

**ANALISIS KANDUNGAN NUTRIEN ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )  
PADA BIOFILM DAN AIR DI PANTAI WATU LETER  
KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

Oleh:

**ANISA RETNO PALUPI  
NIM. 155080100111024**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

**ANALISIS KANDUNGAN NUTRIEN ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )  
PADA BIOFILM DAN AIR DI PANTAI WATU LETER  
KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan  
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya**

Oleh:

ANISA RETNO PALUPI  
NIM. 155080100111024



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN NUTRIEN ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )  
 PADA BIOFILM DAN AIR DI PANTAI WATU LETER  
 KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Oleh:  
**ANISA RETNO PALUPI**  
 NIM. 155080100111024

Telah dipertahankan di depan penguji  
 pada tanggal 2 Juli 2019  
 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,  
 Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II




(Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc)  
 NIP. 19790331 200501 1 003

(Sulastris Arsad, S.Pi., M.Si)  
 NIK. 2013048707072001

Tanggal: 18 JUL 2019

Tanggal: 18 JUL 2019

Mengetahui,  
 Ketua Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan



(Dr. H. M. Firdaus, MP)  
 NIP. 19680919 200501 1 001

Tanggal: 18 JUL 2019



**IDENTITAS TIM PENGUJI**

Judul : ANALISIS KANDUNGAN NUTRIEN ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) PADA BIOFILM DAN AIR DI PANTAI WATU LETER KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : ANISA RETNO PALUPI  
NIM : 155080100111024  
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

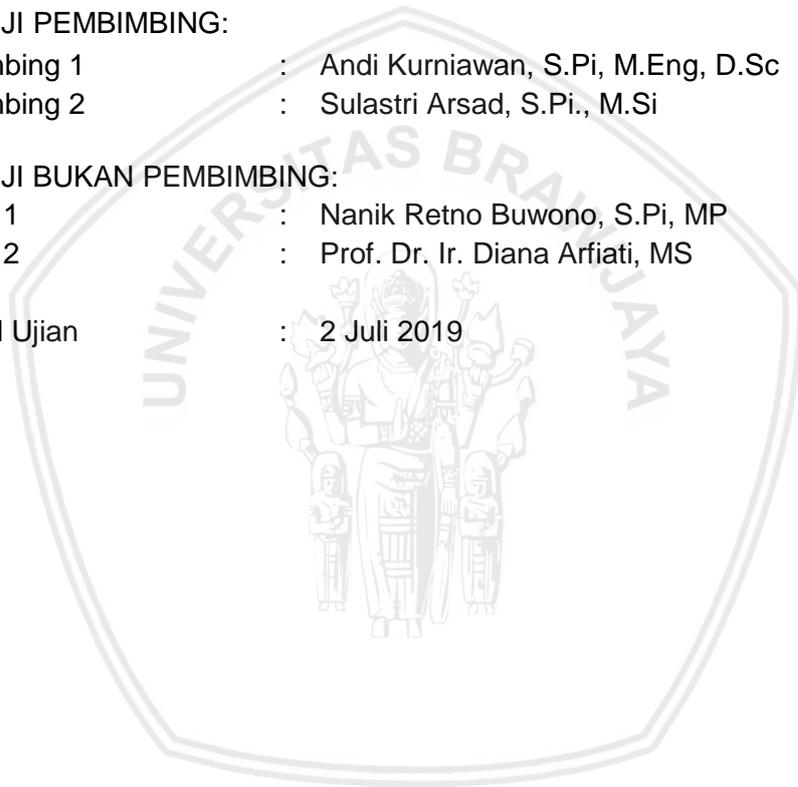
**PENGUJI PEMBIMBING:**

Pembimbing 1 : Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc  
Pembimbing 2 : Sulastris Arsad, S.Pi., M.Si

**PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:**

Penguji 1 : Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP  
Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS

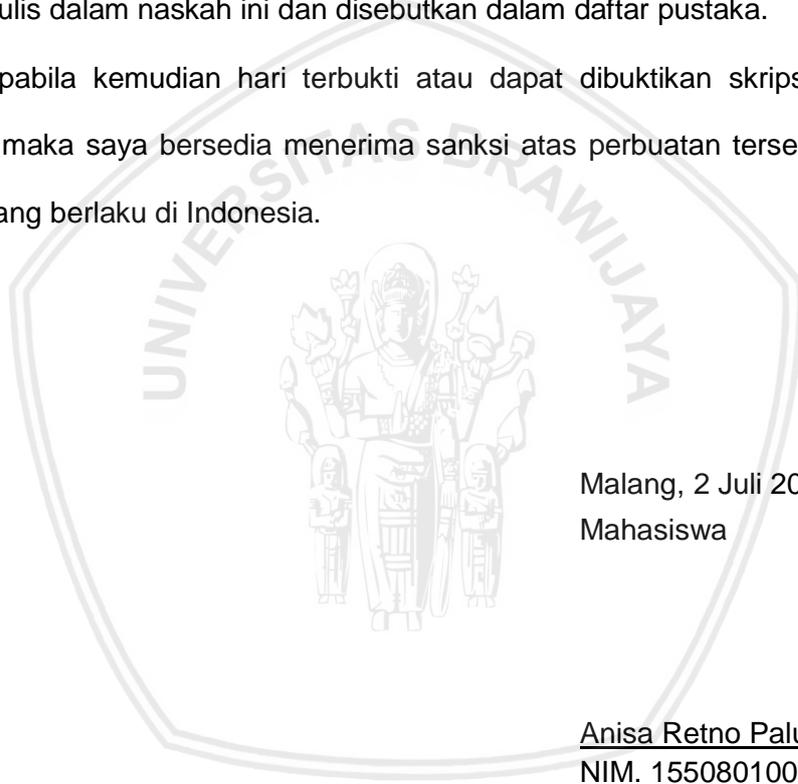
Tanggal Ujian : 2 Juli 2019



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi dengan judul “Analisis Kandungan Nutrien ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada Biofilm dan Air di Pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur” yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 2 Juli 2019  
Mahasiswa

Anisa Retno Palupi  
NIM. 155080100111024

## UCAPAN TERIMA KASIH

**Disampaikan Terima Kasih Kepada :**

Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.  
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Tahun 2019.

**Dengan Judul :**

Eksplorasi Biofilm untuk Pengembangan Teknologi Pengolahan Air dan Limbah  
di Lingkungan Perairan

Sebagai Ketua Peneliti **Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc**

Tim Penelitian:

1. Marlinda Elvina Susanti
2. Winarsih
3. Sultan Adzhani Laode
4. Yoga Dinarta Pinem
5. Anisa Retno Palupi
6. Alfi Fitriana Al-'azzy
7. Luthfia Ayu Dhea
8. Kevin Roy Aristia



Ketua Peneliti,

**(Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc)**

**NIP. 19790331 200501 1 003**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berperan serta dalam membantu kelancaran kegiatan hingga terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, keberkahan, dan karunia-Nya kepada penulis.
2. Bapak Bonari dan Ibu Betty Setyowati yang selalu mendoakan dan memberi dukungan selama masa perkuliahan.
3. Ayu Larasati, Kharis Sumo Anggarjito, dan Can yang sudah membantu meringankan beban pikiran selama kuliah.
4. Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc dan Sulastri Arsad, S.Pi., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.
5. Teman-teman Cecepy “Diana, Afni, Triyas, Mbak Dena, Cesar, dan Puspita” yang selalu mendukung, mengingatkan dan membantu selama kuliah.
6. Teman-teman tim biomonitoring yang selalu membantu dalam memecahkan masalah dan memberi dukungan.
7. Teman-teman MSP 2015 yang banyak membantu selama 8 semester ini.
8. Teman-teman “PESIAR” yang menjadi tempat menghilangkan rasa bosan.
9. Semua pihak lainnya yang secara langsung ataupun tidak langsung dan sengaja ataupun tidak sengaja membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Malang, 2 Juli 2019

Penulis

## RINGKASAN

**ANISA RETNO PALUPI.** Analisis Kandungan Nutrien ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada Biofilm dan Air di Pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur (di bawah bimbingan **Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc** dan **Sulastri Arsad, S.Pi, M.Si**)

---

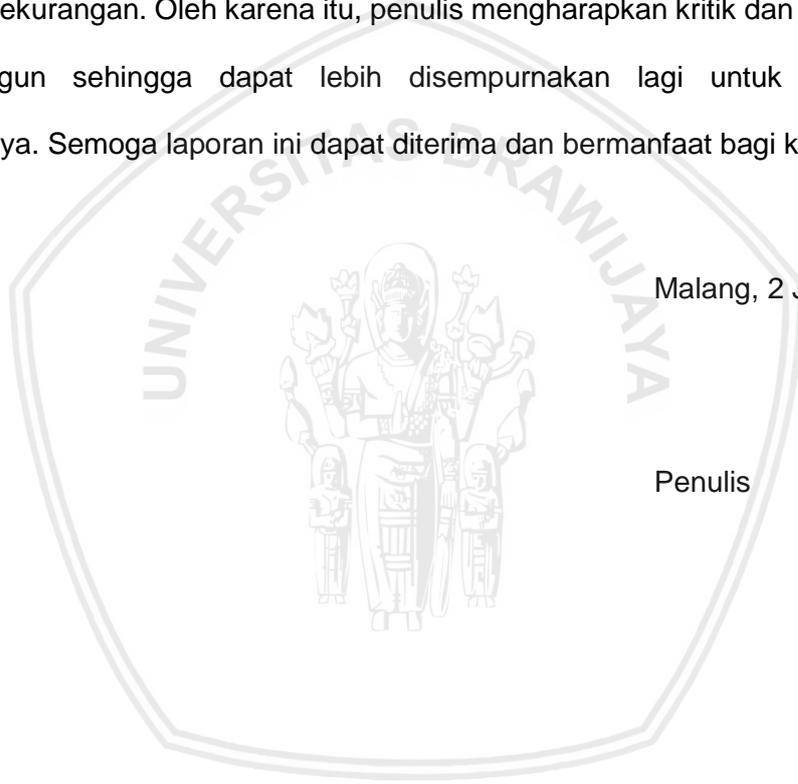
Pengamatan kandungan nutrien di perairan dilakukan untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas air. Biofilm dapat merombak nutrien yang ada di perairan pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi kandungan nutrien ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di dalam biofilm, menganalisis konsentrasi kandungan nutrien ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di air dan menganalisis hubungan kandungan antara nutrien ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di dalam biofilm dan air. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2019 di Pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode deskriptif dengan pendekatan teknik survei. Lokasi penelitian dibagi menjadi tiga titik dan dilakukan pengambilan sampel satu kali setiap bulan selama tiga bulan dengan tiga kali pengulangan. Sampel biofilm diambil di tiap titik dan kualitas air (suhu, kecepatan arus, oksigen terlarut dan pH) diambil secara *in situ*. Biofilm yang diambil dari titik 1, 2 dan 3 dibersihkan dari pasir dan bentos yang menempel kemudian biofilm diambil dari permukaan batu dengan menggunakan sikat. Kandungan nutrien sampel biofilm kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Brawijaya serta dilakukan analisis *Fourrier Transform Infrared* (FT-IR) di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang untuk melihat gugus fungsi yang terkandung di dalam biofilm. Parameter pendukung yang diteliti terdiri dari suhu, kecepatan arus, pH, dan oksigen terlarut. Hasil yang diperoleh menunjukkan konsentrasi nutrien amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di dalam biofilm berturut-turut berkisar antara 1,44 – 3,08 mili mol (mM); 0,20 – 0,61 mM; 0,37 – 0,96 mM dan 0,16 – 0,31 mM. Konsentrasi nutrien amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di air sekitar biofilm berturut-turut berkisar antara  $6,77 \times 10^{-3}$  –  $21,11 \times 10^{-3}$  mM;  $< 0,05 \times 10^{-3}$  –  $1,22 \times 10^{-3}$  mM;  $36,16 \times 10^{-3}$  –  $184,84 \times 10^{-3}$  mM dan  $< 0,29 \times 10^{-3}$  –  $7,17 \times 10^{-3}$  mM. Hasil analisis spektra FT-IR menunjukkan bahwa secara umum gugus fungsional pada setiap biofilm dalam penelitian ini hampir sama yaitu terdapat gugus karboksil ( $-\text{COO}^-$ ) dan amino ( $\text{NH}_3^+$ ). Hal ini menunjukkan komposisi gugus fungsi pada polimer dari biofilm cenderung sama walaupun tumbuh pada titik yang berbeda. Data parameter pendukung memiliki nilai kandungan oksigen terlarut berkisar antara 5-6,3 mg/l, nilai suhu berkisar antara 28,2-29,7 °C, nilai pH berkisar antara 6,9-8,1 dan kecepatan arus berkisar antara 0,86-1,48 m/dtk. Dapat disimpulkan bahwa % rasio konsentrasi nutrien biofilm : air mencapai hingga 7100%. Konsentrasi di dalam biofilm lebih tinggi dibandingkan dengan air di sekitar biofilm. Terdapat sinkronisasi dimana semakin tinggi konsentrasi nutrien di air sekitar biofilm maka semakin tinggi pula konsentrasi nutrien di dalam biofilm begitu pula sebaliknya. Ketidaksinkronan konsentrasi nutrien di dalam biofilm dan air sekitar yang diambil pada bulan 2 dapat disebabkan oleh hujan dan kecepatan arus laut pada saat pengambilan sampel. Saran peneliti yaitu dibutuhkan penelitian lebih lanjut terkait dengan konsentrasi nutrien baik dalam biofilm maupun air. Selain itu, diperlukan adanya perbandingan dengan lokasi dan masukan nutrien yang berbeda agar mendapatkan data penunjang untuk referensi dan kepentingan selanjutnya.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan segala rasa syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Analisis Kandungan Nutrien ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada Biofilm dan Air di Pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur”. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat lebih disempurnakan lagi untuk kebutuhan selanjutnya. Semoga laporan ini dapat diterima dan bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 2 Juli 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
IDENTITAS TIM PENGUJI .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
RINGKASAN .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	3
1.5 Tempat dan Waktu .....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Ekologi Mikro .....	4
2.2 Biofilm.....	4
2.3 Tahap Pembentukan Biofilm .....	6
2.4 Nutrien.....	7
2.5 Siklus Nitrogen .....	8
2.6 Siklus Fosfor.....	9
2.7 Parameter Utama .....	10
2.8 Parameter Pendukung.....	12
2.8.1 Parameter Fisika .....	12
2.8.2 Parameter Kimia.....	13
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN .....	15
3.1 Materi Penelitian .....	15
3.2 Alat dan Bahan .....	15
3.3 Metode Penelitian .....	15
3.4 Prosedur Penelitian .....	16
3.4.1 Penentuan Titik Penelitian .....	16
3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel .....	17
3.5 Prosedur Pengujian Nutrien dalam Sampel .....	18
3.5.1 Sampel Biofilm.....	18
3.5.2 Sampel Air.....	21
3.6 Prosedur Pengujian Parameter Pendukung .....	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian.....	25
4.1.1 Deskripsi Titik Pengambilan Sampel.....	25
4.2 Konsentrasi Nutrien pada Biofilm dan Air di Sekitar Biofilm .....	26
4.2.1 Titik 1.....	27
4.2.2 Titik 2.....	28



4.2.3 Titik 3.....	30
4.3 Hubungan Kandungan Nutrien antara Biofilm dan Air di Sekitarnya.....	31
4.4 <i>Fourrier Transform Infrared</i> (FT-IR) .....	32
4.5 Parameter Lingkungan Perairan .....	35
4.5.1 Suhu.....	35
4.5.2 Kecepatan Arus.....	36
4.5.3 Derajat Keasaman.....	36
4.5.4 Oksigen Terlarut.....	37
5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN .....	45



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter Lingkungan di Pantai Watu Leter Kabupaten Malang .....	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tahap pembentukan biofilm (Neagu <i>et al.</i> , 2017).....	7
2. (a) Perbandingan konsentrasi amonium pada air dan biofilm di titik 1, (b) Perbandingan konsentrasi nitrit pada air dan biofilm di titik 1, (c) Perbandingan konsentrasi nitrat pada air dan biofilm di titik 1, (d) Perbandingan konsentrasi ortofosfat pada air dan biofilm di titik 1.....	27
3. (a) Perbandingan konsentrasi amonium pada air dan biofilm di titik 2, (b) Perbandingan konsentrasi nitrit pada air dan biofilm di titik 2, (c) Perbandingan konsentrasi nitrat pada air dan biofilm di titik 2, (d) Perbandingan konsentrasi ortofosfat pada air dan biofilm di titik 2.....	28
4. (a) Perbandingan konsentrasi amonium pada air dan biofilm di titik 3, (b) Perbandingan konsentrasi nitrit pada air dan biofilm di titik 3, (c) Perbandingan konsentrasi nitrat pada air dan biofilm di titik 3, (d) Perbandingan konsentrasi ortofosfat pada air dan biofilm di titik 3.....	30
5. Hasil Uji FT-IR Biofilm Titik 1 .....	32
6. Hasil Uji FT-IR Biofilm Titik 2 .....	33
7. Hasil Uji FT-IR Biofilm Titik 3 .....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian .....	45
2. Peta lokasi penelitian .....	46
3. Data konsentrasi nutrien di dalam biofilm dan air sekitarnya .....	47
4. Rumus perhitungan konversi .....	49
5. Dokumentasi penelitian.....	50



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nitrogen dan fosfor merupakan faktor pembatas di perairan. Kadar nitrogen dan fosfat dalam jumlah banyak di perairan akan menyebabkan pengayaan nutrisi (eutrofikasi) dan akan berpengaruh terhadap *blooming* alga. Hal tersebut dikarenakan unsur nitrogen dan fosfat adalah senyawa yang dibutuhkan untuk pertumbuhan organisme. Pengamatan kandungan amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di perairan dilakukan untuk melihat kondisi kualitas perairan di wilayah tertentu serta untuk membantu menimbang kegiatan yang harus dilakukan untuk mencegah maupun memperbaiki kondisi perairan tersebut.

Komponen perairan terdiri dari komponen biotik dan abiotik, mikroba merupakan bagian dari komponen biotik yang melimpah di dalam perairan dan berperan besar meskipun memiliki ukuran yang sangat kecil. Mikroba hidup di alam dengan membentuk biofilm. Aktivitas bakteri di dalam perairan sangat bergantung dengan nutrisi yang ada di biofilm. Biofilm dapat menyerap nutrisi dari perairan sehingga biofilm dapat dijadikan salah satu bahan pengamatan dalam melihat kondisi ekologi perairan.

Menurut Flemming (1995), biofilm mengandung mikroorganisme hidup yang dapat bereaksi terhadap perubahan lingkungan dengan membentuk *Extracellular Polymeric Substances* (EPS). Menurut Amarlita (2011), biofilm dapat terbentuk di berbagai permukaan seperti batu pecah, batu marmer, kerikil, tembikar dan lain-lain. Biofilm menghasilkan senyawa *Extracellular Polymeric Substances* untuk membantu mikroorganisme tetap menempel di suatu permukaan. Karakteristik utama dari biofilm adalah dapat menyediakan nutrisi. Biofilm dapat menyerap nutrisi yang ada di perairan yang akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme yang ada di biofilm tersebut. Berbeda dengan nutrisi yang berada

di badan air, nutrisi yang dijerap oleh biofilm tidak mudah hilang. Keberadaan amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di dalam biofilm perairan pantai masih jarang dilaporkan, berbeda dengan biofilm yang berada di daerah sub tropis. Dinamika nutrisi di air dan biofilm penting untuk dipelajari sehingga dapat memahami ekosistem perairan secara utuh terutama ekosistem yang berkaitan dengan mikroba.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berbagai aktivitas manusia seperti perkebunan dan kegiatan rumah tangga dapat meningkatkan konsentrasi amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat yang ada di perairan pantai. Nutrien-nutrien tersebut akan terbawa oleh air sungai dan masuk ke dalam perairan pantai. Masukan amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat ke wilayah perairan pantai dapat mempengaruhi kehidupan biota akuatik didalamnya. Biofilm diduga dapat menangkap nutrisi tersebut dari badan air sehingga berkontribusi dalam dinamika nutrisi di pantai. Analisa kandungan nutrisi pada biofilm dan air disekitarnya dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi nutrisi pada biofilm dan air di pantai Watu Leter Kabupaten Malang sehingga rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana konsentrasi nutrisi ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di dalam biofilm di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur?
2. Bagaimana konsentrasi nutrisi ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada air di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur?
3. Bagaimana hubungan kandungan nutrisi ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di dalam biofilm dan air di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis konsentrasi nutrisi ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di dalam biofilm di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur.
2. Untuk menganalisis konsentrasi nutrisi ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada air di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur.
3. Untuk menganalisis hubungan kandungan nutrisi ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) di dalam biofilm dan air di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber informasi dan wawasan dalam kandungan amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di dalam biofilm dan air di perairan laut. Selain itu juga dapat menjadi salah satu sumber dasar dalam kegiatan pemantauan kondisi perairan menggunakan biofilm.

### 1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2019 di pantai Watu Leter Kabupaten Malang. Analisis kadar nutrisi dalam biofilm dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Analisis *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, sedangkan analisa kualitas air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jasa Tirta Malang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

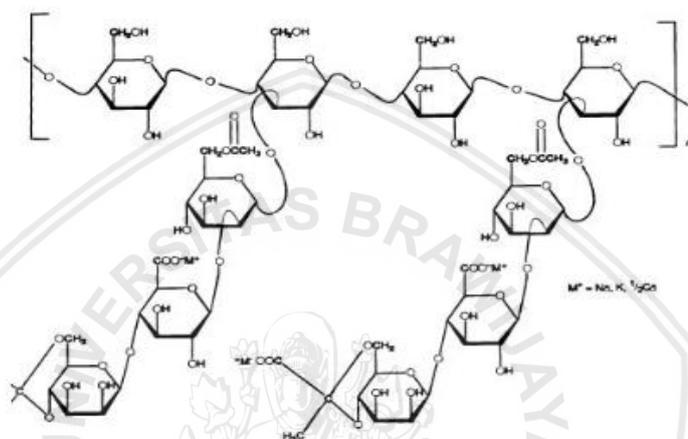
### 2.1 Ekologi Mikro

Ekologi mikro diartikan sebagai interaksi antar mikroorganisme dan lingkungannya. Menurut Gray dan Head (2008), ekologi mikro meliputi keanekaragaman, distribusi, kelimpahan mikroorganisme, interaksi biotik dan abiotik serta efeknya terhadap ekosistem. Mikroorganisme dan nutrisi adalah komponen utama dalam lingkungan ekologi mikro. Komunitas mikro ini terdiri dari kumpulan mikroorganisme yang saling berinteraksi seperti bakteri, jamur dan alga yang berperan penting dalam transfer energi, siklus nutrisi, sumberdaya agrikultur, industri, bioteknologi dan obat (Guo *et al.*, 2019). Menurut Volmer *et al.* (2015), ekologi mikro berperan dalam menanggulangi limbah perairan. Nitrifikasi dalam siklus nitrogen adalah salah satu contoh interaksi mutualisme dari bakteri yang mengoksidasi amonia dengan bakteri yang mengoksidasi nitrit. Bakteri amonifikasi mendapatkan energi dari mengoksidasi amonium menjadi nitrit menggunakan oksigen, dan nitrit menjadi sumber energi dari bakteri nitrifikasi dalam mengubah nitrit menjadi nitrat.

### 2.2 Biofilm

Biofilm menurut Flemming (1995) terdiri dari berbagai mikroorganisme yang tumbuh pada berbagai permukaan dalam berbagai kondisi lingkungan. Biofilm memiliki karakteristik utama yaitu heterogen. Komunitas dalam biofilm terdiri dari bakteri, diatom dan protozoa yang berbeda-beda. Biofilm yang berasosiasi dan didominasi dengan alga disebut dengan *periphycal biofilm*. Istilah perifiton mengacu pada lapisan yang sebagian besar terdiri dari alga, tetapi keseluruhan lapisan dari komunitas tersebut sering disebut dengan biofilm. Biofilm tersusun oleh kurang dari 10% mikroba dan 90% matriks *Extracellular Polymeric*

*Substances* dengan 98% matriks merupakan *interstitial water* (Kurniawan dan Fukuda, 2016). Senyawa ekopolisakarida atau *Extracellular Polymeric Substances* (EPS) yang dihasilkan oleh bakteri digunakan untuk melekatkan diri kepada substrat dan juga sebagai pelekatan senyawa organik dan anorganik. EPS juga berkontribusi dalam proses penguraian bahan organik menjadi bentuk yang lebih kecil atau anorganik.



Gambar 1. Struktur Kimia *Extracellular Polysaccharide* (EPS) (Ochoa *et al.*, 2000)

*Xanthan gum* merupakan nama lain dari senyawa EPS. EPS diproduksi oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. *Xanthan gum* adalah heteropolisakarida yang unsur utamanya terdiri dari dua molekul glukosa, dua molekul manosa dan satu molekul asam glukuronik (Ochoa *et al.*, 2000). *Xanthan gum* akan membentuk gel jika dikombinasikan dengan polisakarida lain pada lingkungan cair karena terbentuknya *crosslinking* antara keduanya (Hadisoewignyo dan Fudholi, 2007).

Yuhana *et al.* (2011) menjelaskan bahwa EPS bersifat *adhesive* atau perekat. Menurut Costerton (1987), bakteri memulai proses adhesi ireversibel dengan mengikat permukaan menggunakan EPS. Senyawa EPS dapat menangkap nutrisi dari air yang mengalir. Ketika nutrisi organik terikat pada matriks biofilm, nutrisi tersebut akan didekomposisi agar bisa dimanfaatkan oleh organisme (Costerton *et al.*, 1987 dalam Karn dan Duan, 2017). Biofilm berperan penting dalam lingkungan perairan. Mikroorganisme dalam biofilm dapat

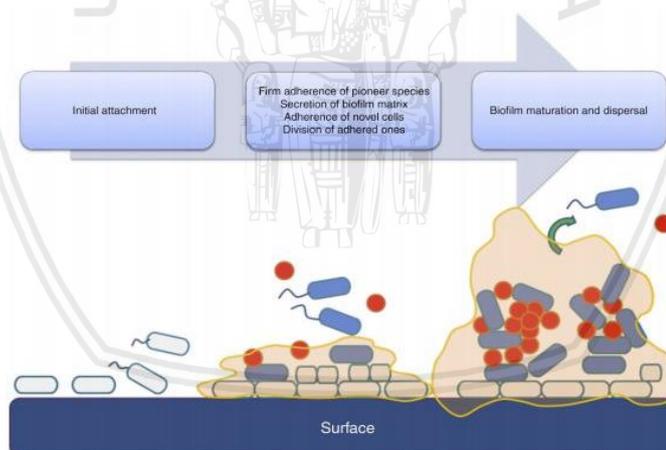
menguraikan polutan dalam air limbah menjadi senyawa yang tidak mencemari lingkungan. Lazaro *et al.* (2011) menjelaskan bahwa biofilm berkontribusi dalam siklus nutrisi, terutama siklus nitrogen, karena bakteri memiliki peran penting dalam proses mineralisasi dan siklus nutrisi dalam perairan. Luas permukaan biofilm dapat mempengaruhi efisiensi biofilm dalam menurunkan konsentrasi zat organik dalam air limbah (Amarlita, 2011).

Menurut Ohlund dan Nasholm (2004), mekanisme penyerapan dibagi menjadi dua yaitu *active uptake* dan *passive uptake*. Nutrien anorganik diakumulasi oleh biofilm dengan mekanisme *passive uptake*. *Passive uptake* merupakan pergerakan molekul dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah yang terjadi karena perbedaan konsentrasi untuk menjaga keseimbangan. Penyerapan ini terjadi dengan dua cara yaitu pertukaran ion dan ikatan elektrostatik. Pertukaran ion terjadi pada saat ion yang pada awalnya melekat di biofilm akan digantikan oleh nutrisi, sedangkan ikatan elektrostatik terjadi pada saat adanya situs pengikat (*bonding sites*) yang kosong di biofilm sehingga nutrisi akan menempel pada situs tersebut.

### 2.3 Tahap Pembentukan Biofilm

Terdapat beberapa tahap pembentukan biofilm, tahap pertama adalah penempelan mikroorganisme bebas ke permukaan padat dan diikuti penempelan permanen dengan bantuan eksopolisakarida. Pada saat koloni sudah terbentuk, biofilm tumbuh melalui proses perkembangbiakan dan penempelan sel planktonik baru. Proses tersebut dikenal sebagai maturasi atau pematangan. Pertambahan ukuran dan perubahan bentuk merupakan proses pematangan biofilm tahap akhir ditandai oleh mikroba yang siap menyebar dan diikuti oleh proses *disperse* yaitu penyebaran dan pembentukan koloni di permukaan yang baru (Neagu *et al.*, 2017).

Proses awal dalam pertumbuhan mikroba dan pembentukan lapisan eksopolisakarida yang dikenal dengan proses pematangan membutuhkan waktu beberapa minggu. Menurut Sigeo (2004), Bakteri dalam biofilm memelihara dan mengendalikan lingkungan internal biofilm melalui tiga proses. Pertama, memproduksi EPS yang berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan struktur dari kerusakan akibat aliran air. Kedua, mengendalikan pertumbuhan populasi didalam biofilm. Ketiga, menyeimbangkan populasi campuran. Pertumbuhan mikroorganisme akan terus berlangsung akibat perkembangbiakan dan adsorpsi sehingga ketebalan biofilm bertambah. Saat ketebalan mencapai maksimum, difusi makanan dan oksigen tidak mampu mencapai permukaan padatan sehingga lapisan biofilm terbagi menjadi zona aerob dan anaerob. Pengelupasan lapisan akan terjadi yang selanjutnya terbentuk koloni baru (Marsidi dan Herlambang, 2002).



Gambar 2. Tahap pembentukan biofilm (Neagu *et al.*, 2017).

## 2.4 Nutrien

Nutrien merupakan komponen organik dan anorganik yang dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Berdasarkan komposisinya, nutrien terbagi menjadi dua jenis yaitu nutrien organik dan nutrien anorganik. Asam nukleat, lemak dan karbohidrat merupakan contoh dari nutrien organik sedangkan nutrien anorganik berupa

garam-garam dan logam-logam. Nitrogen masuk ke perairan laut melalui curah hujan, aliran sungai, difusi dari sedimen dan fiksasi  $N_2$ . Pupuk buatan menjadi salah satu sumber nutrisi anorganik N dan P sedangkan hasil metabolisme manusia dan hewan merupakan sumber nutrisi organik N dan P (Strokal *et al.*, 2016). Nutrisi P organik akan diubah menjadi P anorganik melalui proses mineralisasi. Menurut Wu *et al.* (2019), fosfor di perairan dapat berasal dari pupuk, vegetasi riparian (peralihan sungai dengan daratan) dan kotoran hewan.

Berdasarkan kebutuhan, nutrisi dibagi menjadi makro nutrisi dan mikro nutrisi. Makro nutrisi adalah unsur hara yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah banyak seperti Nitrogen, Fosfor, Magnesium, Sulfur, Kalium dan Kalsium. Mikro nutrisi adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit tetapi keberadaannya mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton seperti mangan, tembaga, seng, dan kobalt (Rusyani, 2012). Unsur N dan unsur P dikirim melalui sungai ke perairan laut. Air limbah industri, pemakaian pupuk kimia berlebih, tingkat populasi yang tinggi dan budidaya dapat menyebabkan tingginya nutrisi di daerah estuari.

## 2.5 Siklus Nitrogen

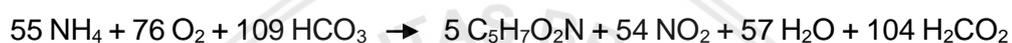
Dalam lingkungan perairan, nitrogen terlarut dapat diikat oleh sejumlah bakteri. Siklus nitrogen dimulai dari proses dekomposisi dan metabolisme hewan akan membuang nitrogen yang berada dalam bentuk senyawa-senyawa yang kemudian senyawa tersebut dimineralisasi oleh mikroorganisme dan nitrogen akan dilepaskan sebagai amonia, proses ini dinamakan proses amonifikasi. Reaksi kesetimbangan amonium dalam perairan adalah



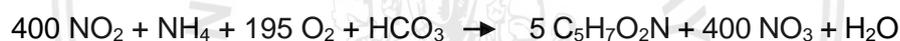
dimana pada pH perairan rendah, amonia dalam perairan akan berada dalam bentuk amonium ( $NH_4$ ), sedangkan pada pH tinggi akan berubah menjadi amoniak

(NH<sub>3</sub>). Sebagian besar amonium di alam akan dioksidasi melalui proses nitrifikasi, yaitu amonium menjadi bentuk nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) yang disebut sebagai nitritasi dan kemudian menjadi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang disebut sebagai nitratasi. Proses nitrifikasi dilakukan oleh bakteri autotrof. Bakteri yang berperan dalam proses nitrifikasi adalah *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* (Herlambang dan Marsidi, 2003).

Proses nitrifikasi terdiri dari dua tahap yaitu nitritasi dan nitratasi (Widayat *et al.*, 2010). Menurut Cendrasari (2008), nitritasi merupakan tahap oksidasi ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) menjadi ion nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) yang dilaksanakan oleh bakteri *Nitrosomonas* dengan reaksi



sedangkan nitratasi merupakan tahap oksidasi ion nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) menjadi ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang dilaksanakan oleh bakteri *Nitrobacter* dengan reaksi



*Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* hidup dengan melekatkan diri pada benda padat. (Dewi dan Masithoh, 2013). Menurut Setiapermana (2006), Beberapa bakteri heterotrof dapat mereduksi nitrat menjadi nitrit dan kemudian N<sub>2</sub>. Proses tersebut dinamakan denitrifikasi dan terjadi pada saat tidak tersedianya oksigen (anoksik).

## 2.6 Siklus Fosfor

Fosfor merupakan faktor pembatas bagi alga dan tumbuhan tingkat tinggi karena fosfat adalah unsur penting yang mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Fosfat terdapat dalam dua bentuk yaitu fosfat organik dan fosfat anorganik. Fosfat organik berasal dari tubuhan dan hewan yang kemudian akan diurai oleh dekomposer menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik terlarut terdiri dari ortofosfat dan polifosfat. Polifosfat harus mengalami hidrolisis untuk menjadi ortofosfat sebelum bisa dimanfaatkan oleh tumbuhan. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor paling sederhana yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh

tumbuhan akuatik. Menurut Kunarso (1988), fosfor anorganik di alam biasanya terdapat dalam bentuk  $\text{HPO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{PO}_4$ , kemudian melalui reaksi reduksi senyawa tersebut akan diuraikan menjadi fosfat dengan bentuk  $\text{PO}_4^{3-}$ . Persamaan reaksi fosfat menurut Effendi (2003) adalah sebagai berikut,



Fosfat anorganik akan berubah menjadi organofosfat ketika sudah dimanfaatkan oleh tumbuhan. Fosfat dalam perairan akan berikatan dengan ion besi dan kalsium. Ketika kondisi anaerob, fosfat tidak terlarut yang berikatan dengan ion besi bervalensi tiga ( $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ ) akan mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua yang bersifat larut, sehingga fosfat akan terlepas ke perairan.

## 2.7 Parameter Utama

### a. Amonium

Herlambang dan Marsidi (2003) memaparkan bahwa amonium merupakan bentuk lain dari nitrogen anorganik dalam kondisi perairan dengan pH rendah. Pada saat pH perairan tinggi, amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dapat berubah menjadi amoniak ( $\text{NH}_3$ ). Senyawa amonium berasal dari proses dekomposisi makhluk hidup oleh mikroorganisme yang dilepaskan melalui proses amonifikasi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Makmur *et al.* (2012), amonium dalam perairan berasal dari hasil penguraian bahan organik dan hasil metabolisme ikan. Amonium akan diubah menjadi nitrit dalam proses nitritasi.

### b. Nitrit

Nitrit merupakan bentuk senyawa nitrogen yang tidak stabil. Senyawa nitrit dihasilkan dari proses oksidasi amonium oleh *Nitrosomonas* dan nitrit akan dioksidasi menjadi nitrat dengan cepat dalam kondisi aerobik. Kadar nitrit dalam perairan relatif lebih kecil karena segera teroksidasi menjadi nitrat (Wijayanti,

2007). Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses perombakan bahan organik. Tingginya nitrit disebabkan banyaknya bahan organik dan proses nitrifikasi untuk merubah nitrit menjadi nitrat berjalan lambat (Adjie dan Utomo, 2011).

c. Nitrat

Nitrat terbentuk melalui proses oksidasi senyawa nitrit oleh *Nitrobacter*. Berbeda dengan nitrit, nitrat merupakan bentuk senyawa nitrogen yang stabil (Marsidi dan Herlambang, 2002). Peningkatan kadar nitrat di perairan juga dapat disebabkan oleh bahan organik yang masuk ke perairan melalui aliran sungai. Buangan rumah tangga, pupuk, dan kotoran manusia merupakan sumber nitrat (Makmur *et al.*, 2012). Perairan dengan keadaan basa cenderung memiliki nitrat yang lebih tinggi. Pernyataan tersebut didukung oleh Cendrasari (2008), proses nitrifikasi akan berjalan optimal jika konsentrasi kation basa seperti K, Ca dan Mg tersedia di perairan. Rendahnya nilai pH akan menghambat proses nitrifikasi. Nitrat merupakan bentuk nitrogen yang digunakan sebagai bahan dasar pembuat protein bagi tumbuhan air (Indrayani *et al.*, 2015).

d. Ortofosfat

Sumber fosfat dalam perairan dapat melalui limbah rumah tangga yaitu deterjen dan pertanian yaitu pupuk. Fosfat masuk ke dalam perairan terbuka melalui aliran sungai yang membawa limbah domestik. Hal ini mengakibatkan konsentrasi di sekitar muara lebih besar dari sekitarnya (Yuliana *et al.*, 2012). Ortofosfat merupakan bentuk fosfat paling sederhana yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman (Prabowo *et al.*, 2013). Ortofosfat memiliki konsentrasi yang rendah dalam perairan umum karena tingginya tingkat penyerapan ortofosfat oleh tanaman (Boyd and Tucker, 1998).

## 2.8 Parameter Pendukung

### 2.8.1 Parameter Fisika

#### a. Suhu

Suhu merupakan besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas pada suatu benda. Suhu merupakan salah satu faktor abiotik yang mempengaruhi kehidupan organisme di laut terutama organisme yang tidak dapat mengatur suhu tubuhnya atau poikilotermik. Pada umumnya suhu laut daerah equator relatif stabil berkisar antara 26,0°C hingga 31,5°C (Syaifullah, 2015). Perubahan suhu diluar ambang batas dapat mengakibatkan kematian massal organisme.

Suhu pada lapisan permukaan laut sangat tergantung pada jumlah panas dari matahari. Tingginya nilai suhu dapat diakibatkan oleh tingginya intensitas cahaya yang masuk kedalam perairan (Yuliana *et al.*, 2012). Suhu dapat mempercepat atau memperlambat pertumbuhan organisme dan mempengaruhi proses respirasi, fotosintesis, metabolisme serta perkembangan embrionik organisme perairan.

#### b. Kecepatan Arus

Arus laut menurut Azis (2006) merupakan pergerakan massa air dari suatu tempat ke tempat yang lain. Arus laut dapat terbentuk akibat tiupan angin, perbedaan densitas air maupun tekanan air. Kecepatan arus berpengaruh besar terhadap pengadukan nutrisi didalam perairan dan mencegah terjadinya pengendapan. Kecepatan arus pada permukaan memiliki kecepatan yang paling besar, kecepatan arus akan semakin berkurang pada perairan yang semakin dalam (Wardheni *et al.*, 2014).

Angin merupakan faktor utama terjadinya arus permukaan laut. Pada laut dalam, arus dipengaruhi oleh tekanan dan salinitas perairan. Arus laut berperan dalam persebaran nutrisi dan kandungan oksigen (Azis, 2006). Pergerakan angin memberikan energi ke permukaan perairan sehingga terjadi arus laut dan arus laut

mengubah pola temperatur perairan dengan membawa energi panas dari satu lokasi ke lokasi lainnya.

## 2.8.2 Parameter Kimia

### a. Derajat Keasaman

Astria *et al.* (2014) menjelaskan bahwa Derajat keasaman atau pH merupakan negatif logaritma dari aktivitas ion nitrogen. Unit pH diukur dengan skala 1-14. Keadaan perairan dikatakan masam jika nilai pH kurang dari 7, dan dikatakan basa bila nilai pH lebih dari 7. Laut memiliki kemampuan menyangga sehingga perubahan pH di perairan laut cenderung stabil. Kadar pH dalam perairan dipengaruhi oleh kandungan O<sub>2</sub> maupun CO<sub>2</sub> (Rukminasari *et al.*, 2014). Derajat keasaman perairan laut pada umumnya sebesar 6,0 – 8,5. Amonifikasi akan berjalan lancar dalam pH 8 dan akan menurun pada pH dibawah 7 (Agustiyan *et al.*, 2004). Nilai pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan kematian organisme perairan, sedangkan nilai pH yang terlalu basa dapat memperlambat pertumbuhan organisme.

### e. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* merupakan banyaknya oksigen yang terlarut dalam air (Winarni, 2016). Oksigen terlarut memiliki peranan yang penting bagi kehidupan biota air. Konsentrasi oksigen terlarut dapat dipengaruhi oleh difusi udara, respirasi biota, fotosintesis dan proses dekomposisi bahan organik. Proses nitrifikasi juga dipengaruhi oleh ketersediaanya oksigen terlarut. Selain untuk memenuhi kebutuhan oksigen oleh ikan, kandungan oksigen terlarut juga digunakan untuk proses oksidasi bahan organik oleh mikroba. Proses nitrifikasi terjadi dalam kondisi aerob, berjalan dengan baik jika DO > 1 mg/l (Widayat *et al.*, 2010). Mikroorganisme dalam biofilm memerlukan oksigen untuk menguraikan limbah.

Oksigen terlarut mempengaruhi komposisi nitrogen anorganik. Kondisi lingkungan dengan oksigen terlarut rendah akan menyebabkan nitrogen bergerak menuju ke senyawa amonia, pada saat oksigen terlarut dalam perairan tinggi nitrogen akan bergerak menuju senyawa nitrat (Hutagalung dan rozak, 1997). Bakteri aerob membutuhkan oksigen untuk melakukan proses dekomposisi.



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah konsentrasi amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat pada biofilm dengan air di sekitarnya pada pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Selain itu penelitian ini juga menganalisis parameter fisika kualitas air yaitu suhu dan kecepatan arus serta parameter kimia kualitas air yaitu pH, oksigen terlarut, amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Pengukuran kualitas air baik fisika maupun kimia yaitu suhu, kecepatan arus, pH dan oksigen terlarut dilakukan secara langsung (*in situ*) sedangkan pengukuran amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat dilakukan di laboratorium. Pengambilan sampel air dan sampel biofilm dilakukan pada waktu yang bersamaan. Pengukuran kandungan amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat pada biofilm serta analisis FTIR dilakukan di laboratorium. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yang bermaksud untuk membuat gambaran (deskriptif) mengenai situasi kejadian-kejadian. Metode deskriptif tidak terbatas hanya sampai pada pengumpulan dan penyusunan data, tetapi meliputi analisis dan interpretasi tentang hasil data tersebut. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pengambilan data deskriptif dapat membandingkan dan perbedaan tertentu untuk membentuk studi komperatif (Surakhmad, 2004). Pengambilan data pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder.

#### a. Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber pertama yaitu individu atau perseorangan yang membutuhkan pengelolaan lebih lanjut seperti hasil wawancara atau hasil pengisian kuisisioner. Data primer merupakan informasi yang dikumpulkan terutama untuk tujuan investigasi yang sedang dilakukan (Hendri, 2009). Data primer didapatkan dengan cara mencatat hasil observasi serta partisipasi aktif.

Menurut Hasan (2003), data primer ialah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya. Data primer di dapat dari sumber informan yaitu individu atau perseorangan. Data primer pada penelitian ini diperoleh dari observasi dan partisipasi aktif.

#### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah lebih dulu dikumpulkan dan dilaporkan oleh orang diluar dari penyidik sendiri, walaupun yang dikumpulkan itu sesungguhnya adalah data yang asli (Surakhmad, 2004). Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari laporan, jurnal, majalah, skripsi dan kepustakaan yang menunjang dari penelitian ini.

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Penentuan Titik Penelitian

Pengambilan sampel biofilm dan air dilakukan pada tiga titik pengamatan di pantai Watu Leter Kabupaten Malang, Jawa Timur. Penentuan lokasi dalam pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan metode pengambilan sampel non-probabilitas dimana tidak semua elemen memiliki peluang terpilih sebagai subjek sampel. Secara sederhana, peneliti yang menggunakan metode *purposive sampling* memutuskan

objek yang akan diteliti sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Menurut Tongco (2007), *purposive sampling* dapat digunakan untuk mengumpulkan data. Penggunaan metode didukung oleh data kualitatif dan kuantitatif seperti observasi, partisipasi aktif dan analisis.

### 3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada pantai Watu Leter, Kabupaten Malang. Teknik pengambilan sampel biofilm yang mengacu pada Kurniawan *et al.* (2012) dan teknik pengambilan sampel air menurut Standar Nasional Indonesia tahun 2008 tentang metoda pengambilan contoh air permukaan yaitu sebagai berikut:

a. Pengambilan sampel biofilm

- 1) Meniriskan batu diatas tisu sampai tidak ada air yang menetes;
- 2) Mengambil partikel atau makrobentos yang menempel dengan menggunakan pinset;
- 3) Menimbang wadah, aquades 40 ml dan sikat gigi lalu dicatat sebagai berat awal ( $W_0$ );
- 4) Memisahkan biofilm dengan cara menyikat permukaan batu yang terdapat biofilmnya dengan sikat gigi diatas wadah yang berisi aquades 40 ml;
- 5) Menimbang Wadah, aquades 40 ml, biofilm dan sikat gigi lalu dicatat sebagai berat akhir ( $W_1$ );
- 6) Berat biofilm dihitung dengan rumus  $\boxed{\text{Berat biofilm} = W_1 - W_0}$  ;
- 7) Mengulang langkah 1) – 6) untuk mendapatkan 1 gram sampel biofilm untuk uji FT-IR, 7 gram sampel biofilm untuk uji amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat serta 10 gram sampel biofilm untuk stok;
- 8) Memindahkan 1 gram biofilm ke dalam *falcon tube* 15 ml, sedangkan 7 gram dan 10 gram biofilm dipindahkan ke dalam *falcon tube* 50 ml;
- 9) Membungkus *falcon tube* dengan *plastic wrap* untuk mencegah kebocoran;

- 10) Memasukkan *falcon tube* ke dalam *coolbox* dengan suhu 4°C.
- b. Pengambilan sampel air
  - 1) Membersihkan botol mineral plastik 1,5 L dengan membenamkan botol pada kolom perairan;
  - 2) Mengambil sampel air pertama untuk membersihkan botol sampel kemudian air dibuang kembali dan diulang beberapa kali;
  - 3) Mengambil sampel air yang akan diperiksa dengan mengisi botol hingga botol sampel penuh kemudian ditutup dan diberi label sesuai titik sampling.

### **3.5 Prosedur Pengujian Nutrien dalam Sampel**

#### **3.5.1 Sampel Biofilm**

- a. Uji Nutrien
  - Amonium

Pengujian sampel biofilm untuk parameter amonium dengan metode Nessler adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang kurang lebih 1 gram biofilm dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml yang sudah diisi 50 ml aquades lalu di kocok dengan *shaker* selama 15 menit;
- 2) Menyaring sampel menggunakan kertas saring dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$  ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas;
- 3) Mengambil air sampel sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml;
- 4) Menambahkan 2 ml larutan KNa tartrat dan 2 ml larutan nessler;
- 5) Menambahkan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan;
- 6) Memasukkan bahan uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm.

- Nitrat

Pengujian sampel biofilm untuk parameter nitrat dengan metode Phenol Sulfat adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang kurang lebih 1 gram biofilm dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml yang sudah diisi 50 ml aquades;
- 2) Mengocok sampel dengan *shaker* selama 15 menit;
- 3) Menyaring sampel menggunakan kertas saring dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$  ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas;
- 4) Mengambil air sampel sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam gelas piala 50 ml, lalu diuapkan dengan pemanas air sampai kering;
- 5) Menambahkan 2 ml larutan phenol sulfat lalu diaduk dengan pengaduk gelas;
- 6) Memasukkan sampel ke dalam labu ukur 50 ml;
- 7) Menambahkan 7 ml amoniak pekat, setelah timbul warna kuning dalam larutan tambahkan aquades hingga tanda batas;
- 8) Memasukkan bahan uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

- Nitrit

Pengujian sampel biofilm untuk parameter nitrit menggunakan pereaksi KID adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang kurang lebih 1 gram biofilm yang sudah dihaluskan lalu dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml;
- 2) Menambahkan 40 ml aquades dan dipanaskan di atas pemanas air hingga suhu mencapai 80 °C lalu didiamkan hingga menjadi suhu ruang;
- 3) Menyaring sampel menggunakan kertas saring dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$  ke dalam labu ukur 50 ml, dan ditambahkan aquades hingga tanda batas;
- 4) Mengambil 10 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi;

- 5) Menambahkan 1 sendok spatula pereaksi KID lalu dikocok dan dipanaskan dalam pemanas air dengan suhu 40 °C selama 30 menit;
- 6) Memasukkan bahan uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.

- Ortofosfat

Pengujian sampel biofilm untuk parameter ortofosfat dengan metode asam askorbat adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang kurang lebih 1 gram biofilm dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml yang sudah diisi 50 ml aquades lalu di kocok dengan *shaker* selama 15 menit;
- 2) Menyaring sampel menggunakan kertas saring dengan diameter pori 0,45 µm ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas;
- 3) Mengambil 10 ml air sampel dan memasukkannya ke dalam tabung reaksi;
- 4) Menambahkan 2 ml reagen campuran lalu dikocok dan didiamkan selama 5 menit;
- 5) Memasukkan bahan uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer pada panjang gelombang 816,5 nm.

b. Uji FT-IR

Pengujian sampel biofilm untuk uji FTIR adalah sebagai berikut:

- 1) Mendiamkan 1 gram sampel biofilm di suhu ruang 1 - 2 jam;
- 2) Mendudukan *falcon tube* 15 ml di dalam *centrifuge*;
- 3) Menyeimbangkan dengan *falcon tube* 15 ml lain dengan menaruh *falcon tube* di arah yang berlawanan;
- 4) Melakukan sentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 7 menit;
- 5) Membuang *supernatant* setelah proses sentrifugasi;
- 6) Menimbang pelet biofilm sebanyak 20 mg dan dipindahkan ke dalam *sampling tube*;

7) Memasukkan sampel ke dalam alat spektrometer FT-IR Shimadzu.

### 3.5.2 Sampel Air

#### a. Amonium

Pengujian senyawa amonium menggunakan metode APHA. 4500-NH3 F-2005 sebagai berikut:

- 1) Memasukkan 25 ml bahan uji ke dalam erlenmeyer 50 ml;
- 2) Menambahkan 1 ml larutan fenol lalu dihomogenkan;
- 3) Menambahkan 1 ml natrium nitroprusid lalu dihomogenkan;
- 4) Menutup erlenmeyer dengan plastik atau *paraffin film*;
- 5) Mendinginkan sampel selama 1 jam untuk pembentukan warna;
- 6) Memasukkan bahan uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer lalu dibaca dengan panjang gelombang 640 nm.

#### b. Nitrit

Pengujian senyawa nitrit menggunakan metode APHA. 4500-N02 B-2017 sebagai berikut:

- 1) Menyaring bahan uji dengan kertas saring berukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$  pada botol gelas warna gelap;
- 2) Memasukkan bahan uji sebanyak 50 ml menggunakan pipet ke dalam gelas piala 200 ml;
- 3) Menambahkan 1 ml  $\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$  lalu dikocok dan dibiarkan selama 2-8 menit;
- 4) Menambahkan 1 ml larutan NED dihidrochlorida, dikocok dan dibiarkan selama 10 menit;
- 5) Memasukkan bahan uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer lalu dibaca dengan panjang gelombang 543 nm.

c. Nitrat

Pengujian senyawa nitrat menggunakan metode analisa QI/LKA/65 sebagai berikut:

- 1) Mengatur pH bahan uji antara 7-9 dengan menambahkan HCl atau NaOH;
- 2) Memasukkan 25 ml bahan uji ke dalam labu ukur 100 ml;
- 3) Menambahkan 75 ml larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -EDTA pekat lalu dikocok;
- 4) Larutan tersebut dilewatkan melalui kolom reduksi dengan laju 7-10 ml/menit;
- 5) Membuang 25 ml tampungan pertama;
- 6) Menampung eluat berikutnya dengan erlenmeyer atau gelas piala yang bersih dan kering;
- 7) Mengambil 50 ml eluat dan menambahkan 2 ml larutan pewarna, kemudian dikocok;
- 8) Mengukur serapan dalam waktu antara 10 menit hingga 2 jam setelah penambahan larutan pewarna pada panjang gelombang 543 nm.

d. Ortofosfat

Pengujian senyawa ortofosfat menggunakan metode analisa SNI 19-2483-1991 sebagai berikut:

- 1) Menambahkan 1 tetes indikator fenolftalin pada bahan uji. Jika timbul warna merah, diteteskan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N tetes demi tetes hingga warnanya menghilang;
- 2) Menambahkan 8 ml larutan campuran dan didiamkan selama 10-30 menit;
- 3) Memasukkan larutan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 880 nm;
- 4) Apabila hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 3% alat diperiksa dan ulangi pekerjaan mulai langkah 1) sampai 4), apabila perbedaan serapan masuk lebih kecil atau sama dengan 3%, rata-ratakan hasilnya;

- 5) Apabila benda uji berwarna atau keruh, melakukan pengujian seperti langkah 1) sampai 4) dengan menambahkan larutan campuran tanpa larutan asam askorbat dan kalium antimonil tartrat, menggunakan larutan sebagai koreksi.

### 3.6 Prosedur Pengujian Parameter Pendukung

#### a. Suhu

Pengukuran parameter suhu menggunakan DO meter Lutro PDO 519.

Prosedur pengukuran parameter suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Menekan tombol *power off/on* pada DO meter;
- 2) mengkalibrasi DO meter dengan menggunakan aquades. Menekan tombol "HOLD" lalu tombol "REC" dan tunggu hingga menunjukkan angka nol;
- 3) Memasukkan elektroda ke dalam perairan sampai suhu air menunjukkan nilai yang stabil;
- 4) Mencatat hasil pengukuran suhu pada DO meter.

#### b. Kecepatan Arus

Prosedur pengukuran kecepatan arus menggunakan alat *current meter* konvensional adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat *current meter* konvensional. Mengikat 2 botol menggunakan tali sepanjang 3 meter. 1 botol berisi air berfungsi sebagai pemberat dan botol kosong sebagai pelampung. Menyiapkan *stopwatch* sebagai penghitung waktu;
- 2) Memegang botor berisi air dan melepas botol pelampung ke air searah dengan arus;
- 3) Hitung lama waktu yang dibutuhkan hingga tali meregang lalu dicatat sebagai (t);
- 4) Menghitung kecepatan arus dengan rumus panjang tali dibagi dengan lama waktu (s/t).

c. Derajat Keasaman (pH)

Prosedur pengukuran parameter derajat keasaman (pH) menggunakan pH *pen* pH-009 I A adalah sebagai berikut:

- 1) Menekan tombol *power off/on* pada pH *pen*;
- 2) Mengkalibrasi dengan menggunakan larutan buffer lalu dibilas menggunakan aquades;
- 3) Memasukan elektroda ke dalam perairan sampai suhu air menunjukkan nilai yang stabil;
- 4) Mencatat hasil pengukuran pH.

d. Oksigen Terlarut

Prosedur pengukuran parameter oksigen terlarut menggunakan DO meter Lutro PDO 519 adalah sebagai berikut:

- 1) Menekan tombol *power off/on* pada DO meter;
- 2) Mengkalibrasi dengan menggunakan aquades. menekan tombol "*HOLD*" lalu tombol "*REC*" dan ditunggu hingga menunjukkan angka nol;
- 3) Menekan tombol "*HOLD*" untuk mengganti satuan menjadi mg/l;
- 4) Memasukkan elektroda ke dalam perairan dan ditunggu sampai angka stabil;
- 5) Mencatat nilai oksigen terlarut.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Pantai Watu Leter merupakan salah satu pantai yang terletak di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Secara administratif, Pantai Watu Leter terletak di Dusun Rowotrate, Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing Watu, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Pantai Watu Leter termasuk pantai berpasir. Lokasi Pantai Watu Leter bersebelahan dengan Pantai Goa Cina dan memiliki panjang pantai 450 m. Terdapat muara sungai sekitar 500 m dari barat pantai, serta lahan sawah dan perkebunan di dekat Pantai Watu Leter. Jarak Pantai Watu Leter dari jalan utama pesisir pantai mencapai 1 km. Pengelolaan Pantai Watu Leter baru dimulai pada tahun 2017 dan memiliki fasilitas seperti jalur masuk kendaraan roda empat, toilet, gazebo dan rumah makan. Pantai Watu Leter masih terbilang baru sehingga belum banyak turis yang datang ke pantai ini. Adapun peta lokasi penelitian di Pantai Watu Leter dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 4.1.1 Deskripsi Titik Pengambilan Sampel

Titik pengambilan sampel dibagi menjadi tiga lokasi. Penentuan ketiga titik tersebut dipilih berdasarkan masukan nutrien dari hasil aktivitas manusia untuk mengetahui hubungan kandungan amonium, nitrit, nitrat dan ortofsfat di dalam biofilm dan air di sekitar biofilm pada tiga titik yang berbeda. Proses masukannya nutrien dibagi menjadi 2, yaitu akibat adanya campur tangan manusia (antropogenik) yang dapat berasal dari aktivitas di perairan itu sendiri (*sea based activities*) atau dapat berasal dari ekosistem daratan (terrestrial) di sekitar wilayah pesisir (*land based activities*).

a. Titik 1

Titik 1 terletak di  $8^{\circ}26'40,08''$  LU dan  $112^{\circ}38'44,08''$  LS yaitu pada bagian Timur pantai. Terdapat rumah makan dan toilet umum di sekitar titik 1. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah rumah tangga yang terbawa masuk ke perairan pantai. Limbah rumah tangga dari kegiatan di sekitar titik 1 menjadi sumber nutrisi terutama amonium. Arus laut juga diperkirakan dapat membawa limbah dari Pantai Goa Cina masuk ke titik 1.

b. Titik 2

Titik 2 terletak di  $8^{\circ}26'41,508''$  LU dan  $112^{\circ}38'49,266''$  LS yaitu di antara titik 1 dan titik 3. Perkebunan dan pertanian merupakan kegiatan yang berada di sekitar titik 2. Jenis pohon yang ditanam perkebunan sekitar pantai adalah pohon cemara udang. Pupuk digunakan dalam bidang pertanian untuk memberikan nutrisi tambahan di tanah, pupuk dapat meningkatkan konsentrasi nutrisi di perairan apabila tersapu oleh air hujan. Nutrisi di titik 2 juga dapat dipengaruhi oleh *upwelling* dari pecahan ombak.

c. Titik 3

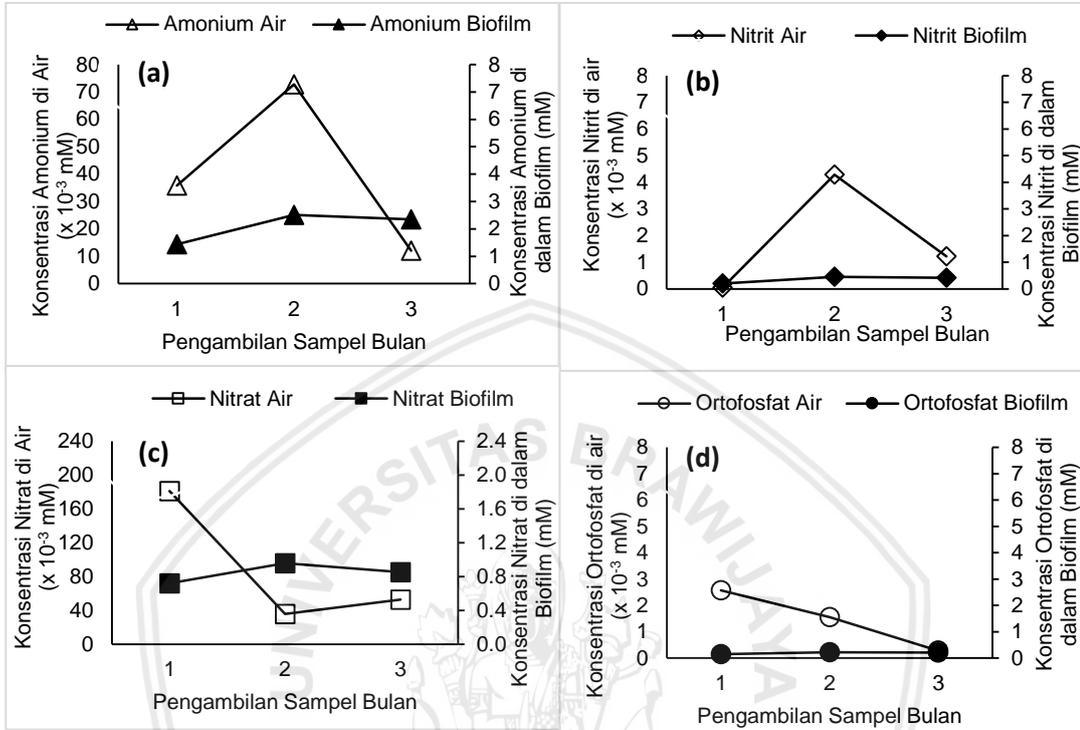
Titik 3 terletak di  $8^{\circ}26'42,636''$  LU dan  $112^{\circ}38'52,212''$  LS yaitu bagian barat pantai. Masukan nutrisi berasal dari daerah muara sungai yang berjarak 500 m dari titik 3. Sumber bahan pencemar di dalam aliran sungai berasal dari aktivitas masyarakat yang berada di sekitar sungai. Data citra satelit menunjukkan aliran sungai di dekat titik 3 melewati beberapa kegiatan masyarakat seperti daerah persawahan, tambak dan pemukiman. Selain dekat dengan muara sungai, terdapat persawahan dan perkebunan di sekitar titik 3. Masukan nutrisi pada titik 3 yang berasal dari aktivitas manusia (antropogenik) diduga lebih banyak dibandingkan masukan nutrisi dari proses alami.

#### 4.2 Konsentrasi Nutrien pada Biofilm dan Air di Sekitar Biofilm

Konsentrasi nutrisi pada titik 1, 2 dan 3 adalah sebagai berikut:

#### 4.2.1 Titik 1

Konsentrasi amonium, nitrit, nitrat, dan ortofosfat pada titik 1 tiga bulan berturut-turut adalah sebagai berikut:



Gambar 3. (a) Perbandingan konsentrasi amonium pada air dan biofilm di titik 1, (b) Perbandingan konsentrasi nitrit pada air dan biofilm di titik 1, (c) Perbandingan konsentrasi nitrat pada air dan biofilm di titik 1, (d) Perbandingan konsentrasi ortofosfat pada air dan biofilm di titik 1.

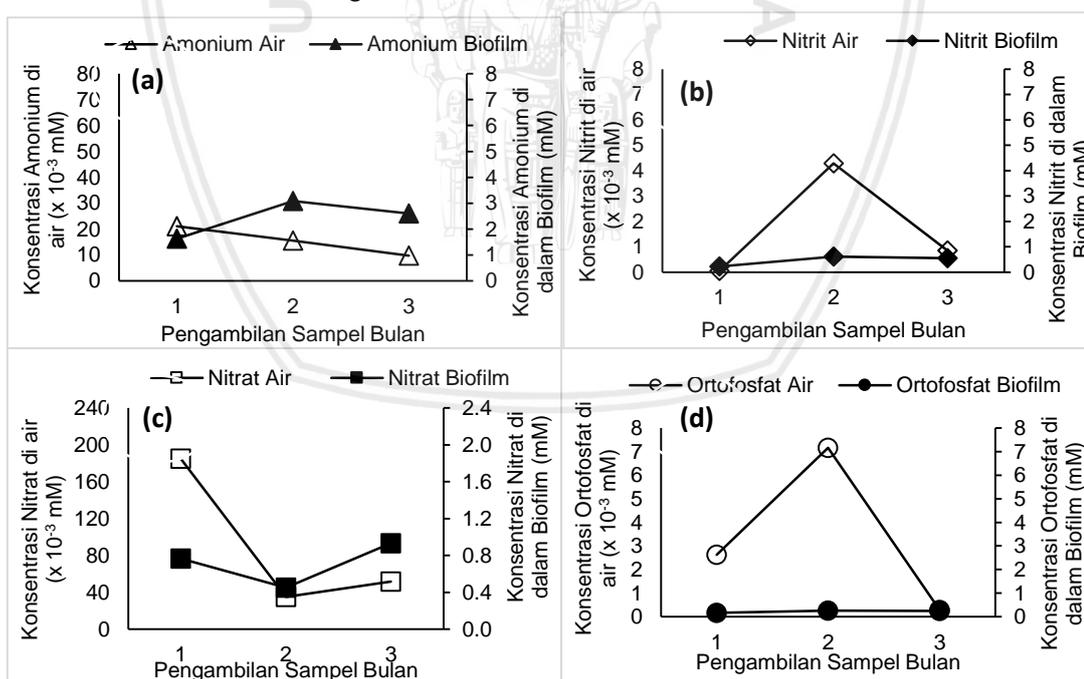
Konsentrasi amonium pada titik 1 sebesar  $35,79 \times 10^{-3}$  mM;  $72,78 \times 10^{-3}$  mM; dan  $12,09 \times 10^{-3}$  mM pada air sekitar biofilm, sedangkan di dalam biofilm sebesar 1,44 mM; 2,52 mM; dan 2,34 mM. Konsentrasi nitrit pada air sekitar biofilm adalah  $< 0,05 \times 10^{-3}$  mM;  $< 0,28 \times 10^{-3}$  mM; dan  $1,22 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm adalah 0,20 mM; 0,45 mM; dan 0,41 mM. Batas terendah kemampuan alat uji nitrit pada bulan 1 adalah  $0,05 \times 10^{-3}$  mM dan bulan 2 adalah  $0,28 \times 10^{-3}$  mM. Konsentrasi nitrit pada bulan 1 dan 2 tidak terdeteksi karena konsentrasi nitrit pada air di sekitar biofilm lebih rendah dari  $0,05 \times 10^{-3}$  mM dan  $0,28 \times 10^{-3}$  mM. Konsentrasi nitrat pada air sekitar biofilm adalah  $181,13 \times 10^{-3}$  mM;  $36,16 \times 10^{-3}$  mM; dan  $53,10 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm adalah 0,72 mM; 0,96 mM; dan 0,85 mM. Konsentrasi

ortofosfat pada air sekitar biofilm adalah  $2,57 \times 10^{-3}$  mM;  $1,56 \times 10^{-3}$  mM; dan  $< 0,29 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm adalah 0,16 mM; 0,23 mM; dan 0,21 mM.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, baku mutu air laut untuk biota laut parameter amonium adalah 0,3 mg/l yang setara dengan  $16,67 \times 10^{-3}$  mM; parameter nitrat adalah 0,008 mg/l yang setara dengan  $0,13 \times 10^{-3}$  mM dan parameter ortofosfat adalah 0,015 mg/l yang setara dengan  $0,16 \times 10^{-3}$  mM. Berdasarkan pernyataan tersebut, konsentrasi amonium pada air di sekitar biofilm bulan 1 dan 2 di titik 1 melebihi baku mutu sedangkan konsentrasi nitrat dan ortofosfat pada air di sekitar biofilm melebihi baku mutu pada tiap bulannya.

#### 4.2.2 Titik 2

Konsentrasi amonium, nitrit, nitrat, dan ortofosfat pada titik 2 tiga bulan berturut-turut adalah sebagai berikut:



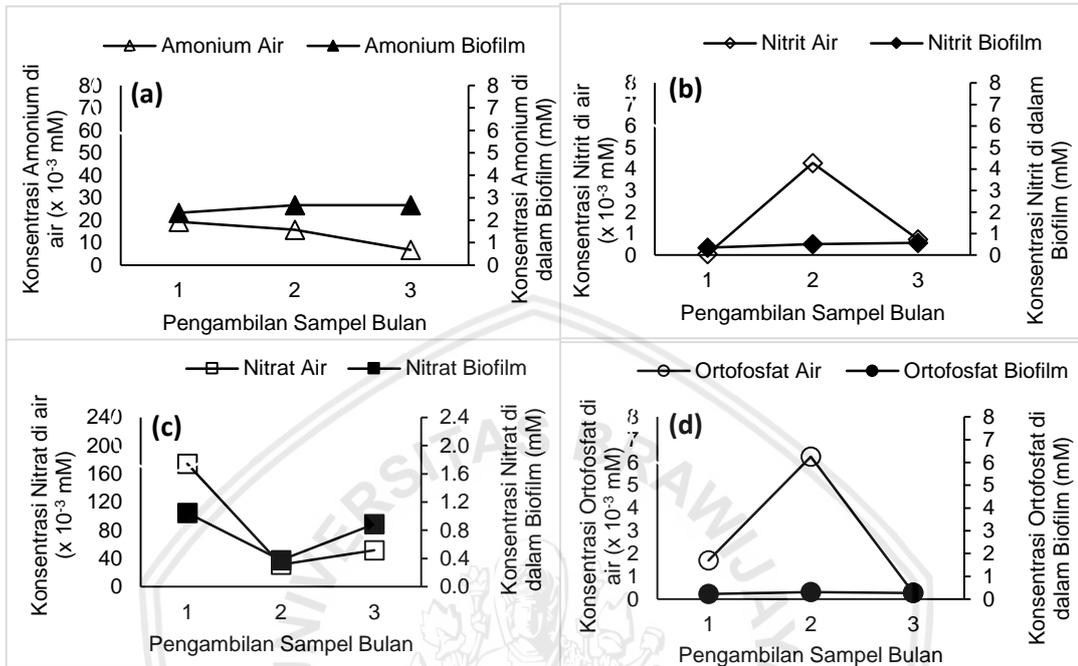
Gambar 4. (a) Perbandingan konsentrasi amonium pada air dan biofilm di titik 2, (b) Perbandingan konsentrasi nitrit pada air dan biofilm di titik 2, (c) Perbandingan konsentrasi nitrat pada air dan biofilm di titik 2, (d) Perbandingan konsentrasi ortofosfat pada air dan biofilm di titik 2.

Konsentrasi amonium sebesar  $21,11 \times 10^{-3}$  mM;  $15,56 \times 10^{-3}$  mM; dan  $9,76 \times 10^{-3}$  mM di air, sedangkan di dalam biofilm sebesar 1,63 mM; 3,08 mM; dan 2,61 mM. Konsentrasi nitrit di air sekitar biofilm sebesar  $< 0,05 \times 10^{-3}$  mM;  $< 0,28 \times 10^{-3}$  mM; dan  $0,86 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm sebesar 0,23 mM; 0,61 mM; dan 0,55 mM. Konsentrasi nitrit di air sekitar biofilm pada bulan 1 dan bulan 2 tidak dapat terdeteksi karena berada di bawah kemampuan batas alat uji. Konsentrasi nitrat di air sekitar biofilm sebesar  $184,84 \times 10^{-3}$  mM;  $34,98 \times 10^{-3}$  mM; dan  $51,76 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm sebesar 0,77 mM; 0,45 mM; dan 0,93 mM. Konsentrasi ortofosfat di air sekitar biofilm sebesar  $2,63 \times 10^{-3}$  mM;  $7,16 \times 10^{-3}$  mM; dan  $< 0,29 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm sebesar 0,17 mM; 0,26 mM; dan 0,24 mM. Konsentrasi ortofosfat pada bulan 3 tidak terdeteksi karena konsentrasi nitrit pada air lebih rendah dari kemampuan alat uji.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, baku mutu air laut untuk biota laut parameter amonium adalah  $16,67 \times 10^{-3}$  mM; parameter nitrat adalah  $0,13 \times 10^{-3}$  mM dan parameter ortofosfat adalah  $0,16 \times 10^{-3}$  mM. Konsentrasi amonium pada bulan 1 di air sekitar biofilm memiliki konsentrasi yang melebihi baku mutu air laut. Berbeda dengan konsentrasi nitrat dan ortofosfat di air sekitar biofilm pada titik 2 yang melebihi baku mutu di tiap bulannya. Keberadaan fosfat yang berlebih disertai dengan keberadaan nitrogen dapat memicu ledakan pertumbuhan alga di perairan. Hal tersebut dikarenakan unsur N dan unsur P merupakan nutrisi yang dibutuhkan organisme untuk tumbuh, sehingga tingginya konsentrasi N dan P akan berbanding lurus dengan pertumbuhan alga.

### 4.2.3 Titik 3

Konsentrasi amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat pada titik 3 tiga bulan berturut-turut adalah sebagai berikut:



Gambar 5. (a) Perbandingan konsentrasi amonium pada air dan biofilm di titik 3, (b) Perbandingan konsentrasi nitrit pada air dan biofilm di titik 3, (c) Perbandingan konsentrasi nitrat pada air dan biofilm di titik 3, (d) Perbandingan konsentrasi ortofosfat pada air dan biofilm di titik 3.

Konsentrasi amonium sebesar  $19,24 \times 10^{-3}$  mM;  $15,73 \times 10^{-3}$  mM; dan  $6,77 \times 10^{-3}$  mM di air sekitar biofilm, sedangkan di dalam biofilm sebesar 2,33 mM; 2,67 mM; dan 2,67 mM. Konsentrasi nitrit pada air sekitar biofilm sebesar  $< 0,05 \times 10^{-3}$  mM;  $< 0,28 \times 10^{-3}$  mM; dan  $0,73 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm sebesar 0,34 mM; 0,50 mM; dan 0,57 mM. Konsentrasi nitrat di air sekitar biofilm sebesar  $174,36 \times 10^{-3}$  mM;  $31,29 \times 10^{-3}$  mM; dan  $51,55 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm sebesar 1,05 mM; 0,37 mM; dan 0,89 mM. Konsentrasi ortofosfat di air sekitar biofilm sebesar  $1,70 \times 10^{-3}$  mM;  $6,25 \times 10^{-3}$  mM; dan  $< 0,29 \times 10^{-3}$  mM, sedangkan di dalam biofilm sebesar 0,23 mM; 0,31 mM; dan 0,27 mM. Konsentrasi ortofosfat

di air sekitar biofilm pada bulan ke 3 tidak dapat terdeteksi karena berada di bawah kemampuan alat uji.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, baku mutu air laut untuk biota laut parameter amonium adalah  $16,67 \times 10^{-3}$  mM; parameter nitrat adalah  $0,13 \times 10^{-3}$  mM dan parameter ortofosfat adalah  $0,16 \times 10^{-3}$  mM. Konsentrasi amonium di air sekitar biofilm pada bulan 1 di air sekitar memiliki konsentrasi yang melebihi baku mutu, sedangkan konsentrasi nitrat dan ortofosfat di air sekitar biofilm pada titik 2 melebihi baku mutu di tiap bulannya.

#### **4.3 Hubungan Kandungan Nutrien antara Biofilm dan Air di Sekitarnya**

Salamah (2015) menyebutkan bahwa nutrien amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat juga ditemukan dalam biofilm di tepi barat Waduk Lohor. Fosfor dan nitrogen ada dalam berbagai bentuk dalam perairan, akan tetapi hanya beberapa yang dapat dimanfaatkan oleh alga. Nitrogen yang dapat dimanfaatkan adalah amonium, nitrit, dan nitrat sedangkan fosfor yang dapat dimanfaatkan langsung adalah ortofosfat (Jones-Lee dan Lee, 2005).

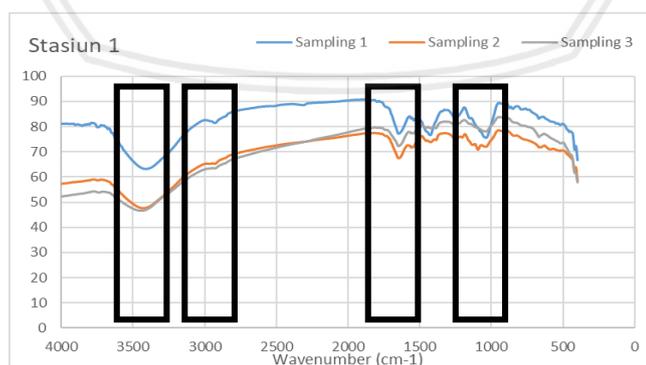
Konsentrasi nitrat dan ortofosfat pada titik 1, 2 dan 3 melebihi baku mutu di setiap bulannya. Konsentrasi amonium pada bulan 1 di setiap titik melebihi baku mutu dan pada bulan ke 2 di titik 1 konsentrasi amonium juga melebihi baku mutu. Data konsentrasi nutrien pada Gambar 4, 5 dan 6 menunjukkan adanya sinkronasi pola hampir di semua parameter. Sinkronasi menunjukkan bahwa biofilm mendapatkan nutrien melalui adsorpsi senyawa nutrien dari badan air. Sinkronasi ini menunjukkan bahwa konsentrasi nutrien yang ada pada biofilm berhubungan erat dengan yang ada pada air di sekitar biofilm. Salah satu faktor utama yang menyebabkan kondisi ini adalah adsorpsi nutrien dari air ke biofilm. Adsorpsi

nutrien dari badan air membantu mikroba di dalam biofilm mendapat masukan nutrien secara terus menerus.

Pada penelitian ini konsentrasi seluruh nutrien yang ada pada biofilm di Pantai Watu Leter mencapai 7100% lebih tinggi dari air di sekitar biofilm. Hal ini terjadi karena adanya penjerapan ion nutrien dari air ke dalam biofilm. Adanya pasokan nutrien di dalam biofilm akan meningkatkan produksi EPS, dengan peningkatan jumlah EPS maka proses adsorpsi ion akan terus berjalan. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Kurniawan *et al.* (2015) dimana konsentrasi senyawa yang terkandung dalam biofilm yang diambil dari danau dapat mencapai ratusan hingga ribuan kali lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi di badan air sekitar biofilm.

#### 4.4 *Fourrier Transform Infrared (FT-IR)*

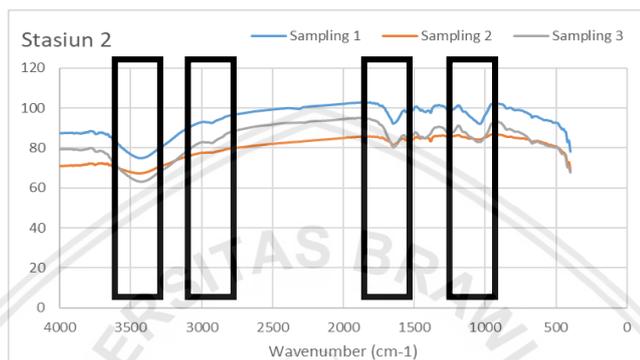
Proses adsorpsi nutrien dari air ke dalam biofilm terjadi karena biofilm memiliki situs penjerap ion nutrien. Situs ini merupakan hasil ionisasi fungsional grup yang ada di biofilm polimer (Kurniawan dan Fukuda, 2016). Keberadaan fungsional grup pada biofilm dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan spektra *infrared* melalui analisis FTIR.



Gambar 6. Hasil Uji FT-IR Biofilm Titik 1

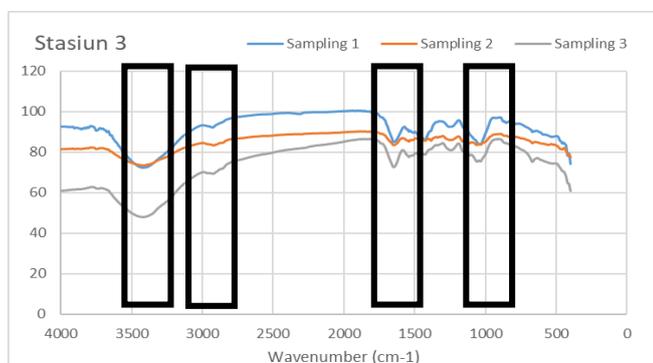
Interpretasi data FT-IR untuk biofilm tersebut sesuai dengan Sastrohamidjojo (2008), pada titik 1 pada Gambar 5, keberadaan puncak pada serapan  $3500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$  stretching, serapan

3000 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –C–H alkil, serapan 1655 – 1630  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –OH bending dan 1200 – 800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –C–O–C glikosidik (piranosa). Menurut Socrates (2004), adanya –OH pada serapan 3500 – 300  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan sampel padat mengandung air, -OH juga terdapat di serapan 1650  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan 900 – 800  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya nitrat organik.



Gambar 7. Hasil Uji FT-IR Biofilm Titik 2

Interpretasi data FT-IR untuk biofilm pada titik 2 ditunjukkan oleh Gambar 6, keberadaan puncak pada serapan 3500 – 3000  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –OH, serapan 3000 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –C–H alkil, serapan 1655 – 1630  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –OH *bending* dan 1200 – 800  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –C–OH *side group* dan –C–O–C glikosidik (piranosa). Data hasil FT-IR sampling 2 hanya terdapat puncak pada serapan 3500 – 3000  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya –OH *bending*.



Gambar 8. Hasil Uji FT-IR Biofilm Titik 3

Interpretasi data FT-IR untuk biofilm pada titik 3 ditunjukkan oleh Gambar 9, keberadaan puncak pada serapan  $3500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$ , serapan  $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{C}-\text{H}$  alkil, serapan  $1655 - 1630 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$  *bending* dan  $1200 - 800 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{C}-\text{OH}$  *side group* dan  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}$  glikosidik (piranosa). Data hasil FT-IR untuk sampling 2 hanya terdapat puncak pada serapan  $3500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$  dan serapan  $1655 - 1630 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $-\text{OH}$  *bending*.

Terdapat 2 daerah dalam spektrum infra merah yaitu (1) daerah frekuensi gugus fungsional yang terletak pada radiasi panjang gelombang  $4000 - 1400 \text{ cm}^{-1}$  dan (2) daerah sidik jari atau *fingerprint* yang terletak pada radiasi  $1400 - 400 \text{ cm}^{-1}$ . Menurut Hayati (2007), vibrasi yang terjadi karena serapan energi oleh molekul akan menghasilkan corak puncak yang khas dan akan lebih sulit untuk membedakan ikatan-ikatan yang berada dalam daerah sidik jari. Menurut Sastrohamidjojo (2018), setiap ikatan memiliki frekuensi *stretching* (rentang) dan *bending* (bengkok) yang dapat menyerap sinar di frekuensi tertentu, serapan pada ikatan *stretching* akan muncul pada frekuensi yang lebih tinggi karena memerlukan energi yang lebih besar.

Hasil analisis spektra FT-IR menunjukkan bahwa secara umum gugus fungsional pada setiap biofilm dalam penelitian ini hampir sama yaitu gugus karboksil ( $-\text{COO}^-$ ) dan amino ( $-\text{NH}_3^+$ ). Hal ini menunjukkan komposisi gugus fungsi pada polimer dari biofilm cenderung sama walaupun tumbuh pada titik yang berbeda. Menurut Flemming (1995), hanya ada sedikit informasi tentang pengikatan anion di dalam biofilm, bagaimanapun sorpsi anion terjadi saat gugus amino di dalam gula, protein dan *sugar acid* yang bermuatan positif akan mengikat nutrien anion. Secara umum biofilm memiliki gugus fungsi karboksil yang bermuatan listrik negatif dan gugus fungsi amino yang bermuatan positif

(Kurniawan *et al.*, 2012). Hal ini menyebabkan biofilm dapat mengadsorpsi nutrisi yang bersifat kation ( $\text{NH}_4^+$ ) dan yang bersifat anion ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

#### 4.5 Parameter Lingkungan Perairan

Hasil dari penelitian parameter fisika dan kimia didapatkan data yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Parameter Lingkungan di Pantai Watu Leter Kabupaten Malang

Pengulangan	Titik	Parameter			
		DO (mg/l)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	Kecepatan Arus (m/dtk)
1	1	5,5	29,7	8,1	1,48
	2	5,3	29,1	8,1	0,86
	3	5,3	29,1	8,0	0,86
2	1	6,3	29,6	7,4	1,5
	2	5,6	29,5	7,0	1,5
	3	5,0	29,6	6,9	1,07
3	1	5,3	29,1	8,0	0,86
	2	5,0	29,6	6,9	1,07
	3	5,0	28,2	7,9	1,33

Penjelasan lebih detail terkait parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

##### 4.5.1 Suhu

Nilai suhu pada *sampling* pertama hingga ketiga di perairan pantai Watu Leter Kabupaten Malang cenderung stabil yaitu  $29^{\circ}\text{C}$ . Pada perairan tropik, suhu permukaan air laut berkisar antara  $27^{\circ}$  hingga  $29^{\circ}\text{C}$ . Menurut Putra *et al.* (2014), Suhu dengan kisaran  $26^{\circ}$  hingga  $32^{\circ}\text{C}$  membantu mikroba dalam melakukan proses dekomposisi bahan organik ada di perairan menjadi unsur-unsur yang tidak berbahaya. Suhu dapat mempengaruhi proses respirasi, fotosintesis, metabolisme dan dapat mempercepat atau memperlambat pertumbuhan. Suhu perairan dipengaruhi oleh lama intensitas cahaya yang masuk, cuaca, kedalaman dan juga musim. Suhu perairan daerah equator relatif stabil dan tidak mengalami



perubahan drastis yang diakibatkan oleh pengaruh musim (Hutagalung, 1988). Perubahan suhu yang ekstrim dapat menyebabkan kematian organisme perairan.

#### 4.5.2 Kecepatan Arus

Kecepatan arus pada *sampling* pertama berkisar antara 0,86 hingga 1,48 m/dtk dengan kecepatan arus tertinggi berada pada titik 1. Kecepatan arus berkisar antara 1,07 hingga 1,5 m/dtk di *sampling* kedua dengan kecepatan arus tertinggi berada pada titik 1 dan titik 2. Kecepatan arus pada *sampling* ketiga berkisar antara 0,86 hingga 1,33 m/dtk. Kecepatan arus di perairan pantai Watu Leter dipengaruhi oleh angin dan pasang surut air laut. Pasang surut yang terjadi di pantai Watu Leter adalah pasang surut harian ganda, dimana terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2019).

#### 4.5.3 Derajat Keasaman

Nilai pH yang didapat pada pengambilan sampel pertama berkisar antara 8 hingga 8,1 dan terjadi penurunan nilai pH di pengambilan sampel kedua yaitu berkisar antara 6,9 hingga 7,4. Nilai pH pada pengambilan sampel ketiga berkisar antara 6,9 hingga 8. Penurunan nilai pH pada pengambilan sampel kedua mungkin disebabkan oleh hujan yang terjadi pada saat pengambilan sampel kedua. Unsur yang terkandung dalam air hujan seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3$  dan Cl dapat mempengaruhi keasaman air hujan dan batas keasaman air hujan adalah 5,6 (Budiwati *et al.*, 2010).

Menurut Rukminasari *et al.* (2014), proses pengapuran dari karang dan mikroalga yang memiliki kalsium dapat membuat pH perairan cenderung basa. Amonia dari hasil metabolisme organisme juga dapat meningkatkan pH menjadi basa (Wijaya dan Hariyati, 2011). Nilai pH optimum pertumbuhan *nitrosomonas* dan *nitrobacter* berkisar antara 7,5–8,5 (Widayat *et al.*, 2010). Populasi tertinggi

bakteri nitrifikasi dijumpai pada pH netral sampai alkalin (6,6-8,0). Dibawah pH 5,0 nitrifikasi menurun, namun seringkali masih dijumpai bakteri nitrifikasi dan  $\text{NO}_3^-$  pada pH di bawah 4,5 (Cendrasari, 2008).

#### 4.5.4 Oksigen Terlarut

Kadar oksigen terlarut pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pengambilan sampel pertama berkisar antara 5,3 hingga 5,5 mg/l dengan oksigen terlarut tertinggi berada di titik 1. Kadar oksigen terlarut pada pengambilan sampel kedua berkisar antara 5 hingga 6,3 mg/l dengan oksigen terlarut tertinggi berada pada titik 1 sedangkan pada pengambilan sampel ketiga kadar oksigen terlarut berkisar antara 5 hingga 5,3 mg/l dengan oksigen terlarut tertinggi berada pada titik 1. Menurut Putra *et al.* (2014), oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroba aerob dalam mengoksidasi bahan organik di perairan tidak boleh kurang dari 4 mg/l. Kandungan oksigen terlarut dapat dipengaruhi oleh difusi udara. Selain untuk memenuhi kebutuhan oksigen oleh ikan, kandungan oksigen terlarut juga untuk proses oksidasi bahan organik oleh mikroba. Hal ini juga didukung oleh Kordi (2007), bahwa oksigen juga berfungsi sebagai pengoksidasi bahan organik yang ada di perairan.

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada ketiga titik, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi nutrisi amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di dalam biofilm berturut-turut berkisar antara 1,44 – 3,08 mM, 0,20 – 0,61 mM, 0,37 – 0,96 mM dan 0,16 – 0,31 mM.
2. Konsentrasi nutrisi amonium, nitrit, nitrat dan ortofosfat di air berturut-turut berkisar antara  $6,77 \times 10^{-3}$  –  $21,11 \times 10^{-3}$  mM;  $< 0,05 \times 10^{-3}$  –  $1,22 \times 10^{-3}$  mM;  $36,16 \times 10^{-3}$  –  $184,84 \times 10^{-3}$  mM dan  $< 0,29 \times 10^{-3}$  –  $7,17 \times 10^{-3}$  mM.
3. Persentase rasio konsentrasi nutrisi biofilm : air mencapai hingga 7100%. Konsentrasi di dalam biofilm lebih tinggi dibandingkan dengan air di sekitar biofilm. Konsentrasi nutrisi di biofilm bersinkronisasi dengan konsentrasi nutrisi pada air di sekitarnya.

### 5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian, maka dapat disarankan bahwa dibutuhkan penelitian lebih lanjut terkait dengan konsentrasi nutrisi baik dalam biofilm maupun air. Selain itu, diperlukan adanya perbandingan dengan lokasi dan masukan nutrisi yang berbeda agar mendapatkan data penunjang untuk referensi dan kepentingan selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, S dan A. D. Utomo. 2011. Karakteristik habitat dan sebaran jenis ikan di sungai Kapuas bagian tengah dan hilir. *BAWAL*. **3** (5): 277-286.
- Agustiyani, D., H. Imamuddin., E. N. Faridah dan Oedjijono. 2004. Pengaruh pH dan Substrat Organik terhadap Pertumbuhan dan Aktivitas Bakteri Pengoksidasian Amonia. *Biodiversitas*. **5** (2): 43-47.
- Amarlita, D. M. 2011. Pengaruh Luas Permukaan Media dan Lama Aerasi Terhadap Degradasi Kadar Nitrat dan Nitrit pada Pengolahan Limbah Cair Kantin VEDC Malang dengan Sistem Biofilm Media Zeolit Alam. *Bimafika*. **3** (1): 279-283.
- American Public Health Association Num. APHA 4500-NH3 F-2005 tentang Amonium
- American Public Health Association Num. APHA 4500-NO2 B-2017 tentang Nitrogen Nitrit.
- Ariani, W., S. Sumiyati dan I. W. Wardhana. 2014. Studi Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random (Studi Kasus: Rumah Makan Bakso Krebo Banyumanik). *Jurnal Teknik Lingkungan*. **3** (1): 1-10.
- Astria, F., M. Subito dan D. W. Nugraha. 2014. Rancang Bangun Alat Ukur pH dan Suhu Berbasis *Short Message Service (SMS) Gateway*. *Jurnal Mektrik*. **1** (1): 47-55.
- Azis, M. F. 2006. Gerak Air di Laut. *Oseana*. **31** (4): 9-21.
- Boyd, C. E. and C. S. Tucker. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers. 685 p.
- Budiwati, T., A. Budiyo., W. Setyawati dan A. Indrawati. 2010. Analisis Korelasi Pearson untuk Unsur-Unsur Kimia Air Hujan di Bandung. *Jurnal Sains Dirgantara*. **7** (2): 100-112.
- Cendrasari, E. 2008. Efektivitas Berbagai Kualitas Seresah Dari *Tithonia diversifolia*, *Tephrosia candida*, dan *Kaempferia galanga* Terhadap Penghambatan Potensial Nitrifikasi dan Populasi Bakteri Nitrifikasi di Alfisols, Jumantono. Skripsi. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Chasanah, A. N. 2007. Efektivitas Biofilm *Pseudomonas putida* dengan Medium Pendukung Pipa PVC dan Tempurung Kelapa untuk Menurunkan Kadar Kromium (Cr) Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Costerton, J. W., K. J. Cheng., G. G. Geesy., T. I. Ladd., J. C. Nickel., M. Dasgupta and T. J. Marrie. 1987. Bacterial Biofilms in Nature and Disease. *Microbial*. **41**: 435-464.

- Dewi, Y.S dan M. Masithoh. 2013. Efektivitas teknik biofiltrasi dengan media bio-ball terhadap penurunan kadar nitrogen total. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S*. **9** (1): 45-53.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air, bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius. 249 hlm.
- Flemming, H. C. 1995. Sorption Sites in Biofilms. *Water Science & Technology*. **32** (8): 27-33
- Garcia-Ochoa, F., V. E. Santos., J. A. Casas dan E. Gomez. 2000. Xanthan Gum: Production, Recovery and Properties. *Biotechnology Advances*. **18**: 549-479.
- Gray, N. D and I. M. Head. 2008. Encyclopedia of Ecology, Microbial Ecology. p2357.
- Guo, A., Z. Zhao., P. Zhang., Q. Yang., Y. Li and G. Wang. 2019. Linkage between Soil Nutrien and Microbial Characteristic in an Opencast Mine, China. *Science of the Total Environment*. **671**: 905-913.
- Hadisoewignyo, L dan A. Fudholi. 2007. Studi pelepasan *in vitro* Ibuprofen dari Matriks *Xanthan Gum* yang Dikombinasikan dengan Suatu *Crosslinking Agent*. *Majalah Farmasi Indonesia*. **18**(3): 133-140.
- Hasan. 2003. Metode Penelitian Kualitatif. Universitas Diponegoro Semarang: Jawa Tengah.
- Hastuti, Y. P. 2011. Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **10** (1): 89-98.
- Hayati, E.K. 2007. Dasar-Dasar Analisis Spekraskopi. UIN Malang: Malang.
- Hendri, J. 2009. Riset Pemasaran. Universitas Gunadarma: Jakarta.
- Heriati, A., E. Mustikasari dan M. Al Azhar. 2015. Variabilitas Pola Arus dan Gelombang di Selat Karimata. *Jurnal Segara*. **11** (2): 125-136.
- Herlambang, A dan R. Marsidi, 2003. Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. **4** (1): 46-55.
- <http://maritim.bmkg.go.id/?fromURL=www.bmkg.go.id> diakses pada tanggal 4 Juli 2019 pukul 11:20 AM.
- Hutagalung, H. P dan Rozak. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Puslitbang Oseanologi – LIPI: Jakarta. 182 hlm.
- Hutagalung, H. P. 1988. Pengaruh Suhu Air terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Oseana*. **8** (4): 153-164.

- Indrayani, E., K. H. Nitimulto., S. Hadisusanto dan Rustadi. 2015. Analisis kandungan nitrogen, fosfor dan karbon organik di danau Sentani – Papua. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. **22** (2): 217-225.
- Jones-lee, A and G. F. Lee. 2005. Eutrophication (Excessive Fertilization): Water Encyclopedia: Surface and Agricultural Water. John Willey and Sons. p 107-114.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor : KEP-03/MENKLH/II/1991 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan yang Sudah Beroperasi.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut.
- Kordi, K. M. G dan A. B. Yancung. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Jakarta: Rineka Cipta. 208 hlm.
- Kunarso, D. H. 1988. Peranan Bakteri Heterotrofik dalam Ekosistem Laut. *Oseana*. **13** (4): 133-142.
- Kurniawan, A dan Fukuda, Y. 2016. Electric Charge Characteristics of Biofilms Formed on Various Surfaces. *Journal of Pure and Applied Chemistry Research*. **5** (2): 95-100.
- Kurniawan, A., Guntur., A. Hiraki, Y. Fukuda dan T. Yamamoto. 2015. Nutrien ions during biofilm forming process. *Procedia Environmental Sciences*. **28**: 252-257.
- Kurniawan, A., T. Yamamoto., Y. Tsuchiya and H. Morisaki. 2012. Analysis of the Ion Adsorption-Desorption Characteristics of Biofilm Matrices. *Microbes and Environments*. **219** (3): 1-34.
- Kusumastuti, A. 2011. Pengenalan Pola Gelombang Khas dengan Interpolasi. *Jurnal CAUCHY*. **2** (1): 7-12.
- Lasabuda, R. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. **1** (2): 92-101.
- Lazaro, C. S., F. N. Mier and A. Marin. 2011. Biofilm Responses to Marine Fish Farm Wastes. *Environmental Pollution*. **159** (3): 825-832.
- Makmur, M., H. Kusnopranto., S. S. Moersidik dan D. S. Wisnubroto. 2012. Pengaruh Limbah Organik dan Rasio N/P terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Kawasan Budidaya Kerang Hijau Cilincing. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. **15** (2): 51-64.
- Marsidi, R dan A. Herlambang. 2002 Proses Nitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. **3** (3): 195-204.
- Neagu, L., D. M. Cirstea., C. Curutiu., M. M. Mitache., V. Lazar and M. C. Chifiriuc. 2017. Microbial Biofilms from The Aquatic Ecosystems and Water Quality. *Water Purification*. Pp. 621-642.

- Ohlund, J and T. Nasholm. 2004. Regulation of Organic and Inorganic Nitrogen Uptake in Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Seedlings. *Tree Physiology*. **24** (12): 1397-1402.
- Prabowo, E. A., S. Y. Wulandari dan E. Indrayanti. 2013. Sebaran horizontal ortofosfat pada musim peralihan 1 di perairan tugu semarang. *Jurnal Oseanografi*. **2** (3): 369-377.
- Putra, S. J. W., M. Nitisupardjo dan N. Widyorini. 2014. Analisis hubungan bahan organik dengan total bakteri pada tambak udang intensif sistem semibioflok di BBPBAP jepara. *Diponegoro Journal of MAQUARES*. **3** (3): 121-129.
- Risamasu, F. J. L. dan H. B. Prayitno. 2011. Kajian Zat Hara Fosfat, Nitrit, Nitrat dan Silikat di Perairan Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan. **16** (3): 135-142.
- Rukminasari, N., Nadiarti dan K. Awaluddin. 2014. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Air Laut terhadap Konsentrasi Kalsium dan Laju Pertumbuhan *Halimeda* Sp. *Torani*. **24** (1): 28-34.
- Rusyani, E. 2012. Molase sebagai Sumber Mikro Nutrien pada Budidaya Phytoplankton *Nannochloropsis* sp., Salah Satu Alternatif Pemanfaatan Hasil Samping Pabrik Gula. Thesis. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Salamah, L.N. 2015. Perbandingan Kandungan Nutrien di Dalam Biofilm yang Tumbuh pada Batu di Tepi Barat Waduk Lahor Kabupaten Malang Indonesia Dan Daerah Akanoiwan Danau Biwa Shiga Jepang. *Skripsi*. Universitas Brawijaya: Malang.
- Sastrohamidjojo, H. 2018. Dasar-Dasar Spektroskop. Gajah Mada University Press: Yogyakarta
- Setiapermana, D. 2006. Siklus Nitrogen Di Laut. *Oseana*. **31** (2): 19-31.
- Sigeo, D. C. 2004. *Freshwater Microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganism in The Aquatic Environment*. John Wiley and Sons. 517pp.
- Simoos, M., L. C. Simoes and M. J. Vieira. 2009. Species Association Increases Biofilm Resistance to Chemical and Mechanical Treatments. *Water Research*. **43** (1): 229-237
- Socrates, G. 2004. *Infrared and Ramen Characteristic Group Frequences Tables and Charts*. West Sussex: John Wiley and Sons. 349 pp.
- Standar Nasional Indonesia No. SNI 19-2483-1991 tentang metode pengujian kadar ortofosfat dan fosfat dalam air dengan alat spektrofotometer secara asam askorbat.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Air dan Air Limbah Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan*.

- Strokal, M., L. Ma., Z. Bai., S. Luan., C. Kroeze., O. Oenema., G. Velthof and F. Zhang. 2016. Alarming Nutrien Pollution of Chinese Rivers as a Result of Agricultural Transitions. *Environmental Research Letters*. **11** (2): 024014.
- Surakhmad, W. 2004. Pengantar Penelitian Ilmiah Dasar, Metode dan Teknik (Edisi Revisi). Penerbit Tarsito: Bandung.
- Syaifullah, M. D. 2015. Suhu Permukaan Laut Perairan Indonesia dan Hubungannya dengan Pemanasan Global. *Jurnal Segara*. **11** (2): 103-113.
- Theoyana, T. A., W. S. Pranowo., R. T. D. K. Anastasia dan Purwanto. 2015. Karakteristik Arus Pasang Surut di Selat Badung, Bali. *Jurnal Segara*. **11** (2): 115-123.
- Tongco, M. D. C. 2007. Purposive sampling as a tool for informant selection. *Ethnobotany Research and applications*. **5**: 147-158.
- Volmer, J., A. Schmid and B. Buhler. 2015. Guiding Bioprocess Design by Microbial Ecology. *Water Research*. **64**: 237-254.
- Wang, M., M. Strokal., P. Burek., C. Kroeze., L. Ma and A. B. G. Janssen. 2019. Excess Nutrien Loads to Lake Taihu: Opportunities for Nutrien Reduction. *Science of the Total Environment*. **994**: 865-873.
- Wardheni, A., A. Satriadi dan W. Atmodjo. 2014. Studi Arus dan Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Pantai Larangan Kabupaten Tegal. *Jurnal oseanografi*. **3** (2): 277-283.
- Widayat, W., Suprihatin dan A. Herlambang. 2010. Penyisihan Amoniak Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Bakupdam-Ipa Bojong Renged Dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastiktipe Sarang Tawon. *Jurnal Air Indonesia*. **6** (1): 64-76.
- Widiyanto, J dan A. Sulistyarsi. 2016. Biomonitoring Kualitas Air Sungai Madiun dengan Biondikator Makroinvertebrata. *Jurnal LPPM*. **4** (1): 1-9.
- Wijaya, T. S. dan R. Hariyati. 2011. Struktur komunitas fitoplankton sebagai bio indikator kualitas perairan danau rawapening kabupaten semarang jawa tengah. *Struktur Komunitas Fitoplankton*. **19** (1): 55-61.
- Wijayanti, H. M. 2007. Kajian Kualitas Perairan di Pantai Kota Bandar Lampung Berdasarkan Komunitas Hewan Makrobenthos. *Thesis*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Wu, G., W. Cao., F. Wang., X. Su., Y. Yan and Q. Guan. 2019. Riverine Nutrien Fuxes and Environmental Effects on China's Estuaries. *Science of the Total Environment*. **661**: 130-137.
- Yuhana, N., A. Irianto dan H. Pramono. 2011. Rekayasa Mikroorganisme Inisiator Perifiton pada Kolam Budidaya Ikan Tilapia dengan Pemberian Konsorsia Mikroorganisme Unggul. *Jurnal Perikanan*. **13** (1): 13-21.

Yuliana., E. M. Adiwilaga., E. Harris dan N. T. M. Pratiwi. 2012. Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*. **3** (2): 169-179.

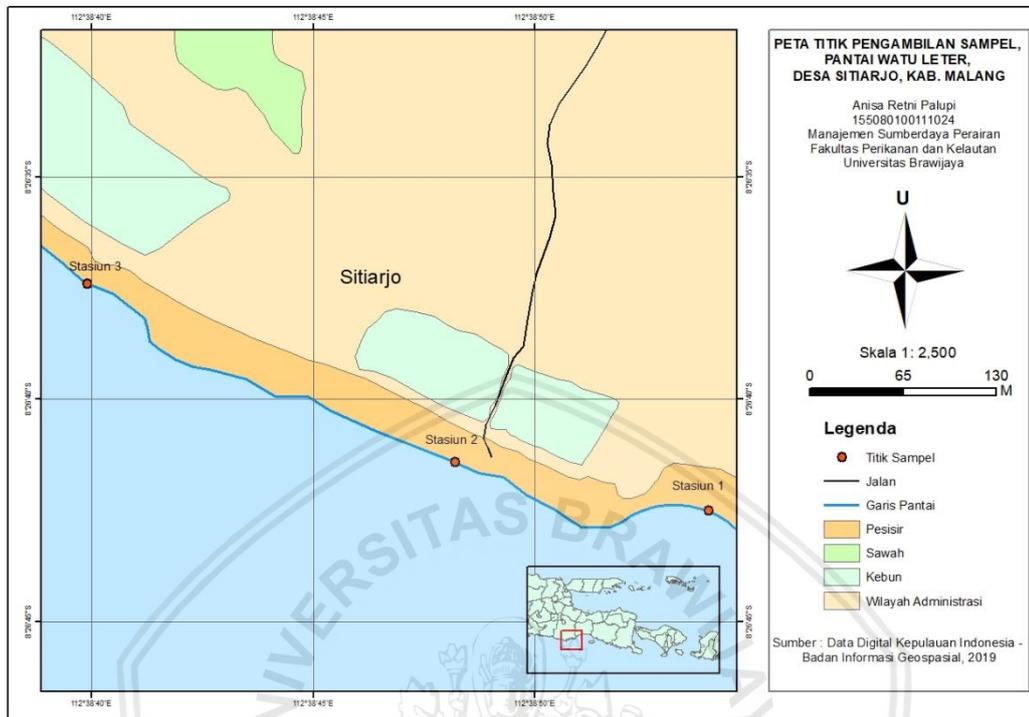


LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

Prosedur	Alat	Bahan
Pengukuran Suhu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DO meter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tisu</li> <li>• Aquades</li> <li>• Air sampel</li> </ul>
Pengukuran pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH meter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air sampel</li> <li>• Larutan buffer</li> <li>• Aquades</li> <li>• Tisu</li> </ul>
Pengukuran Oksigen terlarut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DO meter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air sampel</li> <li>• Aquades</li> <li>• Tisu</li> </ul>
Pengukuran Kecepatan Arus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Current Meter</i> Tradisional</li> <li>• <i>Stopwatch</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air sampel</li> </ul>
Pengambilan Biofilm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wadah</li> <li>• Sikat Gigi</li> <li>• Timbangan digital</li> <li>• Pinset</li> <li>• <i>Falcon tube</i></li> <li>• Botol semprot</li> <li>• Gelas ukur 10 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilm</li> <li>• Aquades</li> <li>• Kertas label</li> <li>• Tisu</li> </ul>

Lampiran 2. Peta lokasi penelitian



Lampiran 3. Data konsentrasi nutrien di dalam biofilm dan air sekitarnya

a. Amonium

Pengambilan sampel ke-	Sampel	Titik	Konsentrasi Akhir (ppm)	mM	$\mu\text{M}$
1	Air	1	0.6443	0.0358	35.7944
		2	0.3800	0.0211	21.1111
		3	0.3464	0.0192	19.2444
	Biofilm	1	25.8824	1.4379	1437.9085
		2	29.3500	1.6306	1630.5556
		3	41.9767	2.3320	2332.0413
2	Air	1	1.3100	0.0728	72.7778
		2	0.2800	0.0156	15.5556
		3	0.2831	0.0157	15.7278
	Biofilm	1	45.2698	2.5150	2514.9912
		2	55.5126	3.0840	3084.0350
		3	48.0000	2.6667	2666.6667
3	Air	1	0.2177	0.0121	12.0944
		2	0.1756	0.0098	9.7556
		3	0.1218	0.0068	6.7667
	Biofilm	1	42.2593	2.3477	2347.7393
		2	46.9184	2.6066	2606.5773
		3	48.0576	2.6699	2669.8641

b. Nitrit

Pengambilan sampel ke-	Sampel	Titik	Konsentrasi Akhir (ppm)	mM	$\mu\text{M}$
1	Air	1	0.0022	0.00005	0.04783
		2	0.0022	0.00005	0.04783
		3	0.0022	0.00005	0.04783
	Biofilm	1	9.2549	0.20119	201.19352
		2	10.2500	0.22283	222.82609
		3	15.7558	0.34252	342.51769
2	Air	1	0.1970	0.00428	4.28261
		2	0.1970	0.00428	4.28261
		3	0.1970	0.00428	4.28261
	Biofilm	1	20.5079	0.44582	445.82471
		2	28.0535	0.60986	609.85852
		3	23.1942	0.50422	504.22271
3	Air	1	0.0559	0.00122	1.21522
		2	0.0394	0.00086	0.85652
		3	0.0335	0.00073	0.72826
	Biofilm	1	18.8960	0.41078	410.78306
		2	25.4324	0.55288	552.87825
		3	26.1391	0.56824	568.24106

Lampiran 3. Data konsentrai nutrien di dalam biofilm dan air sekitarnya (Lanjutan)

c. Nitrat

Pengambilan sampel ke-	Sampel	Titik	Konsentrasi Akhir (ppm)	mM	$\mu$ M
1	Air	1	11.2300	0.18113	181.12903
		2	11.4600	0.18484	184.83871
		3	10.8100	0.17435	174.35484
	Biofilm	1	44.8105	0.72275	722.74931
		2	47.5000	0.76613	766.12903
		3	64.9419	1.04745	1047.44936
2	Air	1	2.2420	0.03616	36.16129
		2	2.1690	0.03498	34.98387
		3	1.9400	0.03129	31.29032
	Biofilm	1	59.5556	0.96057	960.57348
		2	28.0535	0.45248	452.47567
		3	23.1942	0.37410	374.10072
3	Air	1	3.2920	0.05310	53.09677
		2	3.2090	0.05176	51.75806
		3	3.1960	0.05155	51.54839
	Biofilm	1	52.8370	0.85221	852.20920
		2	57.8319	0.93277	932.77278
		3	55.0120	0.88729	887.29017

d. Ortofosfat

Pengambilan sampel ke-	Sampel	Titik	Konsentrasi Akhir (ppm)	mM	$\mu$ M
1	Air	1	0.2443	0.0026	2.5716
		2	0.2501	0.0026	2.6326
		3	0.1613	0.0017	1.6979
	Biofilm	1	14.6928	0.1547	154.6612
		2	16.0500	0.1689	168.9474
		3	21.8023	0.2295	229.4982
2	Air	1	0.1480	0.0016	1.5579
		2	0.6807	0.0072	7.1653
		3	0.5934	0.0062	6.2463
	Biofilm	1	21.6508	0.2279	227.9031
		2	24.6062	0.2590	259.0131
		3	28.9496	0.3047	304.7331
3	Air	1	0.0274	0.0003	0.2884
		2	0.0274	0.0003	0.2884
		3	0.0274	0.0003	0.2884
	Biofilm	1	19.6149	0.2065	206.4725
		2	22.9963	0.2421	242.0668
		3	25.2278	0.2656	265.5560

## Lampiran 4. Rumus perhitungan konversi

## a. Konversi ppm ke Molaritas

$$\text{Konsentrasi ppm} \times \left( \frac{1 \text{ gram}}{1000 \text{ mg}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ mol}}{Mr} \right)$$

Contoh perhitungan:

48 ppm amonium = ... M

$$48 \text{ ppm} \times \left( \frac{1 \text{ gram}}{1000 \text{ mg}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ mol}}{18} \right) = 0,00267 \text{ M}$$

## b. Konversi Molaritas ke mM

$$\text{Konsentrasi Molaritas} \times 10^3$$

Contoh perhitungan:

0,00267 M = ... mM

$$0,00267 \times 10^3 = 2,67 \text{ mM}$$



Lampiran 5. Dokumentasi penelitian



Pengambilan sampel biofilm



Sampel biofilm



Pengukuran kualitas air



Penimbangan sampel



Penimbangan sampel



Pemindahan sampel uji FT-IR

Lampiran 5. Dokumentasi penelitian (Lanjutan)



Sentrifugasi



Sentrifugasi



Lokasi pengambilan sampel



Batu yang diambil