilnya biomassa = 6.5 + 0.343 penempelan. Persamaan tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka nilai biomassa akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 6,5.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka nilai biomassa akan berubah sebesar 0,343 setiap satu satuan luas penempelan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi kegiatan

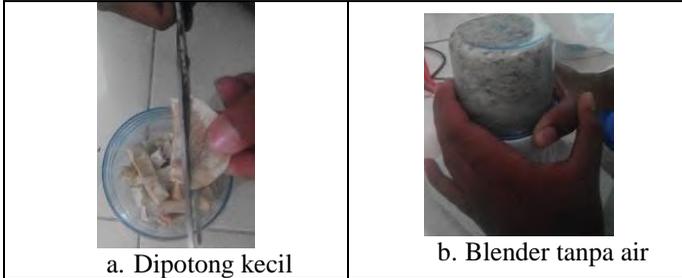
Ciri kulit *Durio zibethinus*

 <p>Kulit durian yang digunakan bentuk putih bersih</p>	 <p>b. Ciri kulit durian yang tidak dipakai akibat berjamur ditandai dengan ada serabut putih, bercak hitam,</p>
--	---

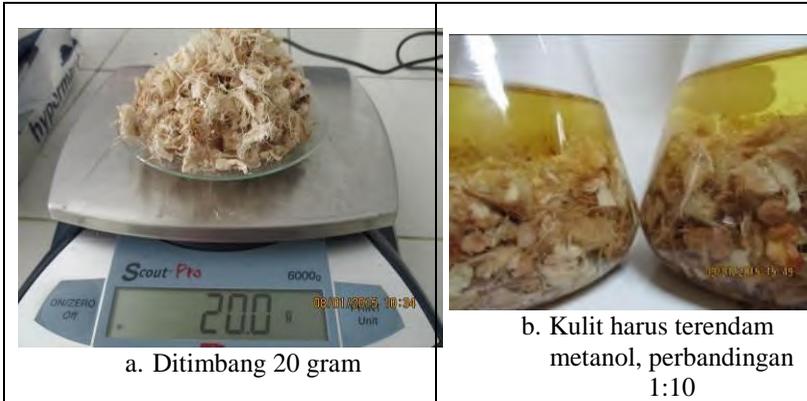
Proses pengeringan

 <p>Kulit durian diangin-angin dengan kipas</p>	 <p>Dijemur tanpa kena matahari secara langsung</p>
---	---

Proses penghalusan



Proses maserasi



Proses evaporasi dengan *rotary evaporator*



Hasil evaporasi



Proses pengentalan hasil evaporasi

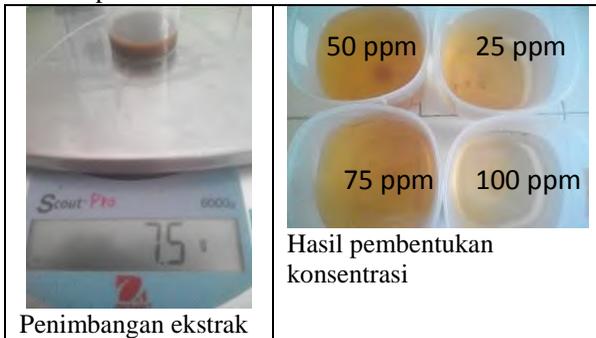


Hasil evaporasi dituang ke cawan petri berlapis plastik lalu diangin-angin, kemudian ditimbang

Hasil skrining fitokimia

 <p>Ekstrak kulit <i>Durio zibethinus</i></p>	 <p>Hasil flavonoid, kemerahan</p>	 <p>Hasil kiri steroid (negatif) dan kanan terpenoid (positif)</p>	 <p>Saponin, berbuih</p>
 <p>Hasil mayer, tidak ada endapan putih</p>	 <p>Hasil dragendroff, endapan jingga</p>	 <p>Hasil wagner, endapan coklat</p>	 <p>Hasil tanin, hijau kehitaman</p>

Proses pembentukan konsentrasi kulit *Durio zibethinus*



Proses persiapan plat kapal





Diukur ketebalan cat



Ditimbang awal

Hasil minggu 1

Bagian depan



Konsentrasi 0 ppm Bagian depan



Konsentrasi 25 ppm Bagian depan



Bagian belakang

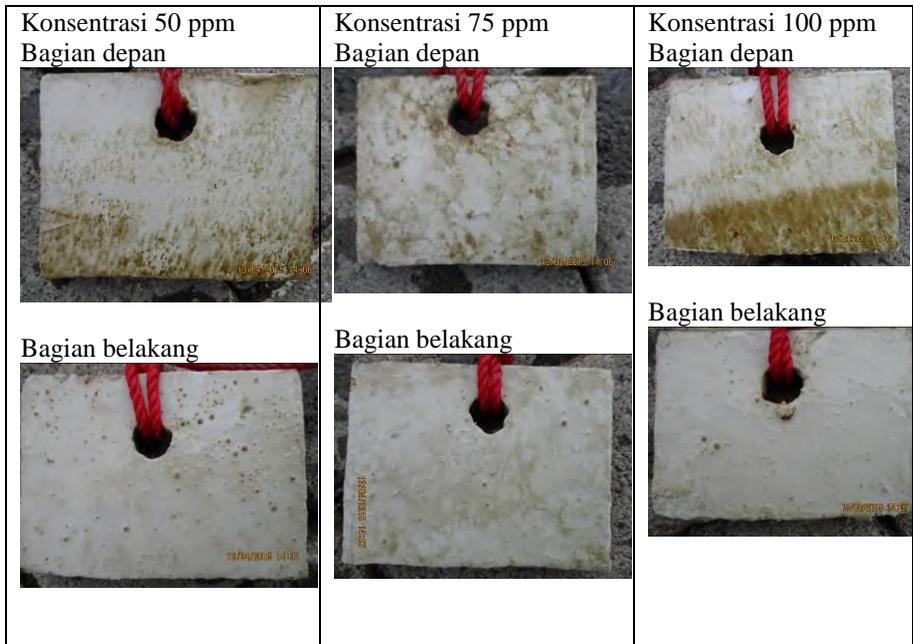


Bagian belakang



Bagian belakang





Hasil minggu 2

<p>Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 0 ppm Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 25 ppm Bagian depan</p> 
<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 
<p>Konsentrasi 50 ppm Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 75 ppm Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 100 ppm Bagian depan</p> 
<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 

Hasil minggu 3

<p>Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 0 ppm Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 25 ppm Bagian depan</p> 
<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 
<p>Konsentrasi 50 ppm Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 75 ppm Bagian depan</p> 	<p>Konsentrasi 100 ppm Bagian depan</p> 
<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 	<p>Bagian belakang</p> 

Hasil minggu 4

<p>Bagian depan</p>  <p>Bagian belakang</p> 	<p>Konsentrasi 0 ppm Bagian depan</p>  <p>Bagian belakang</p> 	<p>Konsentrasi 25 ppm Bagian depan</p>  <p>Bagian belakang</p> 
<p>Konsentrasi 50 ppm Bagian depan</p>  <p>Bagian belakang</p> 	<p>Konsentrasi 75 ppm Bagian depan</p>  <p>Bagian belakang</p> 	<p>Konsentrasi 100 ppm Bagian depan</p>  <p>Bagian belakang</p> 

Lampiran 2 Data pengamatan

a. Kesleluruhan persentase luas biofouling

KONSENTRASI (ppm)	POSISI	MINGGU			
		1	2	3	4
0	depan	22,5227	22,47127	24,00984	36,75651
	belakang	17,66127	21,92556	25,89333	29,31571
25	depan	19,64429	20,38889	20,68587	32,73873
	belakang	13,39651	17,26397	22,32175	28,12571
50	depan	16,12365	19,69413	18,15667	26,09254
	belakang	12,45381	14,18905	19,04921	21,67825
75	depan	11,26302	18,75159	15,9254	18,30603
	belakang	5,31254	14,04016	15,62762	20,04222
100	depan	7,246667	16,12317	12,05698	11,26381
	belakang	4,22127	13,19714	9,279841	18,65333

b. Persentase luas penempelan total

KONSENTRASI (ppm)	Minggu				rata-rata
	1	2	3	4	
0	40,2	44,4	49,9	66,1	50,13905
25	37,3	42,3	46,6	62,1	47,06341
50	33,0	37,7	43,0	60,9	43,64143
75	29,5	37,0	40,5	54,2	40,29373
100	28,6	33,9	37,2	47,8	36,85933
	rata-rata total				43,59939

c. Biomassa

- Keseluruhan perhitungan biomassa

KONSENTRASI (ppm)	POSISI	MINGGU			
		1	2	3	4
0	SEBELUM	520	520	520	520
	SESUDAH	551,7	557,1	547,4	556,6
25	SEBELUM	520	520	520	520
	SESUDAH	548,1	554,7	544,4	550,3
50	SEBELUM	520	520	520	520
	SESUDAH	544,8	553,2	536,5	540,4
75	SEBELUM	520	520	520	520
	SESUDAH	531,7	540,2	526,9	529,6
100	SEBELUM	520	520	520	520
	SESUDAH	529,5	532,2	525,3	528,9

d. Biomassa biofouling

KONSENTRASI (ppm)	MINGGU			
	1	2	3	4
0	31,7	37,1	27,4	36,6
25	28,1	34,7	24,4	30,3
50	24,8	33,2	16,5	20,4
75	11,7	20,2	6,9	9,6
100	9,5	12,2	5,3	8,9

e. Hasil pencocokan database PT Gelora Djaja terhadap uji GC-MS ekstrak kulit *Durio zibethinus*

<i>Peak</i>	<i>Waktu retensi</i>	<i>% area</i>	<i>Area</i>	<i>Senyawa</i>	<i>Qualty</i>
1	2,177	1,83	3446009 26	Propane, 2-(ethenyloxy)	37
2	2,267	1,95	7329000 096	2-imidazolidinethione	47
3	2,352	3,83	7890001 41	Ethanol, 2-amino	22
4	2,542	1,06	2880007 688	2-hexene	38
5	2,600	4,50	5563000 000	2-hydroxy-2-cylopenten	72
			5583000 000	2-hydroxycylopent-2-en-1one	72
6	2,902	12,82	4508000 056		
			4511000 056	1,2,3-propanetriol	72
			4509000 56		
7	3,029	2,46	3061802 8564	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl	68
8	3,145	3,38	3184000 638	Butanedical	33
9	3,240	0,84	1449001 758	Oxirane, 2,3-dimethyl	43
10	3,383	0,12	7605019 752	3-hydroxytetrahydropyran	46
11	3,510	1,57	8105700 1932	Piperidine, 1,1-(1,2-ethanediyl)is	53
12	3,610	1,87	1153500 4254	1-methyl-4-amino-1,2,4-triazole-5-one	72
13	3,690	0,81	1291700 0623		
			1291800 0623	Urea, n,n-diethyl	14
			7251000 142		
14	3,801	2,27	1967600	Cyclohexyl ethyl	64

			000	ether 3-methoxy-5-methyl-2(5H)-furanone	
15	4,060	4,62	1752100087	1,2,3-benzenetriol	72
16	4,213	0,95	21672003878	Butanedioic acid, monomethyl ester	47
17	4,330	1,52	1596010049	2-butanamine, hydrochloride	64
18	4,568	0,38	6588000109	Piperazine, 2-methyl	47
19	4,673	0,94	10392005926	2H-Pyran-2,6(3H)-dione	22
			52156033402	Metaraminol bitartrate	22
			54176000000	1-phenyl-1-chloro-2-aminopropane	22
20	4,822	4,72	13267000123	Butyl acetate	27
21	4,943	3,85	19807028564	4H-Pyran-4-one-2,3-dihydro-3,5-	91
			19806028564	dihydroxy-6-methyl	
22	5,060	0,81	1663001668	Glycinamide hydrochloride	59
23	5,165	1,60	9574000065	Benzoid acid	95
24	5,329	0,99	2599000061	1H-1,2,4-triazol-3-amine	53
25	55,20	1,35	19281000105	Gamma-Heptalactone 2(3H)-furanone, dihydro-5-propyl	53
26	5,705	2,38	9658000120		
			9662000120	1,2-benzenediol	70
			9661000120		
27	5,863	1,62	18806024342	3-isothiazolecarboxamide	38
28	6,017	1,95	10770000067	2-furancarboxaldehyde,	93

5- (hydroxymethyl)					
29	6,212	4,30	1027170 0102	1,2,3-propanetriol, triacetate	50
30	6,392	0,87	1209820 00087	Isosorbide dinitrate	50
31	6,493	0,47	2017700 0111	1-octanamine	53
32	6,720	1,39	1802100 4423	Cyclohexanone, 2- ethyl	38
33	6,800	1,89	1441800 0072	Threonine	14
34	6,868	1,52	6563202 3562	Phenol, 2- [(dimethylamino)met hyl]-4-methoxy	43
35	7,048	0,54	3069302 0717	1,2,4,5-tetrazine, hexahydro- 1,2,4,5 tetramethyl	35
			7715600 0000		
			7721500 0000	N-acetylnoephedrine	
36	7,249	1,90	3546100 0000	2-methoxy-5- vinylphenol thiirane, 2-methyl-3-phenyl	55
37	7,545	0,50	1939100 0000	N1,N1-Dimethyl-N2- n-butylformamidi	
			1198501 0424	Butanal, dimethylhydrazone	38
			4833500 0000	1,4-anhydro-d- mannitol	
38	7,625	0,38	6969905 4774	2H-Pyran-2-one, 4- methoxy-6-methyl-3- nitro	38
39	7,762	0,45	3944600 0091	Phenol, 2,6- dimethoxy	78
40	8,058	0,49	7216006 859	3-piperidinol	38
41	8,222	0,55	2050400 0000	6,8- dioxabicyclo(3,2,1) octan-4.beta-ol	
			2051103 9682	1,6-anhydro-3,4- dideoxy-beta-d-glu- co-hexopyranose	49

42	8,529	2,02	2911490 00623	Benzene, 1-chloro-4- methoxy	38
43	8,915	0,57	7216006 859	3-piperidinol	52
44	9,629	11,35	3426000 096	cyclopentanol	
			1283580 0000	cytidine	35
			3428000 096	cyclopentanol	
45	13,035	0,61	1866100 2556	2H-azepin-2-one,	
			1866300 2556	hexahydro-1-methyl	35
46	13,791	0,77	7398000 055	Ethanamine, N-ethyl- N-nitroso	32
47	13,987	0,60	4413007 4424	1,7-azuloquinone	38
48	14,114	0,41	2017500 0111	1-octanamine	27
49	18,318	0,49	3896400 41146	3-azabicyclo [3,3,3] nonan-0-one, 3-	
			3896300 4146	methyl	32
			4595400 0594	Acetamide, 2,2,2- trichloro	
50	27,768	0,94	1643500 0000	2-amino-6-methyl-3- pyridinol	47

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Ekstrak kulit *D. zibethinus* positif mengandung senyawa metabolit sekunder alkaloid, terpenoid, flavonoid, tanin, dan saponin,
2. Ekstrak kulit *D.zibethinus* berpotensi sebagai agen anti makrofouling dengan menurunkan luas penempelan makrofouling seiring meningkatnya konsentrasi perlakuan, yaitu sebesar 66,1% ; 62,1% ; 60,9% ; 54,2% dan 47,8% untuk konsentrasi 0, 25, 50, 75 dan 100 ppm, pada empat minggu perlakuan.
3. Selain luas penempelan, ekstrak kulit *D.zibethinus* juga mampu menurunkan biomassa makrofouling berturut-turut sebanyak 36,6, 30,3, 20,4, 9,6 dan 8,9 gram untuk konsentrasi dan waktu yang sama dengan poin no 3,
4. Organisme makrofouling yang ditemukan teridentifikasi hanya satu spesies, yaitu *Balanus amphitrite*.

5.2. Saran

Saran yang diberikan oleh penulis untuk penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kulit *D.zibethinus* segera dipotong dan jemur pada ruang yang berangin dengan sirkulasi udara baik. Hal ini disebabkan saat penelitian dalam kondisi lembab atau tidak ada angin, kulit *D. zibethinus* cepat membusuk.
2. Kulit *D.zibethinus* yang digunakan berasal dari satu varietas.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah ketebalan cat, perbedaan volume cat dengan ekstrak, jumlah individu biofouling berpengaruh terhadap luas penempelan dan biomassa biofouling.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Antarlina, S. S., I. Noor, H. Dj. Noor, dan S. Umar. 2003. Pemanfaatan Sumberdaya Tanaman Buah-buahan Lokal Kalimantan Selatan untuk Agroindustri. **Laporan Akhir Balittra**. Banjarbaru. 17h.
- Agustini, T., W. Wardhana, dan M. P. Patria. 2008. Kebiasaan makanan *Balanus amphitrite* dan hubungannya dengan kelimpahan plankton di Suralaya, Banten. **Skripsi**. Depok: Program pendidikan S1 Jurusan Biologi, Universitas Indonesia.
- Ahmed, N., T. Murosaki, A. Kakugo, T. Kurokawa, J. P. Gong, dan Y. Nogata. 2011. Long-term in situ observation of barnacle growth on soft substrates with different elasticity and wettability. **Soft Matter** 7: 7281-7290
- Alat uji. 2015. **Coating Thickness itu apa?**. < <http://www.alatuji.com/article/detail/43/coating-thickness-itu-apa-ya-#.Vjif5txS3IX> > [3 November 2015].
- Almeida, E., TC. Diamantino, De Sousa. 2007) Marine paints: the particular case of antifouling paints. **Prog Org Coat** 59:2-20.
- Ariany, Z.. 2014. Kajian Reparasi Pengecatan Pada Lambung Kapal (Studi Kasus KM.Kirana 3). **Jurnal Teknik Vol 35 No. 1**: 27-32.
- Arlyza,I. S.. 2007. Bahan Aktif dari Organisme Laut sebagai Pengendali Biota Penempel. **Oseana volume XXXII**: 39 - 48.

Aulia, U. N. 2011. Eksplorasi potensi dan fungsi senyawa bioaktif Ascidian *Didemnum molle* sebagai antifouling. **Skripsi**. Bogor: Program pendidikan S1 Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan, Intitut Pertanian Bogor.

Aulia, W., Ahmad F. Z., Sarwoko. 2013. Studi Perbandingan Metode Pelapisan (Coating) pada Ruang Muat Berbasis Regulasi IMO. **Jurnal Teknik** Vol. 34 No. 3: 174-181.

Australia Government; Departement of Agriculture and Water Resources. 2015. **Biofouling – The Threat to Australia**. <<http://www.agriculture.gov.au/biosecurity/avm/vessels/biofouling/biofouling-threat>> [25 Februari 2015]

Azhari, F. 2015. Aktivitas antibakteri ekstrak etanol kulit buah durian (*Durio zibethinus* Murr.) terhadap *Staphylococcus epidermidis* dan *Shigella sonnei* serta bioautografinya. **Skripsi**. Surakarta: Program pendidikan S1 Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Azizah, R. dan A. Ghofar. 2006. Perendaman pada waktu dan sumber air yang berbeda terhadap mortalitas dan penempelan *Balanus* sp. **Ilmu kelautan** Vol. 11 no. 1: 7-10.

Barnes, R.D. 1969. **Invertebrate zoology 2nd ed**. USA: Saunders Company.

Biro Klasifikasi Indonesia PT., 2006. **Rules for The Classification and Construction of Seagoing Stel Ships, Volume II, Rules For Hull**. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.

Boesono, H. 2008. Pengaruh lama perendaman terhadap organisme penempel dan modulus elastisitas pada kayu. **Ilmu kelautan** vol 13 no. 3: 177-180.

Budiarti, A. P. 2009. Karakterisasi biomarka hidrokarbon alifatik batubara coklat (Brown Coal) dari Samarinda, Kalimantan Timur. **Tugas Akhir**. Surabaya: Program Pendidikan S1 Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Budiharta, R. 2009. Studi Penempelan Biofouling dengan Variasi Jenis Material di Laut Tropis. **Skripsi**. Surabaya: Program Studi S1 Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Chambers, L. D., K. R. Stokes, F.C. Walsh dan R. J. K. Wood. 2006. *Modern approaches to marine antifouling coatings*. **Science Direct** 3642-3652.

Callow, M. E. and J. A. Callow. 2002. Marine biofouling a sticky problem. **National Center for Biotechnology Information** 49 (1): 4-10.

Deny, R, P. Ardiningsih. 2013. isolasi dan karakterisasi senyawa triterpenoid dari fraksi kloroform kulit batang durian kura (*D.testudinarum* Becc.) **Jurnal Kimia Khatulistiwa** Vol 2 No.1: 7-12.

Dewatisari, W. F., Suranto dan P. Setyono. 2008. Keanekaragaman beberapa varietas *Sansevieria trifasciata* berdasarkan karakter anatomi, isozim dan kandungan saponin. **Bioteknologi** Vol 5 no 2: 56-62.

Edward, E. R. dan Lestari. 2003. Pemantauan Kandungan Senyawa Organologam dalam Air Laut dan Sedimen di Teluk Jakarta. **Buku Kumpulan Abstrak Ikatan Sarjanan Oseanologi Indonesia**. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.

Effendi, I. 2002. **Pengantar Akuakultur**. Jakarta: Swadaya.

Effendi. 2003. **Telaah uji kualitas air**. Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Yogyakarta: Kanisius.

Estika, A. 2010. Organisme Laut Penghasil Antifoulant Pengganti TBT Penanggulangan Biofouling di Dasar Kapal. **Skripsi**. Program Studi S1 Bioteknologi, Universitas Al Azhar Indonesia.

Faizah, L. H. 2015. Aktivitas antibakteri ekstrak etanol kulit buah durian (*Durio zibethinus* Murr) terhadap *Klebsiella penumoniae* dan *Streptococcus pyogenes* serta bioautografinya. **Skripsi**. Surakarta: program pendidikan S1 Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Fajri, M. A., H. Surbakti dan W. A. E. Putri. 2011. Laju penempelan teritip pada media dan habitat yang berbeda di perairan kalianda lampung selatan. **Maspari Journal** Vol. 03: 63-68.

Fardyani, R. 2012. Quality Control Performance Analisis Phthalate dengan Gas Chromatography Mass Spectra (GC/MS). **Laporan Praktik Kerja Industri PT SUCOFINDO (PERSERO) Cibitung, Bekasi**. Bogor: Kementrian Perindustrian Republik Indonesia.

Febrianto, I. A., Zulkifli, S. Nasution. 2014. Vertical Distribution of Barnacle (*Balanus* sp.) at Pier Pole of Sungai Bela Village Post in Indragiri Hilir Regency. **Skripsi**. Riau: program studi S1 Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Riau.

Firmansyah, D. 2011. Studi inhibisi korosi baja karbon dalam larutan asam 1M HCl oleh ekstrak daun sirsak (*Annona muricata*). **Tesis**. Depok: Program pendidikan S2 Fakultas teknik, Universitas Indonesia.

Fitriana, L., S. Fatimah dan Y. Hidayati. 2012. Pengaruh komposisi media tanam terhadap pertumbuhan dan kandungan saponin pada dua varietas tanaman gondola (*Basella* sp.). **Agrovigor** vol 5 no 1: 34-46.

Fitriana, W. D. 2015. Pemisahan dan identifikasi antioksidan, inhibitor alfa glukosidase dan aldosa reduktase dari daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk). **Tesis**. Surabaya: Program pendidikan S2 Jurusan Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Flemming, H. C. 2008. **Marine and Industrial biofouling**. USA: Springer series on biofilms vol 4 - Verlag Berlin Heidelberg.

Gafur, M. Abd. 2013. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Daun Jamblang (*Syzygium cumini*). **Skripsi**. Gorontalo: Program pendidikan S1 Jurusan Kimia, Universitas Negeri Gorontalo.

Hamzah, M. S. dan B. Nababan. 2011. Pengaruh Musim dan Kedalaman Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Kerang Mutira (*Pinctada maxima*) di Teluk Kodek, Lombok Utara. **Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis** Vol. 3 No. 2: 48-61.

Hanson, J. R. N. 2000. **Products the secondary Metabolites Oriol Chemistry Text**. England: Royal Society of Chemistry.

Harbone JB. 1987. **Metode Fitokimia**. Bandung: ITB.

Hermawan, B. 2012. Pengaruh posisi pengelasan dan ketebalan pelat terhadap sifat mekanis dan struktur mikro dari sambungan las dissimilar metal stainless steel 304 dan carbon steel A36. **Skripsi**. Program pendidikan S1 Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.

Hartono, H. 2005. Analisis Penempelan Biota Laut Pada Beton dan Diffusivitas Air Laut Pada Beton. **Simposium Nasional RAPI XI FT UMS: 1-8.**

Huliselan, Y. M., M. R. J. Runtuwene, D. S. Wewengkang. 2015. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol, Etil Asetat dan n-Heksan dari Daun Sesewanua (*Clerodendron squamatum* Vahl.). **Jurnal Ilmiah Farmasi Pharmacon vol.4 No.3.**

Hutomo, M. dan P. Darsono. 1983. Pengamatan biota penempel di Selat Kijang. **Proyek penelitian dan pengembangan sumberdaya laut: 59-68**

Indraswari, A. 2008. Optimasi Pembuatan Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) menggunakan Metode Maserasi dengan Parameter Kadar Total Senyawa Fenolik dan Flavonoid. **Tugas Akhir.** Surakarta: Program pendidikan S1 Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Jefrianto, Y. I. S. dan A. Tanjung. 2012. Attachment of biofouling (*Balanus* sp) on the body of wooden boat, fiber and metal in Sibolga Harbour. **Skripsi.** Riau: Program pendidikan S1 Jurusan Ilmu kelautan dan perikanan, Universitas Riau.

Jein, H. 2011. Uji Kekhalusan Bahan dan Konsentrasi Perekat Briket Biomassa Kulit Durian Terhadap Karakteristik Mutu Briket. **Tugas Akhir.** Medan: Program Studi S1 Jurusan keteknikan pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Kerans, F. A. 2010. Optimasi lama waktu maserasi dan volume methanol terhadap aktivitas antibakteri ekstrak *Padina* sp (Linn.) pada *Klebsiella pneumonia* MGH 78578, *Staphylococcus aureus* SNCC 0047, dan *Bacillus subtilis* SNCC 0061. **Skripsi.** Yogyakarta: Program Studi S1 Jurusan biologi Universitas Atma Jaya.

Kerrya, B. M. dan A. R. Palmer. 2003. Feeding in flow extremes: dependence of cirrus form on wave – exposure in four barnacle species. **Zoology** 106: 127-141.

Kurniawan, B. dan W. F. Aryana. 2015. Binahong (*Cassia alata* L.) as inhibitor of *Escherichia coli* growth. **Journal Majority** vol. 4 no. 4: 100- 104.

Lenny, S. 2006. Senyawa Terpenoida dan Steroida. **Tugas Akhir**. Medan: Program pendidikan S1 Jurusan Kimia, Universitas Sumatera Utara.

Lipsith, G. 2013. **Green hull coating for the offshore sector**. <<http://www.motorship.com/news101/ships-and-shipyards/green-hull-coatings-for-the-offshore-sector>> [18Februari 2013].

Mahuri, W. 2014. Laju penempelan teritip pada jenis bahan tiang dermaga yang berbeda. **Skripsi**. Riau: Program pendidikan S1 Jurusan ilmu kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Mayoral, P. 2011. **Whale Watching with Pachico's Ecotours, San Ignacio Lagoon**. < http://scrabble66.typepad.com/photo_abcs/wildlife/page/2/> [22 Juni 2011].

Miryanti, A. 2010. Ekstraksi Antioksidan dari Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). **Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat**. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.

Nasmi, J. 2014. Kelimpahan Teritip (Balanomorpha) pada lambung kapal penumpang di Pelabuhan Kijang, Tanjung Pinang provinsi Kepulauan Riau. **Skripsi**. Bandung: Program pendidikan S1 Jurusan Ilmu Perikanan, Universitas Padjadjaran.

Nurliani, A. 2007. Penelusuran potensi antifertilitas kulit kayu durian (*Durio zibethinus* Murr) melalui skrining fitokimia. **Sains dan Terapan Kimia** Vol 1 No.2: 53-58.

Orwa. 2009. *Durio zibethinus*. Agroforestry Database 4.0.

Pronomar. 2007. **Biofouling**. <<http://www.pronomar.com/merusen/applications/biofouling/>> [04 Juni 2007].

Panjaitan, M. F. 2011. Anlisa Penggunaan Arus Searah (DC) pada impressed current antifouling (ICAF) sebagai pencegahan terjadinya fouling pada system. **Tugas Akhir**; Surabaya: Program S1 Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Prasetyaningrum, R. U. dan R. B. K. Anandito. 2012. Aktivitas antioksidan, total fenol dan antibakteri minyak atsiri dan oleoresin kayu manis (*Cinnamomum burmannii*). **Teknosains pangan Vol 1 no. 1**: 24-31.

Pratiwi, E. 2010. Perbandingan Metode Maserasi, Remaserasi, Perkolasi, Reperkloasi dalam Ekstraksi Senyawa Aktif *Andrographolide* dari Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees). **Skripsi**. Bogor; Program pendidikan S1 Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Railkin, A. I. 2005. **Marine Biofouling Colonization Processes and Defenses**. USA: CRC Press.

Rahmalia, A. 2011. A Qualitative and Quantitative Evaluation of Terpenoid and Alkaloid in Root and Stem of Pasak Bumi (*Eurycoma longifolia* Jack). **Matematika dan Sains** Vol 16 No. 1: 49-52.

Rejeki, S. 2009. Suksepsi Penempelan Makro Marine-biofouling pada Jaring Karamba Apung di Teluk Hurun Lampung. **Jurnal Ilmu Kelautan** Vo.14 No.2: 112-117.

Ring, K. 2000. *Recruitment of balanus improvises on micro texture with different geometries and evaluation of methods for analyzing cyprid behaviour*. **Tesis**. Swedia: Program pendidikan S2 Jurusan Ilmu Ekologi Kelautan, Universitas Goteberg.

Rombe, K. H., I. Yasir dan M. .A. Amran. 2013. Komposisi Jenis dan Laju Pertumbuhan Makroalga Fouling Pada Media Budidaya Ganggang Laut di Perairan Kabupaten Bantaeng. **Skripsi**. Sulawesi: Program pendidikan S1 Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hassanudin.

Seidel, J. 2012. **Ask the Experts Series.Antifouling 101 A Comprehensive Guide from Interlux**. USA : Intertelux.

Setiadi. 2003. Bertanam Durian. Jakarta: Penebar Swadaya.

Setyowati, H., H. Z. Hanifah dan Nugraheni. 2013. Krim kulit buah durian (*Durio zibethinus*) sebagai obat herbal pengobatan infeksi jamur *Candida albicans*. **Skripsi**. Semarang: Program pendidikan S1 Jurusan Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Yayasan Pharmasi.

Setyowati, W. A. E., S. R. D. Ariani, Ashadi, B. Mulyani dan C. P. Rahmawati. 2014. Skrining fitokimia dan identifikasi komponen utama ekstrak methanol kulit durian (*Durio zibethinus* Murr.)Varietas petruk. **Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI**. Surakata: Universtas Sebelah Maret.

Setyowati, W. A. E., S. R. D. Ariani, Ashadi, B. Mulyani, dan A. Hidayat. 2015. Aktivitas antifertilitas kontrasepsi dari kulit durian (*Durio zibethinus* Murr.) Varietas petruk. **Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VII**. Surakarta: Universtas Sebelah Maret.

Soebagio. 2005. **Kimia Analitik**. Malang: Universitas Negeri Malang Press.

Southward, Al. dan D. J. Crisp,. 1963. Catalogue of main marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). I: Barnacles. **Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris**: 46.

Sudaryanto, A. 2001. Pencemaran Laut oleh Senyawa Organotin. **Jurnal Teknologi Lingkungan** Vol.2, No.3: 241-246

Triwibisono, A., I. Ranu dan Sardono. 2012. Analisa Penggunaan Impressed fouling (ICAF) sebagai pencegahan fouling di Linier Generator pada Pembangkkn Listrik Tenaga Arus Laut. **Jurnal Teknik POMINTS** Vol 1. No. 1: 1-7.

Purwaningrum, Y., Triyono, T. R. Argihono, R. Sutrisno. 2014 Analisis ketangguhan dan ketahanan korosi hasil pengelasan double side weld pada material kapal dengan variasi jarak gap. **Seminar nasional menuju masyarakat madani dan lestari**. Yogyakarta: Universitas Islam Indoensia.

Vallini, C. 2011. **Marine tutle newsletter: Unusual Stranding of Live, Small, Debilitated Loggerhead Turtles along the Northwestern Adriatic Coast**. <<http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn131/mtn131p25.shtml>> [24 Agustus 2011].

Videla, H. A., L. K. Herrera. 2005. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. **International microbiology** 8: 169-180.

Westerkov, K. 2011. **Strap – toothed whale (*Mesoplodon layardii*)**. <http://www.arkive.org/strap-toothed-whale/mesoplodon-layardii/image-G37847.html>

Widhiatmaka, S. T. 2009. Studi Perbandingan Metode Pengecatan Ruang Muat Kapal Sesuai Aturan IMO. **Tugas Akhir**. Surabaya: Program pendidikan S1 Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Windarwati, S. 2011. Pemanfaatan fraksi aktif ekstrak tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn.) sebagai zat antimikroba dan antioksidan dalam sediaan kosmetik. **Tesis**. Program pendidikan S2 Jurusan Teknologi Industri, Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Yudhatama, J. I., Aunurohim, N. Abdulgani. 2013. Pengaruh campuran ekstrak debu tembakau terhadap luasan dan biomassa biofiling pada substrat baja di perairan dermaga PT Dok Surabaya. **Skripsi**. Program pendidikan S1 Jurusan Biologi Intitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Zhu, X. dan Huang G.. 2004. Evaluation and Clasification of Seawater Corrosiveness by Environmental Factor. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology** vol. 23: 43-47.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Andreas Wim Kurnaiwan merupakan anak dari pasangan suami istri bernama Widyo Prayogo dan Iis Ismiati. Lahir di DKI Jakarta, Indonesia pada tanggal 26 Juli 1993. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan dimulai pada TK Surya Insan, SD Katolik RICCI II, SMP

Strada Bhakti Utama dan SMA Negeri 63 dari tahun 1998. Kemudian penulis meneruskan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2011 hingga 2015.

Selama perkuliahan penulis terlibat organisasi menjadi Staff Departemen Sosial Masyarakat dan Steering Committee kaderisasi pembelajaran periode 2012/2013, Wakil Ketua Himpunan periode 2013/2014 di Himpunan Mahasiswa Biologi ITS (HIMABITS), Direktur Jenderal Pengembangan Keilmiahian Kampus di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS periode 2014/2015, Staff Media Infomasi Komunikasi di Kelompok Studi Burung Liar (KSBL) PECUK periode 2012/2014, Tim Kreatif di *Biological Opus Fair* (BOF) V-VI, Staff dan Koordinator Divisi Pengembangan Kompetensi Mahasiswa di Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) ITS, Trainer Keilmiahian ITS dengan nama angkatan R3VOLUSI. Penulis pun terlibat dalam kepanitiaan, yaitu ITS EXPO, GERIGI (Gerakan Integralistik ITS), Natal Paskah ITS, IBOC (*Internasional Biology Conference*).

Prestasi yang pernah penulis raih berupa Juara I PKM GT tingkat Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan

Juara I PKM GT.com tingkat ITS di tahun 2014, Proposal Program Kreativ Mahasiswa (PKM) Kewirausahaan dan Gagasan Tertulis didanai, Finalis Lomba Karya Tulis Ilmiah LOKARINA 7 dan Finalis dari PENCIL GEMPA 3. Selain itu penulis juga menjadi pemateri di kegiatan pelatihan karya tulis ilmiah dengan topik teknik penggalian ide, sistematika proposal, ajang kompetisi, motivasi berkarya, jenis PKM, dan pengenalan ajang mahasiswa berprestasi. Kegiatan penulis di bidang akademik berupa asisten Laboratorium Ekologi ITS di mata kuliah *oceanografi* dan turut serta di praktikum lapangan biologi laut, asisten dosen mata kuliah Wawasan Teknologi dan Komunikasi Ilmiah, tergabung dalam tim surveyor (orang yang bekerja melakukan sampling di suatu lokasi untuk diidentifikasi dan analisis) di Laboratorium Ekologi ITS. Pada masa kerja praktek, penulis memilih untuk mempelajari teknik identifikasi dan taksonomi Holothuroidea atau yang dikenal dalam bahasa Indonesia adalah teripang atau timun laut di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Oseanografi, Jakarta.

Pada akhir masa perkuliahan sebelum wisuda, penulis tertarik untuk menghasilkan 2 karya terakhir untuk Kampus ITS, yaitu Buku Pedoman Keilmiah dan laporan skripsi bidang biologi kelautan. Penulis tertarik terhadap kondisi keilmiah di ITS yang sangat beragam perkembangan di tiap jurusan, sehingga muncul sebuah pemikiran untuk membuat standar pedoman bersama di bidang keilmiah. Sebuah karya buku pedoman keilmiah akhirnya terwujud di tahun 2015. Sebuah rasa penasaran dan keinginan untuk mengeksplorasi laut Indonesia menjadi dorongan penulis untuk menjadi anggota Laboratorium Ekologi di Jurusan Biologi ITS dan mendalami mengenai bidang ekologi laut.