

Desain Prototipe Antifouling Pada Pengembangan Teknologi Pemantauan Untuk Budidaya Laut Di Wakatobi

¹Salasi Wasis Widyanto, ²Ma'muri, ³Nanda Radhitia Prasetiawan

^{1,2,3}Loka Perencanaan Teknologi Kelautan, Jl. Ir. Soekarno No.3, Wakatobi

E-mail: abuyumna26@gmail.com

Abstrak - *Biofouling* adalah penempelan dan akumulasi organisme hidup pada permukaan substrat yang terbenam di laut. Organisme ini dapat saja melekat sementara maupun permanen pada permukaan material yang ditempelinya. Secara alami kehadirannya adalah peristiwa yang wajar dan tidak dianggap sebagai gangguan jika menempel pada substrat alami. Namun kenyataannya penempelan tersebut tidak hanya terjadi pada substrat alami, tetapi juga terjadi pada berbagai sarana kepentingan manusia seperti kapal, dermaga, dan objek lain yang dibenamkan di laut seperti perangkat statis untuk keperluan pemantauan dan pengawasan, baik berbentuk purwarupa (*prototype*) maupun produk jadi (*finish goods*). Diantara piranti pemantauan yang terkena imbas negatif dari *biofouling* adalah *prototype* hasil perencanaan teknologi pemantauan untuk budidaya laut yang diaplikasikan di pesisir pantai Desa Waha, Kabupaten Wakatobi. Penempelan *biofouling* pada *prototype* ini dalam waktu yang relatif singkat menyebabkan kinerja visualisasi kamera dan sistem sensor terganggu. Menjawab latar belakang tersebut, maka dibuatlah desain *prototype* baru sebagai tujuan penelitian ini untuk meminimalisasi pertumbuhan *biofouling*, sehingga permasalahan dapat tereduksi dan lebih memberikan jeda signifikan bagi frekuensi *maintenance*. Alat dan bahan dalam penelitian ini adalah perangkat terdahulu yang terkontaminasi *biofouling* berupa piranti sensor parameter kualitas air laut, *IP Camera*, dan *acrylic housing* dari kedua piranti utama tersebut, serta bahan lamun yang digunakan sebagai bahan pelapis *casings*. Metode yang diterapkan meliputi metodologi perencanaan secara umum yang terdiri dari desain konseptual, eksplorasi, observasi, desain awal, dan desain rinci. Hasil desain menggambarkan *prototype* baru yang telah dilengkapi perangkat berupa *wiper* untuk menghalau *microfouling* dari kepala sensor dan mata kamera serta bahan yang bisa memperlambat dan melindunginya dari penempelan *biofouling* berupa tumbuhan lamun yaitu bahan ramah lingkungan dengan perlakuan sedemikian rupa, sehingga dapat difungsikan sebagai bahan cat *antifouling* untuk melindungi *casings*. Kesimpulannya adalah desain yang dibuat memungkinkan teratasinya gangguan kinerja dari visualisasi kamera dan sistem sensor karena telah tersedianya perangkat dan bahan yang bisa meminimalisasi perkembangan elemen-elemen dari *biofouling*.

Kata Kunci : *antifouling*, *biofouling*, *prototype*, sistem sensor, visualisasi kamera.

1. PENDAHULUAN

Biofouling merupakan hasil dari penempelan dan pertumbuhan berbagai kumpulan tumbuhan dan hewan (Rejeki, 2009). Dalam definisi yang lain *biofouling* diartikan sebagai penempelan dan akumulasi organisme hidup pada permukaan substrat yang terbenam di laut. Istilah ini biasanya mengacu pada organisme stasioner makroskopik seperti makroalga, teritip, kerang, dan sejenisnya yang dapat saja melekat sementara maupun permanen pada permukaan material yang ditempelinya. Keberadaan organisme ini diawali dengan tahap *microfouling* yaitu pembentukan *biofilm* (kolonisasi bakteri dan mikroalga) yang tumbuh berlipat kali secara cepat. Bersama dengan debris dan bahan organik partikulat lainnya, mikroorganisme ini membentuk lapisan tipis pada permukaan benda. Pembentukan *biofilm* pada suatu substrat di perairan membutuhkan waktu-waktu tertentu dalam setiap tahapannya. Bakteri planktonik yang berada di perairan mengalami pengendapan yang berubah-ubah dalam hitungan detik. Selanjutnya bakteri melakukan pelekatan awal pada substrat dalam hitungan menit. Bakteri membentuk koloni dan melekat secara permanen pada substrat akibat produksi eksopolimer, kemudian terjadi maturasi (pematangan biofilm) pertama dalam hitungan jam, diikuti dengan maturasi kedua dalam hitungan minggu. Tahap berikutnya terjadi proses dispersi, yaitu sebagian bakteri siap untuk menyebar dan berkolonisasi di tempat lain. Tahap ini merupakan tahap primer dimana mikroorganisme berperan sebagai perintis bagi organisme penempel berikutnya yang umumnya berukuran lebih besar. Fase penempelan tahap berikutnya ini disebut dengan tahap *macrofouling* yaitu penempelan

makroorganisme (kolonisasi avertebrata dan makroalga) yang bersifat merusak. Hewan dan tumbuhan yang selanjutnya menempel pada substrat tersebut umumnya berasal dari hewan dan tumbuhan yang secara alami hidup menempel (*sessil*) di sekitar lokasi bangunan pada substrat seperti karang dan lain-lain (Ruslan, 2014). Secara alami, kehadiran *biofouling* adalah peristiwa yang wajar dan tidak dianggap sebagai gangguan jika menempel pada substrat alami. Dilihat dari sisi ini, *biofouling* dapat menguntungkan bagi kegiatan budidaya laut, antara lain karena dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami pada budidaya *polycultur*, dapat mengurangi abrasi pada karamba, *macroalga* yang menempel dapat mensuplai oksigen, dan dapat mengurangi kandungan amoniak dalam air karena beberapa *biofouling* secara biologis dapat mengendapkan partikel organik terlarut dari kegiatan budidaya, sehingga dapat merubah atau mendaur-ulang limbah organik/*nutrient* menjadi bentuk lain (Rejeki, 2009). Namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa penempelan tersebut tidak hanya terjadi pada substrat alami, tetapi juga terjadi pada berbagai sarana kepentingan manusia seperti kapal, bangunan pantai seperti dermaga, sumur-sumur bawah tanah, bagian luar dan bagian dalam pipa bawah laut, serta objek lain yang dibanamkan di laut seperti perangkat statis untuk keperluan pemantauan dan pengawasan, baik berbentuk purwarupa (*prototype*) maupun produk jadi (*finish goods*). Diantara piranti pemantauan yang terkena imbas negatif dari *biofouling* adalah *prototype* hasil perekayasa teknologi pemantauan untuk budidaya laut yang diaplikasikan di pesisir pantai Desa Waha, Kabupaten Wakatobi. Penempelan *biofouling* pada perangkat ini dalam waktu yang relatif singkat menyebabkan kinerja visualisasi kamera dan sistem sensor terganggu. Permasalahan ini menjadi latar belakang dibuatnya desain *prototype* baru yang bersifat *antifouling* sebagai tujuan utama dari kegiatan penelitian/perekayasa yang dilakukan. Desain *prototype* baru ini diharapkan bisa meminimalisasi perkembangbiakkan *microfouling* maupun *macrofouling* dalam tahap pertumbuhan *biofouling*, sehingga permasalahan dapat tereduksi dan lebih memberikan jeda signifikan bagi frekuensi *maintenance*.

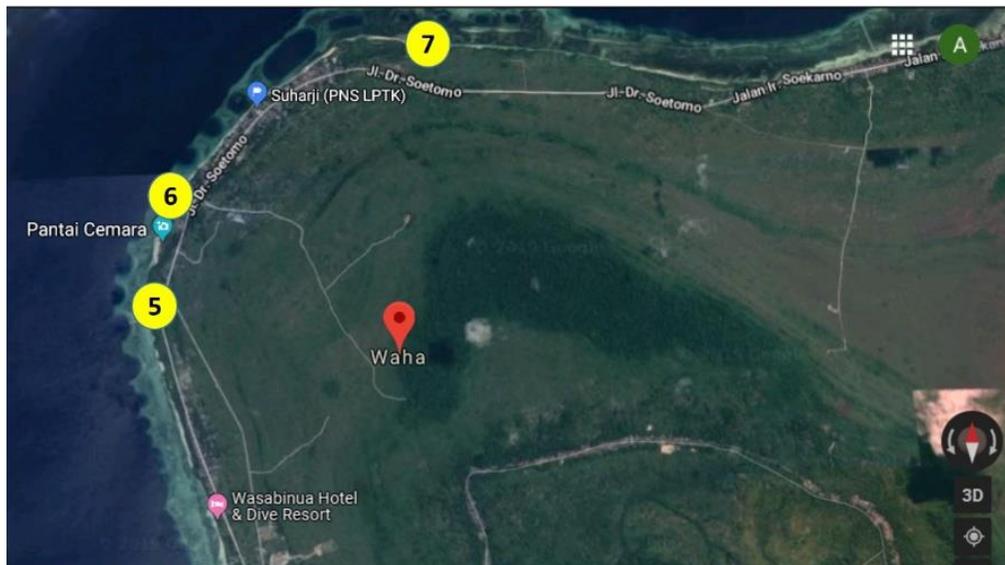
2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian/perekayasa secara keseluruhan dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2016 di Kabupaten Wakatobi, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kegiatan desain konseptual, eksplorasi, desain awal, dan desain rinci dilakukan di Loka Perekayasa Teknologi Kelautan (LPTK). Sedangkan kegiatan observasi dilakukan di pesisir pantai Desa Waha terhadap tumbuhan lamun yang tumbuh subur di area tersebut dan *prototype* terdahulu yang terinstal secara terpadu sebagai paket teknologi pemantauan untuk budidaya laut pada Sarana Budidaya Rumput Laut Lepas Pantai (SARLAN) dan Keramba Jaring Apung (KJA).

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan dalam penelitian ini adalah perangkat terdahulu yang terkontaminasi *biofouling* berupa piranti sensor parameter kualitas air laut, *IP Camera*, dan *acrylic housing* dari kedua piranti utama tersebut, serta bahan lamun yang digunakan sebagai bahan pelapis *casing/housing*. Tumbuhan lamun yang banyak hidup di pesisir pantai Waha (Tabel 1 pada stasiun pengamatan 5, 6, dan 7) diantaranya adalah spesies *Thalassia hemprichii*, *Halodule pinifolia*, *Halophila ovalis*, *Cymodocea rotundata*, dan *Thalassodendron ciliatum*.

Gambar 1. *Prototype* terdahulu yang terkontaminasi *biofouling*

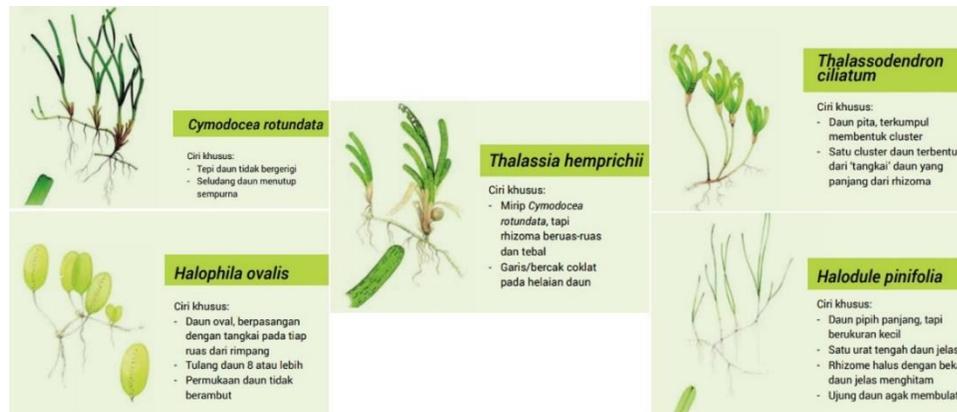
Gambar 2. Lokasi stasiun pengamatan 5, 6, dan 7 di pesisir pantai Waha

Sumber: <https://www.google.com/maps>

Tabel 1. Jenis lamun pada jarak hingga 200 meter tegak lurus pantai pada stasiun-stasiun pengamatan

Jenis Lamun	Stasiun															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
T. hemprichii	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	
E. acoroides	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	
H. pinifolia	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	
H. ovalis	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
S. isoetifolium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C. rotundata	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
C. serrulata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	
T. ciliatum	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
Jumlah jenis	5	1	3	5	5	2	5	5	5	8	5	6	3	2	2	

Sumber: Prosiding Simnas Konservasi Perairan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil 2017 (Makalah SN17PM00043)

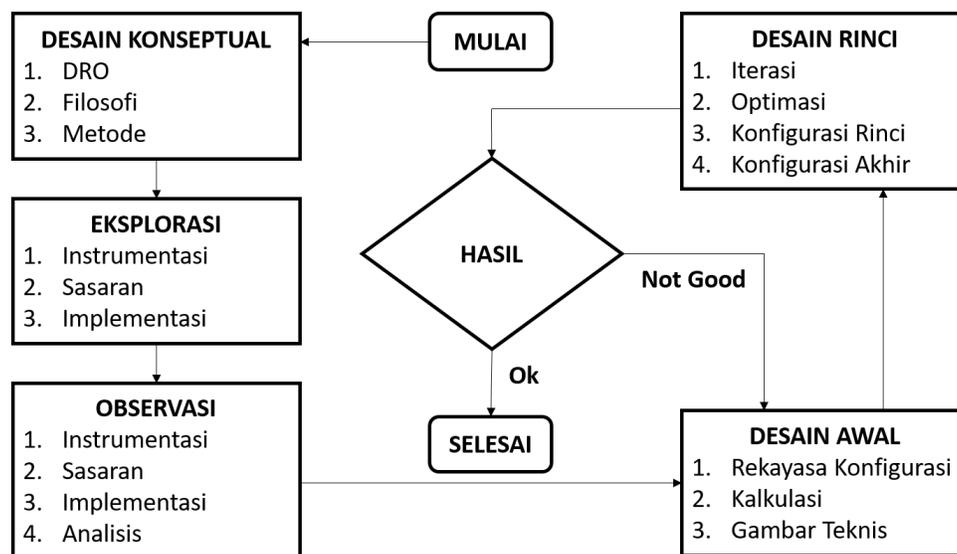


Gambar 3. Spesies lamun yang tumbuh di pesisir pantai Waha

Sumber: <http://www oseanografi.lipi.go.id>

2.3. Metode

Metode yang diterapkan meliputi metode perancangan secara umum yang terdiri dari desain konseptual, eksplorasi, observasi, desain awal, dan desain rinci. Metode tersebut secara ringkas dapat diilustrasikan dalam diagram alir pada gambar 2.



Gambar 3. Diagram alir metode perancangan desain *prototype* antifouling

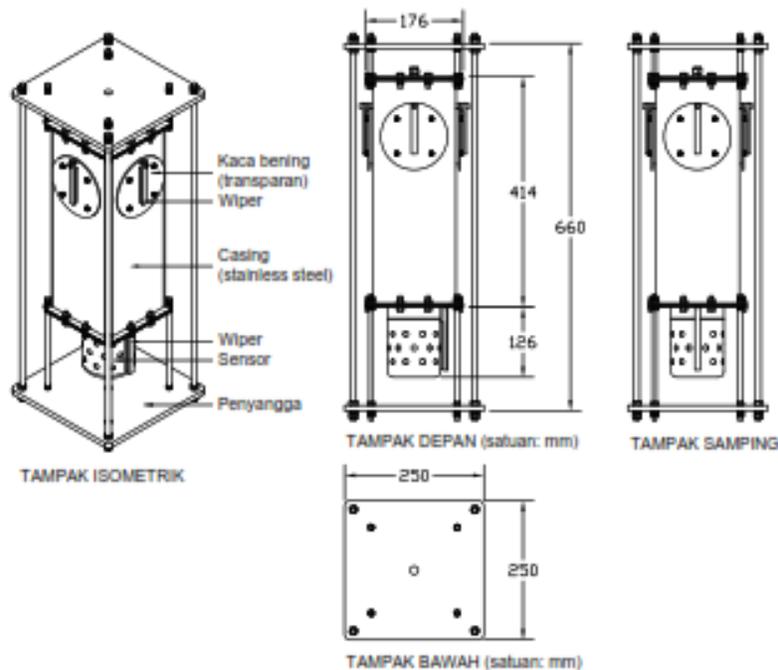
Sumber: Juknis Jabfung Perakayasa BPPT

Desain konseptual yang dilakukan meliputi penetapan tujuan dan kebutuhan desain, menyusun filosofi rancang bangun, dan menetapkan metode yang digunakan. Kegiatan eksplorasi meliputi penetapan instrumentasi eksplorasi, sasaran eksplorasi, dan pelaksanaan eksplorasi itu sendiri. Kegiatan observasi juga meliputi penetapan instrumentasi observasi, penetapan sasaran observasi, pelaksanaan observasi, dan analisis data observasi. Dalam tataran desain terbagi menjadi desain awal dan desain rinci. Desain awal meliputi perancangan bentuk konfigurasi,

kalkulasi kinerja awal, dan membuat gambar teknis. Sedangkan desain rinci meliputi pelaksanaan iterasi hasil desain awal, optimasinya, pelaksanaan konfigurasi desain rinci dan penetapannya.

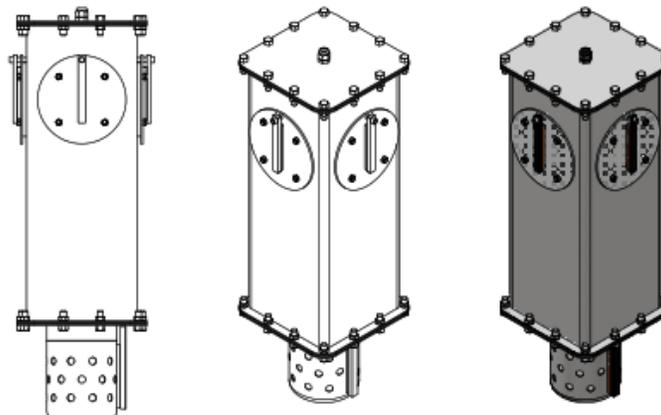
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil



Gambar 4. Desain awal/gambar teknis *prototype antifouling*

Hasil desain menggambarkan *prototype* baru yang telah dilengkapi perangkat berupa *wiper* untuk menghalau *microfouling* dari kepala sensor dan mata kamera serta bahan yang bisa memperlambat dan melindunginya dari penempelan *biofouling* berupa tumbuhan lamun yaitu bahan ramah lingkungan dengan perlakuan sedemikian rupa, sehingga dapat difungsikan sebagai bahan utama cat *antifouling* untuk melindungi badan *casing*, wiper blade, arm wiper, dan penutup kepala sensor.



Gambar 4. Desain rinci/final *prototype antifouling*

3.2. Pembahasan

Biofouling merupakan masalah utama yang dihadapi pada kegiatan budidaya laut, terlebih lagi apabila didukung kondisi laut yang memiliki perairan yang dangkal, arus lemah, temperatur yang sesuai, dan tersedianya nutrisi yang cukup di perairan (Rejeki, 2009). Berbagai upaya untuk mencegah dan menghilangkan *biofouling* terus dikembangkan. Diantara metode yang dipakai adalah metode pengerokan. Metode ini merupakan metode klasik yang sangat tidak efektif dan sudah banyak ditinggalkan. Metode inipun sempat dilakukan pada *prototype* alat pemantau budidaya laut terdahulu setelah diinstal di kedalaman empat meter di bawah permukaan air laut selama kurang lebih dua bulan. Namun proses pengerokan tidak bisa maksimal akibat penempelan *biofouling* telah membandel, sehingga sulit dihilangkan dan menyisakan bercak-bercak. Di sisi lain, sistem kamera dan sensorpun sudah terganggu dan sulit untuk dipulihkan kembali.

Selain metode pengerokan, mulai pertengahan tahun 1800, telah dikembangkan cat *antifouling* yang mengandung tembaga sebagai pelindung terhadap organisme penempel. Penggunaan cat ini memiliki masa waktu yang pendek walaupun telah banyak inovasi yang dilakukan selama beberapa dekade, namun belum ada cat yang mampu bertahan lebih dari 1,5 tahun. Cat tembaga modern memiliki daya tahan yang lebih baik yaitu sampai 4 tahun, tetapi setelah itu perlu dilakukan pengecatan ulang. Periode berikutnya, tepatnya tahun 1960 muncul cat *antifoulant* yang komponen utamanya adalah logam berat seperti, *TBT (tri-n-butyl tin)*. Sayangnya, belakangan ini banyak penelitian telah membuktikan bahwa senyawa *TBT* tidak hanya toksik terhadap biota penempel tetapi juga membahayakan berbagai organisme non-target lainnya (Estika, 2010). Berdasarkan fakta tersebut, maka penggunaan cat *antifouling* yang mengandung tembaga, arsen, *organo-mercury*, *DDT*, timah, maupun *TBT* tidak memungkinkan lagi diterapkan pada desain *prototype* baru yang akan dikembangkan, karena bisa memberikan efek negatif dan kemunduran bagi upaya perlindungan dan konservasi kelautan dan perikanan. Padahal *prototype* itu sendiri dibuat untuk membantu pemantauan kualitas air di sekitar budidaya laut sebagai salah satu upaya monitoring tingkat pencemaran air laut yang akan mempengaruhi budidaya laut yang dikembangkan.

Pilihan cat *antifouling* berbahan dasar ramah lingkungan merupakan pilihan wajib yang tidak boleh tidak harus diimplementasikan. Oleh karena itu, produk alami *antifoulant (Natural Product Antifoulant* atau *NPA*) sebagai alternatif *antifouling* alami pengganti *TBT* yang telah banyak diteliti dan dikembangkan, diupayakan menjadi pilihan utama untuk diaplikasikan. Diantara produk alami *antifoulant* adalah karang lunak yakni salah satu avertebrata laut yang telah dikenal memiliki kemampuan *antifouling*. Produk alami lainnya yang dimungkinkan bisa dimanfaatkan sebagai *antifoulant* adalah bakteri yang menempel pada permukaan avertebrata laut, bakteri simbiosis dari tumbuhan lamun, atau tumbuhan lamun itu sendiri. Dalam skala kecil, pemanfaatan avertebrata laut maupun tumbuhan lamun secara langsung masih bisa ditolerir. Namun dalam skala besar, ketersediaan avertebrata laut akan semakin langka. Jika kita melakukan produksi bahan-bahan tersebut dari tumbuhan lamun, maka kita akan memerlukan suplai biomas lamun dalam jumlah banyak secara kontinyu. Hal yang mengkhawatirkan adalah terjadinya masalah suplai biomas lamun tersebut. Maka hal itu jika dilaksanakan dapat mengundang terjadinya permasalahan baru berupa eksploitasi berlebihan terhadap keberadaan lamun, padahal kita ketahui bahwa ekosistem lamun merupakan ekosistem tempat kehidupan banyak organisme laut. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan upaya eksplorasi terhadap tumbuhan lamun tanpa melakukan pengrusakan terhadap komunitas lamun itu sendiri (Marhaeni, 2011).

Mengingat di sepanjang pesisir pantai Waha, Kabupaten Wakatobi terdapat beberapa jenis lamun, maka perlu dikembangkan cat *antifouling* ramah lingkungan dengan bahan utama lamun.

Berdasarkan pengamatan, tumbuhan lamun yang ada di kawasan ini ada lima jenis, yaitu *Thalassia hemprichii*, *Halodule pinifolia*, *Halophila ovalis*, *Cymodocea rotundata*, dan *Thalassodendron ciliatum*. Kondisi lamun paling baik dari tiga stasiun yang diamati meskipun tutupan lamun termasuk kategori sedang adalah stasiun pengamatan 7. Sementara di dua stasiun pengamatan lainnya kebanyakan mengalami tekanan dari aktivitas manusia karena dekat dengan daerah pemukiman penduduk dan merupakan area pariwisata. Sebagian aktivitas penambangan pasir juga terjadi di stasiun pengamatan 5. Namun di stasiun ini juga terdapat daerah perlindungan laut (DPL), sehingga kuantitas penambangan pasir mulai dikurangi dan dibatasi.

Tabel 2. Hasil identifikasi kandungan golongan senyawa lamun jenis *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii*

Uji Fitokimia	n-heksana (non polar)		Metanol (polar)	
	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>
Alkaloid	-	+	+	+
Steroid	-	+	-	+
Flavonoid	+	+	+	+
Saponin	-	-	-	-
Molisch	-	-	-	-
Benedict	+	+	+	+
Biuret	-	-	-	-
Ninhidrin	-	-	+	+

(+) Mengandung golongan senyawa yang diuji

(-) Tidak mengandung golongan senyawa yang diuji

Sumber: Tesis Sekolah Pascasarjana IPB 2013 (Citra Satrya Utama Dewi)

Pemanfaatan tumbuhan lamun sebagai bahan *antifouling* yang dirancang dalam desain ini disesuaikan dengan kondisi degradasi lamun yang terjadi. Oleh karena itu, dipilihlah tumbuhan lamun yang berada di stasiun pengamatan 7 dengan pertimbangan bahwa tingkat degradasinya paling kecil dan kebutuhan lamun yang diperlukan hanya dalam skala kecil. Langkah berikutnya adalah pemilihan tumbuhan lamun yang akan digunakan sebagai bahan utama cat *antifouling*.

Tabel 3. Hasil penapisan fitokimia simplisia dan ekstrak *Cymodocea rotundata*

No.	Golongan Senyawa	Simplisia	Ekstrak etanol 95%
1	Alkaloid	+	+
2	Tannin	+	+
3	Flavonoid	+	+
4	Kuinon	+	+
5	Saponin	-	-
6	Monoterpen/Seskuiterpen	+	+
7	Steroid/Triterpenoid	+	+
8	Senyawa Polifenol	+	+

(+) Teridentifikasi

(-) Tidak teridentifikasi

Sumber: Prosiding Penelitian SPeSIA Unisba 2015 (Rian Trilaksana Putra et al.)

Berdasarkan Tabel 1, spesies lamun di stasiun pengamatan 7 terdiri dari 5 jenis seperti yang telah disebutkan. Sedangkan spesies yang banyak diteliti kandungan *antifouling*nya di Indonesia dan ada di tiga stasiun pengamatan Waha mengerucut hanya pada tiga jenis lamun yaitu *Thalassia*

hemprichii, *Cymodocea rotundata*, dan *Thalassodendron ciliatum*. *Thalassia hemprichii* diketahui memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti *flavonoid*, *alkaloid*, *tanin*, *steroid* dan *fenol* yang cukup tinggi (Uly et al., 2016). Lamun *Cymodocea rotundata* memiliki senyawa *flavonoid* dan *fenolik* yang bersifat antioksidan (Puspasari et al., 2016). Senyawa metabolit sekunder yang berhasil dideteksi pada lamun *Thalassodendron ciliatum* adalah *saponin*, *tanin*, *triterpenoid* dan *steroid*.

Tabel 4. Hasil uji fitokimia Ekstrak Lamun *Thalassodendron ciliatum*

Uji fitokimia	Ekstrak			Reaksi Positif
	Metanol (polar)	Kloroform (semi polar)	N-Heksana (non polar)	
Alkaloid				
• Dragedroff	-	-	-	Endapan merah atau jingga
• Wagner	-	-	-	Endapan putih kekuningan
• Meyer	-	-	-	Endapan coklat
Flavonoid	-	-	-	Lapisan amil alkohol berwarna merah/kuning/hijau
Saponin	+	+	-	Membentuk buih
Tanin	+	-	-	Warna hijau kebiruan/hijau kehitaman
Triterpenoid dan Steroid	+	+	-	Perubahan dari merah menjadi hijau biru

Ket. : (+) Reaksi Positif (-) Reaksi Negatif

Sumber: Jurnal Universitas Maritim Raja Ali Haji 2014 (Fajarullah et al., 2014)

Alkaloid memiliki banyak manfaat farmakologi termasuk efek anti-hipertensi (*indole alkaloid*), efek anti-aritmia (*quinidine*, *spariein*), aktivitas anti-malaria (*kina*), dan aktivitas anti-kanker (*indole dimer*, *vincristine*, *vinblastin*). *Flavonoid* memiliki banyak khasiat bermanfaat, mengandung aktivitas anti-inflamasi, penghambatan enzim, aktivitas antimikroba, aktivitas *estrogenik*, aktivitas anti-alergi, aktivitas antioksidan, aktivitas vaskular, dan aktivitas *sitotoksik* antitumor. *Saponin* memiliki sifat anti-kanker, mempengaruhi secara signifikan pertumbuhan, konsumsi pakan, dan reproduksi pada hewan. Senyawa yang memiliki struktur beragam ini mampu membunuh protozoa dan moluska, bisa menjadi antioksidan, dapat mengurangi pencernaan protein dan penyerapan vitamin dan mineral dalam usus, menyebabkan hipoglikemia, dan bertindak sebagai anti-jamur dan anti-virus. *Tanin* digunakan dalam industri zat warna sebagai *caustic* untuk pewarna *kationik* (*tanin* pewarna), dan juga dalam produksi tinta. Dalam industri makanan, *tanin* digunakan untuk memjernih anggur, bir, dan jus buah. Kegunaan skala industri lainnya dari *tanin* termasuk didalamnya pewarna tekstil, yaitu seperti anti-oksidan dalam industri jus buah, bir, dan anggur serta sebagai *koagulan* dalam produksi karet (Saxena et al, 2013). *Triterpenoid* termasuk didalamnya *steroid*, *sterol* dan *glikosida* jantung memiliki khasiat anti-inflamasi, penenang, insektisida atau aktivitas *sitotoksik* (Doughari, 2011). Kegunaan dari senyawa ini untuk manusia biasanya, terpenoid seperti minyak atsiri sebagai dasar wewangian, rempah-rempah serta sebagai cita rasa dalam industri makanan. Sedangkan *steroid* biasanya digunakan dalam bahan dasar pembuatan obat untuk meningkatkan stamina tubuh (Sari, 2013).

Berdasarkan manfaat dan fungsi dari masing-masing senyawa metabolit sekunder yang umumnya terdapat pada tumbuhan lamun sebagaimana dideskripsikan di atas, *flavonoid* dan *saponin* cenderung merupakan bahan dasar utama yang bisa digunakan sebagai *antifouling*. Oleh karena itu, berdasarkan data pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 disimpulkan bahwa *Thalassia*

hemprichii dan *Cymodocea rotundata* sama-sama memiliki kandungan *flavonoid* dan tidak memiliki kandungan *saponin*, sedangkan *Thalassodendron ciliatum* hanya memiliki *saponin*, tetapi tidak memiliki *flavonoid*. Ketersediaan lamun jenis *Thalassia hemprichii* di sepanjang pesisir pantai Waha, khususnya di stasiun pengamatan 5, 6, dan 7 menempati urutan teratas, sehingga menjadi pertimbangan yang paling mungkin untuk menjatuhkan pilihan pada tumbuhan lamun jenis ini guna dijadikan bahan utama cat *antifouling*.

Upaya lain untuk mengatasi masalah *biofouling* pada *prototype* alat pemantau untuk budidaya laut terdahulu adalah sistem *wiper*. Teknologi *wiper* yang diaplikasikan dalam desain *prototype* yang baru, mengadopsi dari teknologi *wiper* mobil. *Wiper* mobil memiliki fungsi utama sebagai pembersih kaca, baik itu kaca depan maupun kaca belakang, tergantung dimana alat tersebut terpasang. Alat ini tidak hanya sekedar berguna untuk membersihkan benda apa saja yang menempel di kaca dan mengganggu pandangan saat berkendara. Saat musim hujan, *wiper* dapat membantu membersihkan kaca dari tetesan air. Dengan begitu, kaca menjadi bersih dan pandangan tidak terganggu (Lestari, 2018).

Adapun implementasi *wiper* pada *prototype* hasil desain berfungsi sebagai penghalau bibit *biofouling* (*biofilm* atau *microfouling*) yang menempel pada permukaan kaca di depan mata kamera maupun yang menempel pada penutup kepala multi sensor. Dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler dan catu daya dari perangkat utama pengendali sensor dan *IP Camera* yang sudah ada, teknologi *wiper* ini dapat diterapkan pada *prototype* baru hasil desain dengan menambahkan motor servo yang bisa diprogram oleh mikrokontroler. Motor servo ditempatkan di dalam *casing*, sedangkan *wiper* dipasang di bagian luarnya agar mudah dalam melakukan penggantian karet *wiper*. Mekanisme kerja sistem *wiper* ini dilakukan secara otomatis dalam periode waktu tertentu menggunakan *timer*. *Wiper* yang ditempatkan di luar *casing* terdiri dari bagian *blade wiper* dan *arm wiper*. Bahan material *blade wiper* dan *arm wiper* dipilih dari *stainless steel* tipe 316 untuk menghindari korosi oleh air laut, lalu bagian luarnya dilapisi dengan cat *antifouling* alami berbahan dasar lamun untuk mengurangi efek negatif *biofouling*. Badan *casing* pada desain *prototype* baru ini, secara keseluruhan juga dilapisi dengan cat *antifouling* dengan bahan dasar tersebut. Demikian pula dengan bagian penutup kepala sensornya. Melalui perlakuan ini, diharapkan celah untuk *biofouling* tumbuh pada alat semakin kecil dan memudahkan proses *maintenance* yang dilakukan secara berkala dalam jeda waktu yang tidak terlalu singkat.

4. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Kesimpulan yang dapat diambil adalah desain yang dibuat memungkinkan teratasnya gangguan kinerja dari visualisasi kamera dan sistem sensor pada *prototype* yang baru, sehingga permasalahan yang timbul pada *prototype* terdahulu tidak terulang kembali. Hal ini karena *prototype* yang baru telah menyematkan perangkat berupa *wiper* pada mata kamera dan penutup kepala sensor yang berfungsi menyapu cikal bakal *biofouling* (*biofilm* dan *microfouling*). Selain itu, *prototype* tersebut juga dilapisi oleh cat *antifoulant* dari bahan utama lamun sebagai mantel *antifouling* pada badan *casing*, *wiper blade*, *wiper arm*, dan penutup kepala sensor yang bisa meminimalisasi perkembangbiakan elemen-elemen *microfouling* dan *macrofouling* dari *biofouling*.

5. DAFTAR PUSTAKA

Doughari, J. H. (2012). Phytochemicals: Extraction Methods, Basic Structures and Mode of Action as Potential Chemotherapeutic Agents. *Phytochemicals - A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*, 1-32. Intech. Diakses dari http://cdn.intechopen.com/pdfs/32936/InTech-Phytochemicals_extraction_methods_basic_structures_and_mode_of_action_as_potential_chemotherapeutic_agents.pdf

- Estika, A. (2010). *Penanggulangan Biofouling di Dasar Kapal- Organisme Laut Penghasil Antifoulant Pengganti TBT (Tri-n-butyl tin)*. Diakses dari <https://www.scribd.com/doc/48990981/Penanggulangan-Biofouling-di-Dasar-Kapal>
- Fajarullah, A., Irawan, H., & Pratomo, A. (2014). Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder Lamun *Thalassodendron ciliatum* Pada Pelarut Berbeda. *Jurnal Universitas Maritim Raja Ali Haji*. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/313396900_Ekstraksi_Senyawa_Metabolit_Sekunder_Lamun_Thalassodendron_ciliatum_Pada_Pelarut_Berbeda
- Hernawan, U.E. et al. (2017). *Status Padang Lamun Indonesia 2017*. Diakses dari <http://www.oseanografi.lipi.go.id/haspen/booklet%20status%20lamun%202017.pdf>
- Marhaeni, B. (2011). *Potensi Bakteri Symbion Tumbuhan Lamun Sebagai Penghambat Terjadinya Biofouling Di Laut*. Tesis, Institut Pertanian Bogor. Diakses dari <https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/55177/1/2011bma.pdf>
- Lestari, N. (2018). Automatic Wiper Menggunakan Rain Sensor Pada Pt. Nusa Sarana Citra Bakti Lubuklinggau. *JUSIKOM, Vol 3 No.1, Juni 2018*, 10-21. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/328805016_Automatic_Wiper_Menggunakan_Rain_Sensor_Pada_Pt_Nusa_Sarana_Citra_Bakti_Lubuklinggau.
- Prasetiawan, N.R. (2017). Ancaman Kerusakan Habitat Lamun Di Pulau Wangi-Wangi, Wakatobi. *Prosiding Simposium Nasional Konservasi Perairan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil 2017 (Makalah SN17PM00043)*.
- Puspasari, A.R., Dewi, E.N., & Rianingsih, L. (2017). Aplikasi Antioksidan dari Ekstrak Lamun (*Cymodocea rotundata*) pada Minyak Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*). *AGRITTECH, Vol. 37, No. 2, Mei 2017, 115-120* DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.25324>.
- Puspitasari, R. (2016). Evaluasi Penggunaan Ekstrak Lamun Sebagai Bahan Aktif Antifouling Terhadap Produsen Perairan. *J. Segara Vol. 12 No. 1, April 2016*, 45-51. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/305393696_Evaluasi_Penggunaan_Ekstrak_Lamun_Sebagai_Bahan_Aktif_Antifouling_Terhadap_Produsen_Perairan.
- Putra, R.T., Lukmayani, Y., & Kodir, R.A. (2015). Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavoid dalam Tumbuhan Lamun *Cymodocea Rotundata Ehrenberg & Hemprich Ex Ascherson*. *Prosiding Penelitian SPeSIA Unisba 2015*, 444-450. Diakses dari <http://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/farmasi/article/viewFile/1986/pdf>
- Rahmawati, U., Agustini, T.W., & Romadhon. (2016).. Kajian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Thalassia Hemprichii*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus* dan *Escherichia Coli*. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan, Juni 2016*, 466-473. Diakses dari [http://eprints.undip.ac.id/51350/1/54._\(D\)_ULY_RAHMAWATI-Kajian_Aktivitas_Antibakteri_Ekstrak_Lamun_Thalassia_hemprichii_terhadap_Bakteri_Staphylococcus_aureus_dan_Escherichia_coli.pdf](http://eprints.undip.ac.id/51350/1/54._(D)_ULY_RAHMAWATI-Kajian_Aktivitas_Antibakteri_Ekstrak_Lamun_Thalassia_hemprichii_terhadap_Bakteri_Staphylococcus_aureus_dan_Escherichia_coli.pdf)
- Rejeki, S. (2009). Suksesi Penempelan Makro Marine-biofouling Pada Jaring Karamba Apung di Teluk Hurun Lampung. *Ilmu Kelautan : Indonesian Journal of Marine Sciences, Volume 14(2)*, 112-117. Diakses dari <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijms/article/viewFile/291/188>
- Ruslan, A.F. (2014). *Kepadatan dan Keragaman Macrobiofouling pada Dermaga Beton dan Dermaga Kayu di Pulau Balanglombo. Kec. Mattiro Sompe. Kab. Pangkep*. Skripsi, Universitas Hasanuddin. Diakses dari <https://core.ac.uk/download/pdf/25495889.pdf>
- Saxena, M., Saxena, J., Singh, D. & Gupta, A. (2013). Phytochemistry of Medicinal Plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry Volume 1 Issue 6* : 168-182. Diakses dari <http://www.phytojournal.com/archives/2013/vol1issue6/PartA/26.pdf>
- Sari, D. W. S. (2013). *Potensi Lamun Enhalus acoroides dan Thalassia hemprichii dari Perairan Pulau Pramuka Kepulauan Seribu Sebagai Antioksidan dan Aktivitasnya dalam Menghambat Pembentukan Peroksida*. Skripsi, Universitas Padjadjaran. http://media.unpad.ac.id/thesis/230210/2009/230210090060_c_4251.pdf
- Tim Pembina Jabatan Fungsional Perakayasa BPPT. (2016). *Petunjuk Teknis Jabatan Fungsional Perakayasa dan Angka Kreditnya*. Jakarta : Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Ulfa, S., Anggo, A.D., & Romadhon. (2014). Uji Potensi Aktivitas Antioksidan Dengan Metode Ekstraksi Bertingkat Pada Lamun Dugong (*Thalassia Hemprichii*) Dari Perairan Jepara. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan Volume 3, Nomor 3*, 32-39. Diakses dari <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jpbhp/article/view/5405>.