

**ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN BETON  
TERHADAP PENEMPELAN *BIOFOULING* PADA ZONA PASANG  
SURUT DI PERAIRAN JEMBATAN SURAMADU SURABAYA**

**SKRIPSI**

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains (S.Si) pada program studi ilmu kelautan



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh:**

**Muchammad Aziz Arrosyid**

**NIM: 09040422072**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2026**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muchammad Aziz Arrosyid

NIM : 09040422072

Program studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penelitian skripsi saya yang berjudul "ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN BETON TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA ZONA PASANG SURUT DI PERAIRAN JEMBATAN SURAMADU SURABAYA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindak plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 26 Mei 2026



Muchammad Aziz Arrosyid  
NIM 09040422072

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh:

Nama : Muchammad Aziz Arroseyid

Nim : 09040422072

Judul : ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN BETON  
TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA ZONA PASANG  
SURUT DI PERAIRAN JEMBATAN SURAMADU SURABAYA

Ini telah ditetapkan dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 26 Mei 2026

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Rizqi Abdi Perdanawati, M.T.  
NIP. 198809262014032002



Khoirotul Ummah., M.Si  
NIP.199105302019032019

## LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi Muchammad Aziz Arrosyid ini telah dipertahankan  
didepan tim penguji skripsi  
Surabaya, 09 Juni 2026

Mengesahkan,  
Dosen Penguji

Penguji I



M. Yunan Fahmi, ST., MT.  
NIP. 199007192023211021

Penguji II



Abdul Halim, SA.g. MHI.  
NIP. 197012082006041001

Penguji III



Rizqi Abdi Perdanawati., M.T.  
NIP. 198809262014032002

Penguji IV



Khoirotul Umman., M.Si.  
NIP. 199105302019032019

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Supul Hamdani, M. Pd  
NIP. 196507312000031002

## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI



### KEMENTERIAN AGAMA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: [perpus@uinsby.ac.id](mailto:perpus@uinsby.ac.id)

#### LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muchammad Aziz Arrosyid  
NIM : 09040422072  
Fakultas/Jurusan : Ilmu Kelautan  
E-mail address : [muchammadazizarrosyid@gmail.com](mailto:muchammadazizarrosyid@gmail.com)

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

#### ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN BETON TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA ZONA PASANG SURUT DI PERAIRAN JEMBATAN SURAMADU SURABAYA

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 23 Juni 2026

Penulis

(  
Muchammad Aziz Arrosyid  
)

## ABSTRAK

*Biofouling* merupakan proses penempelan organisme laut pada permukaan yang terendam di perairan dan dapat memengaruhi kondisi struktur beton di lingkungan pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kekasaran permukaan beton terhadap pertumbuhan *biofouling* pada zona pasang surut di Perairan Jembatan Suramadu, Surabaya. Penelitian menggunakan substrat beton konvensional dengan dua variasi permukaan, yaitu permukaan halus dan permukaan kasar, yang ditempatkan pada Pilar 2 dan Pilar 4 selama  $\pm 100$  hari pengamatan. Parameter yang diamati meliputi jenis makrofouling, kepadatan, persentase tutupan, indeks keanekaragaman, biomassa, laju penempelan, serta parameter kualitas perairan berupa suhu, salinitas, pH, *dissolved oxygen* (DO), nitrat, dan fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan makrofouling meningkat selama masa pengamatan pada kedua jenis substrat di Pilar 2 dan Pilar 4. Jenis makrofouling yang ditemukan terdiri atas *Amphibalanus sp.*, *Saccostrea sp.*, dan *Crassostrea sp.*, dengan dominasi utama oleh *Amphibalanus sp.* Nilai indeks keanekaragaman pada seluruh substrat termasuk kategori rendah, dengan nilai 0.4125 pada Pilar 2 permukaan kasar, 0.2148 pada Pilar 2 permukaan halus, 0.3362 pada Pilar 4 permukaan kasar, dan 0,6739 pada Pilar 4 permukaan halus. Substrat beton permukaan halus cenderung memiliki nilai jumlah individu, kepadatan, laju penempelan, persentase tutupan, dan biomassa lebih tinggi dibandingkan permukaan kasar. Biomassa tertinggi ditemukan pada permukaan halus sebesar 0.84 gram pada Pilar 2 dan 0.87 gram pada Pilar 4. Penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan makrofouling tidak hanya dipengaruhi oleh kekasaran permukaan substrat, tetapi juga oleh faktor lingkungan dan kemampuan adaptasi organisme penempel terhadap substrat beton di zona pasang surut.

**Kata Kunci: Kekasaran Permukaan, Makrofouling, Zona Pasang Surut**

## ABSTRACT

*Biofouling* is the process of marine organism attachment on submerged surfaces and can affect the condition of concrete structures in coastal environments. This study aimed to analyze the effect of concrete surface roughness on *biofouling* growth in the intertidal zone of Suramadu Bridge Waters, Surabaya. The study used conventional concrete substrates with two surface variations, namely smooth and rough surfaces, which were placed at Pillar 2 and Pillar 4 for approximately 100 days of observation. The observed parameters included macrofouling species, density, percentage cover, diversity index, biomass, attachment rate, and water quality parameters consisting of temperature, salinity, pH, *dissolved oxygen* (DO), nitrate, and phosphate. The results showed that macrofouling growth increased during the observation period on both substrate types at Pillar 2 and Pillar 4. The macrofouling species identified consisted of *Amphibalanus sp.*, *Saccostrea sp.*, and *Crassostrea sp.*, with *Amphibalanus sp.* as the dominant genus. The diversity index values on all substrates were categorized as low, with values of 0.4125 on the rough surface at Pillar 2, 0.2148 on the smooth surface at Pillar 2, 0.3362 on the rough surface at Pillar 4, and 0.6739 on the smooth surface at Pillar 4. Smooth concrete surfaces tended to have higher values of individual abundance, density, attachment rate, percentage cover, and biomass compared to rough surfaces. The highest biomass was found on smooth surfaces, reaching 0.84 g at Pillar 2 and 0.87 g at Pillar 4. This study indicates that macrofouling growth is influenced not only by substrate surface roughness, but also by environmental factors and the adaptive ability of attached organisms to concrete substrates in the intertidal zone.

**Keywords: Surface Roughness, Macrofouling, Intertidal Zone.**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Masalah .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 <i>Biofouling</i> .....	7
2.2 Proses Biofilm .....	9
2.3 Makrofouling .....	11
2.4 Karakteristik Makrofouling .....	12
2.5 Substrat Beton Konvensional .....	14
2.6 Faktor yang Memengaruhi Penempelan Biota .....	15
2.6.1. Tekstur dan Porositas Subtrat .....	15
2.6.2. Kekasaran Permukaan .....	16
2.6.3. Kelembapan Permukaan .....	17
2.6.4. Faktor Lingkungan Perairan .....	17
2.7 Parameter Fisika Laut .....	18
2.7.1. Suhu .....	18
2.7.2. Salinitas .....	19
2.8 Parameter Kimia Laut .....	19
2.8.1. Oksigen Terlarut ( <i>DO</i> ) .....	20

2.8.2. pH.....	20
2.8.3. Nitrat .....	21
2.8.4. Fosfat.....	22
2.9 Penelitian Terdahulu .....	23
2.10 Integrasi Keilmuan.....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1 Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian .....	32
3.2 Media Substrat Penelitian .....	33
3.2.1 Spesifikasi Substrat Beton .....	33
3.2.2 Dimensi Substrat Beton .....	34
3.3 Tahap Penelitian.....	34
3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.3.2 Proses Pembuatan dan Penempatan Substrat Beton.....	36
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	37
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	38
3.5.1 Pengamatan dan Dokumentasi Makrofouling.....	38
3.5.2 Pengukuran Parameter Perairan .....	38
3.5.3 Parameter Pertumbuhan <i>Biofouling</i> .....	41
3.6 Analisis Data.....	41
3.6.1 Identifikasi Makrofouling .....	42
3.6.2 Kepadatan Makrofouling .....	42
3.6.3 Komposisi Jenis .....	43
3.6.4 Indeks Keanekaragaman .....	43
3.6.5 Presentase Tutupan Makrofouling .....	44
3.6.6 Laju Penambahan Berat .....	45
<b>BAB IV HASIL .....</b>	<b>46</b>
4.1 Perbandingan Parameter Perairan .....	46
4.1.1 pH.....	46
4.1.2 Suhu .....	47
4.1.3 Salinitas.....	49
4.1.4 Dissolved oxygen (DO) .....	50
4.1.5 Nitrat .....	51
4.1.6 Fosfat.....	52
4.2 Identifikasi Jenis Makrofouling .....	53
4.2.1 Identifikasi Jenis Makrofouling pada Pilar 2 .....	53

4.2.2 Identifikasi Jenis Makrofouling pada Pilar 4 .....	56
4.2.3 <i>Amphibalanus sp</i> .....	58
4.2.4 <i>Crassostrea sp</i> .....	60
4.2.5 <i>Saccostrea sp</i> .....	62
4.3 Indeks Keanekaragaman Makrofouling .....	64
4.3.1 Indeks Keanekaragaman Makrofouling pada Pilar 2 .....	64
4.3.2 Indeks Keanekaragaman Makrofouling pada Pilar 4 .....	65
4.4 Komposisi Jenis Makrofouling .....	65
4.4.1 Komposisi Jenis Makrofouling pada Pilar 2 .....	65
4.4.2 Komposisi Jenis Makrofouling pada Pilar 4 .....	66
4.5 Kepadatan Makrofouling .....	68
4.5.1 Kepadatan Makrofouling pada Pilar 2 .....	68
4.5.2 Kepadatan Makrofouling pada Pilar 4 .....	71
4.6 Jumlah dan Presentase Tutupan Makrofouling .....	73
4.6.1 Jumlah dan Tutupan Makrofouling pada Pilar 2 .....	74
4.6.2 Jumlah dan Tutupan Makrofouling pada Pilar 4 .....	81
4.7 Laju Pertumbuhan Makrofouling .....	89
4.7.1 Laju Pertumbuhan Makrofouling pada Pilar 2 .....	89
4.7.2 Laju Pertumbuhan Makrofouling pada Pilar 4 .....	92
4.8 Laju Penambahan Berat Beton .....	95
4.8.1 Laju Penambahan Berat Beton pada Pilar 2 .....	95
4.8.2 Laju Penambahan Berat Beton pada Pilar 4 .....	97
4.9 Perbandingan Berat Substrat Berdasarkan Jenis Permukaan dan Pilar .....	99
4.10 Biomassa Makrofouling pada Substrat Beton Permukaan Kasar dan Halus .....	103
4.11 Perbandingan Kondisi Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan Makrofouling .....	104
<b>BAB V PEMBAHASAN</b> .....	108
5.1 Kesesuaian Parameter dengan Baku Mutu Terhadap Pertumbuhan Makrofouling .....	108
5.1.1 pH .....	108
5.1.2 Suhu .....	109
5.1.3 Salinitas .....	109
5.1.4 Dissolved Oxygen ( <i>DO</i> ) .....	110
5.1.5 Nitrat .....	110
5.1.6 Fosfat .....	111
5.2 Analisis Identifikasi Jenis Makrofouling .....	111
5.2.1 <i>Amphibalanus sp</i> .....	111

5.2.2 Crassostrea sp.....	112
5.2.3 Saccostrea sp.....	113
5.3 Analisis Indeks Keanekaragaman Makrofouling pada Substrat Permukaan Kasar dan Halus .....	115
5.4 Analisis Komposisi Jenis Makrofouling pada Substrat Permukaan Kasar dan Halus .....	117
5.5 Analisis Kepadatan Makrofouling pada Substrat Permukaan Kasar dan Halus ...	118
5.6 Analisis Jumlah dan Presentase Tutupan Makrofouling pada Substrat Permukaan Kasar dan Halus .....	120
5.7 Analisis Laju penempelan Makrofouling pada Substrat Permukaan Kasar dan Halus .....	123
5.8 Analisis Laju Penambahan Berat Beton pada Substrat Permukaan Kasar dan Halus .....	125
5.9 Analisis Biomassa Makrofouling.....	127
6.0 Analisis Pengaruh Kekasaran Substrat Terhadap Pertumbuhan Makrofouling ....	129
6.1 Analisis Kondisi Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan Makrofouling .....	130
<b>BAB VI PENUTUP</b> .....	134
6.1. Kesimpulan.....	134
6.2. Saran .....	135
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	137
<b>LAMPIRAN</b> .....	144

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematis dari tahapan <i>biofouling</i> di lingkungan .....	7
Gambar 2.2 Representasi komunitas <i>biofouling</i> .....	8
Gambar 2.3 Tahapan proses pembentukan biofilm.....	10
Gambar 2.4 Kelompok mikroba biofilm: diatom (I), cyanobacteria (II), bakteri (III), dan protozoa (IV).....	11
Gambar 2.5 Penempelan kelompok spesies Thecostraca pada badan kapal .....	12
Gambar 2.6 Penempelan kelompok spesies Bivalvia pada dermaga berbahan beton.....	13
Gambar 2.7 Kelompok organisme fouling lunak maupun keras.....	14
Gambar 2.8 Pengaruh lingkungan laut pada beton .....	15
Gambar 2.9 Siklus Fosfat.....	23
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	37
Gambar 3.3. Pengamatan Morfologi Makrofouling.....	42
Gambar 3.3.1. Dimensi Substrat Beton.....	34
Gambar 3.3.2 Tahapan Pembuatan dan Penempatan Substrat Beton .....	36
Gambar 3.5.1 Pengamatan dan Dokumentasi Makrofouling Data.....	38
Gambar 3.5.2 Pengamatan dan Pengukuran Parameter Perairan.....	39
Gambar 4.1.1. Grafik Perbandingan Rata-Rata pH pada Pilar 2 dan Pilar 4 .....	47
Gambar 4.1.2. Grafik Perbandingan Rata-Rata Suhu pada Pilar 2 dan Pilar 4 .....	48
Gambar 4.1.3 Grafik Perbandingan Rata-Rata Salinitas pada Pilar 2 dan Pilar 4 .....	49
Gambar 4.1.4 Grafik Perbandingan Rata-Rata Dissolved Oxygenu pada Pilar 2 dan Pilar 4 .....	50
Gambar 4.1.5 Grafik Nitrat Perairan Jembatan Suramadu .....	51
Gambar 4.1.6. Grafik Fosfat Perairan Jembatan Suramadu.....	52
Gambar 4.2.1 Morfologi Amphibalanus sp .....	58
Gambar 4.2.2 Amphibalanus sp dengan acuan jurnal.....	59
Gambar 4.2.3 Morfologi Crassostrea sp .....	61
Gambar 4.2.4 Morfologi Crassostrea sp dengan acuan jurnal .....	62
Gambar 4.2.5 Morfologi Crassostrea sp .....	63
Gambar 4.2.6 Morfologi Saccostrea sp dengan acuan jurnal.....	63
Gambar.4.5.1 Rata – Rata Kepadatan Makrofouling Beton Permukaan Halus Pilar 4.....	71
Gambar.4.5.2 Rata – Rata Kepadatan Makrofouling Beton Permukaan Kasar Pilar 4.....	72
Gambar.4.5.3. Perbandingan Kepadatan Makrofouling pada Kedua Substrat.....	73
Gambar 4.5.3. Perbandingan Kepadatan Makrofouling pada Kedua Substrat.....	70

Gambar 4.6.1 Rata – Rata Jumlah Makrofouling Beton Permukaan Halus Pilar 2 .....	74
Gambar 4.6.2. Rata – Rata Tutupan Makrofouling Beton Permukaan Halus Pilar 2 .....	75
Gambar 4.6.3. Rata – Rata Jumlah Makrofouling Beton Permukaan Kasar Pilar 2 .....	77
Gambar 4.6.4. Rata – Rata Tutupan Makrofouling Beton Permukaan Kasar Pilar 2 .....	77
Gambar 4.6.5 Perbandingan Jumlah Makrofouling pada Kedua Substrat .....	79
Gambar 4.6.6 Perbandingan Tutupan Makrofouling pada Kedua Substrat .....	80
Gambar 4.7.1 Rata – Rata Laju Penempelan Makrofouling Beton Permukaan Halus Pilar 2 .....	89
Gambar 4.7.2 Rata – Rata Laju Penempelan Makrofouling Beton Permukaan Kasar Pilar 2 .....	90
Gambar 4.7.3 Perbandingan Laju Penempelan Makrofouling pada Kedua Substrat.....	91
Gambar 4.8.1 Rata – Rata Laju Penambahan Berat Beton Permukaan Halus Pilar 4 .....	97
Gambar 4.8.2 Rata – Rata Laju Penambahan Berat Beton Permukaan Kasar Pilar 4 .....	98
Gambar 4.9.1 Perbandingan Berat Beton pada Kedua Jenis Permukaan di Pilar 2 .....	99
Gambar 4.9.2 Perbandingan Berat Beton Permukaan Halus di Kedua Pilar .....	100
Gambar 4.9.3 Perbandingan Berat Beton pada Kedua Jenis Permukaan di Pilar 4 .....	101
Gambar 4.9.4 Perbandingan Berat Beton Permukaan Kasar di Kedua Pilar .....	102



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.9.1 Jurnal 1 (Penelitian terdahulu) .....	23
Tabel 2.9.2 Jurnal 2 (Penelitian terdahulu) .....	24
Tabel 2.9.3 Skripsi 1 (Penelitian terdahulu) .....	26
Tabel 2.9.4 Skripsi 2 (Penelitian terdahulu) .....	28
Tabel 2.9.5 Jurnal 3 (Penelitian terdahulu) .....	29
Tabel 3.3.3.1 Alat dan bahan peletakan beton .....	35
Tabel 3.3.4.1 Alat pengukuran parameter .....	39
Tabel 3.3.6.1 Kriteria penilaian indeks keanekaragaman .....	44
Tabel 4.2.1 1. Gambar Macrofouling pada Substrat Permukaan Halus .....	53
Tabel 4.2.1 2. Gambar Macrofouling pada Substrat Permukaan kasar .....	54
Tabel 4.2.2 1. Gambar Macrofouling pada Substrat Permukaan Halus .....	56
Tabel 4.2.2 2 Gambar Macrofouling pada Substrat Permukaan Kasar .....	57
Tabel 4.3. 1.. Indeks Keanekaragaman pada Pilar 2 .....	64
Tabel 4.3. 2. Indeks Keanekaragaman pada Pilar 4 .....	65
Tabel 4.4.1 1. Komposisi Jenis pada Substrat Halus .....	66
Tabel 4.4.1 2 Komposisi Jenis pada Substrat Kasar .....	66
Tabel 4.4.2. 1 Komposisi Jenis pada Substrat Halus .....	67
Tabel 4.4.2. 2 Komposisi Jenis pada Substrat Kasar .....	67
Tabel 4.6.1 1. Presentase Tutupan Makrofouling Berdasarkan Hasil Pengolahan ImageJ75	
Tabel 4.6.1 2. Presentase Tutupan Makrofouling Berdasarkan Hasil Pengolahan ImageJ78	
Tabel 4.6.2 1. Presentase Tutupan Makrofouling Berdasarkan Hasil Pengolahan ImageJ82	
Tabel 4.6.2 2 Presentase Tutupan Makrofouling Berdasarkan Hasil Pengolahan ImageJ 86	
Tabel 5.2.1. 1 Gambar Morfologi Amphibalanus sp .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5.2.2. 1 Gambar Morfologi Crassostrea sp .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 5.2.3. 1 Gambar Morfologi Saccostrea sp .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, S. A. (2023). Analisis Parameter Fisika Dan Derajat Keasaman (pH) Air Pada Bak Reservoir 075 Di Perumda Am Way Rilau Bandar Lampung. *Politeknik Negeri Lampung*, 1–26.
- Ainy, K., Siswanto, A. D., & Nugraha, W. A. (2019). Sebaran Total Suspended Solid ( TSS ) Di Perairan Sepanjang Jembatan Suramadu. *4*(2).
- Aufar, S. N., Sabdono, A., Wijayanti, D. P., & Munasik, M. (2023). Perkembangan Diatom Perifiton Pada Substrat Buatan di Perairan Pulau Panjang, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, *26*(3), 595–606. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.19779>
- Burhan, Suherman, & Abram, P. . (2021). Penentuan Kadar Natrium (Na) dan Kalsium (Ca) Pada Air Laut Desa Posona Determination. *Media Eksakta*, *17*(1), 57–61.
- Chlayon, T., Iwanami, M., & Chijiwa, N. (2018). Combined Protective Action Of Barnacles and Biofilm on Concrete Surface in Intertidal Areas. *Construction and Building Materials*, *179*, 477–487. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.223>
- Dobretsov, S., Coutinho, R., Rittschof, D., Salta, M., Ragazzola, F., & Hellio, C. (2019). The Oceans Are Changing: Impact of Ocean Warming and Acidification on *Biofouling* Communities. *Biofouling*, *35*(5), 585–595. <https://doi.org/10.1080/08927014.2019.1624727>
- Erdogan, C., & Swain, G. (2022). The Effects of *Biofouling* and Corrosion Products on Impressed Current Cathodic Protection System Design for Offshore Monopile Foundations.
- Essock-burns, T., Gohad, N. V, Orihuela, B., Mount, A. S., Spillmann, C. M., Wahl, K. J., & Rittschof, D. (2017). Barnacle Biology Before , During and After Settlement and Metamorphosis : a Study of the Interface. *Journal of Experimental Biology*, 194–207. <https://doi.org/10.1242/jeb.145094>
- Fitrihidajati, H., Surabaya, U. N., Purnomo, T., Surabaya, U. N., Rachmadiarti, F., Surabaya, U. N., Yolanda, R., & Agency, I. (2023). A Preliminary Study on the

- Water Quality from two Estuaries in Madura Island, East Java, Indonesia. November. <https://doi.org/10.22059/poll.2023.356714.1832>
- Fitriyah, A. (2022). Fitoplankton Pada Saat Air Pasang Dan Surut Di Muara Ujung. *15*(1), 1–2.
- Fittroh, L. M., Indriyawati, N., Dewi, K., Ayu, N., Adila, I., Ariyanti, A. P., Qolbi, D. L., Amanda. (2025). Laju Pertumbuhan Dan Keanekaragaman *Biofouling* Di Perairan Desa Socah, Kecamatan Socah, Bangkalan. *6*(1), 31–43.
- Gaylarde, C. C., & Ortega-Morales, B. O. (2023). Biodeterioration and Chemical Corrosion of Concrete in the Marine Environment: Too Complex for Prediction. *Microorganisms*, *11*(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11102438>
- Gizer, G., Önal, U., Ram, M., & Sahiner, N. (2023). *Biofouling* and Mitigation Methods: A Review. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, *13*(2), 1–25. <https://doi.org/10.33263/BRIAC132.185>
- Hayek, M., Salgues, M., Souche, J., Cunge, E., Giraudel, C., & Paireau, O. (2021). Influence of the Intrinsic Characteristics of Cementitious Materials on *Biofouling* in the Marine Environment. 1–23.
- Hendawitharana, M. P., & Ranatunga, R. R. M. K. P. (2020). Macrofouling Assemblages in Coastal Waters Adjacent to the Port of Colombo, Sri Lanka. *Regional Studies in Marine Science*, *39*, 101424. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101424>
- Hesty, R. K., Dwi, R., & Jusliana. (2023). Kepadatan Dan Keanekaragaman Animal Fouling Pada Dermaga Beton Di Pulau Harapan, Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu. *16*(3), 243–250.
- Jumrad, Kasim, Ma, R., & Yusnaini. (2025). Laju Penempelan Makrobiofouling pada Keramba Apung di Perairan Tapulaga Kecamatan Soropia Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara Attachment Rate of Macro*biofouling* on Floating Cages in Tapulaga Waters Soropia. *9*(37), 37–53. <https://doi.org/10.33772/jsipi.v9i1.964>
- Juwana, S., & Romimohtarto, K. (2009). Biologi laut: Ilmu pengetahuan tentang biota

laut. Jakarta. Djambatan.

- Kasmini, L., & Batubara, A. S. (2022). DEPIK Biology and Ecological Functional of Genus *Crassostrea* ( Bivalvia : Ostreidae ): a review. *Perairan, Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan, Pesisir, 11*(November 2021), 75–84. <https://doi.org/10.13170/depik.11.1.23444>
- Khirunnisa, S., & Rifqi, M. G. (2019). Kajian Kuat Tekan Beton Di Lingkungan Laut Tropis Banyuwangi. *21*(2), 47–53.
- Li, Y., & Ning, C. (2019). Bioactive Materials Latest Research Progress of Marine Microbiological Corrosion and Bio-fouling , and New Approaches of Marine Anti-Corrosion and Anti-Fouling. *Bioactive Materials, 4*(January), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2019.04.003>
- Makatita, J. R., Susanto, A. ., & Mangimbulude, J. C. (2019). Kajian Zat Hara Fosfat Dan Nitrat Pada Air Dan Sedimen Padang Lamun Pulau Tujuh Seram Utara Barat Maluku Tengah. *Program Studi Magister Biologi, 54–66*.
- Marine, P., Aurélie, F., Samuel, C., Nassim, S., & Theo, G. (2021). Archimer Which Concrete Substrate Suits you ? *Ostrea Edulis Larval Preferences and Implications for Shellfish Restoration in Europe. Ecological Engineering, 162*(April), 1–47.
- Martin, M. V, Venkatesan, R., Beyline, M., Limna Mol, V. P., & Divya, L. (2020). Influence of Environmental Factors on Macrofoulant Assemblages on Moored Buoys in The Eastern Arabian Sea. *PLOS ONE, 15*(1), e0223560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223560>
- Matsubara, T., Yamaguchi, M., Abe, K., Onitsuka, G., Abo, K., Okamura, T., Sato, T., Mizuno, K., Lagarde, F., & Hamaguchi, M. (2023). Factors driving the settlement of Pacific oyster *Crassostrea gigas* larvae in Hiroshima Bay, Japan. *Aquaculture, 563*, 738911. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738911>
- Metzler, R. A., Malley, J. O., Herrick, J., Christensen, B., Orihuela, B., Rittschof, D., & Dickinson, G. H. (2020). *Amphibalanus amphitrite* begins exoskeleton mineralization within 48 hours of metamorphosis. *Royal Society Open Science*.
- Mishbach, I., Zainuri, M., Pancasakti, H., Sugianto, D. N., & Pribadi, R. (2021).

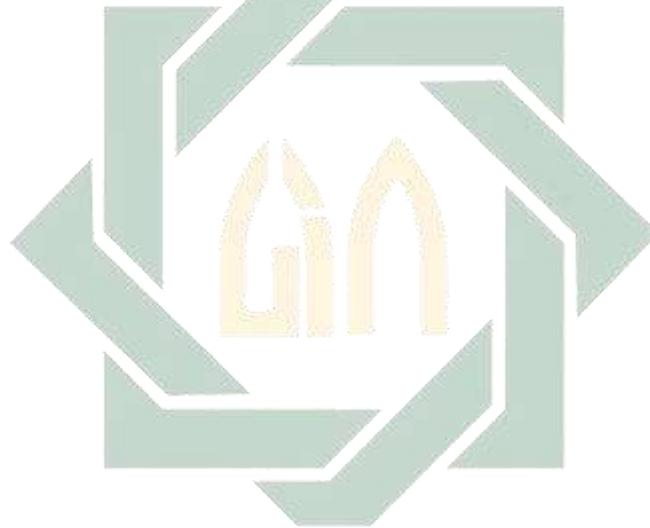
- Analisis Nitrat dan Fosfat Terhadap Sebaran Fitoplankton Sebagai Bioindikator Kesuburan Perairan Muara Sungai Bodri. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(1), 88–104. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i1.34645>
- Muthukrishnan, T., Hassenrück, C., Fahdi, D. Al, Jose, L., Senafi, F. Al, Mahmoud, H., Abed, R. M. M., & Foster, R. A. (2022). Monthly Succession of *Biofouling* Communities and Corresponding Inter-Taxa Associations in the North- and South-West of the Arabian Gulf. *Frontiers in Marine Science*, 8(February), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.787879>
- Ni Made, E., & I Wayan, R. (2021). Kondisi Parameter Fisika Dan Kimia Perairan Teluk Bena, Bali. *Jurnal Enggano*, 6(1), 25–36.
- Nisya, A., Sari, M. D., & Abdi, P. R. (2025). Potensi Antifouling Ekstrak Teripang ( *Phyllophorus* sp . ) Terhadap Bakteri Biofilm Di Beton Perairan Jembatan Suramadu. *18*(2), 118–126.
- Ozanam, B., Romans, P., & Lami, R. (2025). Choosing The Right Substrate to Restore Coral Reefs Through Artificial Reef Construction : a Mini-review.
- Perikanan, J., Sains, F., Jenderal, U., & Purwokerto, S. (n.d.). Permukaan Kasar dan Halus ( *Biofouling* at Smooth and Rough Surface Substrates ). *14*(1), 41–47.
- Pistone, A., & Scolaro, C. (2021). Mechanical Properties of Protective Coatings against Marine Fouling : A Review.
- Poozesh, P., Nieto, F., Fernández, P. M., & Ríos, R. (2025). *Biofouling* on Offshore Wind Energy Structures : Characterization , Impacts , Mitigation Strategies , and Future Trends. 1–24.
- Putro, S. P., Dafiq, M., Haqi, A. L., Muhammad, F., Hariyati, R., & Helmi, M. (2024). The influence of Different Substrate Types on The Diversity of Macrofouling Organisms at The Submerged Coastal Ecosystem of Karimunjawa Islands , Indonesia. *25*(8), 3394–3400. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250810>
- Rahmadani, P. A., Wicaksono, A., Jayanthi, O. W., Effendy, M., Nuzula, N. I., Kartika, A. G. D., Syaifullah, M., Putri, D. S., & Hariyanti, A. (2021). Analisa Kadar Fosfat Sebagai Parameter Cemaran Bahan Baku. *Juvenil*, 2(4), 318–323.

- Rayanne, V., Souza, S. De, Alves, C. F., Lucena, L. F. De, Caroline, L., Silva, C., Xavier, E. D. A., José, C., Jr, S., Converti, A., Gouveia, R. L., & Sarubbo, L. A. (2025). Strategies for *Biofouling* Control : A Review from an Environmental Perspective of Innovation and Trends. 1–35.
- Resy, R., Irma, D., & Chitra, O. (2017). This Research Aim Was to Know The Effect of Different Stocking Density on The Growth and Survival Rate of Oyster Spat ( *Crassostrea* sp .) Cultivated With The Floating Method . This Research Was Conducted in The Intertidal Zone of Tibang Village , Syiah Ku. *Ilmiah, Jurnal Kelautan, Mahasiswa Volume, Perikanan Unsyiah*, 2(Lm), 213–220.
- Richard, K. N., Hunsucker, K. Z., Hunsucker, T., & Swain, G. (2024). The Benefits of *Biofouling* – Promoting the Growth of Benthic Organisms to Enhance Ecosystem Services. 25(9), 133–155.
- Richards, C., Briciu-Burghina, C., Jacobs, M. R., Barrett, A., & Regan, F. (2019). Assessment of Antifouling Potential of Novel Transparent Sol Gel Coatings for Application in the Marine Environment. *Molecules*, 24(16). <https://doi.org/10.3390/molecules24162983>
- Richards, C., Slaimi, A., Connor, N. E. O., Barrett, A., Kwiatkowska, S., & Regan, F. (2020). Bio-inspired Surface Texture Modification as a Viable Feature of Future Aquatic Antifouling Strategies : A Review.
- Romeu, M. J. (2023). Characterization and *Biofouling* Potential Analysis of Two Cyanobacterial Strains Isolated from Cape Verde and Morocco. January, 1–12. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad004>
- Ruhma Ruksalana Huurul'in.pdf*. (2019).
- Safitri, M., Oseanografi, K. K., Ilmu, F., & Bandung, I. T. (2019). Kondisi Keasaman ( Ph ) Laut Indonesia. 73–87.
- Samantha, J., Connor, O., Wayne, A., & Paul, C. (2018). Embryonic , Larval , and Early Postlarval Development of the Tropical Black-Lip Rock Oyster *Saccostrea echinata*. *Journal of Shellfish Research*.
- Setyaningsih, A. S. (2019). Pengaruh Perubahan Distribusi Suhu Permukaan Laut Dab

Konsentrasi Klorofil Terhadap Hasil Produksi Ikan Pelagis Di Perairan Selatan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta.

- Tenjing, S. Y. (2020). Population Dynamics of The Edible Rock Oyster *Saccostrea Cucullata* ( Born , 1778 ) Along The South-West Coast of India. *Indian J. Fish*, 67(1), 16–22. <https://doi.org/10.21077/ijf.2019.67.1.82239-03>
- Tubalawony, S., Kalay, D. E., Hukubun, W. G., Hukubun, D., Langgur-, J., & Excel, M. (2023). Distribusi Spasial Suhu dan Salinitas di Perairan Selat Haruku Distribution of Temperature and Salinity in the Waters of the Haruku Strait. 7(1), 13–22.
- Tuwongkesong, H., Mandagi, S. V, & Schaduw, J. N. (2018). Kajian Ekologis Ekosistem Mangrove Untuk Ekowisata di Bahowo kota Manado. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(2), 177. <https://doi.org/10.22146/mgi.36329>
- Umar, U. T., Laot, J., Kelautan, I., Salsabilla, D. F., Sasongko, A. S., & Cahyadi, F. D. (2023). Analisis Kandungan Nitrat , Nitrit , dan Ortofosfat di Perairan Pulau Merak Kecil Analysis of Nitrate , Nitrite , and Ortophosphate Content in Merak Kecil Island. 5(2), 152–161. <https://doi.org/10.35308/jlik.v5i2.8092>
- Vuong, P., & Mckinley, A. (2023). Understanding *Biofouling* and Contaminant Accretion on Submerged Marine Structures. *Materials Degradation, Table 1*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41529-023-00370-5>
- Wahyu, I., Prasita, V., & Pranowo, W. (2024). Karakter Oksigen (o<sub>2</sub> ) Terlarut di Perairan Selat Madura Tahun 2022. 10(1), 9–16.
- Weber, F., & Esmacili, N. (2023). Marine *Biofouling* and The Role of Biocidal Coatings in Balancing Environmental Impacts. *Biofouling*, 39(6), 661–681. <https://doi.org/10.1080/08927014.2023.2246906>
- Yu, C., Yuan, Q., Rong, H., Liu, D., & Feng, Y. (2023). Effects of Dissolved Oxygen on Marine Biofilm Formation and its on Microstructure and Chloride ion Permeability of Concrete. *Journal of Building Engineering*, 75, 107074. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobee.2023.107074>
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman

- Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari , Makassar. *Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP*, 20(1), 45–57. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57>
- Yusuf, K., Kelautan, P. I., Indonesia, U. M., & Selatan, S. (2023). 2) , 1,2). 1(1), 65–75.
- Zhang, Y., Zhou, J., & Liu, L. (2025). Fouling Community Characteristics in Sea Cage Farms in Leizhou. *Water*, 17(495), 1–14.
- Zirrahi, Z., & Khoshnood, M. J. (2024). Nutritional Benefits of *Saccostrea cucullata* : Potential Role in Human Health. *West Kazakhstan Medical Journal*, 66(4), 343–364. <https://doi.org/10.18502/wkmj.v66i4.17767>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A