

Studi Eksperimen Laju Pertumbuhan *Biofouling* Pada Pelat Baja Dan Aluminium Dengan Lapisan Pelindung Lilin Dan Minyak Di Pantai Boom Banyuwangi

Alfi Handariatul Masruroh^{1*)}, Roro Dwi Anugraini Puspitasari²⁾,
Wazirotus Sakinah³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan, Universitas Jember, Jember

*Email 1919110701002@unej.ac.id

Abstract

Indonesia is a maritime country with a tropical climate and has various biofouling species. The existence of fouling in a marine structure has a large impact on losses if it is not addressed immediately. Antifouling is needed to overcome the presence of fouling. Various development efforts to inhibit, prevent and eliminate biofouling continue to be made. Generally, the method used by the public is by using commercial antifoulant protective paints with heavy metal main components such as TBT (tri-n-butyl tin). However, currently various studies have proven that TBT compounds are not only toxic to biofouling biota but also harmful to other marine organisms. Further research is needed to find antifouling alternatives that do not contain toxic compounds and are more environmentally friendly. This study was designed to determine the growth rate of marine growth in steel and aluminum plate materials at Boom Banyuwangi Beach by using a protective coating in the form of oil and wax. From the results of the research designed, it can be analyzed the efficiency of using protective layers of oil and wax with steel and aluminum materials on the growth rate of marine growth according to the conditions of the waters of Boom Banyuwangi Beach. The use of oil protectors on steel and aluminum test specimens resulted in more efficient results in inhibiting the growth rate of biofouling than the use of wax protectors.

Keywords: Marine growth, Anti-fouling, Aluminum, Steel.

Abstrak

Indonesia merupakan negara maritim beriklim tropis dan memiliki spesies *biofouling* yang beraneka ragam. Keberadaan *fouling* pada suatu struktur laut membawa dampak kerugian yang besar jika tidak segera diatasi. Diperlukan *antifouling* untuk mengatasi adanya *fouling*. Berbagai upaya pengembangan untuk menghambat, mencegah dan menghilangkan *biofouling* terus dilakukan. Umumnya cara yang digunakan masyarakat dengan menggunakan cat pelindung *antifoulant* komersial dengan komponen utama logam berat seperti TBT (*tri-n-butyl tin*). Namun saat ini berbagai penelitian telah membuktikan bahwa senyawa TBT tidak hanya beracun terhadap biota *biofouling* akan tetapi juga membahayakan organisme laut lainnya. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan alternatif *antifouling* yang tidak mengandung senyawa beracun dan lebih ramah lingkungan. Penelitian ini dirancang untuk mengetahui laju pertumbuhan *marine growth* pada material pelat baja dan aluminium di Pantai Boom Banyuwangi dengan menggunakan lapisan pelindung berupa minyak dan lilin. Dari hasil penelitian yang dirancang dapat dianalisis efisiensi penggunaan lapisan pelindung minyak dan lilin dengan material baja maupun aluminium terhadap laju pertumbuhan *marine growth* sesuai dengan kondisi perairan Pantai Boom Banyuwangi. Penggunaan pelindung minyak pada spesimen uji baja dan aluminium diperoleh hasil lebih efisien dalam menghambat laju pertumbuhan *biofouling* dibandingkan penggunaan pelindung lilin.

Kata Kunci: Marine growth, Anti-fouling, Aluminium, Baja.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki iklim tropis dan memiliki spesies *biofouling* yang beraneka ragam. Pertumbuhan *biofouling* diawali dengan terbentuknya *biofilm* pada bagian permukaan kapal yang tercelup pada air laut dengan waktu yang cepat. Pada pertumbuhan awal ini terdiri dari molekul organik dan bakteri, kemudian didukung adanya mikroorganisme lain dan hewan yang berukuran lebih besar seperti tiram dan teritip [1]. *Biofouling* berupa akumulasi pertumbuhan dari organisme laut yang hidup menempel pada suatu material terendam pada air laut. Berdasarkan ukurannya *biofouling* terbagi menjadi dua, *mikrofoouling* yaitu penempelan organisme berukuran kecil seperti bakteri dan alga. Sedangkan *makrofoouling* berupa penempelan organisme yang memiliki ukuran lebih besar seperti remis, teritip, dan cacing *polychaeta*. Pertumbuhan dan perkembangan *biofouling* berlangsung secara cepat pada konstruksi buatan yang terendam air. Akumulasi *biofouling* yang berkelanjutan pada bidang transportasi laut mampu menimbulkan kerugian baik secara ekonomis maupun operasional [2].

Biofouling merupakan hasil dari adanya penempelan organisme *fouling* pada struktur lingkungan laut dan menjadi suatu permasalahan besar bagi industri kelautan. Penempelan organisme *fouling* dapat menimbulkan kerugian yang besar, salah satunya memperpendek masa pakai dari suatu struktur di laut seperti dermaga, kapal, pancang ataupun struktur penyangga bangunan lepas pantai. Hal tersebut semakin serius jika proses penempelan organisme *fouling* terakselerasi dengan adanya biokorosi serta kerusakan struktur kayu karena aktivitas “*wood borers*” [3]. Keberadaan biota laut (*marine growth/ marine biofouling*) sulit diprediksi dan dihindarkan pengaruhnya dalam struktur bangunan lepas pantai. Biota laut memiliki pengaruh yang tidak mengutungkan jika ditinjau dari kekuatan strukturnya. Dimana keberadaan *marine growth* atau *marine biofouling* pada suatu struktur *platform* dapat menyebabkan struktur menjadi lebih berat [4,5].

Keberadaan *fouling* pada suatu struktur laut membawa dampak kerugian yang besar jika tidak segera diatasi. Oleh karena itu, diperlukan *antifouling* guna mengatasi hal tersebut. Berbagai upaya pengembangan untuk menghambat, mencegah dan menghilangkan *biofouling* terus dilakukan. Umumnya cara yang digunakan masyarakat

adalah dengan menggunakan cat pelindung *antifoulant* komersial dengan komponen utama berupa logam berat seperti TBT (*tri-n-butyl tin*). Namun saat ini berbagai penelitian telah membuktikan bahwa senyawa TBT tidak hanya beracun terhadap biota *biofouling* akan tetapi juga membahayakan organisme laut lainnya[2]. Oleh karena itu, diperlukan alternatif untuk menemukan *antifouling* yang tidak mengandung senyawa beracun dan lebih ramah lingkungan dibandingkan senyawa TBT.

Berdasarkan penjelasan diatas maka dirancang penelitian untuk mengetahui laju pertumbuhan *marine biofouling* atau *marine growth* pada material pelat baja dan aluminium di Pantai Boom Banyuwangi dengan menggunakan lapisan pelindung berupa minyak dan lilin. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan mengenai laju pertumbuhan *marine biofouling* atau DGR (*Daily Growth Rate*), hal yang diukur berupa laju pertumbuhan relatif. Dari hasil penelitian yang dirancang dapat dianalisis efisiensi penggunaan lapisan pelindung berupa minyak dan lilin menggunakan material baja maupun aluminium terhadap laju pertumbuhan *marine growth* sesuai dengan kondisi perairan Pantai Boom Banyuwangi.

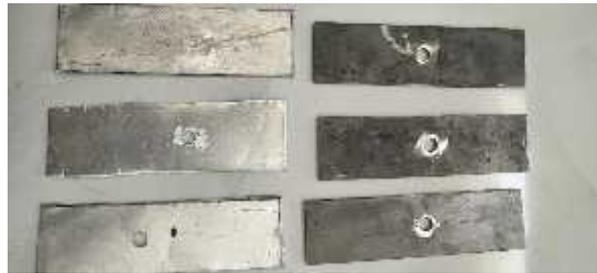
2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian yang dilakukan terlaksana pada bulan Oktober hingga November 2022, selama kurang lebih 1,5 bulan yang berlokasi di Pantai Boom Marina, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur.

Peralatan dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam melakukan eksperimen ini yaitu pelat baja dan aluminium dengan ukuran 30×100 mm dengan jumlah satu pasang pada masing-masing material, timbangan digital, pipa, mur dan baut juga kamera untuk menangkap gambar laju pertumbuhan *marine growth* atau *marine biofouling* pada spesimen. Bahan yang digunakan sebagai variabel bebas pada penelitian ini adalah minyak dan lilin.



Gambar 1. Spesimen Uji

Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan ialah eksperimental lapang, dimana data diperoleh melalui percobaan serta pengujian di lapangan. Percobaan ini akan dilakukan pengamatan terhadap spesimen uji yang direndam pada air laut selama kurang lebih 1,5 bulan, setelah itu dilakukan pengambilan data mengenai laju pertumbuhan *marine growth* atau *marine biofouling* yang menempel pada material uji. Spesimen yang digunakan berukuran 30×100 mm dengan masing-masing jenis spesimen ditambahkan minyak dan lilin, sehingga pada penelitian ini akan membandingkan bagaimana pengaruh pengaplikasian minyak dan lilin terhadap pertumbuhan *marine growth* atau *marine biofouling*.

Pembuatan Spesimen Uji

Tahapan awal penelitian dilakukan dengan pembuatan spesimen uji termasuk pembuatan media untuk peletakan spesimen uji pada saat melakukan perendaman. Bahan yang digunakan yaitu pipa PVC beserta mur dan baut. Selain itu, dilakukan pengukuran dan pemotongan spesimen uji dengan ukuran lebar 30 mm dan panjang 100 mm. Setelah dilakukan pemotongan, maka dilakukan pengeboran atau pelubangan pada spesimen uji di daerah *center* (titik tengah) guna meletakkan mur dan baut yang berfungsi sebagai pengikat antara spesimen dengan pipa pvc yang merupakan media pengujian. Spesimen uji diberikan variasi lapisan pelindung menggunakan minyak dan juga lilin pada salah satu sisi pelat spesimen uji, dimana sisi pelat yang tidak diberikan lapisan pelindung berfungsi sebagai variabel kontrolnya.

Pemasangan Spesimen Uji

Dalam melakukan eksperimen, spesimen pelat aluminium dan pelat baja diletakkan pada pipa alat uji menggunakan baut dan dicelupkan pada air laut selama kurang lebih 1,5 bulan perendaman. Sebelum dilakukan perendaman, spesimen uji dilakukan

penimbangan terlebih dahulu untuk mengetahui bobot awal. Bobot awal pada eksperimen ini terdapat dua yaitu berat kering dan berat basah. Dimana berat kering adalah bobot awal spesimen sebelum dilakukan perendaman dan berat basah merupakan bobot awal spesimen setelah dilakukan perendaman 1×24 jam.



Gambar 2. Pemasangan Spesimen Uji

Perendaman Spesimen Uji

Perendaman spesimen uji dilakukan dalam kurun waktu kurang lebih 1,5 bulan pada pantai Boom Marina, Banyuwangi, Jawa Timur. Perendaman dilakukan setelah pemastian bahwa mur dan baut telah terpasang dengan baik sehingga spesimen dapat terikat dengan baik dengan media pengujian (pipa pvc).

Pengambilan Data Spesimen Uji

Pengambilan data yang dilakukan pada spesimen uji meliputi pengambilan gambar sebagai bukti hasil observasi yang dilakukan dan penimbangan guna mengetahui berat dari spesimen uji yang nantinya data tersebut digunakan untuk mengetahui nilai pertumbuhan laju *marine growth* atau *marine biofouling*. Pengambilan data ini dilakukan setiap 3 minggu sekali, yang dimana pengambilan data ini dilakukan sebanyak 3 kali pada minggu pertama, ketiga dan keenam.

Perhitungan Nilai Laju Tumbuh

Berdasarkan perolehan data eksperimen yang dilakukan dari awal hingga akhir, selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menghitung laju pertumbuhan *marine growth* atau *marine biofouling* menggunakan pendekatan rumus DGR (*Daily Growth Rate*) seperti berikut [6,5]:

$$DGR = \frac{W_t - W_0}{T} \quad (1)$$

Dimana:

DGR : Laju pertumbuhan harian

W_0 : Berat awal (gram)

W_t : Berat akhir penelitian (gram)

T : Waktu pengamatan (hari)

Setelah diketahui nilai DGR (*Daily Growth Rate*) pada minggu ke-3 dan minggu ke-6, maka dilakukan perhitungan DGR total menggunakan rumus statistika berikut [5]:

$$DGR_{total} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} \quad (2)$$

Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh laju pertumbuhan *marine growth* terhadap lilin dan minyak pada masing-masing spesimen, apakah memiliki pengaruh atau tidak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui laju pertumbuhan *marine biofouling* atau *marine growth* pada material pelat baja dan aluminium di Pantai Boom Banyuwangi dengan menggunakan lapisan pelindung berupa minyak dan lilin diperoleh hasil percobaan sebagai berikut.

Data Penempelan *Biofouling* pada Spesimen Uji selama 1,5 Bulan

Pengumpulan data dilakukan dengan penimbangan berat masing-masing spesimen uji dengan lapisan pelindungnya. Penimbangan berat spesimen dilakukan mulai dari berat awal (berat kering), berat basah (berat setelah direndam dalam air) hingga penambahan berat spesimen uji pada akhir masa penelitian. Dari data hasil penimbangan dan perhitungan berat pada masing-masing spesimen, dapat dilakukan analisa perbandingan laju pertumbuhan *marine biofouling* pada masing-masing spesimen uji dengan lapisan pelindung yang berbeda.

Berat Awal Spesimen

Penimbangan berat awal (berat kering) dilakukan sebelum perendaman pada area Pantai Boom. Penimbangan awal dilakukan pada spesimen baja dan aluminium dengan masing-masing lapisan pelindung minyak dan lilin. Kegiatan penimbangan awal dilakukan pada tanggal 22 Oktober 2022 dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Data berat awal spesimen uji

No.	Spesimen	Berat Awal (g)
1.	Al (pelindung lilin)	6,78
	Fe (pelindung lilin)	55,59
2.	Al (pelindung minyak)	6,78
	Fe (pelindung minyak)	54,67
3.	Al (pelindung lilin)	6,87
	Fe (pelindung lilin)	56,82

Tabel 1 merupakan hasil penimbangan berat awal dari spesimen yang digunakan sebagai bahan penelitian. Penelitian dilakukan kurang lebih selama 1,5 bulan atau 43 hari. Pengambilan data berupa penimbangan berat spesimen yang dilakukan setiap tiga minggu sekali, kemudian dilakukan perhitungan DGR (*Daily Growth Rate*) guna mengetahui laju pertumbuhan *marine biofouling* pada masing-masing perlakuan perlindungan.

Data Berat Basah Spesimen

Pengambilan data dilakukan setelah spesimen dilakukan perendaman selama 1 hari atau 24 jam di Pantai Boom. Kegiatan penimbangan dilakukan pada tanggal 23 Oktober 2022.

Tabel 2. Data berat basah spesimen uji

No.	Spesimen	Berat Awal (g)	Berat Basah (g)
1.	Al (pelindung lilin)	6,78	6,78
	Fe (pelindung lilin)	55,59	55,59
2.	Al (pelindung minyak)	6,78	6,78
	Fe (pelindung minyak)	54,67	54,67
3.	Al (pelindung lilin)	6,87	6,84
	Fe (pelindung lilin)	56,82	56,82

Pada Tabel 2 merupakan rekapitulasi hasil penimbangan setelah dilakukan perendaman selama 1 hari atau 24 jam pada Pantai Boom. Berdasarkan hasil penimbangan berat basah dapat dilihat bahwa pada perendaman dalam waktu 1 hari belum terdapat penambahan berat dari berat awal masing-masing spesimen uji.

Data Penempelan *Biofouling*

Pada Spesimen Pengambilan data penempelan *biofouling* dilakukan pada minggu ketiga dan keenam pada masa penelitian.

Tabel 3. Rekapitulasi berat spesimen uji

No.	Spesimen	Berat Awal (g)	Berat Basah (g)	Berat Minggu ke- (g)	
				3	6
1.	Al (pelindung lilin)	6,78	6,78	7	9,3
	Fe (pelindung lilin)	55,59	55,59	56	63,6
2.	Al (pelindung minyak)	6,78	6,78	7	9,3
	Fe (pelindung minyak)	54,67	54,67	55	60,9
3.	Al (pelindung lilin)	6,87	6,84	7	10,1
	Fe (pelindung lilin)	56,82	56,82	57	63,7

Pada Tabel 3 merupakan hasil penimbangan pada masing-masing spesimen uji pada minggu ketiga dan minggu keenam. Dari data tersebut kemudian digunakan sebagai data dalam perhitungan laju pertumbuhan harian *biofouling* yang dihitung dengan menggunakan pendekatan rumus DGR.

Hasil Observasi Pertumbuhan *Biofouling* pada Spesimen Uji



Gambar 3. Spesimen 1 Al (pelindung lilin) minggu ketiga



Gambar 4. Spesimen 1 Fe (pelindung lilin) minggu ketiga



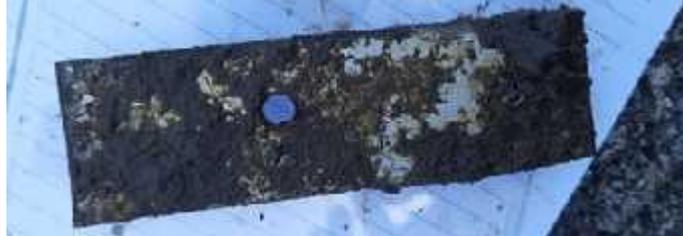
Gambar 5. Spesimen 2 Al (pelindung minyak) minggu ketiga



Gambar 6. Spesimen 2 Fe (pelindung minyak) minggu ketiga



Gambar 7. Spesimen 3 Al (pelindung lilin) minggu ketiga



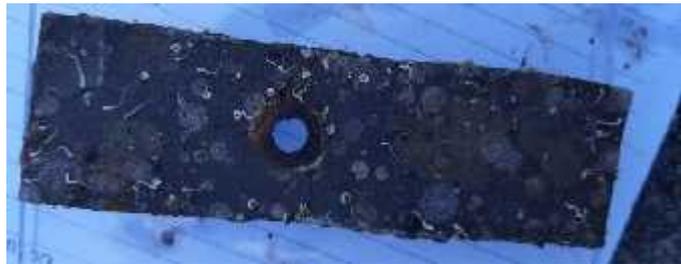
Gambar 8. Spesimen 1 Al (pelindung lilin) minggu keenam



Gambar 9. Spesimen 1 Fe (pelindung lilin) minggu keenam



Gambar 10. Spesimen 2 Al (pelindung minyak) minggu keenam



Gambar 11. Spesimen 2 Fe (pelindung minyak) minggu keenam



Gambar 12. Spesimen 3 Al (pelindung lilin) minggu keenam



Gambar 13. Spesimen 3 Fe (pelindung lilin) minggu keenam

Perhitungan *Daily Growth Rate* tiap 21 Hari

Dari data hasil penimbangan pada minggu kedua dan keempat kemudian dapat digunakan untuk menghitung DGR (*Daily Growth Rate*) tiap 21 hari untuk masing-masing variasi perlindungan pada spesimen uji.

Tabel 4. Hasil perhitungan DGR

No.	Spesimen	Berat Awal (g)	Berat Basah (g)	DGR Minggu ke-	
				3	6
1.	Al (pelindung lilin)	6,78	6,78	0.010476	0.054762
	Fe (pelindung lilin)	55,59	55,59	0.019524	0.180952
2.	Al (pelindung minyak)	6,78	6,78	0.010476	0.054762
	Fe (pelindung minyak)	54,67	54,67	0.015714	0.140476
3.	Al (pelindung lilin)	6,87	6,84	0.007619	0.07381
	Fe (pelindung lilin)	56,82	56,82	0.008571	0.159524

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan DGR (*Daily Growth Rate*) tiap 21 hari menggunakan persamaan *ricker*. Berdasarkan persamaan *ricker* nilai berat penimbangan

akhir dikurangi nilai penimbangan awal kemudian dibagi waktu dengan satuan hari. Spesimen yang telah ditimbang pada minggu ketiga dikurangi dengan nilai berat awal kemudian dibagi dengan lama perendaman persatuan hari, dan pada minggu keenam dilakukan hal yang sama dimana berat penimbangan akhir dikurangi dengan berat pada minggu ketiga kemudian dibagi dengan lama perendaman per satuan hari. Dari hasil perhitungan DGR (*Daily Growth Rate*) tiap 21 hari dapat dilakukan perhitungan DGR total pada spesimen uji berdasarkan masing-masing perlindungannya.

Perhitungan *Daily Growth Rate* Total

Setelah diperoleh data perhitungan DGR (*Daily Growth Rate*) tiap 21 hari selanjutnya data tersebut dilakukan perhitungan DGR total. Perhitungan dilakukan sebanyak 2 kali dalam kurun waktu 6 minggu. Dari hasil nilai DGR (*Daily Growth Rate*) kemudian dilakukan perhitungan nilai rata-rata menggunakan persamaan sesuai pada metodologi penelitian.

Tabel 5. Hasil perhitungan DGR total

No.	Spesimen	DGR Minggu ke-		X (g/hari)
		3	6	
1.	Al (pelindung lilin)	0.010476	0.054762	0.03262
	Fe (pelindung lilin)	0.019524	0.180952	0.10024
2.	Al (pelindung minyak)	0.010476	0.054762	0.03262
	Fe (pelindung minyak)	0.015714	0.140476	0.0781
3.	Al (pelindung lilin)	0.007619	0.07381	0.04071
	Fe (pelindung lilin)	0.008571	0.159524	0.08405

Pada Tabel 5 diatas merupakan hasil dari perhitungan DGR (*Daily Growth Rate*) rata-rata tiap hari pada spesimen uji aluminium dan baja dengan variasi perlindungan minyak dan lilin.

Pembahasan Hasil Eksperimen

Berdasarkan hasil eksperimen, observasi yang telah dilakukan dengan melakukan penimbangan berat *biofouling* pada tiap spesimen menggunakan variasi lapisan pelindung berupa lilin dan minyak memiliki pengaruh terhadap laju pertumbuhan *marine growth* atau *marine biofouling*. Ditinjau dari hasil eksperimen pada variasi lapisan pelindung menggunakan lilin, laju pertumbuhan DGR total *biofouling* selama

1,5 bulan, paling cepat terjadi pada spesimen baja kode 1 dengan nilai 0,10024 gram/hari. Sedangkan nilai pertumbuhan paling rendah terjadi pada spesimen aluminium kode 1 dengan nilai 0,03262 gram/hari. Sementara itu, ditinjau dari variasi lapisan pelindung minyak, laju pertumbuhan DGR total *biofouling* paling cepat terjadi pada spesimen baja dibandingkan spesimen aluminium. Dimana nilai rata-rata secara berturut-turut adalah 0,0781 gram/hari dan 0,03262 gram/hari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan lapisan pelindung minyak dan lilin memiliki pengaruh terhadap laju pertumbuhan *biofouling*. Pada variasi lapisan pelindung yang dilakukan, diketahui lebih efisien minyak dalam hal menghambat laju pertumbuhan *biofouling* dibandingkan dengan penggunaan lapisan lilin. Disamping itu, jenis material juga memiliki pengaruh terhadap laju pertumbuhan *biofouling*, dimana pada percobaan yang telah dilakukan diketahui bahwa spesimen uji baja memiliki laju pertumbuhan *biofouling* yang lebih cepat dibandingkan dengan aluminium sesuai dengan hasil dari perhitungan *Daily Growth Rate* total.

REFERENSI

- [1] A. K. Yusim, "Studi pengaruh pertumbuhan biofouling pada lambung kapal ikan puger," *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, vol. 3, no. 1, pp. 8-11, November 2020.
- [2] F. Syahputra and T. M. H. Almuqaramah. "Penambahan ekstrak larutan kulit mangrove pada cat minyak sebagai antifouling." *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 37-40, April 2019. <https://doi.org/10.29103/aa.v6i1.1062> (accessed Des. 3, 2022).
- [3] A. Sabdono, "Pengaruh Ekstrak Antifouling Bakteri Karang *Pelagibacter variabilis* Strain USP3.37 terhadap Penempelan Barnakel di Perairan Pantai Teluk Awur, Jepara," *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, vol. 12, no. 1, pp. 18-23, November 2010. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.12.1.18-23> (accessed Des. 3, 2022).
- [4] Soegiono, *Teknologi Produksi dan Perawatan Bangunan Laut*, Surabaya: Airlangga University Press. 2004.
- [5] P. F. Maryanti, H. D. Armono, and H. Supomo, "Studi Eksperimen Laju Pertumbuhan Marine Growth Pada Plat Baja ASTM A36 Akibat Pengaruh Kuat Cahaya dan Variasi Salinitas." *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, no. 1. 2012.
- [6] W. E. Ricker, "Growth Rates and Models", In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (Eds.). *Fish Physiology: Bioenergetics and Growth*, vol. 8, Acad, Press Inc., USA, 1979.