PENGARUH FAKTOR OSEANOGRAFI TERHADAP LAJU PENEMPELAN MACROFOULING PADA TIANG PANCANG JEMBATAN SURAMADU

SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh

WILDAN AL-KAUTSAR
NIM. H04216023

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Wildan Al-Kautsar

Nim : H04216023

Program studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "PENGARUH FAKTOR OSEANOGRAFI TERHADAP LAJU PENEMPELAN MACROFOULING PADA TIANG PANCANG JEMBATAN SURAMADU". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 Juli 2020

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL

D4D47AHF472119863

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Wildan Al-Kautsar

NIM. H04216023

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : WILDAN AL-KAUTSAR

NIM : H04216023

Judul : PENGARUH FAKTOR OSEANOGRAFI TERHADAP LAJU PENEMPELAN MACROFOULING PADA TIANG PANCANG JEMBATAN SURAMADU

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 28 Juli 2020

Dosen pembimbing 1	Dosen pembimbing 2
Rizqi Abdi Perdanawati, M.T	Noverma, M.Eng
NIP. 198809262014032002	NIP. 198111182014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Wildan Al-Kautsar ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 30 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I

Rizqi Abdi Perdanawati, M.T
NIP. 198809262014032002

Penguji II

Noverma, M.Eng
NIP. 198111182014032002

Penguji III

Asri Sawiji, M.T
NIP. 198706262014032003

Penguji IV

Fajar Setiawan, M.T
NIP. 198405062014031001

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag
NIP. 197312272005012003

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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : WILDAN AL-KAUTSAR
NIM : H04216023
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / ILMU KELAUTAN
E-mail address : wildan10kautsar@gmail.com

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

PENGARUH FAKTOR OSEANOGRAFI TERHADAP LAJU PENEMPELAN MACROFOULING PADA TIANG PANCANG JEMBATAN SURAMADU

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 20 Agustus 2020

Penulis

(Wildan Al-Kautsar)

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF OCEANOGRAPHIC FACTORS ON AGAINST RATE OF STICKING MACROFOULING ON SURAMADU BRIDGE STAKE POLE

WILDAN AL-KAUTSAR

Macrofouling is a macroorganism sticking and damaging. The sticking o*f macrofouling* on the pole stake of Suramadu bridge will cause damage due to the presence of the biota. The purpose of this research is to determine the influence of oceanographic factors on the sticking rate of *macrofouling* on the Suramadu bridge pole. The method used on the determination of observation points is purposive sampling in consideration of sunlight and distance of observation points with coastline. This study uses a descriptive medote by analyzing the results of individual macrofouling documentation on the Suramadu bridge pole. Individual *macrofouling* Data obtained using a transect of size 20 × 20 cm. Results of the measurement of oceanographic parameters at both stations, temperature 30 – 31 °c, brightness 0.1 – 0.2 m, salinity 23 – 30‰, PH 7.1 – 7.4, dissolved oxygen 3.0 – 3.6 mg/l, content of nitrate 12 – 17 ppm, phosphate content 13 – 19 ppm, current speed of 0.40 – 0.50 m/s. Diversity in the station I (south side) and II station (north side) has a low diversity value due to the dominancy of one type of *macrofouling*. The forging rate of macrofouling on station I 3175 ind/m^2/week point A (east side) and 3875 ind/m^2/week point B (west side), observation station II has a forging rate of 8700 ind/m^2/week point C (east side) and 16544 ind/m^2/week point D (west side). Analysis of relationship with *Principal Component Analysis* between oceanographic parameters with *macrofouling* sticking of rate, obtained results of salinity parameter relationship, brightness, DO and nitrates have a positive relationship (unidirectional), the lower the salinity, brightness, DO and nitrates then the sticking rate decreases, for temperature parameters, pH, phosphate and the current obtained result of negative relationship (opposite), the higher the temperature, pH, phosphate and current then the rate of sticking will decrease.

Keywords: Oceanographic factors, *macrofouling*, rate of sticking, pole stake, *principal component analysis*.

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

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING i
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI iii
PERNYATAAN KEASLIAN iv
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan 3
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Biofouling 5
2.1.1. Microfouling 5
2.1.2. Karakteristik Mikroorganisme 7
2.1.3. Macrofouling 8
2.1.4. Karakteristik Makroorganisme 9
2.2. Jenis-Jenis Macrofouling 10

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

2.3. Proses Penempelan Biofouling Pada Substrat 12
2.4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Biofouling* 14
2.5. Kerusakan Struktur Jembatan Akibat Biota Penempel.....17
2.6. Penelitian terdahulu 18
BAB III METODOLOGI.....21
3.1. Flowchart Penelitian 21
3.2. Gambaran Umum Loksi Penelitian 22
3.3. Lokasi dan waktu penelitian 23
3.4. Alat dan Bahan 24
3.5. Metode Penelitian 24
3.5.1. Penentuan Lokasi Penelitian.....25
3.5.2. Pengambilan Data 27
3.6. Analisis Data.....30
3.6.1. Kepadatan Macrofouling 30
3.6.2. Indeks Keanekaragaman Macrofouling 31
3.6.3. Laju Penempelan Macrofouling 31
3.6.4. Faktor Oseanografi 32
3.6.5. Analisis Korelasi.....33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1. Keanekaragaman Macrofouling 35
4.1.1. Identifikasi Macrofouling 36
4.1.2 Jumlah Biota 37
4.1.3. Faktor Yang Mempengaruhi Keanekaragaman Macrofouling 41
4.2. Laju Penempelan Macofouling 44
4.2.1. Kepadatan Macrofouling.....46
4.3. Hasil Pengukuran Faktor Oseanografi Perairan Suramadu.....47

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

4.3.1. Suhu 48
4.3.2. Derajat Keasaman (pH).....49
4.3.3. Salinitas.....51
4.3.4. Oksigen terlarut (DO) 52
4.3.5. Kecerahan.....54
4.3.6. Nitrat dan Fosfat 55
4.3.7. Arus.....56
4.3.8. Pasang Surut.....58
4.4. Pengaruh Faktor Oseanografi Terhadap Laju Penempelan Macrofouling...60
BAB V PENUTUP.....66
5.1. KESIMPULAN.....66
5.2. SARAN.....67
DAFTAR PUSTAKA 68

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan Penempelan Bakteri Biofilm Pada Substrat 6
Gambar 2.2. Konsep Model Struktur Biofilm.....7
Gambar 2.3. Penempelan Biota Laut Pada Tiang Pancang dan Kapal Laut 9
Gambar 2.4. Struktur Waktu Penempelan Biofouling Pada Substrat 13
Gambar 2.5. Skema Tahapan Kolonisasi 14
Gambar 2.6. Kondisi Beton Ditempeli dan Tidak Ditempeli Biota Penempel 17
Gambar 2.7. Lapisan Coating HDPE Yang Rusak Akibat Biota Penempel 18
Gambar 3.1. Flowchart Penelitian.....21
Gambar 3.2. Jembatan Suramadu.....22
Gambar 3.3. Lokasi Penelitian 23
Gambar 3.4. a-c Sketsa Jembatan dan Titik Pengamatan Macrofouling 26
Gambar 3.5. Pengukuran Diameter Tiang dan Jarak Titik Pengamatan 27
Gambar 3.6. Pengukuran Parameter Perairan 28
Gambar 3.7. Pengamatan Individu Macrofouling.....29
Gambar 4.1. Grafik Laju Penempelan Macrofouling.....44
Gambar 4.2. Grafik Peningkatan dan Penurunan Suhu.....49
Gambar 4.3. Grafik Peningkatan dan Penurunan pH.....50
Gambar 4.4. Grafik Peningkatan dan Penurunan Salinitas.....51
Gambar 4.5. Grafik Peningkatan dan Penurunan DO 53
Gambar 4.6. Grafik Peningkatan dan Penurunan Kecerahan.....54
Gambar 4.7. Grafik Peningkatan dan Penurunan Nitrat dan Fosfat 55
Gambar 4.8. Grafik peningkatan dan penurunan Kecepatan Arus.....57
Gambar 4.9. Grafik Pasang Surut Perairan Suramadu 59
Gambar 4.10. Grafik Hubungan Laju Penempelan Dengan Faktor Oseanografi ..62

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Golongan Utama Makroorganisme 10
Tabel 3.1. Tabel Data Faktor Oseanografi.....27
Tabel 3.2. Tabel Data Individu Macrofouling 28
Tabel 3.3. Kriteria Penilaian Indek Keanekaragaman 31
Tabel 3.4. Kriteria Hubungan Variabel.....34
Tabel 4.1. Indeks Keanekaragaman Macrofouling.....35
Tabel 4.2. Identifikasi Macrofouling 37
Tabel 4.3. Jenis Macrofouling Yang Ditemukan Pada Tiang Pancang.....37
Tabel 4.4. Pengamatan Macrofouling Stasiun Pengamatan I 39
Tabel 4.5. Pengamatan Macrofouling Stasiun Pengamatan II 40
Tabel 4.6. Pengukuran Laju Penempelan Mingguan 45
Tabel 4.7. Kepadatan Macrofouling 46
Tabel 4.8. Hasil Pengukuran Faktor Oseanografi Stasiun I 47
Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Faktor Oseanografi Stasiun II.....48
Tabel 4.10. Konstanta Harmonic Pasang Surut Perairan Suramadu 58
Tabel 4.11. Hasil Analisis PCA 61

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

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perairan laut mengandung berbagai sumberdaya hayati yang dapat menjadi penyusun struktur biota lingkungan disuatu perairan. Beberapa diantaranya adalah biota yang hidupnya menempel pada substrat, baik yang terendam maupun yang terbuka di permukaan laut. Secara alami kehadiran dari biota penempel adalah peristiwa yang wajar, dimana biota-biota penempel tersebut umumnya berasal dari kelompok bakteri tumbuhan dan hewan. Penempelan biota tidak hanya terjadi pada substrat alami, penempelan dapat juga terjadi pada berbagai sarana kepentingan manusia seperti pada kapal dan bangunan pantai. Penempelan tersebut menimbulkan pengotoran biologis yang disebut dengan *biofouling* (Faisal, 2014)

Permukaan bawah air pada lingkungan laut dipengaruhi oleh penempelan organisme fouling seperti bakteri, alga dan invertebrata khususnya teritip. Faktor-faktor seperti biologi, fisika, dan kimia juga dapat mempengeruhi semua permukaan yang ada di lingkungan laut. Hal ini akan menghasilkan suatu lapisan yang kompleks dari pelekatan suatu mikroorganisme (*microfouling*) dan (*macrofouling*) atau yang lebih sering dikenal dengan sebutan *biofouling* (Rittschof, 2001). *Biofouling* dapat dibagi menjadi 2, yaitu microfouling adalah pembentuakan *biofilm* (kolonisali bakteri dan mikroalga) sedangkan *macrofouling* adalah penempelan makroorganisme (kolonisasi avertebrata dan makroalga) yang bersifat merusak. Organisme ini dapat melekat pada permukaan substrat secara sementara maupun permanen (Railkin, 2003).

Secara umum *biofuling* adalah penempelan dan pertumbuhan dari organisme pada permukaan benda atau material yang terendam dalam lingkungan laut. Organisme ini juga dapat melekat secara permanen maupun sementara pada permukaan material yang ditempelinya (Budiharta, 2009). Penempelan biota (*biofouling*) pada permukaan struktur yang terendam dalam lingkungan air laut berlangsung dalam waktu yang cepat, tahapan pertama adalah penempelan bakteri yang menghasilkan lapisan lendir, selanjutnya lapisan ini akan ditutupi oleh hewan bersel satu (*protozoa*) dan tumbuh-tumbuhan bersel satu (*diatom*). Lapisan akan

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

menjadi semakin tebal dan biasanya akan diikuti oleh penempelan *hydroid* dan lumut atau *Bryozoa*. Kemudian jenis-jenis biota penempel yang lebih besar akan menetap pada substrat yang lebih tebal, biasanya adalah teritip, kerang hijau atau tiram (Romimoharto & Juana, 2001).

Peristiwa korosi atau degradasi komponen beton dan baja jembatan di lingkungan laut, selain disebabkan oleh faktor-faktor atmosferik dan sifat fisik maupun kimia air laut dapat pula disebabkan oleh penempelan biota laut (*biofouling*). Penempelan biota laut (*biofouling*) pada struktur seperti pada tiang pancang atau pilar jembatan yang berada di lingkungan laut dapat menyebabkan kerusakan pada struktur-struktur tersebut khususnya akibat korosi yang dipicu oleh kehadiran biota tersebut. Beton yang ditempeli teritip (*macrofouling*), akan menjadi lebih rapuh dibandingkan dengan beton yang tidak ditempeli, hal tersebut diakibatkan oleh terbentuknya lingkungan asam di sekitar beton akibat proses metabolisme teritip, seperti diketahui lingkungan asam akan berpengaruh terhadap lemahnya ikatan hidrolis semen dengan air sehingga menyebabkan beton menjadi rapuh. Kondisi tersebut akan semakin diperparah oleh adanya difusivitas air laut dan abrasi beton yang diakibatkan oleh arus air laut, sehingga laju penetrasi ion-ion klorida ke dalam beton menjadi semakin cepat, yang apabila mencapai tulangan beton dapat menyebabkan terjadinya karat pada tulangan (Gunawan, 2016).

Permukaan tiang pancang jembatan Suramadu sangat banyak ditemukan biota yang menempel, penempelan dari biota penempel pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu tersebut menimbulkan pengotoran biologis (*biofouling*) dan secara tidak langsung akan menyebabkan korosi akibat kehadiran biota penempel tersebut (Railkin, 2003). Al-Qur'an telah menjelaskan tentang pentingnya melakukan sebuah penelitian yang juga telah dijelaskan bahwasanya manusia dianjurkan untuk melakukan sebuah penelitian yang terdapat dalam firman Allah SWT dalam QS. Yunus (10): 101, yang berbunyi:

قُلِ انْظُرُوْا مَاذَا فِى السَّمٰوٰتِ وَ الْاَرْضِ ؕ وَ مَا تُغْنِى الْاٰيٰتُ وَ النُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَّا يُؤْمِنُوْنَ

"Katakanlah: Perhatikan apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan Rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman".

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

Penafsiran dari kalimat tersebut adalah manusia dianjurkan untuk memperhatikan dan meneliti setiap tanda-tanda yang menunjukkan kekuasaan Allah SWT yang bermanfaat bagi manusia, *macrofouling* merupakan salah satu dari banyaknya tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Peran *macrofouling* selain sebagai bio-indikator suatu perairan juga memliki sifat yang merusak dan menjadi pengotor terhadap sutau bangunan (substrat) yang telah ditempeli. Penelitian ini dilakukan karena hingga saat ini belum ada penelitian yang membahas tentang pengaruh faktor oseanografi terhadap laju penempelan *macrofouling* yang terdapat di permukaan tiang pancang jembatan Suramadu pada sisi Surabaya. Informasi ini dianggap perlu dalam upaya penanganan struktur jembatan dari biota penempel yang bersifat merusak sehingga perlu dilakukan penelitian tentang keanekaragaman dan pengaruh faktor oseanografi terhadap laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu, sebagai berikut:

1. Bagaimanakah keanekaragaman *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu?
2. Bagaimanakah laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu?
3. Bagaimanakah kondisi faktor oseanografi disekitar perairan jembatan Suramadu?
4. Bagaimanakah pengaruh faktor oseanografi disekitar perairan jembatan Suramadu terhadap laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu, untuk:

1. Mengetahui keanekaragaman *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu.

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

2. Mengetahui laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu.
3. Mengetahui kondisi faktor oseanografi disekitar perairan jembatan Suramadu
4. Mengetahui pengaruh faktor oseanografi disekitar jembatan Suramadu terhadap laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu

1.4. Batasan Masalah

1. Pengamatan *macrofouling* dilakukan pada tiang pancang jembatan yang berada di bagian Surabaya.
2. Pengamatan kondisi faktor oseanografi di sekitar perairan jembatan Suramadu yang diamati meliputi suhu, pH, Salinitas, DO, kecerahan, nitrat dan fosfat

1.5. Manfaat

1. Bagi mahasiswa

   Dapat digunakan sebagai sumber referensi dan wawasan untuk penelitian lain, serta dikaji secara lanjut tentang kondisi keanekaragaman dan laju penempelan *macrofouling* dipermukaan tiang pancang jembatan Suramadu.
2. Bagi lembaga atau instansi

   Sebagai bahan informasi data yang bermanfaat untuk mengetahui keanekaragaman dan laju penempelan *macrofouling* dipermukaan tiang pancang jembatan Suramadu

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

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biofouling

B*iofouling* adalah akumulasi (penumpukan) organisme tanaman atau hewan pada fase dewasa yang menempel pada permukaan substrat (material yang ditempeli *biofouling*) dan mengotori substrat yang terendam oleh air laut, organisme ini dapat melekat sementara bahkan permanen pada permukaan substrat yang di tempelinya (Sabdono, 2007). Menurut (Marhaeni, 2011) *biofouling* adalah kumpulan *mikroorganisme* khususnya bakteri yang melekat pada permukaan substrat dan diselubungi oleh matriks *extracellular polymeric*. *Biofouling* tersebut merupakan prasyarat bagi penempelan dan metamorfosis dari organisme penempel di lingkungan laut.

Menurut (Rittschof, 2001) menyatakan bahwa seluruh permukaan bawah air pada lingkungan laut dapat dipengaruhi oleh penempelan dari organisme *fouling* seperti, bakteri, alga dan invertebrata khususnya teritip. Faktor-faktor perairan seperti fisika, kimia dan biologi juga dapat mempengaruhi semua permukaan yang berada di lingkungan laut, hal ini dapat menghasilkan suatu lapisan yang kompleks dari pelekatan suatu mikroorganisme (*microfouling*) dan (*macrofouling*) atau yang lebih sering dikenal dengan sebutan *biofouling*. *Biofouling* adalah penempelan suatu organisme hidup pada permukaan substrat yang kasar atau halus dan keras.

Ketika suatu struktur (substrat) yang keras terendam air laut, substrat itu tidak dapat terhindar dari penempelan *biofouling*. Proses penempelan *biofouling* pada substrat terjadi dengan sangat cepat pada skala mikroskopis, sehingga *biofouling* dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu, *microfouling* dan *macrofouling*. *Microfouling* adalah pembentukan *biofilm* dengan kolonisasi bakteri dan mikroalga sedangkan *macrofouling* adalah penempelan makroorganisme dengan kolonisasi avertebrata dan makroalga yang bersifat merusak (Railkin, 2003).

2.1.1. Microfouling

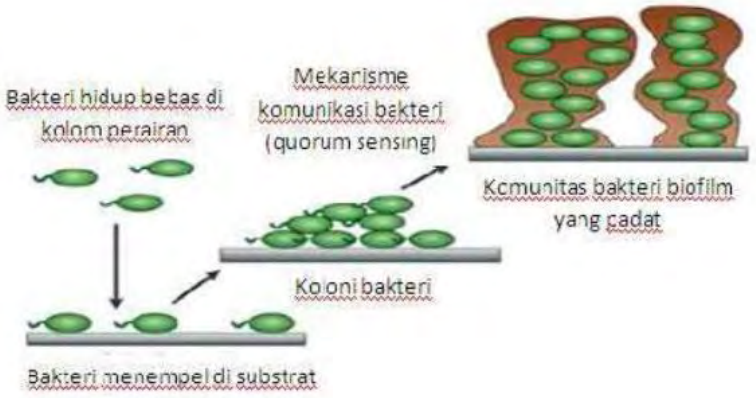
Microfouling merupakan suatu susunan dari koloni bakteri, jamur, diatom, cyanobacter, dan jenis uniseluler alga. Koloni diatom, cyanobacter, dan uniseluler alga biasa disebut sebagai peryphyton, sementara koloni jamur dan

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

bakteri secara umum disebut sebagai *biofilm*. *Biofilm* pada secara umum didominasi oleh bakteri yang memiliki kemampuan untuk menempel pada substrat yang keras di laut. Penempelan *biofilm* pada permukaan substrat yang terjadi di laut juga melewati beberapa fase untuk dapat menempel pada permukaan substrat (Armitage, 2005), yaitu:

1. Penempelan bakteri yang bersifat planktonik pada permukaan substrat, dengan menggunakan bulu atau cambuknya (*flagel*).
2. Pembentukan koloni sederhana antara bakteri-bakteri sejenis.
3. Pembentukan koloni bakteri *biofilm* yang semakin besar dan kondisi individu bakteri yang lebih matang.

Tahapan penempelan dari bakteri *biofilm* pada permukaan substrat disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Tahapan Penempelan Bakteri Biofilm Pada Substrat
Sumber: (Armitage, 2005)

Proses awal dari penempelan *biofilm* pada permukaan substrat keras dipengaruhi oleh dua hal (Czaczyk & Myszka, 2007), yaitu :

1. Sifat fisika bahan, sehingga terjadi reaksi kohesi dan adhesi morfologi bakteri dengan struktur substrat.
2. Respon fisiologis bakteri terhadap nutrisi yang tersedia di perairan, respon fisiologis tersebut dapat berupa sekresi *Ekstracelluler Polysakarida Substance* (EPS) oleh bakteri melalui satu bahkan dua katub yang memanjang dan terdapat di bagian ujung tubuhnya.

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

2.1.2. Karakteristik Mikroorganisme

Mikroorganisme (*Microfouling*) berkembang dalam beberapa tahap. Tahap pertama setelah struktur terendam oleh air laut bersamaan dengan proses adsorpsi makro molekul organik (eksopolimer, protein, dan lain-lain) dan molekul anorganik (garam-garaman) yang terdapat pada lingkungan laut atau yang diproduksi oleh mikroorganisme. Penyerapan molekul-molekul tersebut membentuk lapisan awal, dimana lapisan awal ini akan merubah sifat-sifat dari permukaan struktur (tegangan permukaan, energi permukaan) yang memungkinkan terjadinya penempelan mikroorganisme selanjutnya (Compère, et al., 2001). Penempelan bakteri terjadi dalam rentang waktu beberapa menit sampai beberapa jam setelah struktur terendam oleh air laut. Penempelan bakteri pada awalnya adalah sementara tetapi dapat berubah menjadi permanen, pada saat sekresi polimer ekstraselular menghasilkan jembatan polimer yang menghubungkan antara sel dengan permukaan struktur (Marshall, 1992)

Penempelan mikroorganisme secara permanen meliputi, interaksi energi yang tinggi, energi tersebut mencakup interaksi dipol-dipol, interaksi debye, interaksi ion-dipol, ikatan hidrogen dan jembatan polimer. Struktur ekstra seluler seperti polisakarida atau protein memegang banyak peranan yang memungkinkan terjadinya penempelan permanen. Salah satu konsep struktural dari satu spesies *biofilm*, telah diteliti oleh Costerton (Costerton, et al., 1995) seperti yang terlihat dalam Gambar 2.2.

Gambar 2.2 . Konsep Model Struktur Biofilm

Biofilm merupakan suatu struktur yang komplek yang terdiri dari sel dan mikrokoloni yang berada dalam suatu wilayah dengan tingkat polimerik hidrat yang tinggi (80% - 90% air) yang berpori dan bercelah dengan kandungan

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

nutrisi yang tinggi, salah satu hal penting dari *biofilm* adalah keberagamannya (spasial dan temporal). Ketebalan *biofilm* bervariasi dari beberapa mikrometer sampai beberapa centimeter bergantung pada komposisi media (struktur) yang ditempelinya. Ketebalan *biofilm* pada permukaan substrat tidak homogen, dimana kandungan oksigen terlarut disekitar *biofilm* juga berbeda-beda, ada yang aerobik (membutuhkan oksigen) dan anaerobik (tidak membutuhkan oksigen). Bakteri anaerobik menggunakan unsur sulfur dalam proses metabolisme tubuhnya. Adanya mikroalga dapat menghasilkan proses fotosintentik yang menghasilkan oksigen, dengan kondisi oksigen yang berbeda maka nilai derajat keasaman (pH) di sekitar *biofilm* akan berbeda juga, karena pada beberapa bakteri dalam proses metabolisme tubuhnya memproduksi senyawa yang bersifat asam (Compère, et al., 2001).

2.1.3. Macrofouling

Macrofouling menurut (Callow & Callow, 2002) dibedakan menjadi dua macam, yaitu *macrofouling* lunak dan *macrofouling* keras. *Macrofouling* lunak yaitu soft coral, spons, anemon, tunikata, dan hydroid, sementara *macrofouling* keras yaitu bernakel, kerang, dan cacing tabung. Kerang hijau yang menempel pada permukaan substrat, dapat menempel pada permukaan substrat karena adanya bantuan senyawa yang disekresikan oleh tubuhnya. Senyawa tersebut memiliki sifat yang lengket seperti lem dan disebut sebagai protein *dyhidroxypenylalanine* yang masuk pada golongan polipeptida. Seperti halnya kerang hijau, bernakel juga mampu mensekresikan senyawa dengan sifat yang sama sebagai senyawa hydrophobic protein. Larva bernakel (cyprid) memiliki cambuk dan dapat berenang bebas, kemudian akan memilih lokasi (substrat) yang baik untuk melekat dengan menggunakan antennules. Salah satu bagian organ larva yang umum disebut antennules tersebut dapat menghasilkan cairan untuk menandai lokasi yang akan digunakan untuk menempel. Enthemorpha, merupakan salah satu jenis golongan makroalga yang menempel pada permukaan substrat di laut sejak fase spora. Spora makroalga tersebut memiliki cambuk yang dapat berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk menempel

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

pada permukaan substrat, karena dapat mengeluarkan senyawa glycoprotein, yaitu senyawa yang disekresikan dari bagian apparatus golgi spora alga.

(Dharmaraj, et al., 1987) menyatakan bahwa kelompok *macrofouling* yang umum dan lebih sering ditemukan adalah moluska, teritip, bryozoa, tunicata, decapoda, krustasea, hidroid dan anthozoa. Tiga kelompok pertama merupakan *macrofouling* yang paling banyak ditemukan dan paling besar jumlahnya, sedangkan yang lainnya tidak terlalu signifikan.

2.1.4. Karakteristik Makroorganisme

Makroorganisme (*Macrofouling*) menjadi perhatian yang serius untuk struktur-struktur buatan yang berada di wilayah laut atau pantai dimana penempelan *makroorganisme* pada permukaan struktur (substrat) dapat mempengaruhi berat mati struktur dan kecepatan laju hidrodinamik pada kapal laut (Gambar 2.3). Penelitian yang dilakukan oleh Walter (Walters.et.al, 1996) tentang pengaruh penempelan biota pada struktur tiang pancang jembatan, menjelaskan bahwa penempelan biota laut yang terjadi pada permukaan tiang pancang dapat menambah berat mati dari struktur tersebut sebesar 5 kg/m^2 dan bergantung pada kondisi geografis wilayah serta tingkat kebersihan lingkungan laut atau pantai.

Gambar 2.3. Penempelan Biota Laut Pada Tiang Pancang dan Kapal Laut
Sumber: *(Gunawan, 2016)*

Makroorganisme terdiri dari beberapa macam spesies tumbuhan dan hewan dan secara umum diklasifikasikan ke dalam dua golongan besar yaitu makroorganisme lunak dan makroorganisme keras. Spesies makroorganisme keras memiliki ciri tubuh yang dilapisi cangkang yang keras yang dapat melindungi tubuhnya seperti teritip, keong dan kerang, sedangkan spesies

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

makroorganisme lunak memiliki ciri tubuh yang tidak memiliki cangkang pelindung seperti rumput laut, anemon, bryozoa, dan lain-lain. Tabel 2.1 berikut menampilkan makroorganisme utama yang terbagi dalam dua kategori sebagai berikut:

Tabel 2.1. Golongan Utama Makroorganisme

Keras	Lunak
Teritip (Barnacles Sp)	Rumput laut (Seaweed)
Kerang (Mussel)	Hidroid (Hydroida)
Tiram (Oyster)	Karang lunak (Soft Coral)
Cacing tabung (Tubeworm)	Anemon (Anemone)

Sumber: (Gunawan, 2016)

Jenis kerang dan teritip merupakan golongan biota penempel yang paling banyak ditemukan. Kerang-kerangan secara umum hidup dan tumbuh pada kedalaman perairan 0-20 meter dan dapat membentuk koloni dengan jumlah yang sangat banyak pada tahun pertama setelah suatu struktur (substrat) terendam dalam lingkungan air laut, sedangkan teritip dapat ditemukan pada daerah percikan (splash zone) hingga kedalaman 20 meter. Makroorganisme lainnya seperti tiram, cacing tabung, alga, rumput laut, hydroid dan lainnya dapat menimbulkan efek penempelan yang serius, beberapa dari mereka bahkan dapat membentuk suatu koloni yang berukuran sangat besar pada suatu lokasi (struktur) yang ditempeli.

2.2. Jenis-Jenis Macrofouling

Kelompok *macrofouling* yang secara umum sering ditemukan menempel pada permukaan struktur (substrat) antara lain: moluska, bryozoa, tunicata, decapoda, krustasea, hidroid dan anthozoa. Tiga kelompok pertama yaitu moluska, bryozoa dan tunicate merupakan jenis *biofouling* yang paling banyak dan paling besar jumlahnya (Dharmaraj, et al., 1987).

1. Moluska

   Moluska berasal dari bahasa Romawi yaitu, molis yang berarti lunak. Moluska merupakan binatang yang berdaging dan tidak memiliki tulang, ada yang tubuhnya dilindungi oleh cangkang dan ada pula yang tubuhnya tidak dilindungi oleh cangkang. Moluska merupakan hewan yang sangat berhasil menyesuaikan diri terhadap lingkungan untuk hidup di beberapa

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

tempat dan cuaca. Beberapa moluska ada yang hidup di hutan bakau, di laut yang sangat dalam, menempel pada substrat karang, di atas pasir, membenamkan dirinya dalam pasir, di atas tanah berlumpur dan adapula yang hidup di darat.

Teritip merupakan salah satu kelompok hewan yang penyebarannya paling luas dan ditemukan di perairan pasang dan surut atau laut dangkal. Tiga jenis teritip penghuni lautan dangkal yaitu *Balanus amphitrite*, *Balanus titinabulum* dan *Balanus trigonus*. Hal ini disebabkan oleh cangkang dari spesies ini yang keras dan daya tahannya cukup kuat terhadap perubahan lingkungan yang besar, sehingga pertumbuhannya lebih cepat. Selanjutnya menurut (Hutagalung, 1982) penempelan dan perkembangan teritip sangat dipengaruhi oleh faktor oseanografis antara lain pasang surut, cahaya, kecerahan, arus dan gelombang. Selain itu, sifat fisik dari substrat dan sifat kimia substrat, persediaan makanan dan ruang juga mempengaruhi kehidupan teritip.

2. Tunicata

Tunicata adalah hewan yang termasuk subfilum ini bertempat tinggal di laut. Merupakan hewan yang hidup melekat atau sesil. Makanan diperoleh dari aliran air yang masuk melalui mulut ke celah insang, diberi nama tunicata karena tubuhnya diselubungi oleh cangkang yang tersusun dari tunika. Tunika tersusun dari selulosa, biasanya terdapat pada tumbuhan atau protista tertentu. Pada tingkat dewasa hewan ini tidak mempunyai chorda dorsalis dan sistem saraf, seperti hewan melekat yang lainnya. Tunicata menghasilkan larva yang berenang, sehingga dapat mencari lokasi baru. Ciri kalau larva termasuk chordata yaitu memiliki chorda dorsalis dan sistem saraf yang terdapat pada bagian dorsal tubuh.

3. Hidroid

Hydrozoa ditemukan sekitar 3.000 spesies yang hidup dan dalam siklus hidupnya kelas ini mengalami tahap polip, sub-ordo thecate (Leptomedusae) Athecate (Anthomedussae), Limnomedusae, Milleporina, Stylasterina, Trachylina, Siphonophora, dan Actinulida. Penyebarannya dari daerah perairan dangkal sampai kedalaman 30-40 m. Hewan ini hidup

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

sebagai hewan yang berenang bebas maupun menempel pada substrat keras seperti batu-batuan, tiang-tiang pelabuhan dan pasir.

4. Alga

Tumbuhan laut (alga) bersifat uniseluler (bersel tunggal) dan ada pula yang multi seluler (bersel banyak). Cara hidupnya bisa sebagai fitoplankton yang mengapung atau melayang dalam air atau juga sebagai fitobentos yang hidup menancap atau melekat. Alga yang hidup di dasar laut banyak terdapat di sepanjang pantai mulai dari zona pasang dan surut sampai sedalam sinar surya dapat tembus. Perairan yang jernih beberapa jenis alga bisa hidup sampai kedalaman lebih 150 m, biasanya alga-alga ini sedikit terdapat di perairan yang dasarnya sedikit berlumbur atau berpasir karena sangat terbatas benda keras yang cukup kokoh untuk tempatnya melekat. Beberapa alga juga menempel pada terumbu karang, alga ini umumnya banyak ditemukan melekat pada batu, potongan karang, cangkang moluskadan potongan kayu dan ada pula yang apabila terlepas dari substrat dasar dapat hidup mengambang di permukaan karena mempunyai gelembung udara sebagai pelampung seperti yang terdapat pada Sargassum.

5. Anthozoa

Anthozoa berasal dari bahasa yunani, yaitu anthos dan zooa (Anthos = bunga dan Zoa = hewan) jadi Anthozoa adalah hewan yang menyerupai bunga. Semua anggota kelas ini hidup di laut, mulai dari daerah pantai sampai kedalaman 6000 meter terutama di perairan hangat, tetapi ada juga yang dijumpai di daerah kutub. Mereka merupakan polip yang menetap dengan melekatkan diri pada suatu objek yang terdapat di dasar laut, anggota dari pada kelas ini fase medusanya telah tereduksi sehingga hanya memiliki fase polip saja.

2.3. Proses Penempelan Biofouling Pada Substrat

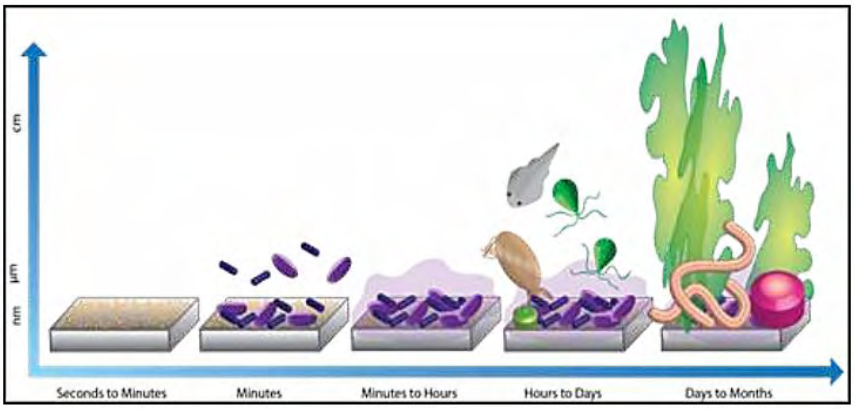
Proses penempelan *biofouling* pada permukaan substrat diawali dengan penempelan *mikroorganisme* terutama oleh bakteri dan diatom yang tumbuh secara cepat dengan debris dan bahan organik partikulat lainnya, mikroorganisme ini

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

membentuk lapisan tipis pada permukaan substrat. Tahap ini merupakan tahap primer, *mikroorganisme* berperan sebagai perintis bagi organisme penempel berikutnya yang umumnya berukuran lebih besar, hewan dan tumbuhan yang selanjutnya akan 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 (Railkin, 2003)

Proses penempelan organisme laut pada substrat keras dapat dibagi menjadi lima tahapan (Railkin, 2003), yaitu:

1. Tahap 1, proses adsorpsi makromolekul organik dan anorganik sesaat setelah struktur tersebut terendam.
2. Tahap 2, pergerakan sel mikrobial ke permukaan struktur, dan bakteri mulai menempel pada permukaan.
3. Tahap 3, bakteri menempel dengan kuat pada permukaan struktur, dan memproduksi ekstra seluler polimer, membentuk lapisan filem mikrobial pada permukaan.
4. Tahap 4, mulai terbentuk koloni yang komplek dan beragam di permukaan struktur dengan hadirnya spesies multiseluler seperti mikroalga, endapan lumpur, kotoran, dan lain-lain.
5. Tahap 5, invertebrata laut yang berukuran lebih besar mulai menempel seperti teritip, keong, makro alga, dan lain-lain.

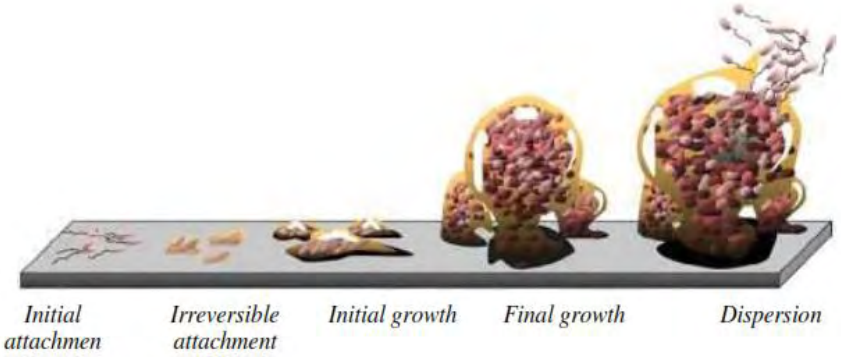


Gambar 2.4. Struktur Waktu Penempelan Biofouling Pada Substrat
Sumber: *(Abarzua & Jakubowski, 1995)*

Bakteri planktonik yang berada di perairan mengalami pengendapan yang berubah-ubah dalam hitungan detik, selanjutnya bakteri melekat pada substrat

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

dalam hitungan menit (pelekatan awal). Bakteri yang melekat membentuk koloni dan melekat secara permanen pada substrat karena terjadi produksi eksopolimer dalam hitungan menit sampai jam. Selanjutnya terjadi proses pematangan biofilm tahapan awal (maturasi 1) dalam hitungan 1 jam sampai 24 jam. Pematangan biofilm tahapan akhir (maturasi 2) terjadi pada hitungan 24 jam hingga 1 minggu. Pada hitungan 2 minggu hingga 1 bulan terjadi proses disphersi, yaitu sebagian bakteri siap untuk menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.



Gambar 2.5. Skema Tahapan Kolonisasi
Sumber: (Abarzua & Jakubowski, 1995)

2.4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Biofouling*

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *biofouling* diantaranya:

1. Temperatur

   Organisme laut umumnya bersifat polikiloterm (suhu tubuh dipengaruhi lingkungan) sehingga dalam penyebarannya akan mengikuti perbedaan suhu lautan secara geografis, organisme *biofouling* dapat hidup pada perairan dengan suhu berkisar antara 15-30 ^{o}C atau dari perairan eustari sampai laut terbuka, iklim tropik sampai dengan iklim sedang. Air memiliki daya serap panas yang lebih tinggi daripada daya serap panas pada daratan. Akibatnya untuk menaikan suhu suatu perairan sebesar 1°C, maka air akan membutuhkan energi yang lebih besar daripada yang dibutuhkan oleh daratan dalam jumlah massa yang sama (Gunawan, 2016).

2. Kecerahan Perairan

   Cahaya merupakan faktor penting dalam menentukan menetap atau tidaknya biota penempel pada suatu substrat. kecerahan perairan

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

berhubungan dengan adanya penetrasi cahaya. Banyaknya material terlarut dan partikel-partikel yang berasal dari daratan, potongan rumput laut, kepadatan plankton yang tinggi dan melimpahnya nutrien yang menyebabkan terhambatnya penetrasi cahaya. (Darsono & Hutomo, 1983) membuktikan bahwa masa padat tersuspensi yang tinggi, yaitu 30 mg/liter akan menyebabkan kecerahan < 20 cm dan dapat menyebabkan kematian pada biota penempel.

3. Salinitas

   Salinitas (kadar garam) merupakan berat semua garam yang terlarut dalam 1000 gram air laut, organisme *biofouling* dapat hidup pada perairan estuaria antara 5-30 $^{o}/_{oo}$ sedangkan salinitas pada laut terbuka dapat mencapai 41 $^{o}/_{oo}$.

4. Derajat keasaman (pH)

   Derajat keasaman (pH) adalah ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa perairan yang diketahui melalui konsentrasi atau aktivitas ion hidrogen. Nilai pH dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur, kandungan karbondioksida dan oksigen terlarut. Perubahan pH pada suatu perairan dapat memberikan pengaruh terhadap proses fisik, kimia maupun biologis suatu organisme, apabila *biofouling* hidup pada kisaran pH yang lebih besar maka akan terjadi tekanan fisiologis pada tubuhnya dan menyebabkan kematian (Romimoharto, 1991).

5. Oksigen terlarut (*Dissolved oxygen*)

   Oksigen terlarut sangat penting kerena dibutuhkan oleh organisme perairan dan sangat mempengaruhi kehidupan organisme perairan baik secara langsung maupun tidak langsung. Kadar oksigen terlarut merupakan parameter yang dibutuhkan biota untuk proses metabolisme tubuhnya. Semakin rendah kadar oksigen terlarut maka akan menghambat pertumbuhan dan dapat menyebabkan kematian pada biota penempel (Faturohman, et al., 2016)

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

6. Ketersediaan Nutrisi

   Laju aliran air laut yang rendah, pada saat awal akan mendukung pembentukan biofilem di permukaan, tapi akan menghambat dalam tahap kedua pertumbuhannya. Laju aliran yang kuat dan gaya gesek yang kuat pada permukaan akan memperlambat penempelan bakteri tetapi akan memungkinkan pertumbuhan yang cepat dari biofilem karena kontribusi nutrisi yang signifikan. Struktur yang berada di daerah dekat pantai biasanya akan lebih mudah ditempeli oleh biota dikarenakan banyaknya nutrisi yang tersedia di daerah tersebut (Gunawan, 2016).

7. Kondisi pasang surut

   Pasang surut adalah naik turunnya permukaan laut secara periodik selama satu interval dalam waktu tertentu. Pasang surut merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kehidupan di zona intertidal yaitu, terkenanya udara terbuka secara periodik dengan kisaran parameter fisik yang cukup besar. Pendedahan pada udara terbuka terhadap suatu organisme merupakan fungsi suhu dan kekeringan. Semakin lama terdedah di udara terbuka menyebabkan kenaikan suhu yang mempengaruhi metabolisme dalam tubuh organisme (Nybakken, 1992).

8. Arus

   Arus merupakan gerakan suatu massa air yang disebabkan oleh tiupan angin atau karena perbedaan densitas air laut atau dapat pula disebabkan oleh gerakan gelombang yang panjang (Nontji, 1987), selanjutnya (Nybakken, 1992) menyatakan bahwa angin akan mendorong bergeraknya air di permukaan yang akan menghasilkan suatu gerakan horizontal yang lamban yang mampu mengangkut suatu volume air yang sangat besar melintasi jarak di lautan. Arus dan gelombang mengakibatkan kegagalan penempelan organisme *biofouling* pada substrat.

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

2.5. Kerusakan Struktur Jembatan Akibat Biota Penempel

Penempelan biota laut pada struktur buatan manusia seperti tiang pancang atau pilar jembatan yang terdapat pada lingkungan laut akan menyebabkan kerusakan pada struktur-struktur tersebut karena timbulnya korosi yang disebabkan oleh kehadiran biota penempel. Tingginya laju penempelan biota penempel dari jenis teritip pada permukaan struktur dapat menjadi masalah yang serius karena akan menyebabkan semakin banyaknya biota penempel pada permukaan struktur-struktur buatan manusia di lingkungan laut dan menyebabkan terbentuknya lingkungan asam yang lebih besar akibat proses metabolisme biota penempel yang semakin luas akibat penempelan biota penempel. Seperti diketahui lingkungan asam dapat menyebabkan lemahnya ikatan hidrolis semen dengan air sehingga menyebabkan beton menjadi rapuh (Railkin, 2003). Seperti pada kondisi beton yang diamati pada salah satu kepala tiang pancang di perairan Selat Madura dalam Gambar 2.6.

Gambar 2.6. Kondisi Beton Ditempeli dan Tidak Ditempeli Biota Penempel
Sumber : (Gunawan, 2016)

Pada gambar 2.6 terlihat kondisi beton secara visual lebih berpori akibat adanya biota penempel yang menempel pada permukaannya. Kondisi tersebut akan semakin diperparah akibat adanya penetrasi air laut dan abrasi beton yang diakibatkan oleh arus air laut, sehingga laju penetrasi ion-ion klorida ke dalam beton menjadi semakin cepat, apabila mencapai tulangan beton dapat menyebabkan terjadinya karat pada tulangan dan menyebabkan kerusakan pada tulangan beton. Penempelan biota penempel dari jenis teritip juga dapat mengakibatkan kerusakan pada lapisan pelindung permukaan tiang pancang baja jembatan, baik yang berupa coating ataupun painting (Gunawan, 2016). Gambar 2.7 di bawah ini adalah satu contoh kerusakan lapisan pelindung tiang pancang oleh penempelan teritip.

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

Gambar 2.7. Lapisan Coating HDPE Yang Rusak Akibat Biota Penempel
Sumber : (Gunawan, 2016)

Senyawa asam yang dihasilkan dari proses metabolisme tubuh biota penempel dan proses aktivitas biota penempel yang menancapkan dirinya kedalam permukaan dalam usaha untuk mempertahankan dirinya dari arus laut akan merusak permukaan pelindung, sehingga lapisan tersebut akan rusak yang dimulai oleh terbentuknya lubang-lubang kecil pada permukaan substrat, adanya lubang tersebut akan menyebabkan air laut masuk dan memperlemah daya lekat lapis pelindung dari dalam, sehingga seiring dengan berjalannya waktu, lapisan pelindung akan terlepas dan kemudian pecah (Gunawan, 2016).

2.6. Penelitian terdahulu

2.6.1. Penelitian 1

Judul : Keanekaragaman Dan Kepadatan Macrofouling Pada Media Terumbu Buatan Dengan Bahan Material Beton Normal Dan Beton Campuran Cangkang Kerang Di Pantai Pasir Putih Situbondo

Penulis : Imron Abdul Malik

Tahun : 2018

Hasil : Indeks keanekaragaman termasuk kedalam kategori rendah dengan nilai dari terumbu buatan cangkang kerang 1,56 dan beton normal 1,28, Kepadatan *macrofouling* didominasi oleh *barnacle*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nila kepadatan dan keanekaragaman dari macrofouling yang terdapat pada terumbu karang buatan dengan media beton normal dan beton campuran cangkang kerang, serta untuk mengetahui apakah penggunaan materian yang berbeda pada terumbu karang buatan dapat mempengaruhi penempelan macrofouling.

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

2.6.2 Penelitian 2

Judul : Kepadatan Dan Keragaman Macrobiofouling Para Dermaga Beton Dan Dermaga Kayu Di Pulau Balanglompo, Kec. Mattiro Sompe, Kab. Pangkep

Penulis : Ahmad Faisal Ruslan

Tahun : 2014

Hasil : - Kepadatan *macrobiofouling* didominansi oleh *Balanus* sp. dan kepadatan tertinggi terdapat pada dermaga beton dengan nilai kepadatan 147 ind/m^2.

- Nilai rata-rata keanekaragaman *macrobiofouling* pada tiang dermaga beton lebih besar dari tiang dermaga kayu

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan dan keanekaragaman *macrobiofouling* pada dermaga beton dan dermaga kayu, serta membandingkan keanekaragaman dari *macrobiofouling* yang terdapat pada dermaga kayu dan dermaga beton dilakukan dengan mengamati *macrobiofouling* pada tiang yang terekspos maupun tidak terekspos.

2.6.3 Penelitian 3

Judul : Sebaran Teritip Intertidal dan Hubungannya Dengan Konsisi Lingkungan Perairan di Pelabuhan Kota Dumai

Penulis : AL MUDZNI

Tahun : 2014

Hasil : Kepadatan teririp *Amphibalanus* spp tertinggi terdapat pada media penempelan kayu yang tidak diberi warna sebesar 506,25 ind/m2, sedangkan kepadatan terendah terdapat pada media penempelan besi berwarna putih (21, 875 ind/m2) dan fiber berwarna putih (25 ind/m)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sebaran teritip intertidal pada beberapa jenis dan warna media penempelan yang berbeda. Selain itu juag untuk mengetahui sebaran dari kepadatan teritip intertidal secara vertikal dan horizontal pada perairan pelabuhan

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

2.6.4 Penelitian 4

Judul : Studi Pengaruh Variasi Kedalaman Air Laut Tropis Terhadap Penempelan Biofouling Pada Material Bambu Laminasi

Penulis : Hendra Marta Ramadhani

Tahun : 2016

Hasil : - Penempelan *biofouling* dengan nilai tertinggi terdapat pada material jati dengan nilai 57 ind/m^2 dan nilai terendah terdapat pada material bambu laminasi dengan nilai 35 ind/m^2

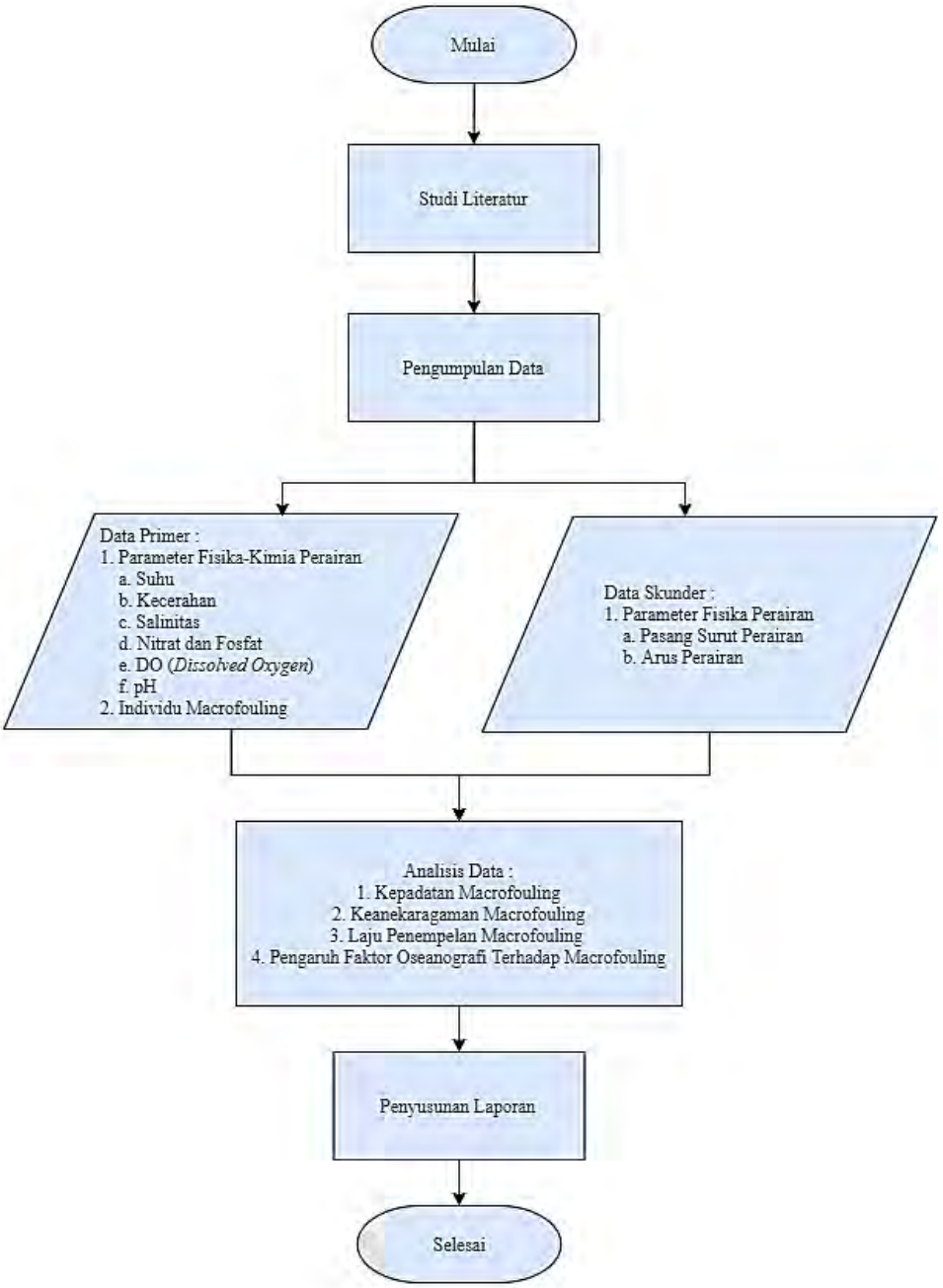
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penempelan biofouling pada material kayu dan material bambu, dimana kedua material yang digunakan sebagai bahan penelitian ini diletakkan pada kedalaman yang berbeda untuk mengetahui pengaruh kedalaman terhadap penempelan *biofouling*.

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

BAB III
METODOLOGI

3.1. Flowchart Penelitian

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Flowchart Penelitian
(Hasil Penelitian, 2020)

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

3.2. Gambaran Umum Loksi Penelitian

Jembatan Suramadu merupakan jembatan terpanjang yang berada di indonesia dengan panjang jembatan mencapai 5.438 m, jembatan Suramadu dibangun dengan mengubungkan dua pulau yaitu pulau Jawa (Surabaya) dan pulau Madura (Bangkalan) dengan melintasi Selat Madura. Jembatan Suramadu memiliki tiga bagian yaitu jalan layang (*causeway*), jembatan penghubung (*approach bridge*), dan jembatan utama (*main bridge*) dengan konstruksi jembatan sebagai berikut:

Gambar 3.2. Jembatan Suramadu
(Dokumentasi Penelitian, 2020)

Panjang Jembatan	: 5438 meter
Leber Jembatan	: 30 meter
Tinggi Jembatan	: 146 meter

Jalan layang (*causeway*) dibangun dengan menghubungkan konstruksi jembatan dengan jalan darat melalui perairan yang dangkal di kedua sisi (Surabaya dan Madura). Jalan layang (*causeway*) terdiri dari 36 bentang sepanjang 1.458 meter pada sisi Surabaya dan 45 bentang sepanjang 1.818 meter pada sisi Madura. Jalan layang (*causeway*) ini dibangun menggunakan konstruksi penyangga PCI girder dengan panjang 40 meter tiap bentang yang disangga pondasi pipa baja berdiameter 60 cm.

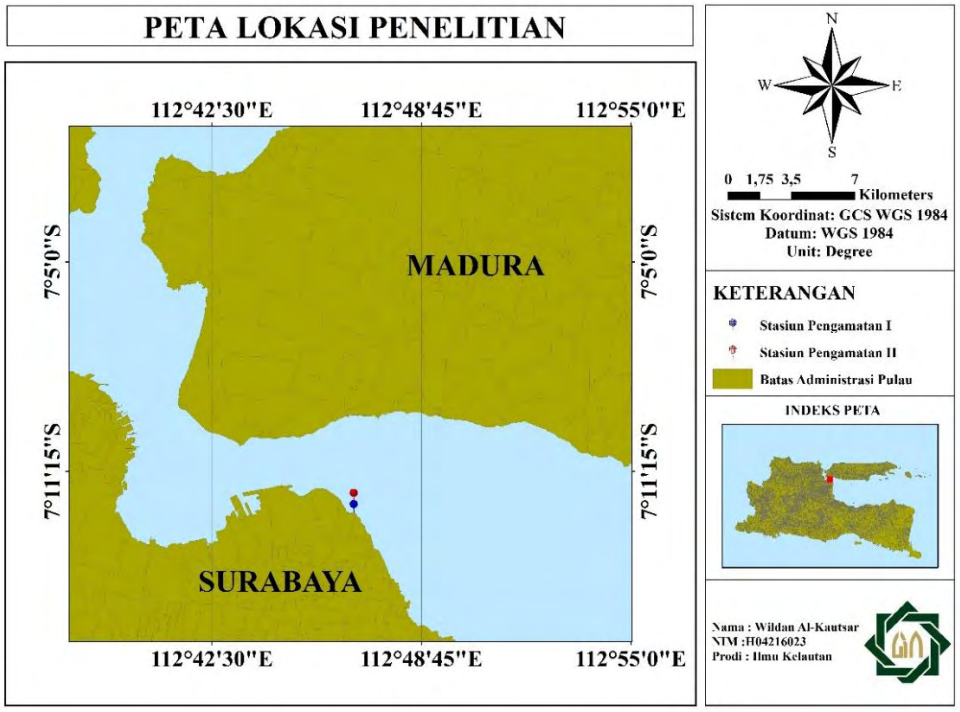
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jembatan penghubung (*approach bridge*) menghubungkan sisi jembatan utama dengan jalan layang. Jembatan ini terdiri dari dua bagian dengan panjang masing-masing bagian 672 meter. Jembatan ini menggunakan konstruksi penyangga beton Presstressed Box Girder dengan bentang 80 meter sebanyak 7 bentang pada tiap sisi yang ditopang fondasi penopang berdiameter 180 centimeter.

Jembatan utam (*main bridge*) terdiri dari tiga bagian yaitu 2 bentang samping sepanjang 192 meter dan 1 bentang utama sepanjang 434 meter. Jembatan utama (*main bridge*) menggunakan konstruksi *cable stayed* yang ditopang oleh 2 pylon kembar setinggi 140 m. Lantai jembatan menggunakan konstruksi komposit double plane setebal 2,4 meter.

3.3. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2020. Lokasi penelitian berada dikawasan jembatan Suramadu. Tepat yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah tiang pancang jembatan Suramadu yang berada pada sisi Surabaya dengan stasiun pengamatan pada koordinat 7º12’29,074” LS dan 112º46’44,08” BT di stasiun pengamatan I dan pada koordinat 7º12’26,06” LS dan 112º46’43,759” BT di stasiun pengamatan II. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Lokasi Penelitian
(Hasil Penelitian, 2020)

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

3.4. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel pada penelitian ini mencakup beberapa fungsi, baik untuk pengamatan parameter oseanografi dan individu *macrofouling*. Kelengkapan alat (Tabel 3.1) dan bahan (Tabel 3.2) yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.1 Daftar Alat Yang Digunakan Penelitian

Alat	Satuan	Fungsi	Keterangan
Transek kuadran	Buah	Luasan pengamatan	In situ
Buku dan alat tulis	Buah	Pendataan data *Macrofouling*	In situ
Kamera	Buah	Dokumentasi	In situ
Global Positioning System (GPS)	Ltg-Bjr	Menentukan koordinat	In situ
Hanna meter	Ppt	Mengukur kadar salinitas	In situ
DO meter	mg/l	Mengukur kadar oksigen terlarut	In situ
pH meter	Buah	Mengukur kadar pH dan suhu	In situ
Secchi disc	m	Mengukur kecerahan air laut	In situ

(Hasil Penelitian, 2020)

Tabel 3.2 Daftar Bahan Yang Digunakan Penelitian

Bahan	Satuan	Keterangan
Aquades	ml	In situ
Botol sampel	ml	In situ
Data Arus	-	CMEMS
Data pasang Surut	-	*Big.go.id*

(Hasil Penelitian, 2020)

3.5. Metode Penelitian

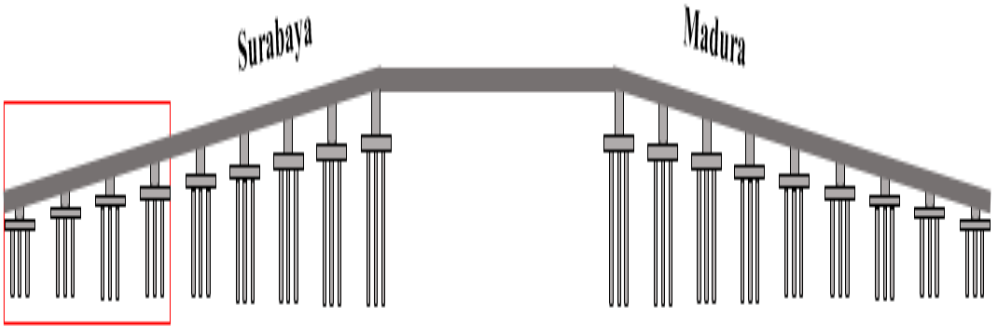
Secara keseluruhan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode yang bertujuan untuk menggambarkan suatu keadaan atau sifat seperti apa adanya atau dimaksudkan untuk memastikan dan mampu menggambarkan ciri atau karakteristik obyek yang diteliti. Metode deskirptif pada penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data dari keanekaragaman dan laju penempelan dari *macrofouling* pada permukaan tiang

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

pancang jembatan Suramadu dengan menganalisis hasil dari dokumentasi dan pengamatan secara langsung. Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menghitung kepadatan, keanekaragaman dan laju penempelan. Tahapan dalam metode deskriptif ini adalah mengumpulkan spesimen, mendeskripsiakn, mengidentifikasi, mengklasifikasi dan menginventarisasi (Suparmoko, 1999).

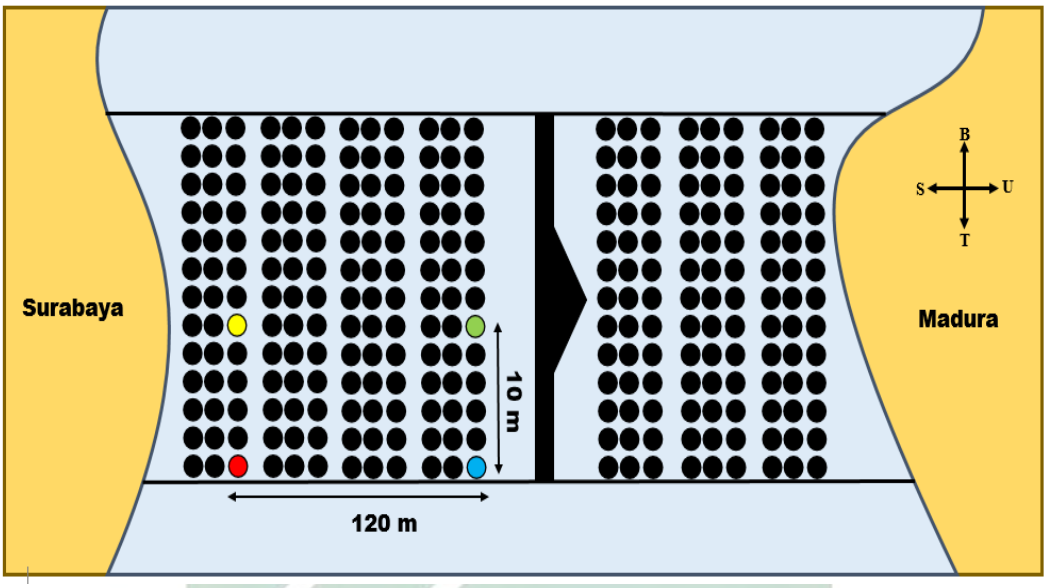
3.5.1. Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan metode (*Purposive Sampling*), purposive sampling merupakan metode yang dalam menentukan lokasi penelitian telah dilakukan berbagai pertimbangan tertentu untuk pengambilan sampel dengan menyesuaikan tujuan dari penelitian yang dilakukan (Winarno, 2011). Lokasi pengamatan individu *macrofouling* dilakukan pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu yang dilakukan pada 2 stasiun pengamatan dengan jarak antara stasiun I dengan stasiun II adalah ± 120 meter yang terbagi kedalam 2 titik pengamatan setiap stasiun dengan jarak antara titik pengamatan I dan titik pengamatan II adalah ± 10 meter yang didapatkan setelah dilakukan survei pendahuluan. Stasiun pengamatan I berada pada koordinat 7°12’29,074” LS dan 112°46’44,08” BT dan stasiun pengamatan II berada pada koordinat 7°12’26,06” LS dan 112°46’43,759” BT. Survei pendahuluan dilakukan dengan pengamatan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu untuk memperoleh gambaran awal *macrofouling* pada permukaan tiang pancang sebagai lokasi pengamatan.

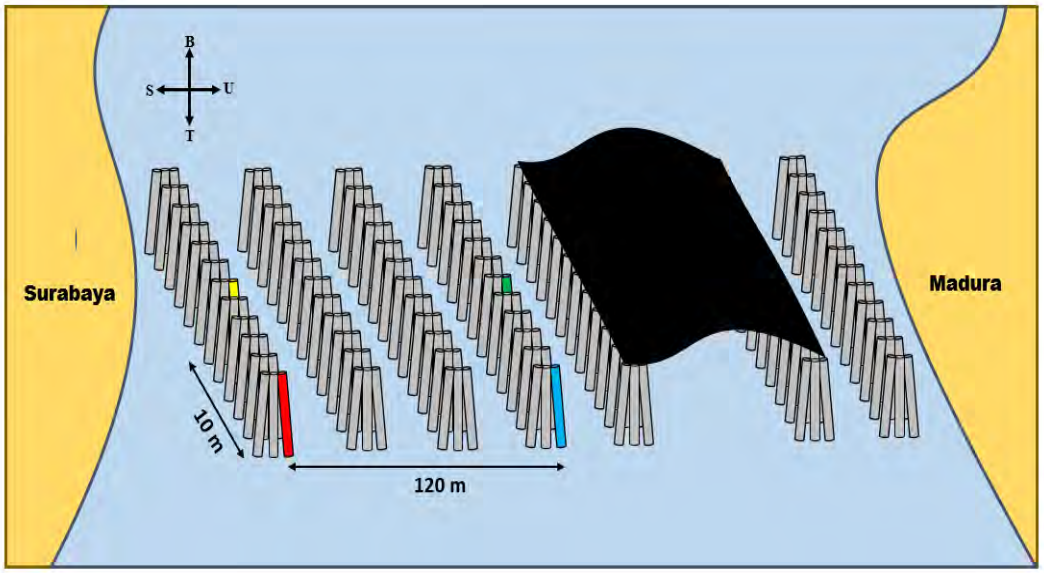


a. Sketsa Jembatan Suramadu

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



b. Tampak Atas



c. Tampak samping

Gambar 3.4. a-c Sketsa Jembatan dan Titik Pengamatan Macrofouling

Keterangan :

Sisi Timur

a. Tiang Merah = Titik A stasiun pengamatan I

b. Tiang Biru = Titik C stasiun pengamatan II

Sisi Barat

a. Tiang Kuning = Titik B stasiun pengamatan I

b. Tiang Hijau = Titik D stasiun pengamatan II

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

3.5.2. Pengambilan Data

Pengambilan data primer pada penelitian ini dilakukan secara *in situ* (langsung) dan dibagi kedalam dua stasiun pengamatan seperti yang telah ditampilkan pada Gambar 3.3. Pada penelitian ini terdapat dua stasiun pengamatan dengan jarak antar stasiun pengamatan adalah sejauh 120 meter dengan dua titik pengamatan dan jarak antara titik pengamatan yaitu 10 meter, sedangkan untuk data skunder yang digunakan dari penelitian ini yaitu data prediksi arus dan data prediksi pasang surut, untuk data pasang surut didapatkan dari data peramalan yang di unduh dari *website* Badan Informasi Geospasial (BIG) selama 30 hari pada bulan Juni tahun 2020, sedangkan untuk data arus didapatkan dari data peramalan yang diunduh dari *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) selama 30 hari pada bulan Juni tahun 2020. Pengambilan data primer yang diperlukan selama masa penelitian ditampilkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Gambar 3.5. Pengukuran Diameter Tiang dan Jarak Titik Pengamatan
(Dokumentasi Penelitian, 2020)

Tabel 3.1. Tabel Data Faktor Oseanografi (Hasil Penelitian, 2020)

Faktor oseanografi		Stasiun I		Stasiun II	
		Titik A	Titik B	Titik C	Titik D
1. Suhu 2. Ph 3. Salinitas 4. Do 5. Kecerahan 6. Nitrat 7. Fosfat	Minggu 1				
	Minggu 2				
	Minggu 3				
	Minggu 4				

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

Tabel 3.2 Tabel Data Individu Macrofouling (Hasil Penelitian, 2020)

	Pengamatan	Stasiun I		Stasiun II	
		Titik A	Titik B	Titik C	Titik D
Individu *macrofouling*	Minggu 1				
	Minggu 2				
	Minggu 3				
	Minggu 4				

1. Pengukuran Faktor Oseanografi

Pengukuran faktor oseanografi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi faktor fisika dan faktor kimia. Faktor fisika yang diukur pada penelitian ini meliputi, suhu perairan, kecerahan, kecepatan arus, dan pasang surut. Faktor kimia yang diukur pada penelitian ini meliputi, salinitas, pH (derajat keasaman), dan DO (oksigen terlarut), kandungan nitrat dan fosfat perairan. Pengukuran faktor fisika yaitu kecepatan arus dan pasang surut dilakukan dengan mengolah data hasil peramalan yang telah di dapatkan dari *website* Badan Informasi Geospasial (BIG) dan *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) tahun 2020, pengukuran kandungan nitrat dan fosfat perairan dilakukan dengan pengambilan sampel air di lokasi penelitian pada setiap titik pengamatan yang selanjutnya sampel air yang telah didapatkan disimpan kedalam botol sampel untuk dilakukan analisis kandungan nitrat dan fosfat di Laboratorium Badan Penelitian dan Konsultasi Industri, Ketintang Baru, Surabaya. Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui kandungan nitrat dan fostat perairan di lokasi penelitian adalah metode Kjeldahl, merupakan metode yang berguna untuk mengetahui nilai kuantitatif dari nitrogen dan fosfat dengan tiga tahapan yaitu destruksi, destilasi, dan titrasi (Tristianto, 2017).

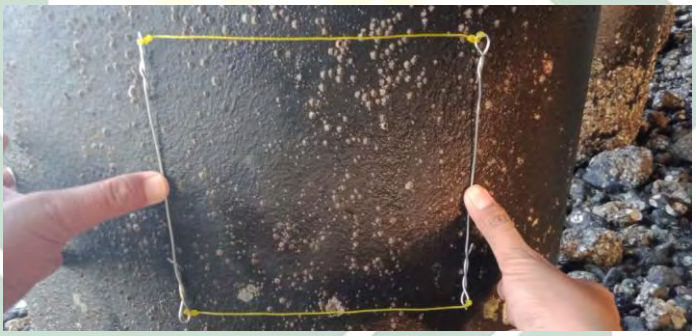
a. Persiapan alat b. Pengukuran parameter

Gambar 3.6. Pengukuran Parameter Perairan
(Dokumentasi Penelitian, 2020)

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

2. Pengamatan individu macrofouling

Pengamatan yang dilakukan terhadap *macrofouling* pada penelitian ini dilakukan dengan mengamati *macrofouling* yang terdapat pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu, pengambilan data *macrofouling* dilakukan sebanyak (4 titik) yang terbagi kedalam dua stasiun berbeda menggunakan transek kuadran dengan ukuran 20×20 cm. Pertimbangan yang digunakan dalam menentukan lokasi transek adalah tingkat penempelan dari individu *macrofouling* yang masih dapat diamati, paparan sinar matahari pada lokasi transek dan jarak titik pengamatan dengan garis pantai (Faisal, 2014). Pengamatan individu *macrofouling* yang dilakukan pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu adalah dengan menghitung jumlah individu yang terlihat secara kasat mata. Rangkaian dari penelitian yang dilakukan ini meliputi penghitungan kepadatan, keanekaragaman dan laju penempelan *macrofouling*.



Gambar 3.7. Pengamatan Individu Macrofouling
(Dokumentasi penelitian, 2020)

a. Sampling *macrofouling*

Tahapan sampling *macrofouling* yang dilakukan pada lokasi penelitian dapat dilihat sebagai berikut :

a. Sampling individu *macroofuling* dilakukan dengan menggunakan kuadran ukuran 20x20 cm pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu.
b. Sampel individu *macrofouling* diambil dengan bantuan kamera sebagai dokumentasi untuk mempermudah dalam menghitung jumlah individu. Sampel diambil pada titik yang telah ditentukan.

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

c. Sampel individu *macrofouling* yang berupa gambar dokumentasi kemudian dihitung untuk mengetahui jumlah dari individu *macrofouling*.

b. Pengambilan Dokumentasi

Pengambilan dokumentasi yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mendokumentasikan hasil dari pengamatan individu *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dan digunakan sebagai bahan laporan dari pengamatan individu *macrofouling* yang telah dilakukan pada lokasi penelitian. pengambilan dokumentasi dari individu *macrofouling* pada lokasi penelitian juga dapat digunakan sebagai penguat data yang telah didapatkan.

3.6. Analisis Data

Analisis data merupakan proses pengolahan data yang telah didapatkan dari pengambilan data yang telah dilakukan dilapangan (*in* situ) dan data sekunder sebagai data pendukung pada penelitian yang dilakukan. Proses pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

3.6.1. Kepadatan Macrofouling

Perhitungan kepadatan *macrofouling* pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung jumlah individu *macrofouling* yang terdapat pada permukaan substrat dan dibagi dengan luasan transek kuadran yang digunakan pada saat penelitian, perhitungan dari kepadatan *macrofouling* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut (Kerbs, 1989) :

$D = ni/A$ ..... (Persamaan 1)

Keterangan :

D : Kepadatan Jenis (Ind/m^2)

ni : Jumlah Total Individu (Individu)

A : Luas Total Transek (m^2)

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

3.6.2. Indeks Keanekaragaman Macrofouling

Indeks keanekaragaman (H') adalah penggambaran dari golongan *macrofouling* yang menunjukkan sifat dari suatu golongan dan memperlihatkan tingkat keanekaragamannya dalam suatu golongan *macrofouling*. Menurut sifat golongan *macrofouling*, keanekaragaman ditentukan dengan banyaknya jenis serta kemerataan dan kelimpahan dari individu tiap jenis yang didapatkan. Semakin besar nilai suatu keanekaragaman *macrofouling*, berarti semakin banyak jenis *macrofouling* yang didapatkan dan nilai indeks keanekaragaman (H') ini sangat bergantung kepada nilai total dari individu *macrofouling* pada masing-masing jenis atau genera (Odum, 1983). Perhitungan indeks keanekaragaman (H') *macrofouling* dilakukan dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$H' = -\sum \left(\frac{Ni}{N}\right) ln \left(\frac{Ni}{N}\right) \qquad \text{..... (Persamaan 2)}$$

Keterangan :

H' : Indeks Keanekaragaman Shannon-Weinner

Ni : Jumlah Individu Jenis i

N : Jumlah Total Individu Semua Jenis

Tabel 3.3. Kriteria Penilaian Indeks Keanekaragaman

Keanekaragaman	Kriteria Penilaian
H < 2,0	Rendah
2,0 < H' < 3,0	Sedang
H > 3,0	Tinggi

3.6.3. Laju Penempelan Macrofouling

Perhitungan laju penempelan *macrofouling* pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung kecepatan penempelan dari *macrofouling* yang terdapat pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dengan luasan yang telah ditentukan menggunakan transek kuadran ukuran 20x20 cm selama waktu

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

pengamatan. Perhitungan laju penempelan *macrofouling* dihitung dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut (Ariadi, 2010):

$$LP = \frac{Kn - K(n-1)}{t} \qquad \text{.....(Persamaan 3)}$$

Keterangan :

LP : Laju Penempelan *macrofouling* (ind/m^2/minggu)

Kn : Kepadatan ke - n (ind/m^2)

K(*n*-1) : Kepadatan ke – (n-1) (ind/m^2)

t : Waktu Pengamatan

3.6.4. Faktor Oseanografi

Faktor oseanografi merupakan faktor yang dapat mempengaruhi penempelan dan pertumbuhan dari *macrofouling* (Gunawan, 2016). Kondisi faktor oseanografi perairan yang terukur selama masa penelitian yang dilakukan dari m1 (pengamatan awal) sampai m4 (pengamatan akhir) pada masing-masing stasiun akan dihitung dengan tujuan untuk mengetahui nilai rata-rata pada setiap faktor oseanografi dan akan dikaitkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap laju penempelan *macrofouling*.

a. Pasang Surut

Perhitungan pasang surut perairan dilakukan dengan mengolah data hasil peramalan pasang surut bulan juni tahun 2020 yang didapatkan dari *website* Badan Informasi Geospasial (BIG) dan dilakukan pengolahan pasang surut dengan bantuan software Microsoft Excel. Data pasang surut tersebut diolah dengan menggunakan metode *Admiralty* untuk menentukan komponen-komponen pasang surut yang digunakan untuk mencari nilai *formzhal* dan ketinggian maksimum pasang surut. Untuk mendapatkan nilai bilangan *formzhal* digunakan rumus sebagai berikut (Stok, 1987):

$$F = (K1 + O1)/(M2 + S2) \qquad \text{.....(Persamaan 4)}$$

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

Variabel	Keterangan
O1	Amplitudo Unsur Pasut Tunggal Utama Yang Disebabkan Oleh Gaya Tarik Bulan
K1	Amplitudo Unsur Pasut Tunggal Utama Yang Disebabkan Oleh Gaya Tarik Matahari
M2	Amplitudo Unsur Pasut Ganda Utama Yang Disebabkan Oleh Gaya Tarik Bulan
S2	Amplitudo Unsur Pasut Ganda Utama Yang Disebabkan Oleh Gaya Tarik Matahari

Nilai *fomzhal* digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi disuatu perairan, tipe pasang surut di suatu perairan dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

$F < 0,25$: Pasang Surut Harian Ganda

$0,25 < F \leq 1,5$: Pasang Surut Campuran Dominan Ganda

$1,5 < F \leq 3,0$: Pasang Surut Campuran Dominan Tunggal

$F > 3,0$: Pasang Surut Harian Tunggal

b. Arus

Perhitungan kecepatan arus perairan dilakukan dengan menggunakan *software* (ODV) *Ocean Data View* dan Microsoft Excel, dimana data yang sudah didapatkan dari Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) bulan juni tahun 2020 diolah dengan menggunakan software ODV untuk merubah format data menjadi *.*txt.* kemudian data yang sudah dirubah format datanya diolah dengan bantuan software Microsoft Excel untuk mengetahui kecepatan arus di lokasi studi.

3.6.5. Analisis Korelasi

Analisis korelasi adalah tahapan analisis yang digunakan untuk mengetahui hubungan faktor oseanografi terhadap laju penempelan *macrofouling*. Analisis hubungan antara faktor oseanografi terhadap laju penempelan *macrofouling* dilakukan dengan menggunakan analisis hubungan *PCA* (*Principal Component Analysis*). Tingkat hubungan antara faktor oseanografi dengan laju penempelan *macrofouling* pada analisis ini dinyatakan dalam nilai indeks hubungan dengan kriteria penilaian dapat dilihat pada Tabel 3.4. *Principal Component Analysis*

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

(*PCA*) merupakan suatu teknik statistik yang digunakan untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya menjadi satu variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas. Tujuan dari dilakukannya analisis *PCA* ini adalah untuk mengetahui hubungan antara masing-masing variabel menjadi sebuah pola hubungan untuk mereduksi banyak variabel menjadi jumlah yang lebih kecil. Metode analisis *PCA* ini menggunakan software IBM SPSS versi 22 dan Microsoft excel versi 2013 (Delsen, et al., 2017).

Tabel 3.4. Kriteria Hubungan Variabel

Hasil Hubungan	Kategori
0,00 – 0,3	Hubungan rendah
0,4 – 0,6	Hubungan sedang
0,7 – 1	Hubungan sangat kuat

Analisis hubungan menggambarkan tingkat keeratan hubungan linier antara dua peubah atau lebih. Koefisien hubungan sering dinotasikan sebagai r dan nilainya berkisar antara 1 sampai 1 ($-1 < r < 1$) yang diartikan sebagai berikut:

a. Apabila hubungan (r) = -1, maka hubungan dua variabel sangat kuat dan mempunyai hubungan negatif (berlawanan arah), yang artinya hubungan negatif terjadi jika antara dua variabel atau lebih berjalan berlawanan yang berarti jika variabel X mengalami kenaikan maka variabel Y mengalami penurunan atau sebaliknya.
b. Apabila hubungan (r) = 1, maka hubungan dua variabel sangat kuat dan mempunyai hubungan positif (searah), yang artinya hubungan positif terjadi jika antara dau variabel atau lebih berjalan pararel atau searah yang berarti jika variabel X mengalami kenaikan maka variabel Y juga mengalami kenaikan.
c. Apabila hubungan (r) = 0, maka dua hubungan yang tidak ada hubungan sama sekali (hubungan x dan y lemah sekali), hubungan sama dengan nol menunjukan bahwa X dan Y tidak terdapat hubungan.

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

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keanekaragaman Macrofouling

Keanekaragaman (H') adalah keanekaragaman jenis *macrofouling* yang berada pada suatu golongan *macrofouling*, dimana nilai keanekaragaman (H') memiliki kaitan yang erat dengan banyak atau sedikit dari jumlah suatu jenis *macrofouling* yang ada pada suatu golongan *macrofouling* tersebut. Nilai indeks keanekaragaman (H') pada kedua stasiun pengamatan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Indeks Keanekaragaman Macrofouling (Hasil Penelitian, 2020)

Satasiun	Indeks Keanekaragaman (H')	Kategori
I	0	Rendah
II	0	Rendah

Nilai indeks keanekaragaman (H') dari kedua stasiun pengamatan selama masa penelitian memiliki niai keanekaragaman yang sama. Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa indeks keanekaragaman (H') pada pengamatan yang dilakukan di stasiun pengamatan I dan pada stasiun pengamatan II memiliki nilai yang sama, dari keterangan yang di tunjukkan pada Tabel 3.1. indeks keanekaragaman (H') pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II menunjukkan nilai indeks keanekaragaman (H') yang rendah dengan nilai indeks < 2,0. Tinggi rendahnya nilai dari indeks keanekaragaman *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dapat disebabkan oleh faktor-faktor fisika-kimia perairan ataupun dominansi dari suatu jenis *macrofouling* pada stasiun pengamatan. Tingkat keanekaragaman suatu biota dapat dikatakan tinggi apabila jumlah spesies dengan jumlah individu masing-masing spesies memiliki jumlah yang merata. Apabila suatu biota hanya memiliki spesies yang sedikit dan jumlah individu tiap spesies yang tidak merata maka keanekaragaman dapat dikatakan rendah (Barus, 2004).

Rendahnya indeks keanekaragaman dari *macrofouling* pada lokasi penelitian disebabkan, karena pada lokasi penelitian jumlah dari spesies yang ada pada

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

komunitas sangat sedikit. Seperti yang diungkapkan oleh (Soegianto, 1994) dalam (Nento, et al., 2013) suatu komunitas memiliki indeks keanekaragaman jenis yang tinggi jika pada komunitas tersebut disusun dari banyak spesies dan sebaliknya jika komunitas tersebut disusun dari sedikit spesies yang dominan maka indekas keanekaragaman jenisnya akan rendah. Menurut (Gunawan, 2016) menyatakan bahwa rendahnya keanekaragaman dari *macrofouling* pada lokasi penelitian dapat disebabkan karena adanya persaingan antara jenis *macrofouling*, karena beberapa dari biota penempel merupakan sumber makanan bagi biota penempel lainnya, sehingga dengan tidak adanya persaingan antara jenis *macrofouling* jenis teritip dengan *macrofouling* jenis lainnya menyebabkan *macrofouling* jenis teritip dapat tumbuh dengan baik, sebaliknya jika keanekaragaman *macrofouling* tinggi maka akan terjadi persaingan antar jenis *macrofouling* yang menyebabkan pertumbuhan dari macrofouling jenis teritip tidak maksimal.

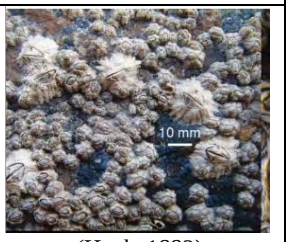
Menurut (Chan, et al., 2009) adanya dominansi teritip dari genus Chthamalus menyebabkan keanekaragaman *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan suramadu menjadi rendah, selain itu persebaran tertitip dari genus Chthmalus yang memiliki wilayah persebaran di indo-pacific menyebabkan dominasi teritip ini pada wilayah indonesia terutama pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu sehingga menyebabkan keanekaragaman pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu yang ditempeli *macrofouling* menjadi rendah.

4.1.1. Identifikasi Macrofouling

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu pada sisi Surabaya dilakukan dengan menggunakan buku identifikasi (***Crustacean Fauna Of Taiwan: Barnacles, Volume I – Cirripedia: Thoracica Excluding The Phyrgomatidae And Acastinae***), ditemukan individu *macrofouling* dari kelas Maxillopoda, ordo Sessilia, family Chthamalidae (Teritip), dimana pengambila sampel terdapat pada dua stasiun yang terbagi kedalam 2 titik pengamatan pada setiap satsiunnya. Adapun hasil dari penelitian untuk jenis *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dapat dilihat pada Tabel 4.2.

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

Tabel 4.2. Identifikasi Macrofouling (Dokumentasi Penelitian, 2020)

No	Genus	Gambar	
1	Chthamalus	*(Dokumentasi penelitian, 2020)*	 *(Hoek, 1883)*

4.1.2 Jumlah Biota

Biota yang ditemukan pada permukaan tiang pancang jembatan suramadu khusus *macrofouling*, yaitu biota yang ditemukan secara kasat mata kemudian dilakukan dokumentasi dengan bantuan kamera untuk mempermudah dalam perhitungan. Hasil dari perhitungan jumlah biota yang ditemukan pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Jenis Macrofouling Pada Tiang Pancang (Hasil Penelitian, 2020)

Kelas	Ordo	Family	Genus	Total Individu (Ind)				
					Stasiun I		Stasiun II	
					Tp A	Tp B	Tp C	Tp
Maxillopoda	Sessilia	Chthamalidae	Chthmalus	m1	346	603	669	767
				m2	512	800	1153	1543
				m3	727	1068	1713	2428
				m4	989	1403	2378	3414

Keterangan:

m1 : Pengamatan Minggu Ke - 1

m2 : Pengamatan Minggu Ke - 2

m3 : Pengamatan Minggu Ke - 3

m4 : Pengamatan Minggu Ke - 4

Tp : Titik Pengamatan

Hasil dari perhitungan biota yang ditemukan pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu ditemukan 1 jenis *macrofouling* dari kelompok

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

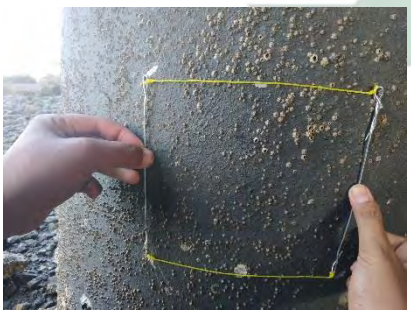
hewan teritip (*Crustacea*) dengan genus yaitu Chthmalus. Jumlah total dari biota yang teramati dari pengamatan m1 (pengamatan awal) sampai pengamatan m4 (pengamatan akhir) adalah sebanyak 989 Individu pada titik A stasiun pengamatan I, 1403 Individu pada titik B stasiun pengamatan I, 2378 Individu pada titik C stasiun pengamatan II dan 3414 Individu pada titik D stasiun pengamatan II. Banyaknya individu *macrofouling* jenis teritip yang teramati disebabkan karena kemampuan dari organisme dari kelas Crustacea yang mampu bertahan dan beradaptasi dengan lingkungan.

Seperti yang dikatakan oleh (Soemirat, 1994) bahwa teritip dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan yang kurang baik, hal ini disebabkan karena adanya respon sistem imun yang dimiliki teritip yang selalu bertambah ketika berada pada kondisi lingkungan yang kurang baik dan bahkan tercemar. Adanya dominansi dari teritip pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu juga memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Faisal, 2014) dimana pada tiang dermaga beton dan kayu juga didoninasi oleh teritip.

Hasil dari perhitungan jumlah biota yang ditemukan pada stasiun pengamatan I (sisi selatan) dan stasiun pengamatan II (sisi utara) menunjukkan jumlah yang berbeda, dimana jumlah biota yang ditemukan selama pengamatan pada saat penelitian m1 (pengamatan awal) dan m4 (pengamatan akhir) lebih banyak di temukan pada stasiun pengamatan II. Sesuiai dengan pernyataan (Gunawan, 2016) menyatakan bahwa jarak batas garis pantai terhadap lokasi struktur (pengamatan) secara tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan dari biota penempel, lokasi stasiun pengamatan I yang lebih dekat dengan batas garis pantai lebih sedikit ditempeli oleh biota penempel dibandingkan dengan stasiun pengamatan II yang lebih jauh dari garis pantai. Hal ini karena larva dari teritip membutuhkan waktu berenang yang lebih lama untuk mencapai struktur dan menetap pada lokasi struktur yang lebih dekat dengan batas garis pantai.

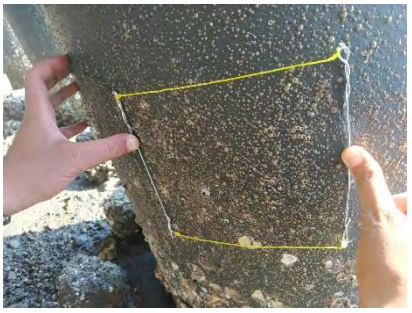
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.4. Pengamatan Macrofouling Stasiun Pengamatan I (Dokumentasi Penelitian, 2020)

Pengamatan Individu *Macrofouling* (Stasiun Pengamatan I)		
	Gambar	
	Titik Pengamatan 1	**Titik Pengamatan 2**
Minggu ke -1		
Minggu ke -2		
Minggu ke -3		
Minggu ke -4		

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

Tabel 4.5. Pengamatan Macrofouling Stasiun Pengamatan (Dokumentas Penelitian, 2020)

Pengamatan Individu *Macrofouling* (Stasiun Pengamatan II)		
	Gambar	
	Titik Pengamatan 1	**Titik Pengamatan 2**
Minggu ke -1		
Minggu ke -2		
Minggu ke -3		
Minggu ke -4		

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

4.1.3. Faktor Yang Mempengaruhi Keanekaragaman Macrofouling

1. Suhu

Suhu yang teramati selama masa penelitian dari minggu pertama (m1) sampai minggu ke empat (m4) masih mendukung untuk kehidupan (golongan *macrofouling* keras) jenis teritip, kerang, tiram dan tidak mendukung untuk kehidupan macrofouling jenis rumput laut, hidroid, (golongan *macrofouling* lunak) dengan nilai rata-rata suhu yang teramati selama masa penelitian yaitu 30,5 ^{o}C sampai 31,05 ^{o}C.

Macrofouling dari golongan keras seperti (teritip, kerang, tiram), teritip masih dapat hidup pada suhu optimal antara 15-35 ^{o}C (Southward & Newman, 2003), kerang masih dapat hidup pada suhu optimal antara 26-32 ^{o}C (Yonvitner & Sukimin, 2003).dan tiram diketahui akan aktif melakukan kegiatan metabolisme serta mengalami pertumbuhan terbaiknya pada daerah perairan yang memiliki iklim tropis dengan kisaran suhu 25-30 ^{o}C (Harramain & Eric, 2008), sehingga suhu yang terukur pada lokasi penelitian masih memungkinkan *macrofouling* dari golongan keras untuk hidup pada perairan sekitar jembatan Suramadu, sedangkan untuk macrofouling dari golongan lunak (rumput laut), rumput laut masih dapat tumbuh optimal pada suhu 26-29 ^{o}C (Dahuri, 2001) sehingga suhu yang terukur pada lokasi penelitian tidak memungkinkan *macrofouling* dari golongan lunak untuk hidup pada perairan sekitar jembatan Suramadu.

2. Derajat keasaman (pH)

pH yang teramati selama masa penelitian dari minggu pertama (m1) sampai minggu ke empat (m4) masih mendukung untuk kehidupan (golongan *macrofouling* keras) jenis teritip, kerang, tiram dan *macrofouling* jenis rumput laut, hidroid, (golongan *macrofouling* lunak) dengan nilai rata-rata pH yang teramati selama masa penelitian yaitu 7,3. Menurut (Romomohtarto, 1991) menyatakan bahwa nilai pH antara 6 - 9 merupakan nilai pH yang masih dapat ditolelir oleh biota laut. Nilai pH yang terukur pada lokasi penelitian yang masih dapat ditolelir oleh biota laut yaitu *macrofouling* dari golongan keras seperti (teritip, kerang, tiram) dan *macrofouling* dari golongan lunak (rumput laut) sehingga pH yang terukur

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

pada lokasi penelitian masih memungkinkan *macrofouling* dari golongan keras dan lunak untuk hidup pada perairan sekitar jembatan Suramadu.

3. Salinitas

Salinitas yang teramati selama masa penelitian dari minggu pertama (m1) sampai minggu ke empat (m4) masih mendukung untuk kehidupan (golongan *macrofouling* keras) jenis teritip, kerang, tiram dan tidak mendukung untuk kehidupan macrofouling jenis rumput laut (golongan *macrofouling* lunak) dengan nilai rata-rata salinitas yang teramati selama masa penelitian yaitu 27,2 $^{o}/_{oo}$ - 27,4 $^{o}/_{oo}$.

Menurut (Cohen, 2005) menyatakan bahwa kisaran dari nilai salinitas di suatu perairan yang dapat ditoleransi oleh teritip adalah 10 $^{o}/_{oo}$ - 52$^{o}/_{oo}$, sedangkan menurut (Fabioux, et al., 2005) kerang masih dapat hidup pada salinitas antara 10 $^{o}/_{oo}$ - 35 $^{o}/_{oo}$ dan tiram masih dapat hidup pada salinitas antara 28 $^{o}/_{oo}$ - 32 $^{o}/_{oo}$, sehingga salinitas yang terukur pada lokasi penelitian masih memungkinkan *macrofouling* dari golongan keras yaitu teritip dan kerang untuk hidup pada perairan sekitar jembatan Suramadu. Menurut (Aslan, 1999) kondisi salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut (*macrofouling* golongan lunak) yaitu berkisar antara 15 $^{o}/_{oo}$ - 35 $^{o}/_{oo}$, sehingga kondisi salinitas diperairan sekitar jembatan Suramadu masih memungkinkan untuk *macrofouling* dari golongan lunak untuk tumbuh.

4. Oksigen terlarut (DO)

Kadar oksigen terlarut di perairan dipengaruhi oleh suhu, salinitas, dan turbulensi air. Kadar oksigen terlarut berkurang dengan semakin meningkatnya suhu, ketinggian (altitude) dan berkurangnya tekanan atmosfer (Effendi, 2003). Kadar oksigen yang terukur selama masa penelitian dari minggu pertama (m1) sampai minggu ke empat (m4) pada lokasi penelitian berkisar antara 3,2 – 3,3 mg/l nilai merupakan nilai yang kurang menguntungkan bagi semua biota aquatik baik macrofouling golongan keras maupun macrofouling golongan lunak, karena menurut (Effendi, 2003) kadar oksigen terlarut kurang dari 4 mg/l mengakibatkan efek yang kurang menguntungkan bagi semua organisme akuatik.

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

5. Kecerahan

Kecerahan yang teramati selama masa penelitian dari minggu pertama (m1) sampai minggu ke empat (m4) masih mendukung untuk kehidupan (golongan *macrofouling* keras) jenis teritip, kerang, tiram dan tidak mendukung untuk kehidupan macrofouling jenis rumput laut, hidroid, (golongan *macrofouling* lunak) dengan nilai rata-rata kecerahan yang teramati selama masa penelitian yaitu 0,15 m.

Kecerahan yang terukur pada lokasi penelitian tidak memungkinkan untuk kehidupan tiram dan kerang, karena menurut (Sutaman, 2000) kecerahan yang optimum untuk pertumbuhan tiram adalah berkisar antara 4,5-6,5 meter, sedangkan untuk kerang dapat tumbuh pada kecerahan air berkisar antara 3,5 – 4,0 m (Sivalingam, 1997), sehingga kecerahan yang terukur pada lokasi penelitian tidak memungkinkan *macrofouling* dari golongan keras (tiram dan kerang) untuk hidup pada perairan sekitar jembatan Suramadu. Menurut (Ditjenkanbud, 2005) Kecerahan perairan yang ideal untuk rumput laut adalah lebih dari 1 m sehingga kecerahan yang terukur pada lokasi penelitian tidak memungkinkan *macrofouling* dari golongan lunak (rumput laut) untuk hidup pada perairan sekitar jembatan Suramadu.

6. Arus

Kecepatan arus yang teramati selama masa penelitian dari minggu pertama (m1) sampai minggu ke empat (m4) yaitu 0,04-0,05 m/s dan masih mendukung untuk kehidupan (*macrofouling* golongan keras) jenis teritip dan tidak mendukung untuk kehidupan *macrofouling* jenis kerang dan tiram. Menurut kecepatan arus yang baik untuk pertumbuhan tiram adalah 6 – 34 m/s (Sutaman, 2000), sedangkan menurut (Lovatelli, 1988) kecepatan arus untuk pertumbuhan kerang adalah 0,1 - 0,3 m/s. Untuk kecepatan arus bagi pertumbuhan (*macrofouling* golongan lunak) jenis rumput laut dapat tu,buh pada kisaran arus 0,01 - 0,33 m/s (Sunarernanda, 2014), sehingga kecepatan arus yang terukur pada lokasi penelitian hanya mendukung untuk kehidupan teritip.

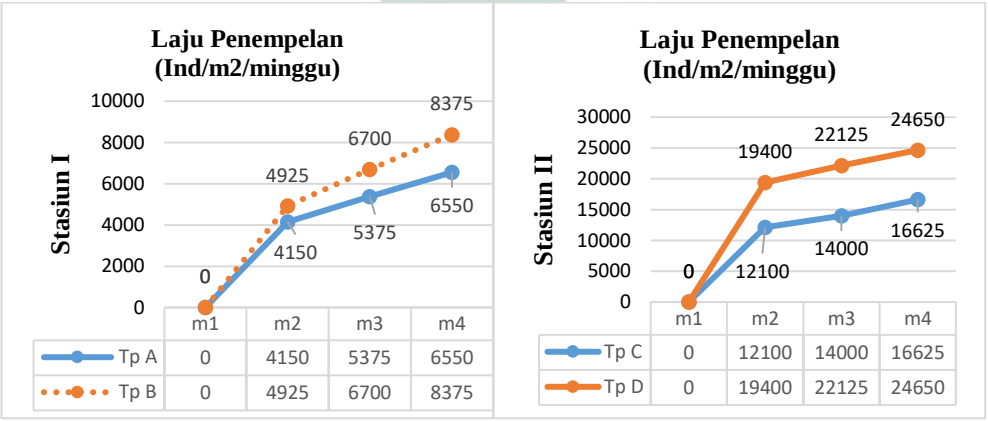
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7. Pasang surut

Daerah intertidal (pasang surut) sangat mempengaruhi bagi kehidupan *macrofouling* golongan keras seperti teritip, tiram dan kerang. Seperti pernyataan . (Nyabakken, 1988) juga menyatakan bahwa lingkungan laut khususnya lingkungan intertidal dominan oleh hewan-hewan intertidal yang menguasai ruang dan terdapat dalam jumlah yang banyak seperti *macrofouling* dari golongan keras yang melimpah pada wilayah perairan intertidal, hal ini yang menyababkan pertumbuhan teritip, tiram dan kerang dapat berlangsung dengan baik di wilayah intertidal. Sedangkan pasang surut pada lokasi penelitian tidak mendukung untuk pertumbuhan *macrofouling* dari golongan lunak (rumput laut), karena menurut (Winarno, 1990) lokasi yang dapat ditumbuhi oleh *macrofouling* dari golongan lunak (rumput laut, algae dll) adalah yang masih digenangi oleh air ketika surut dengan kedalaman 30-60 cm.

4.2. Laju Penempelan Macrofouling

Pengukuran laju penempelan dilakukan secara langsung pada permukaan tiang pancang jembatan suramadu di kedua stasiun dengan menggunakan bantuan alat transek dengan ukuran 20 x 20 cm. Pengukuran laju penempelan yang dilakukan secara langsung di lapangan dapat dilihat pada gambar yang disajikan dalam Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dengan hasil pengukuran laju penempelan selama masa penelitian pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Laju Penempelan *Macrofouling*
(Hasil Penelitian, 2020)

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

Gambar 4.1 menunjukkan grafik laju penempelan rata-rata dari setiap pengamatan yang dilakukan. Laju penempelan terus mengalami peningkatan dari m1 (pengamatan awal) sampai dengan m4 (pengamatan akhir) dengan interval pengamatan yang dilakukan adalah tiap 1 minggu. Laju penempelan pada titik pengamatan A (sisi timur) menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan laju penempelan pada titik pengamatan B (sisi barat) di stasiun I dan pada stasiun II pada titik pengamatan C (sisi timur) memiliki laju penempelan yang lebih rendah dari titik pengamatan D (sisi barat).

Tabel 4.6. Pengukuran Laju Penempelan Mingguan (Hasil penelitian, 2020)

Laju Penempelan (mingguan)			
Stasiun	Titik Pengamatan	Genus	Penempelan (Ind/m2/minggu)
Stasiun I	A	Chthamalus	3175
	B		3875
Stasiun II	C		8700
	D		16544

Berdasarkan tabel 4.6. dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan laju penempelan mingguan pada stasiun I dan stasiun II. Laju penempelan pada stasiun I di titik pengamatan A (sisi timur) adalah rata-rata sebesar 3175 Ind/m^2/minggu dan 3875 Ind/m^2/minggu pada titik pengamatan B (sisi barat). Laju penempelan pada stasiun II menunjukkan hasil sebesar 8700 Ind/m^2/minggu di titik pengamatan C (sisi timur) dan 16544 Ind/m^2/minggu pada titik pengamatan D (sisi barat). Laju penempelan pada masing-masing stasiun memiliki nilai laju penempela tertinggi pada titik pengamatan B dan D yang terledak di sisi barat dari titik A dan C, tingginya tingkat penempelan pada titik pengamatan B dan D di masing-masing stasiun diduga karena adanya faktor pengaruh dari cahaya. Hal ini disebabkan karena titik pengamatan B dan D yang terletak di sebelah barat titik A dan C tidak terpapar cahaya matahari secara langsung seperti pada titik pengamatan A dan C yang berada di sebelah timur titik pengamatan B dan D yang langsung terpapar oleh cahaya. Seperti pernyataan (Ermaitis, 1984) menyatakan bahwa larva dari teritip bersifat menghindari cahaya atau yang biasa disebut dengan phototropik negatif. Cahaya rendah yang terbaur akan merangsang dalam pertumbuhan teritip. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Romimohtarto, 1977) menemukan bahwa penempelan dari teritip

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

lebih banyak ditemukan pada permukaan pipa yang cekung (rendah cahaya) daripada permukaan pipa yang cembung (tinggi cahaya).

4.2.1. Kepadatan Macrofouling

Niali kepadatan macrofouling didapatkan dengan membagi total dari individu yang teramati pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dengan luasan transek (persamaan 1). Nilai kepadatan macrofouling selama masa penelitian ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Kepadatan Macrofouling (Hasil Penelitian, 2020)

Kelas	**Ordo**	**Family**	**Genus**	**Kepadatan *Macrofouling* (Ind/m^2)**				
					Stasiun I		Stasiun II	
					Tp A	Tp B	Tp C	Tp D
Maxillopoda	Sessilia	Chthamalidae	Chthamalus	m1	8650	15075	16725	19175
				m2	12800	20000	28825	38575
				m3	18175	26700	42825	60700
				m4	24725	35025	59450	85350

Penambahan kepadatan *macrofouling* dari setiap titik pengamatan yang dilakukan pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu di stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II. Kepadatan dari macrofouling terus mengalami peningkatan dari m1 (pengamatan awal) sampai m4 (pengamatan akhir) dengan interval pengamatan yang dilakukan setiap 1 minggu.

Secara keseluruhan dari Tabel 4.7 kepadatan *macrofouling* menunjukkan bahwa jenis mendominasi pada stasiun pengamatan I dan II. Tingginya tingkat kepadatan dari teritip dapat dikarenakan beberapa hal seperti karakteristik dari teritip yang lebih menyukai habitat yang tidak selalu terendam oleh air dan faktor lingkungan yang mendukung pesatnya perkembangan *macrofouling* jenis teritip Seperti pernyataan (McConnaughey & Zotti, 1983) bahwa teritip adalah kelompok hewan dengan persebaran yang luas dan ditemukan pada perairan pasang dan surut atau laut dangkal. (Nyabakken, 1988) juga menyatakan bahwa lingkungan laut khususnya lingkungan intertidal dominan oleh hewan-hewan intertidal yang menguasai ruang dan terdapat dalam jumlah yang banyak seperti Chthamalus yang melimpah pada wilayah perairan

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

intertidal, hal ini yang menyababkan pertumbuhan teritip dapat berlangsung dengan baik di wilayah intertidal.

Melimpahnya teritip pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu juga dikarenakan larva dari teritip memiliki sifat yang dapat dengan cepet menempel pada suatu permukaan benda, hal ini yang menyebabkan permukaan tiang pancang jembatan Suramadu banyak ditempeli oleh biota teritip. Kecepatan menempel dari larva teritip pada permukaan substrat dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh (Faisal, 2014) bahwa penempelan teritip pada dermaga beton dan dermaga kayu di pulau Balanglompo menunjukkan dermaga beton dan dermaga kayu ditempeli oleh teritip sebanyak ± 150 individu/m^2. Selain itu Kecepatan menempel dari larva teritip pada permukaan substrat dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh (Romimohtarto, 1977) dalam (Awaluddin, et al., 2011) bahwa penempelan teritip di Muara Karang menunjukkan panel baja yang dipasang dalam jangka waktu seminggu telah ditempeli larva teritip sebanyak ± 3900 individu/ 900 cm^2.

4.3. Hasil Pengukuran Faktor Oseanografi Perairan Suramadu

Hasil pengukuran faktor oseanaografi di sekitar perairan jembatan Suramadu yang dilakukan pada setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.8. Hasil Pengukuran Faktor Oseanografi Stasiun I (Hasil Penelitian, 2020)

Stasiun Pengamatan I						
No	**Parameter**	**m1**	**m2**	**m3**	**m4**	**rata-rata**
		Pengamatan				
1	Suhu (°C)	30,6	31,5	30,8	30,7	30,9
2	Salinitas (ppt)	27	23	30	29	27,4
3	Kecerahan (m)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
4	pH	7,3	7,3	7,27	7,11	7,3
5	DO (mg/l)	3,1	3,0	3,3	3,6	3,3
6	Nitrat (ppm)	14,8	12,58	11,82	12,43	12,9
7	Fosfat (ppm)	13,85	17,1	19,1	18,22	17,1
8	Arus (m/s)	0,051	0,043	0,045	0,051	0,05

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

Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Faktor Oseanografi Stasiun II (Hasil Penelitian, 2020)

Stasiun Pengamatan II						
No	**Parameter**	**m1**	**m2**	**m3**	**m4**	**rata-rata**
		Pengamatan				
1	Suhu (ºC)	30,2	30,2	30,5	30,3	30,2
2	Salinitas (ppt)	28	23	29	28	26,9
3	Kecerahan (m)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
4	pH	7,4	7,1	7,34	7,21	7,3
5	DO (mg/l)	3,1	3,1	3,5	3,6	3,3
6	Nitrat (ppm)	16,35	16,51	14,71	15,24	15,7
7	Fosfat (ppm)	14,92	14,15	16,15	14,36	14,9
8	Arus (m/s)	0,051	0,043	0,045	0,051	0,05

Keterangan :

m1 : Pengamatan Minggu Ke - 1

m2 : Pengamatan Minggu Ke - 2

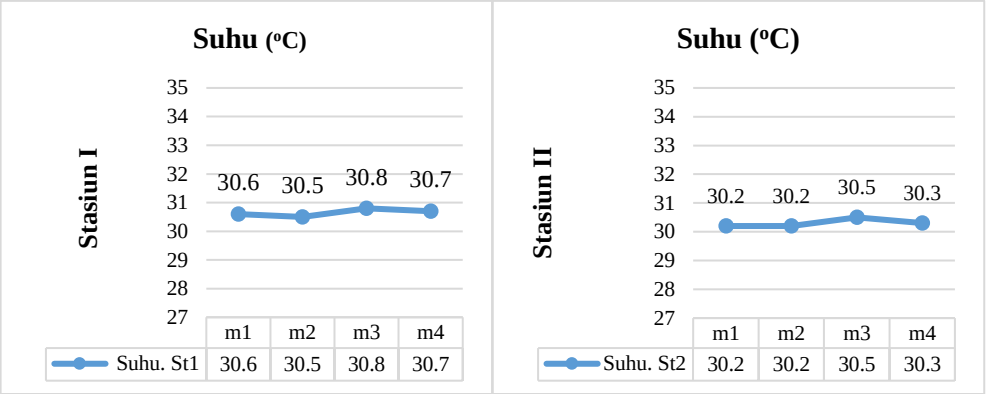
m3 : Pengamatan Minggu Ke - 3

m4 : Pengamatan Minggu Ke – 4

4.3.1. Suhu

Suhu perairan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan organisme pada suatu perairan. Hampir seluruh organisme memiliki kepekaan terhadap perubahan suhu lingkungan yang terjadi secara drastis di suatu perairan, adanya perubahan suhu pada lingkungan perairan sebesar 5ºC secara tiba-tiba dapat menimbulkan stress bahkan menyebabkan kematian pada beberapa jenis organisme (Kordi, 1997).

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



Gambar 4.2. Grafik Peningkatan dan Penurunan Suhu
(Hasil Penelitian, 2020)

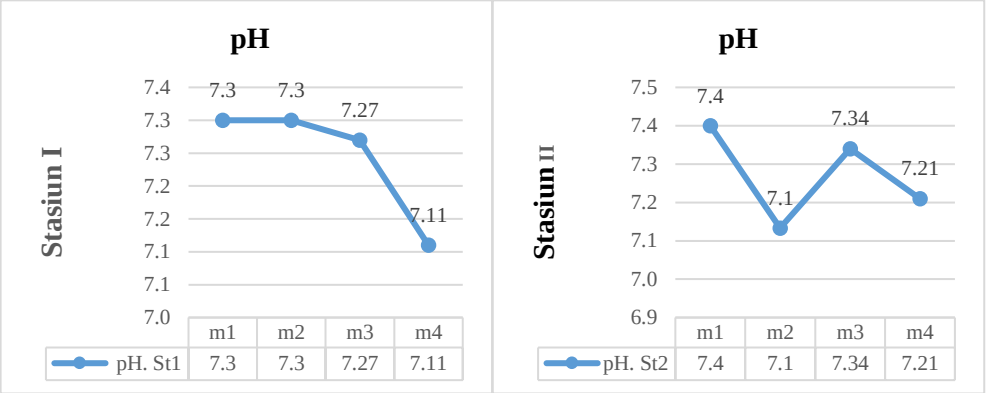
Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan menunjukkan nilai rata-rata suhu selama penelitian yang dilakukan menunjukkan nilai suhu yang terukur sebesar 31,05 ^{o}C pada stasiun I dan 30,5 ^{o}C pada stasiun II. Nilai suhu menunjukkan perbedaan nilai yang tidak jauh berbeda, hal ini disebakan jarak antaran stasiun I dan stasiun II yang tidak terlalu jauh yaitu sekitar ± 120 m. Suhu pada kedua stasiun pengamatan masih mendukung untuk kehidupan *macrofouling* jenis teritip, sesuai dengan pernyataan yang disampaikan oleh (Southward & Newman, 2003) yang menyatakan bawa teritip masih dapat hidup pada suhu optimal antara 15-35 ^{o}C. Hasil pengukuran suhu perairan tersebut menunjukkan bahwa kisaran suhu pada setiap minggu yang terukur pada lokasi penelitian masih mendukung terhadap penempelan teritip, dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 bahwa teritip menunjukkan laju penempelan yang meningkat di titik pengamatan A dan B maupun C dan D pada stasiun pengamatan I dan II dari setiap pengamatan yang dilakukan pada pengamatan awal (m1) sampai dengan pengamatan akhir (m4) dengan perbedaan suhu yang tidak terlalu signifikan dilokasi penelitian. Meningkatnya laju penempelan pada kedua stasiun pengamatan dikarenakan suhu yang terukur selama masa penelitian merupakan suhu yang optimal bagi pertumbuhan teritip pada permukaan tiang pancang Suramadu.

4.3.2. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran nilai pH pada lokasi penelitian menunjukan nilai rata-rata yang sama pada stasiun pengamatan I dan II, yaitu sebesar 7,3. Nilai pH pada suatu perairan akan mempengaruhi sebaran faktor kimia perairan, hal ini akan

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

berpengaruh terhadap sebaran organisme yang metabolisme tubuhnya tergantung pada sebaran faktor-faktor kimia di perairan (Odum, 1994). Nilai pH sangat berpengaruh terhadap proses biokimia dalam perairan dan juga dapat memberi pengaruh terhadap keanekaragaman komunitas biota perairan. Konsisi peningkatan dan penurunan kadar pH selama masa penelitian pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Peningkatan dan Penurunan pH
(Hasil Penelitian, 2020)

Nilai pH yang terukur pada lokasi penelitian di stasiun pengamatan I dan stasiun pengatamatan II menunjukkan bahwa nilai pH di lokasi penelitian dapat mendukung bagi kehidupan *macrofouling* jenis teritip, menurut pernyataan (Romomohtarto, 1991) menyatakan bahwa nilai pH perairan antara 6-9 merupakan nilai pH perairan yang masih dapat ditolelir oleh biota laut. Semakin rendah nilai tingkat keasaman (pH) disuatu perairan maka dapat menyebabkan pertumbuhan teritip menurun, hal ini dikarenakan energi yang dihasilkan oleh *macrofouling* jenis teritip yang biasanya digunakan sebagai energi untuk tumbuh dan beraktivitas dialihfungsikan untuk menjadi energi yang berguna untuk memprtahankan diri pada tingkat keasaman yang tinggi.

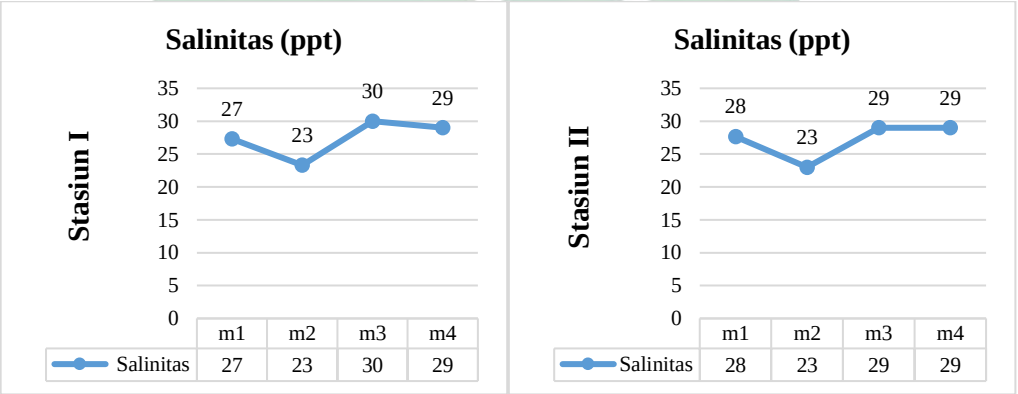
Hasil pengukuran tingkat keasaman (pH) pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II yang ditampilkan pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kisaran pH yang terukur pada setiap minggu pada lokasi penelitian masih dapat di tolerir oleh *macrofouling* jenis teritip, Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa teritip menunjukkan laju penempelan yang terus meningkat di titik pengamatan A dan B maupun titik pengamatan C dan D pada

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

stasiun pengamatan I dan II dari setiap pengamatan yang dilakukan setiap minggunya dengan kondisi pH yang mengalami peningkatan dan penurunan dilokasi penelitian. Tingkat keasaman (pH) pada lokasi penelitian mengalami peningkatan atau penurunan, sedangkan laju penempelan *macrofouling* jenis teritip terus menunjukkan peningktan, kondisi ini menunjukkan bahwa pH yang terukur selama penelitian tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap laju penempelan *macrofouling* jenis teritip di permukaan tiang pancang Suramadu karena pH yang terukur masih dapat ditolerir oleh teritip.

4.3.3. Salinitas

Salinitas merupakan parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi proses biologi dan secara langsung dapat mempengaruhi laju pertumbuhan, jumlah makanan yang dikonsumsi dan daya kelangsungan hidup biota air (Effendi, 2000). Hasil pengukuran nilai salinitas perairan yang didapatkan pada dilokasi penelitian di stasiun I dan stasiun II menunjukkan nilai rata-rata sebesar 27,4 ‰ pada stasiun pengamatan I dan 27,2 ‰ pada stasiun pengamatan II, kadar salinitas yang terukur pada lokasi penelitian baik di stasiun pengamatan I maupun stasiun pengamatan II masih berada dalam batas toleransi *macrofouling* jenis teritip sehingga mendukung terhadap laju penempelan peritip. Kondisi peningkatan dan penurunan kadar salinitas selama masa penelitian pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Peningkatan dan Penurunan Salinitas
(Hasil Penelitian, 2020)

Hasil pengukuran kadar salinitas pada sekitar perairan jembatan Suramadu yang dijadikan lokasi penelitian menunjukkan bahwa kadar salinitas

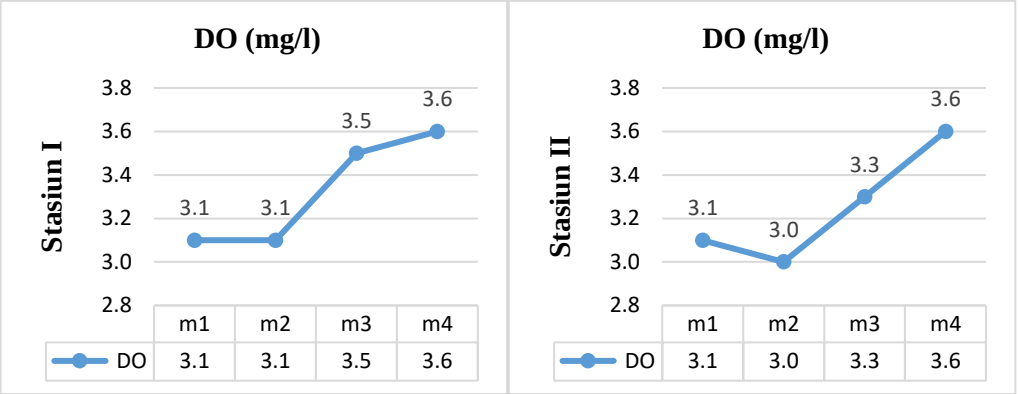
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

di sekitar perairan jembatan Suramadu ini sangat mendukung untuk pertumbuhan teritip karena masih dapat ditolerir untuk pertumbuhan teritip, ini sesuai dengan pernyataan (Cohen, 2005) yang menyatakan bahwa kisaran dari nilai salinitas di suatu perairan yang dapat ditoleransi oleh teritip adalah 10 $^{o}/_{oo}$ - 52$^{o}/_{oo}$. Terjadinya penurunan salinitas pada pengamatan di minggu ke-2 (m2) pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II disebabkan terjadinya intensitas hujan pada minggu tersebut. Hasil pengukuran salinitas pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II yang ditampilkan pada Gambar 4.4 tersebut menunjukkan bahwa kisaran salinitas pada setiap minggu yang terukur pada lokasi penelitian masih dapat di tolerir oleh teritip, Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa teritip menunjukkan laju penempelan yang meningkat di titik pengamatan A dan B maupun C dan D pada stasiun pengamatan I dan II dari setiap pengamatan yang dilakukan setiap minggunya dengan kadar salinitas yang mengalami peningkatan maupun penurunan dilokasi penelitian. Kadar salinitas pada lokasi penelitian mengalami peningkatan atau penurunan, sedangkan laju penempelan *macrofouling* jenis teritip terus menunjukkan peningktan, kondisi ini menunjukkan kadar salinitas yang terukur selama penelitian tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap laju penempelan *macrofouling* jenis teritip di permukaan tiang pancang Suramadu karena kadar salinitas yang terukur masih dapat ditolerir oleh teritip.

4.3.4. Oksigen terlarut (DO)

Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) yang dilakukan pada lokasi penelitian menunjukan nilai rata-rata DO sebesar 3,2 mg/l pada stasiun pengamatan I dan sebesar 3,3 mg/l stasiun pengamatan II. Nilai oksigen terlarut (DO) yang didapatkan dari hasil pengukuran pada kedua stasiun pengamatan masih dapat ditolerir oleh *macrofouling* jenis teritip. Kondisi peningkatan dan penurunan kadar oksigen terlarut (DO) selama penelitian pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II dapat dilihat pada Gambar 4.5.

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



Gambar 4.5. Grafik Peningkatan dan Penurunan DO
(Hasil Penelitian, 2020)

Oksigen terlarut (DO) merupakan kadar oksigen yang terlarut pada suatu perairan dan dinyatakan dalam satuan mg/l. Oksigen memiliki peran yang penting pada lingkungan perairan yaitu, sebagai unsur kimia yang digunakan biota untuk proses metabolisme tubuhnya (Giyanto dkk, 2017). Perairan yang memiliki kadar oksigen (DO) rendah akan menghambat pertumbuhan biota di suatu perairan, bahkan dapat menyebabkan kematian pada biota perairan. Menurut (Faturohman, et al., 2016), bahwa jika suatu perairan memiliki nilai kadar oksigen terlarut (DO) kurang dari 3 mg/l, hal ini akan menyebabkan kematian pada organisme perairan. Berdasarkan hasil pengukuran DO bahwa nilai oksigen terlarut (DO) pada lokasi penelitian memiliki nilai yang masih dapat ditolerir untuk kehidupan *macrofouling* jenis teritip, karena nilai DO dari hasil pengukuran pada kedua stasiun pengamatan masih menunjukkan nilai > 3 mg/l dimana nilai ini masih dapat ditolerir untuk kehidupan *macrofouling* jenis teritip.

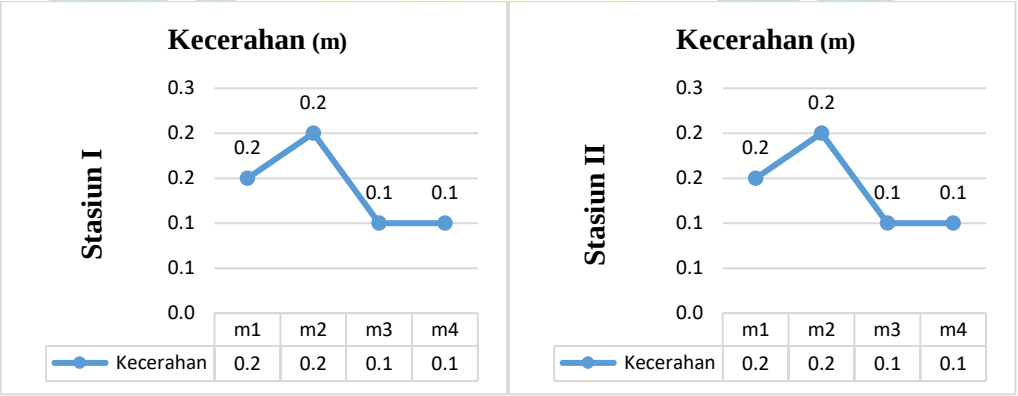
Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II yang ditampilkan pada Gambar 4.5 tersebut menunjukkan bahwa kisaran oksigen terlarut (DO) pada setiap minggu yang terukur pada lokasi penelitian menunjukkan kondisi peningkatan dan penurunan dari pengamatan awal (m1) sampai dengan pengamatan akhir (m4), Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa *macrofouling* jenis teritip menunjukkan laju penempelan yang meningkat di titik pengamatan A dan B maupun C dan D pada stasiun pengamatan I dan II dari setiap pengamatan yang dilakukan setiap minggunya dengan kondisi peningkatan dan penurunan DO dilokasi penelitian.

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

Oksigen terlarut (DO) yang terukur pada lokasi penelitian mengalami peningkatan atau penurunan, sedangkan laju penempelan *macrofouling* jenis teritip terus menunjukkan peningktan, kondisi ini menunjukkan oksigen terlarut (DO) yang terukur selama penelitian tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap laju penempelan *macrofouling* jenis teritip di permukaan tiang pancang Suramadu karena kadar salinitas yang terukur masih dapat ditolerir oleh teritip.

4.3.5. Kecerahan

Tingkat kecerahan yang terukur pada lokasi penelitian menunjukkan hasil yang sama, yaitu rata-rata sebesar 0,15 m pada stasiun I dan stasiun II. Tingkat kecerahan yang didapatkan pada kedua stasiun memiliki nilai yang sama dikarenakan letak antara stasiun I dan stasiun II yang tidak terlalu jauh. Kondisi peningktan dan penurunan kecerahan selama masa penelitian yang dilakukan ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Peningkatan dan Penurunan Kecerahan
(Hasil Penelitian, 2020)

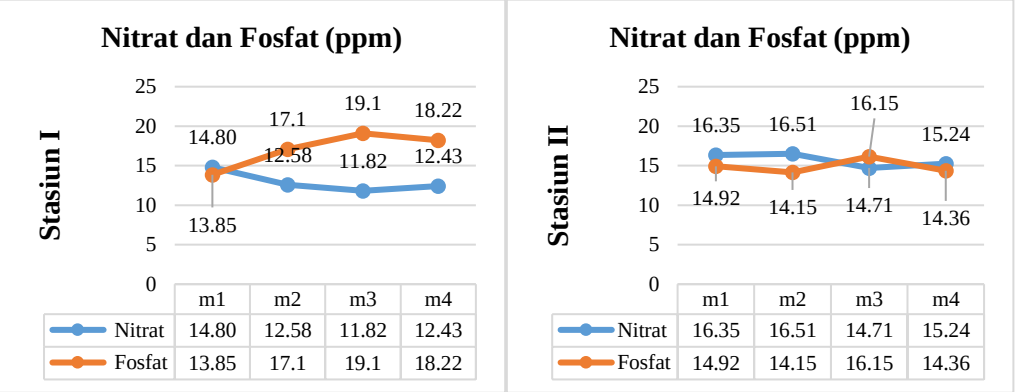
Kecerahan sangat berhubungan dengan tingkat kejernihan suatu perairan. Tingkat kecerahan suatu perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, beberapa diantaranya adalah kedalaman perairan, cuaca (sinar matahari) dan adanya zat-zat terlarut yang berada di perairan tersebut. Hasil pengukuran kecerahan yang dilakukan pada stasiun I dan stasiun II selama masa penelitian yang dialkukan menunjukkan nilai tingkat kecerahan yang kurang baik yaitu, 0,15 m nilai dari tingkat kecerahan ini menunjukkan teritip tidak dapat hidup

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

dan berkembang dengan baik pada lokasi penelitian. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Darsono & Hutomo, 1983) membuktikan bahwa masa padat tersuspensi yang tinggi, yaitu sekitar 30 mg/liter akan menyebabkan kecerahan suatu perairan kurang dari 20 cm dan dapat menghambat pertumbuhan dari teritip. Penelitian yang juga dilakukan oleh (Romimohtarto, 1977) menunjukkan bahwa penempelan teritip di Muara Karang menunjukkan bahwa panel baja yang dipasang dalam kurun waktu satu minggu telah ditempeli oleh larva teritip sebanyak ± 3900 individu/ 900 cm^2 dengan kecerahn rata-rata 1,9-5,1 m. kondisi tersebut menunjukkan bahwa kecerahan perairan memiliki pengaruh terhadap penempelan *macrofouling* jenis teritip.

4.3.6. Nitrat dan Fosfat

Pengukuran kandungan nitrat perairan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II kandungan nitrat rata-rata sebesar 12,9 ppm pada stasiun I dan 15,7 ppm pada stasiun II sedangkan untuk nilai fosfat yaitu 17,1 ppm pada stasiun I dan 14,9 ppm pada stasiun II. Kondisi naik dan turunya kandungan nitrat dan fosfat di lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Peningkatan dan Penurunan Nitrat dan Fosfat
(Hasil Penelitian, 2020)

Tingginya kandungan nitrat dan fosfat disuatu perairan akan menyebabkan peningkatan kesuburan pada perairan. Kadar nitrat dan fosfat yang tinggi pada lokasi penelitian disebabkan karena lokasi penelitian yang berdekatan dengan daratan dan muara yang memungkinkan banyaknya limbah yang dibuang ke peraiaran tersebut (Constina, et al., 2017). Kondisi dibawah

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

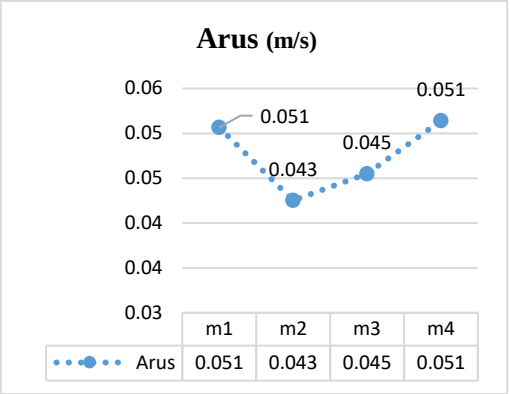
jembatan Suramadu yang memiliki kecepatan arus yang lambat menyebabkan sirkulasi airnya tidak maksimal, akibatnya adalah tingginya kandungan nitrat dan fosfat. Selain itu masuknya limbah rumah tangga yang mudah larut dalam air juga mempengaruhi tingginya kadar nitrat dan fosfat di perairan sekitar jembatan Suramadu. Kadar fosfat dan nitrat yang tinggi menyebabkan terlalu banyak nutrisi pada perairan tersebut, sehingga nutrisi tersebut lebih cepat terserap oleh *makrofouling* sehingga memicu pertumbuhan *makrofouling* yang lebih banyak dalam kurun waktu yang cepat. Pertumbuhan tersebut juga didukung dengan keberadaan *makrofouling* yang cenderung di tempat yang mendapatkan asupan cahaya matahari yang cukup.

Hasil pengukuran kandungan nitrat dan fosfat di sekitar perairan jembatan Suramadu pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 menunjukkan kondisi naik dan turun setiap minggunya yang terukur pada lokasi penelitian. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa teritip menunjukkan laju penempelan yang meningkat baik di titik pengamatan A dan B maupun titik pengamatan C dan D pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II, dari setiap pengamatan yang dilakukan setiap minggunya (m1-m4) dengan kandungan nitrat dan fosfat yang mengalami peningkatan atau penurunan (tidak stabil) pada lokasi penelitian. Nitrat dan fosfat yang terukur pada lokasi penelitian mengalami peningkatan dan penurunan, sedangkan laju penempelan *macrofouling* jenis teritip terus menunjukkan peningktan, kondisi ini menunjukkan nitrat dan fosfat yang terukur pada lokasi penelitian tidak memberikan pengaruh yang banyak terhadap laju penempelan *macrofouling* jenis teritip pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu.

4.3.7. Arus

Arus merupakan salah satu parameter perairan yang sangat penting bagi proses penempelan *macrofouling* pada permukaan struktur di perairan laut. Hasil perhitungan kecepatan arus yang terukur menggunakan data prediksi pada lokasi penelitian berada pada kisaran kecepatan 0,04-0,05 m/s. Kecepatan arus pada saat penelitan ditunjukkan pada Gambar 4.8.

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



Gambar 4.8. Grafik peningkatan dan penurunan Kecepatan Arus
(Hasil Penelitian, 2020)

Hasil dari data perhitungan kecepatan arus di lokasi penelitian menunjukkan nilai kecepatan arus bahwa kecepatan arus di lokasi penelitian merupakan arus yang sangat lambat sesuai dengan pernyataan (Mason, 1981) dalam (Didu, et al., 2019) bahwa berdasarkan kecepatan arus maka perairan dapat dikelompokkan berarus sangat cepat dengan kisaran kecepatan arus > 1m/det, berarus cepat dengan kisaran kecepatan arus 0,5-1 m/s, berarus sedang dengan kisaran kecepatan arus 0,25-0,5 m/s, berarus lambat dengan kisaran kecepatan arus 0,1-0,25 m/s dan berarus sangat lambat dengan kisaran kecepatan arus <0,1 m/s. Menurut (Ayyakkanu, 1991) bahwa perairan dengan arus yang tenang sangat baik untuk teritip dan sebaliknya adanya peningkatan arus akan menurunkan penempelan teritip.

Kondisi arus pada lokasi penelitian yang masuk kedalam kategori arus sangat lambat merupakan kondisi baik untuk proses penempelan dari Teritip dengan kecepatan arus rata-rata sebesar 0,046 m/s, hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Qian, et al., 2000) dimana persentase penempelan dari larva Teritip terjadi pada kisaran kecepatan arus 0,042 m/s sampai dengan 0,2 m/s dan akan terjadi penempelan dengan persentasi yang tinggi pada kecepatan arus 0,1 m/s dengan suhu 15 ^{o}C. Penelitian yang dilakukan oleh (Jamil, et al., 2016) pada perairan pantai Lakeba juga menunjukkan penempelan dari teritip yang tinggi dengan kecepatan arus pada perairan pantai Lakeba berkisar 0,05 – 0,15 m/s.

Hasil pengolahan data arus pada stasiun pengamatan I dan stasiun pengamatan II yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. tersebut menunjukkan bahwa kisaran arus pada setiap minggu yang terukur pada lokasi penelitian

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

menunjukkan kondisi yang stabil pada pengamatan awal (m1) dan pengamatan akhir (m4) sedangkan pada pengamatan m2-m3 mengalami penurunan dan peningkatan kecepatan arus, Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa teritip menunjukkan laju penempelan yang meningkat di titik pengamatan A dan B serta C dan D dari minggu pertama (m1) sampai minggu keempat (m4) pada stasiun pengamatan I dan II dari setiap pengamatan yang dilakukan setiap minggunya meskipun pada kecepatan arus di minggku kedua (m2) – minggu ketiga (m3) mengalami naik dan turun dan tidak mengalami perubahan pada minggu pertama (m1) dan minggu keempat (m4) namun laju penempelan *macrofouling* tetap mengalami peningkatan. kondisi ini menunjukkan bahwa laju penempelan *macrofouling* jenis teritip pada waktu penelitian yang dilakukan tidak hanya dipengaruhi oleh kecepatan arus, tetapi dapat juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya.

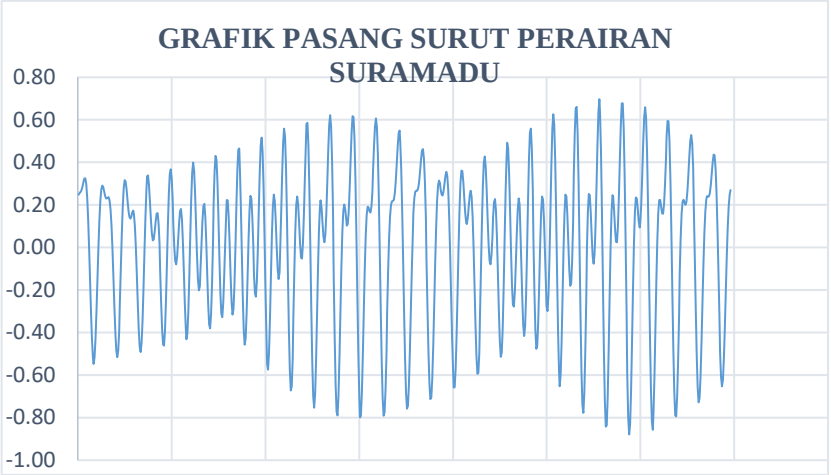
4.3.8. Pasang Surut

Perhitungan pasang surut pada penelitian ini menggunakan data peramalan pasang surut yang diperoleh dari *website* Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2020, selanjutnya untuk mengetahui nilai dari bilangan *fomzhal*, maka data pasang surut tahun 2020 yang telah didapatkna dari data peramalan diolah dengan menggunakan metode *Admiralty* dengan bantuan software Microsoft excel. Hasil pengolahan data pasang surut yang dilakukan dilokasi penelitian didapatkan nilai komponen harmonik pasang surut perairan Suramadu ditampilkan pada Tabel 4.10 dan grafik pasang surut perairan Suramadu ditampilkan pada Gambar 4.9.

Tabel 4.10. Konstanta Harmonic Pasang Surut Perairan Suramadu (Olah Data, 2020)

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	16,486	29,753	10,638	6,476	29,732	18,335	0,034	0,231	2,872	9,812

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



Gambar 4. 9. Grafik Pasang Surut Perairan Suramadu
(Olah Data, 2020)

Pada Gambar 4.9 menunjukkan grafik peramalan pasang surut pada perairan suramadu dari hasil pengolahan data prediksi pasang surut menggunakan metode Admiralty pada bulan juni 2020. Tabel 4.10 merupakan komponen harmonik dari pasang surut yang dapat digunakan untuk mencari nilai formzhal untuk menentukan tipe pasang yang terjadi di perairan suramadu. Hasil perhitungan nilai bilangan formzhal dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut :

$$F = (K1 + O1)/(M2 + S2)$$

$$F = \frac{29{,}732 + 18{,}335}{29{,}753 + 10{,}638}$$

$$F = \frac{48{,}067}{40{,}391}$$

$$F = 1{,}20$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai bilangan formzhal diperoleh hasil perhitungan adalah 1,2. Menurut (Sotok, 1987) menyatakan bahwa bilangan formzhal dengan nilai lebih dari 0,25 dan kurang dari 1,5 maka tipe pasang surut pada perairan tersebut masuk ke dalam tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing seni diurnal tide*), dimana pasang surut tipe ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan periode dan

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

ketinggian yang berbeda. Tipe pasang surut pada pada perairan Suramadu memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda, tipe ini sesuai dengan penelitian (Siswanto, 2010) yang menyatakan bahwa pasang surut di perairan selat madura memiliki 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam waktu satu hari dengan waktu dan ketinggian yang berbeda.

Tingginya tingkat penempelan teritip pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu secara tidak langsung juga dipengaruhi oleh peristwa pasang surut. Hal ini berkaitan dengan adanya masa perendaman dan masa terpapar (terekspos) matahari. Tipe pasang surut di perairan Suramadu yang terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut menyebabkan masa terpapar matahari dari teritip akan berkurang, dengan keadaan terpapar teritip akan mendapatkan tekanan lingkungan dari tersengatnya matahari dan dapat menyebabkan kekeringan pada bagian dalam cangkang teritip yang dapat menyebabkan kematian pada teritip. Kerena kemampuan untuk beradaptasi dari tertitip terhadap udara terbuka tidak terlalu lama (Nontji, 2001)

Secara umum, biota-biota aquatik penempel seperti teritip cenderung akan menempel pada substrat yang memiliki masa perendaman air lebih panjang dibandingkan masa terpapar matahari. Karena hanya saat masa perendaman air teritip dapat memperoleh makanan-makananya yang terdapat pada kolom perairan, sedangkan saat terpapar matahari seluruh aktivitas teritip akan dihentikan sebagai upaya untuk beradaptasi terhadap peristiwa pasang surut. Hal itu akan ditandai dengan tertutupnya cangkang teritip yang berguna untuk menyimpan volume air di dalam cangkangnya (Anil, et al., 2012)

4.4. Pengaruh Faktor Oseanografi Terhadap Laju Penempelan Macrofouling

Pengaruh faktor oseanografi di sekitar perairan jembatan Suramadu terhadap laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu diperoleh dari hasil analisis komponen utama atau *Principal Conponent Analysis* (PCA). Analisis komponen utama atau *Principal Conponent Analysis* (PCA) merupakan metode analisis statistik yang dapat digunakan terhadap segala bentuk data penelitian dan dapat mengatasi masalah pelanggaran asumsi klasik dengan menghasilkan variabel bebas baru. Komponen yang digunakan dalam analisis

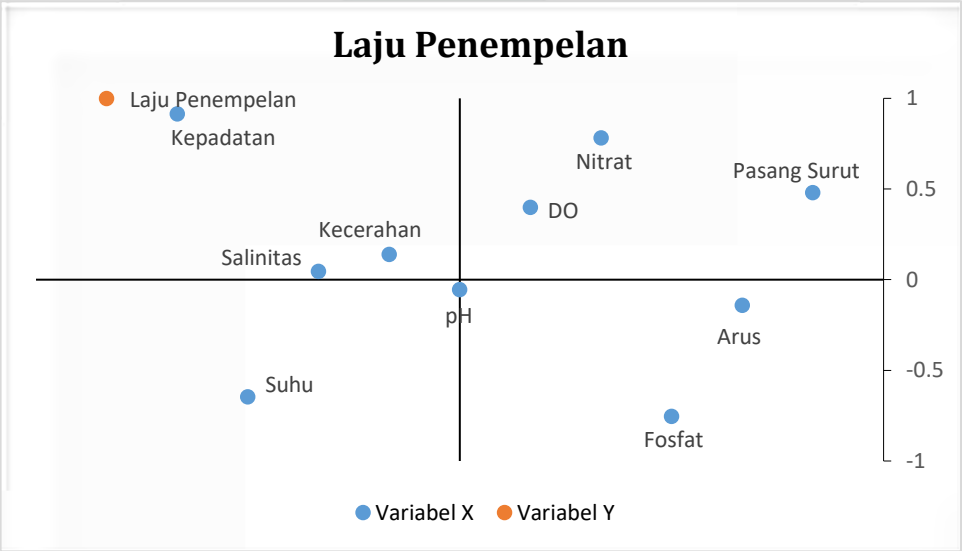
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Principal Component Analysis pada penelitian ini terdiri dari faktor oseanografi yang meliputi suhu, kecerahan, kecepatan arus, pasang surut, salinitas, pH (derajat keasaman), DO (oksigen terlarut), serta kandungan nitrat dan fosfat. Komponen lain yang digunakan pada analisis ini adalah kepadatan *macrofouling* dan laju penempelan dari *macrofouling*. Hasil pengolahan data dengan menggunakan analisis *Principal Component Analysis* berupa matriks tabel dan grafik korelasi yang menunjukan hubungan antara variabel baik berupa hubungan positif maupun hubungan negatif. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.10.

Tabel 4.11. Hasil Analisis PCA

		Laju penempelan
Correlation	Suhu	-0,645
	Salinitas	0,047
	Kecerahan	0,140
	pH	-0,055
	DO	0,400
	Nitrat	0,783
	Fosfat	-0,753
	Arus	-0,140
	Pasang Surut	0,500
	Kepadatan	0,914

(Hasil Penelitian, 2020)



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

Gambar 4.10. Grafik Hubungan Laju Penempelan Dengan Faktor Oseanografi
(Hasil Penelitian, 2020)

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.10 dari hasil uji analisis hubungan *Principal Conponent Analysis* (PCA) antara faktor oseanografi di sekitar perairan jembatan Suramadu dengan laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu didapatkan hasil hubungan positif antara laju penempelan *macrofouling* dengan kepadatan dan parameter kecerahan, DO (derajat keasaman), dan Nitrat, dimana didapatkan hasil analisis hubungannya searah (positif) yaitu, semakin tinggi nilai dari variabel kepadatan, kecerahan, DO (derajat keasaman), dan Nitrat maka akan semakin tinggi juga nilai dari variabel laju penempelan *macrofouling*. Hasil hubungan berlawana (negatif) didapatkan pada parameter suhu, salinitas, pH, fosfat dan arus, dimana hubungan antar variabel berlawanan yang berarti jika pada variabel suhu, salinitas, pH, fosfat dan arus mengalami kenaikan maka pada variabel laju penempelan *macrofouling* mengalami penurunan atau sebaliknya.

Hasil hubungan antara suhu perairan dengan laju penempelan *macrofouling* didapatkan hasil hubungan yaitu hubungan negatif sedang, hal ini terjadi jika antara dua variabel atau lebih berjalan berlawanan yang berarti jika variabel suhu mengalami kenaikan maka variabel laju penempelan *macrofouling* akan mengalami penurunan atau sebaliknya. Hal ini, suhu merupakan faktor pembatas bagi tertip (Chthamalus) dikarenakan semakin tinggi suhu di suatu perairan maka akan menyebabkan kematian pada teritip (Southward & Newman, 2003). Hubungan antara laju penempelan *macrofouling* dengan suhu didapatkan hasil analisis hubungan negatif sedang, hal ini dikarenakan nilai hubungan yang didapatkan 0,4 – 0,6 maka hubungannya dikategorikan hubungan sedang.

Hubungan antara parameter salinitas dengan laju penempelan *macrofouling* menunjukan hubungan yang rendah dengan nilai hubungan 0,047, Apabila nilai hubungan yang didapatkan 0,00 – 0,3 maka hubungannya dikategorikan hubungan rendah (Pandiangan, 2009). Hasil hubungan antara laju penempelan *macrofouling* dengan salinitas yaitu hubungan positif, hal ini karena semakin rendah kadar salinitas pada perairan akan mempengaruhi

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

rendahnya ketersediaan makanan bagi larva teritip (Chthamalus), karena akan terjadi perebutan makanan antar biota dan mengakibatkan kematian pada larva teritip (Cohen, 2005).

Hubungan antara parameter kecerahan dengan laju penempelan *macrofouling* menunjukan hubungan yang rendah dengan nilai hubungan 0,140, Apabila nilai hubungan yang didapatkan 0,00 – 0,3 maka hubungannya dikategorikan hubungan rendah (Pandiangan, 2009). Hasil hubungan antara kepadatan dan laju penempelan *macrofouling* dengan kecerahan yaitu hubungan positif, hal ini karena kecerahan merupakan faktor penting terhadap dalam proses penempelan dari teritip (Chthamalus) pada substrat. (Darsono & Hutomo, 1983) menyatakan bahwa kecerahan perairan kurang dari 20 cm akan menghambat pertumbuhan tertitip.

Hubungan antara pH dengan laju penempelan *macrofouling* menunjukan hubungan yang rendah dengan nilai hubungan -0,055, Apabila nilai hubungan yang didapatkan 0,00 – 0,3 maka hubungannya dikategorikan hubungan rendah (Pandiangan, 2009). Hasil hubungan antara laju penempelan *macrofouling* dengan pH yaitu hubungan negatif, hubungan negatif menandakan bahwa kedua variabel memiliki hubungan berlawanan. Apabila kadar pH semakin meningkat maka akan menyeabkan tekanan fiologis pada tubuh teritip dan menyebabkan teritip mati (McDonald, et al., 2009).

Hubungan antara kadar oksigen terlarut dengan laju penempelan *macrofouling* menunjukan hubungan yang sedang dengan nilai hubungan 0,400, Apabila nilai hubungan yang didapatkan 0,4 – 0,6 maka hubungannya dikategorikan hubungan sedang (Pandiangan, 2009). Hasil hubungan antara laju penempelan *macrofouling* dengan oksigen terlarut (DO) yaitu hubungan positif, dimana kedua variabel memiliki hubungan searah. Kadar oksigen terlarut merupakan parameter yang dibutuhkan biota untuk proses metabolisme. Semakin rendah kadar oksigen terlarut maka akan menghambat pertumbuhan dan dapat menyebabkan kematian pada teritip (Faturohman, et al., 2016)

Hubungan antara nitrat dengan laju penempelan *macrofouling* menunjukan nilai hubungan positif sangat kuat dengan nilai hubungan 0,783,

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

hal ini diperkuat dengan Pandiangan (2009) dimana jika hasil hubungan adalah 0,75 – 0,99 maka dapat dikategorikan hubungannya kuat. Hasil hubungan antara laju penempelan *macrofouling* dengan nitrat yaitu hubungan positif, dimana kedua variabel memiliki hubungan searah, dimana semakin tinggi kadar nitrat pada suatu perairan maka kondisi teritip akan semakin meningkat. Kadar nitrat pada suatu perairan merupakan hal yang sangat penting dibutuhkan oleh larva teritip untuk menempel pada substrat (Minchinton & MCKenzie, 2008).

Hubungan antara fosfat dengan laju penempelan *macrofouling* didapatkan hasil analisis hubungan negatif sangat kuat dengan nilai hubungan -0,753, hal ini dikarenakan nilai hubungan yang didapatkan 0,7 – 1 maka hubungannya dikategorikan hubungan sangat kuat, hal ini diperkuat dengan Pandiangan (2009) dimana jika hasil hubungan adalah 0,75 – 0,99 dikategorikan hubungan sangat kuat. Hasil hubungan antara fosfat dengan laju penempelan *macrofouling* yaitu hubungan negatif, dimana semakin tinggi kadar fosfat pada perairan maka kondisi teritip akan semakin memburuk karena terlalu banyaknya zat hara yang berada pada suatu perairan dapat menimbulkan eutrofikasi pada perairan tersebut (Effendi, 2003).

Hubungan antara arus dengan laju penempelan *macrofouling* didapatkan hasil analisis hubungan negatif rendah dengan -0,140, hal ini dikarenakan nilai hubungan yang didapatkan 0,00 – 0,3 maka hubungannya dikategorikan hubungan rendah, hal ini diperkuat dengan Pandiangan (2009) dimana jika hasil hubungan adalah 0,00 – 0,24 maka hubungan dikategorikan rendah. Hasil hubungan antara arus dengan laju penempelan *macrofouling* yaitu hubungan negatif, dimana semakin cepat arus pada suatu perairan maka akan mempengaruhi penempelan dari larva teritip pada permukaan substrat (Anil, et al., 2012).

Hubungan antara pasang surut dengan laju penempelan *macrofouling* didapatkan hasil analisis hubungan sedang dengan nilai 0,50 hal ini dikarenakan nilai hubungan yang didapatkan 0,4 – 0,6 maka hubungannya dikategorikan hubungan sedang. Hasil hubungan antara pasang surut dengan laju penempelan *macrofouling* yaitu hubungan positif, dimana semakin tinggi nilai pasang surut

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

maka akan mempengaruhi tipe dari pasang surut. Hal ini berkaitan dengan adanya masa perendaman dan masa terpapar (terekspos) matahari akibat dari perbedaan tipe pasang surut. Kerena kemampuan untuk beradaptasi dari tertitip terhadap udara terbuka tidak terlalu lama (Nontji, 2001)

Hubungan antara kepadatan dengan laju penempelan *macrofouling* menunjukan hubungan yang sangat kuat dengan nilai hubungan 0,914, Apabila nilai hubungan yang didapatkan 0,7 – 1 maka hubungannya dikategorikan hubungan sangat kuat, hal ini diperkuat dengan Pandiangan (2009) dimana jika hasil hubungan adalah 0,75 – 0,99 maka hubungan dikategorikan hubungan sangat kuat. Hasil hubungan antara kedapatan dengan laju penempelan *macrofouling* yaitu hubungan positif, hal ini karena semakin tinggi laju penempelan *macrofouling* maka kepadatan dari *macrofouling* juga akan meningkat, karena akan terjadi penambahan jumlah individu *macrofouling* pada permukaan substrat.

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

BAB V
PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

1. Keanekaragaman *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dinyatakan dalam indeks keanekaragaman (H'). Indeks keanekaragaman (H') yang terdapat pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu memiliki kategori nilai indeks keanekaragaman (H') yang rendah, hal ini disebabkan karena hanya didominasi oleh satu macrofouling dari jenis teritip, kemampuan dari macrofouling jenis teritip yang dapat bertahan dalam kondisi perairan yang buruk juga menjadikan jenis ini yang mampu bertahan pada lokasi penelitian.
2. Laju penempelan *macrofouling* pada permukaan tiang pancang jembatan Suramadu dari *macrofouling* jenis teritip (Chthamalus) pada titik pengamatan A dan C yang berada di sisi timur menunjukkan nilai laju penempelan di titik pengamatan A adalah 3175 ind/m^2/minggu dan 8700 ind/m^2/minggu, sedangkan laju penempelan pada titik pengamatan B dan D yang berada di sisi barat menujukkan nilai laju penempelan di titik pengamatan B adalah 3875 ind/m^2/minggu dan 16544 ind/m^2/minggu di titik

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

pengamatan D. Tingginnya laju penempelan teritip (Chthamalus) perminggu disebabkan lokasi penempelan dari *macrofouling* jenis ini yang masih mendukung untuk menempel pada permukaan substrat.

3. Kondisi faktor oseanografi di sekitar perairan jembatan Suramadu masih mendukung terhadap penempelan *macrofouling* dari jenis tertitip dengan nilai parameter oseanografi yang teramati yaitu, suhu perairan 30°C - 31°C, kecerahan perairan 0,1 – 0,2 m, salinitas perairan 23‰ - 30‰, nilai derajat keasaman (pH) 7,1 – 7,4, kadar oksigen terlarut 3,0 – 3,6 mg/l, kandungan nitrat perairan 12 – 17 ppm, kandungan fosfat perairan 13 – 19 ppm dan kecepatan arus yaitu 0,40 – 0,50 m/s.
4. Pengaruh faktor oseanografi disekitar jembatan Suramadu terhadap laju penempelan *macrofouling* dinyatakan dalam analisis hubungan PCA (*Principal Conponent Analysis)*. Hubungan faktor oseanografi dengan laju penempelan *macrofouling* didapatkan hasil hubungan positif dengan parameter salinitas, kecerahan, DO, nitrat dan pasang surut, dimana hubungannya searah yaitu semakin tinggi nilai dari salinitas, kecerahan, DO, nitrat dan pasang surut maka akan semakin tinggi juga kepadatan dan laju penempelan. Hasil hubungan negatif juga didapatkan pada parameter suhu, pH, fosfat dan arus, dimana hubungan antar variabel berlawanan yang berarti jika suhu, pH, fosfat dan arus mengalami kenaikan maka laju penempelan akan mengalami penurunan atau sebaliknya.

5.2. SARAN

1. Penelitian selanjutnya diharapkan memiliki rentang waktu penelitian yang lebih lama sehiingga diketahui secara pasti laju penempelan dari *macrofouling* dan pengaruh dari parameter perairan terhadap laju penempelan *macrofouling.*
2. Penambahan lokasi penelitian pada penelitian selanjutnya sehingga dapat mengetahui keanekaragaman *macrofouling* dan laju penempelan dari *macrofouling* dengan lokasi yang berbeda serta kondisi perairan yang berbeda.

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

DAFTAR PUSTAKA

Abarzua, S. & Jakubowski, S. 1995. *Biotechnological investigation for the prevention of biofouling. I. Biological and biochemical principles for the prevention of biofouling*. Marine Ecology Progress Series, pp. 301-312.

Anil, A. Desai, D., L, K. & AC, G. 2012. *Barnacle and Their Significance In Biofouling*. New York: Springer Science and Business Media, pp. 65-94.

Ariadi, R. F. 2010. *Kelimpahan Teritip (Balannus* spp*) Pada Tiang Pelabuhan TPI Purnama Kota Dumai*. pp. 11-14.

Armitage, J. 2005. *Understanding the development and formation of biofilm.* [Seni] (University of Oxford).

Aslan, Laode M. 1999. *Budidaya Rumput Laut.* Kansius. Yogyakarta.

Awaluddin, M. F. Heron, S. & Wike, A. E. P. 2011. *Laju Penempelan Teritip Pada Media dan Habitat Yang berada di Perairan Kalianda Lampung Selatan*. Maspari Journal, Volume 3, pp. 63-68.

Budiharta, R. 2009. *Studi Penempelan Biofouling Dengan Variasi Jenis Material Di Laut Tropis.* Surabaya: Institut teknologi sepuluh november.

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

Callow, M. & Callow, J. 2002. *Marine biofouling: a sticky problem*. Biologist, pp. 1-4.

Chan, B. K. Prabowo, R. E. & Lee, K. S. 2009. *CRUSTACEAN FAUNA OF TAIWAN: BARNACLES, VOLUME I - CIRRIPEDIA: THORACIC EXCLUDING THE PYRGOMATIDAE AND ACASTINAE.* Taiwan. National Taiwan Ocean University, pp. 1-289.

Chen, W. & Duan, L. 2013. *Handbook of International Bridge Engineering.* Boca raton: CRC Press.

Cohen, A. 2005. *Rapid Assessment Shore Survey for Exotic Species in San Francisco*. 32 p. Oakland. San Francisco Estuary Institute.

Compère, C. et al., 2001. *Kinetics of conditioning layer formation on stainless steel immersed in seawater Biofouling*. II(17), pp. 129-145.

Constina, Y., Bintal, A. & Joko, S. 2017. *Hubungan Kandungan Nitrat Dan Fosfat Dengan Kelimpahan Diatom Di Perairan Pantai Panipahan Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau*. pp. 1-11.

Costerton, J. et al., 1995. Microbial biofilms. Volume 49:711, pp. 11-45.

Czaczyk, K. & Myszka, K., 2007. Biosynthesis of extracellular polymeric substance (EPS) an its role in microbial biofilm formation. Volume 16(6), pp. 799-806.

Dahuri, R., 2001. pengelolaan sumber daya wilaya pesisir dan laut secara terpadu. Dalam: jakarta: PT. Pradnya Pramita.

Darsono, P. & Hutomo, M. 1983. Komunitas biota penempel di perairan suralaya, Selat Sunda. *Oseanologi di Indonesia,* Volume 16, pp. 29-41.

Delsen, M. S. N. V. Wattimena, A. Z. & Saputri, S. D. 2017. penggunaan metode analisis komponen utama untuk mereduksi faktor-faktor inflasi ji kota ambon. *jurnal ilmu matematika dan terapan,* Volume 11, pp. 109-118.

Dharmaraj, S. Chellam, A. & Velayudhan, T. S. 1987. Biofouling, boring and predation of pearl oyster. *CMFRI Bulletin,* pp. 92-97.

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

Didu, L., Ma'ruf, K. & Emiyarti, 2019. *Komposisi jenis dan kepadatan makrobiofouling pada jaring kantung apung dengan dan tanpa menggunakan sintetik anti fouling hubunganya dengan pertumbuhan kappapycus alvarezzi di perairan Pantai Lakeba Kota Baubau*. *Jurnal* Manajemen Sumber Daya Perairan, IV(e-ISSN 2503 4286), pp. 111-121.

Ditjenkanbud, 2005. *Profil Rumput Laut Indonesia*. Ditjenkanbud. Jakarta. DKP RI.

Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air*. Manajemen Sumberdaya Perairan.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas air Bagi pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan.* Cetakan Kelima. Yogjakarta. Kanisius.

Ermaitis, 1984. *BEBERAPA CATATAN TENTANG MARGA BALANUS (CIRRIPEDIA)*. *Oseana*, IX(3), pp. 96-101.

Fabioux, C. et al., 2005. *Temperature and photoperiod drive crassostrea gigas reproductive internal lock*. Aquaculture, Issue 250, pp. 458-470.

Faisal, A. R. 2014. *Kepadatan dan Keragaman Macrobiofouling pada Dermaga Beton dn Dermaga Kayu di Pulau Balanglompo Kec. Mattiro Sompe Kab. Pangkep*. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Faturohman, I. Sunarto & Nurruhwati, I. 2016. *Hubungan kelimpahan plankton dengan suhu perairan laut di sekitar PLTU Cirebon*. Jurnal Perikanan Kelautan, Volume VII, pp. 115-122.

Gunawan, H. S. 2016. *Cat Anti Fouling Untuk Penanganan Kerusakan Struktur Jembatan Akibat Biota Penempel*. pp. 1-74.

Harramain & Eric, Y., 2008. *kajian faktor lingkungan habitat kerang mutiara (Stadia spat) di pulau lombok, nusa tenggara barat.* Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan .

Hutabarat, S. & Stewart, M. E., 1985. *Pengantar oseabografi.* Jakarta: Universitas Indonesia.

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

Hutagalung, S. P., 1982. *Studi Tentang Kesenangan Teritip (Balanus spp) Terhadap Beberapa jenis Subtratum pada Tingkatan suhu dan Kondisi Oseanografi yang Berbeda di Perairan PLTU Muara Karang.* [Seni] (Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor).

Hyman, L. H., 1959. *THE INVERTEBRATES : SMALLER CELOMATE GROUPS.* New York: Mc Graw-Hill.

Jamil, M. R., Kasim, M. & Irawati, N., 2016. Laju Penempelan makroepifit pada talus Rumput Laut Euchema spinosum diperairan pantai Lakeba Kota Bau-bau. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan,* Volume III, pp. 333-341.

Lovatelli, A., 1988. site selection for mollusc culture. Dalam: *network of aquaculture centres in asia (NACA).* bangkok: National Inland Fisheries Institute.

Marhaeni, B., 2011. *Potensi Bakteri Simbion Tumbuhan Lamun Sebagai Penghambat Terjadinya Foulingj.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Marshall, K., 1992. Biofilms: An overview of bacterial adhesion, activity, and control at surface. *ASM News,* Issue 58, pp. 202-207.

Marta, H. R., 2016. STUDI PENGARUH VARIASI KEDALAMAN AIR LAUT TROPIS TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA MATERIAL BAMBU LAMINASI.

McConnaughey, B. H. & Zotti, R., 1983. Pengantar Biologi. Dalam: London: s.n., p. 410 hal.

McDonald, M., JB, M. & CD, A., 2009. Effect of Ocean Acidfication Over The Life History of The Barnacle Amphibalanus amphitrite. *Mar Ecol,* Volume 385, pp. 179-187.

Minchinton, T. & MCKenzie, L., 2008. Nutrient Enrichment Affects Recruitment Oyster and Barnacles in A Mangrove Forest. *Mar Ecol Prog* , Volume 354, pp. 181-189.

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

Mujiyanto, 2015. Panduan Praktis: Penerapan Analisis Komponen Utama (AKU) atau Principal Component Analisis (PCA).

Nento, R., Femy, S. & Nursinar, S., 2013. Kelimpahan, Keanekaragaman dan Kemerataan Gastropoda di Ekosistem Mangrove Pulau Dudepo, kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, Volume 1, pp. 41-46.

Nontji, A., 1987. *Laut Nusantara.* Jakarta: Djambatan.

Nontji, A., 2001. *Laut Nusantara.* ED rev, Cetakan 5 penyunt. Jakarta: Djambatan.

Nyabakken, J. W., 1988. *Biologi laut.* Jakarta: Pt. Gramedia.

Nybakken, J., 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Biologis.* Jakarta: PT Gramedia.

Odum, E., 1983. *Dasar-dasar Ekologi.* Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Odum, E. P., 1994. *Dasar-dasar Ekologi.* Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Pandiangan, S. L., 2009. *Studi Keanekaragaman Ikan Karang di Kawasan Perairan Bagian Barat Rubiah Nanggroh Aceh Darussalam*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Qian, P., Rittschof, D. & Seedhar, B., 2000. Macrofouling in Undirectional Flow: Miniature Pipes as Experimental Models for Studying The Interaction of Flow and Surface Characteristic on The Attachment of bernacle. Volume 207, pp. 100-121.

Railkin, A., 2003. *Marine Biofouling: Colonization Processes and Defenses.* Florida: CRC Press.

Rittschof, D., 2001. *Natural Product Antifoulants and Coatings Development.* s.l.:CRC Press.

Romimoharto, K., 1991. Pengantar Pemantauan Pencemaran Laut. *Puslitbang Oseanografi-LIPI*, pp. 1-13.

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

Romimoharto, K. & Juana, S., 2001. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Dalam: *Biologi Laut.* Jakarta: Djambatan.

Romimohtarto, K., 1977. Beberapa Catatan Tentang Teritip (Balanus spp) sebagai Binatang Pengotor di Laut. *Oseanologi,* pp. 25-42.

Sabdono, A., 2007. Pengaruh Ekstrak Antifouling Bakteri Karang Pelagiobacter Variabilis Strain USP3.37 Terhadap Penempelan Bernakel Di Perairan Pantai Teluk Awur Jepara. 12(1)(0853-7291), pp. 18-23.

Sivalingam, P., 1997. Aquaculture of the green musseel, mytilus viridis lineaeus, in malaysia. *aquaculture,* 4(11), pp. 297-312.

Soemirat, J., 1994. *Kesehatan Lingkungan.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Southward, A. & Newman, W., 2003. A review of some common indo-malayan and western pacific species of Chthamalus Barnacle (Crustacea:Cirripedia). *marine biologi,* Volume 83, pp. 797-812.

Stok, J. P. V. d., 1987. Wind and Weather, Currents, Tides and Tidal Streams in the East Indian Archipelago. Dalam: s.l.:Batavia.

Sunarernanda, Y., 2014. hubungan kerapatan rumput laut dengan kelimpahan epifauna pada substrat berbeda di pantai teluk awur jepara. *jurnal marquares,* 3(3), pp. 43-51.

Suparmoko, 1999. Metode Penelitian Praktis Edisi 4. *BPFE,* pp. 1-67.

Sutaman, 2000. *teknik budidaya & proses pembuatan mutiara.* yogyakarta: kanisius.

Sutaman, 2000. tiram mutiara: teknik budidaya & proses pembuatan mutiara. Dalam: *cetakan kedua.* yogyakarta: kanisius.

Winarno, 2011. *Metodologi Penelitian dalam Pendidikan Jasmani.* Malaang: IKIP Malang, Anggota IKAPI.

Winarno, F., 1990. *Teknologi Pengelolaan Rumput Laut.* Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.

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

Yonvitner & Sukimin, S., 2003. *Laju Pertumbuhan Dan Penempelan Kerang Hijau.* pp. 1-6.

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