

**ANALISIS KANDUNGAN Cr(VI) PADA BIOFILM SUNGAI BADEK DI  
KAWASAN INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT KELURAHAN MERGOSONO  
KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh :

**SHELLA EUNIKE BERLINA**

**NIM. 115080101111050**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

**ANALISIS KANDUNGAN Cr(VI) PADA BIOFILM SUNGAI BADEK DI  
KAWASAN INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT KELURAHAN MERGOSONO  
KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan  
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya

Oleh :

**SHELLA EUNIKE BERLINA  
NIM. 115080101111050**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN Cr(VI) PADA BIOFILM SUNGAI BADEK DI  
KAWASAN INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT KELURAHAN MERGOSONO  
KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG

Oleh:

SHELLA EUNIKE BERLINA  
NIM. 115080101111050

Telah dipertahankan didepan penguji  
pada tanggal 14 Agustus 2015 April 2015  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
SK Dekan No. :  
Tanggal:

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si)  
NIP. 19610303 198602 2 001  
Tanggal:

Dosen Penguji II

(Ir. Supriatna, M.Si)  
NIP. 19640515 199003 1 003  
Tanggal:

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

(Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si)  
NIP. 19730404 200212 2 001  
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

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

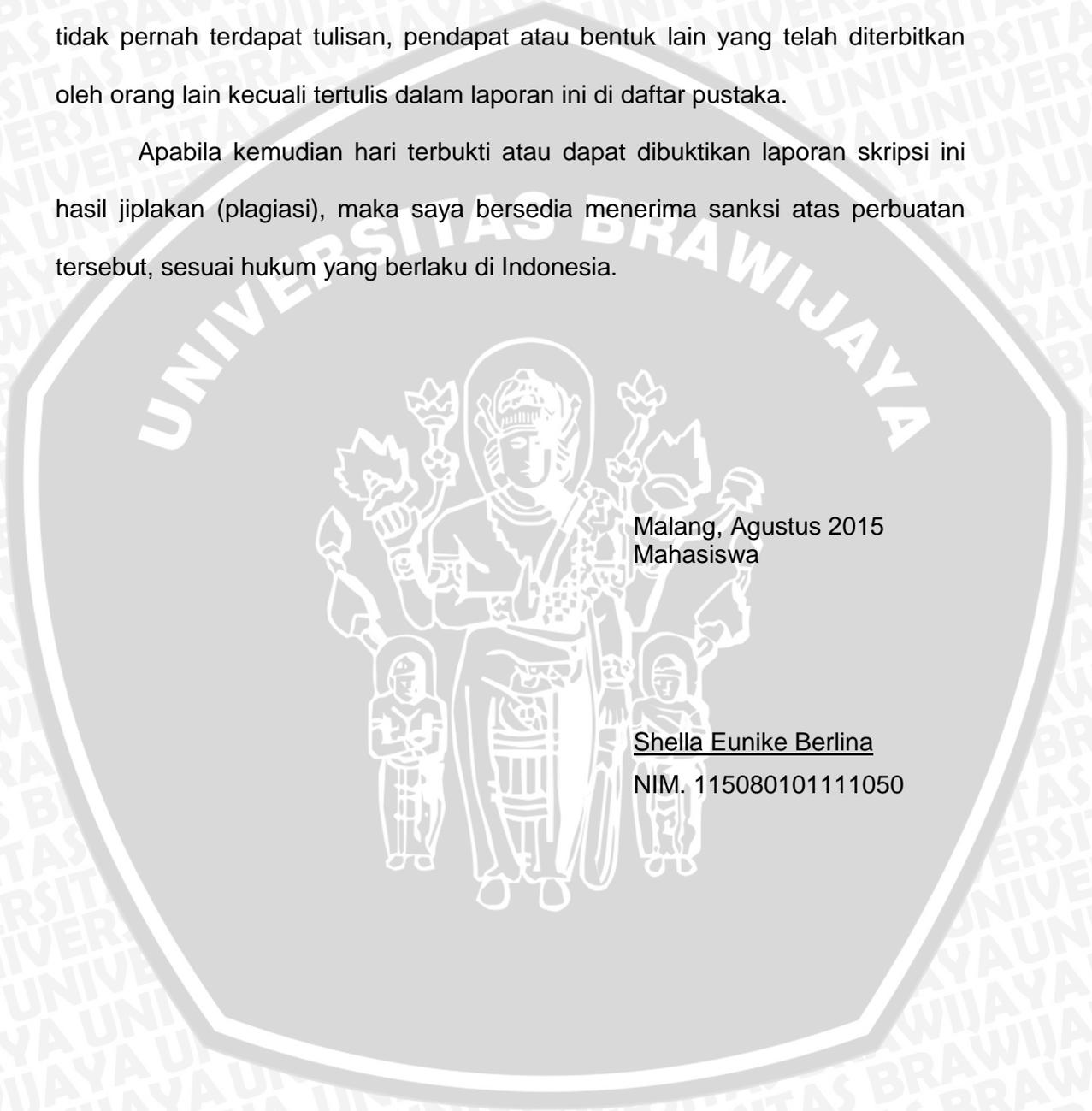
Mengetahui,  
Ketua Jurusan MSP,

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)  
NIP. 19620805 198603 2 001  
Tanggal:

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan laporan Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di daftar pustaka.

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



Malang, Agustus 2015  
Mahasiswa

Sheila Eunike Berlina  
NIM. 115080101111050

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan laporan ini, penulis telah mendapatkan begitu banyak bantuan baik berupa materi, fisik maupun spiritual sehingga laporan ini bisa terselesaikan. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Jesus Chirst untuk setiap hela'an nafas yang sudah diberikan hingga saat ini. Aku percaya Bapa ketika Engkau sudah memulai sesuatu dihidupku maka Engkau juga yang akan menyelesaikan janjiMu tepat pada waktuMu dan mengakhirinya dengan baik.
2. Kedua orang tua saya Sugeng Pudjo Astotok, B.Sc dan Era Veronica Hastuti muara cinta yang tak berkesudahan. Pendoa yang luar biasa untuk penulis. Terimakasih Maa Paa tidak ada kata-kata yang dapat mewakili bersyukurnya kami memiliki kalian.
3. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang sebagai lembaga Perguruan Tinggi Negeri dan almamater tercinta dimana penulis memperoleh ilmu yang bermanfaat.
4. Ibu Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si dan Bapak Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam membimbing, memberikan arahan dan motivasinya.
5. Ibu Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si dan Bapak Ir. Supriatna, M.Si selaku dosen penguji yang telah banyak membantu dalam saran maupun perbaikan penulisan skripsi ini.
6. Keempat kakakku Dian Stefanny, Vikho Abednego, Andri Irawan dan Yenni Novianti yang senantiasa mendukung dan mendokan penulis. Terimakasih Mbak dan Mas untuk curahan berkat dan kasih sayangnya.

7. Partner terbaik Marel Fajar yang selalu mau dengan sabar memaklumi tingkah lakuku. Sahabat terhebat, supporter termeriah disepanjang kuliah 4 tahun ini Entine, Endri, Lili, Duta, Anggi, Upik, Fahmi, Alan, Babil, Dewi,
8. Teman-teman kost Kertosari 3 Dhani, Freta, Dek Cia, Mbak Meta, Mbak Ayu dimana menjadi rumah kedua bagi penulis dan saudara saat di Malang.
9. Seluruh teman-teman MSP angkatan 2011 dan Tim Biofilm yang selalu memberikan support serta kritik dan saran selama penulisan skripsi ini. Dan untuk yang tidak bisa disebut satu persatu disini biar Tuhan senantiasa memberkati kita semua.

*“Berbahagialah orang yang mendapatkan hikmat, orang yang memperoleh kepandaian karena keuntungannya melebihi keuntungan perak, dan hasilnya melebihi emas. Ia lebih berharga dari pada permata, apa pun yang kau inginkan, tidak dapat menyamainya”*

Malang, Agustus 2015

Penulis

## RINGKASAN

**SHELLA EUNIKE BERLINA.** Skripsi tentang Analisis Kandungan Cr(VI) Pada Biofilm di Kawasan Industri Penyamakan Kulit Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang (di bawah bimbingan **Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si dan Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc**).

Pada umumnya bahan-bahan buangan industri secara langsung disalurkan ke dalam sungai yang berada di sekitarnya. Industri yang paling banyak menimbulkan masalah limbah berbahaya adalah industri pelapisan krom yang dihasilkan dari limbah penyamakan kulit salah satunya yang terjadi pada aliran Sungai Badek pada Kawasan Industri Penyamakan Kulit di Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Logam berat Cr(VI) bersifat racun yang tidak mudah dirombak atau dihancurkan oleh organisme, dan secara langsung atau tidak langsung dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia. Akhir-akhir ini telah dikembangkan suatu metode alternatif pengolahan limbah industri yang dianggap lebih menguntungkan dan semakin banyak digunakan yaitu proses pengolahan limbah dengan mikroorganisme (bakteri). Salah satunya menggunakan mikroorganisme yang melekat pada suatu permukaan dengan membentuk biofilm. Biofilm merupakan sel mikroorganisme khususnya bakteri yang melekat pada suatu permukaan yang dilengkapi oleh perekat karbohidrat yang dikeluarkan bakteri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akumulasi Cr(VI) didalam air dan biofilm Sungai Badek akibat dari kegiatan industri penyamakan kulit dan menggunakan hasil analisa yang diperoleh sebagai informasi dalam pencegahan logam berat yang terdapat diperairan khususnya dengan menggunakan biofilm. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dengan penjelasan deskriptif. Data mengenai parameter kualitas air diperoleh melalui pengukuran langsung dilapang. Sampel biofilm diambil dari batu di Sungai Badek, Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang. Analisis dilakukan di Laboratorium Lingkungan Perum Jasa Tirta I Kota Malang dengan 3 stasiun dan 3 kali pengulangan.

Hasil dari penelitian ini diperoleh tingkat akumulasi Cr(VI) dalam air Sungai Badek akibat dari limbah industri penyamakan kulit PT. Kasin diperoleh rata-rata pada tiap stasiun: Stasiun 1 sebesar 0.032 mg/L; rata-rata Stasiun 2 sebesar 0.036 mg/L; sedangkan Stasiun 3 sebesar 0.042 mg/L hasil pengukuran bila dilihat dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Atau Kegiatan Usaha Lainnya tergolong rendah sekali dan dibawah ambang batas yang telah ditentukan yaitu sebesar 0.5 mg/L. Sedangkan tingkat akumulasi Cr(VI) dalam biofilm Sungai Badek akibat dari limbah industri penyamakan kulit PT. Kasin diperoleh rata-rata pada tiap stasiun: Stasiun 1 sebesar 2.264 ppm/wet.g; rata-rata Stasiun 2 sebesar 1.780 ppm/wet.g; sedangkan Stasiun 3 sebesar 1.920 ppm/wet.g hasil pengukuran bila dilihat dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air tergolong tinggi sekali dan melebihi ambang batas yang telah ditentukan yaitu sebesar 0.05 mg/L.

Berdasarkan penelitian didapatkan kesimpulan bahwa sifat biofilm yang ternyata mampu mengakumulasi logam berat khususnya Cr(VI) dapat dijadikan sebagai alternatif baru dalam pengolahan limbah secara biologi yang ramah lingkungan, mudah dan lebih efektif. Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian analisis logam berat Cr(VI) pada biofilm, diharapkan

dapat menjadi acuan atau bahan pertimbangan dalam melakukan *water treatment*. Kemudian penelitian ini dapat membantu pemerintah untuk lebih peduli lagi terhadap keadaan lingkungan sekitar Industri Penyamakan Kulit Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang sehingga dapat membuat peraturan tentang pembuangan limbah tidak hanya standar di air saja namun juga pada biofilm.



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kepada Tuhan Yang Maha Esa Sang Pemberi Kehidupan yang telah memberikan kelimpahan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi yang berjudul **ANALISIS KANDUNGAN Cr(VI) PADA BIOFILM SUNGAI BADEK DI KAWASAN INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT KELURAHAN MERGOSONO KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG**. Mudah – mudahan laporan skripsi ini merupakan sumbangan pemikiran yang bermanfaat dalam rangka sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Sebagaimana peribahasa mengatakan bahwa tiada gading yang tak retak, maka demikian juga halnya dengan tulisan ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Untuk itulah kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga dengan tulisan laporan skripsi ini dapat lebih meningkatkan perhatian kita terhadap permasalahan air limbah dan perkembangan ilmu biofilm di Indonesia.

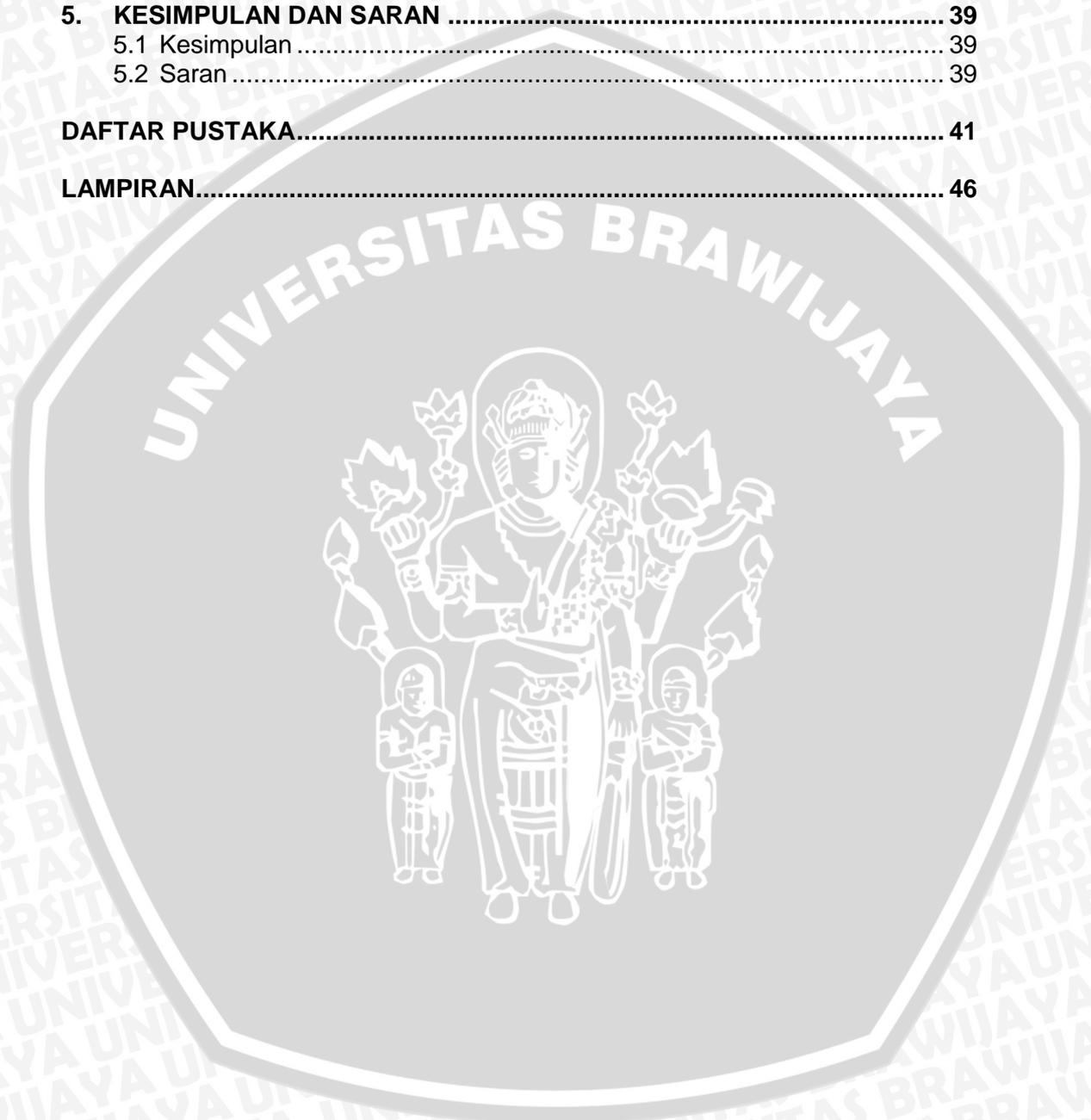
Malang, Agustus 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

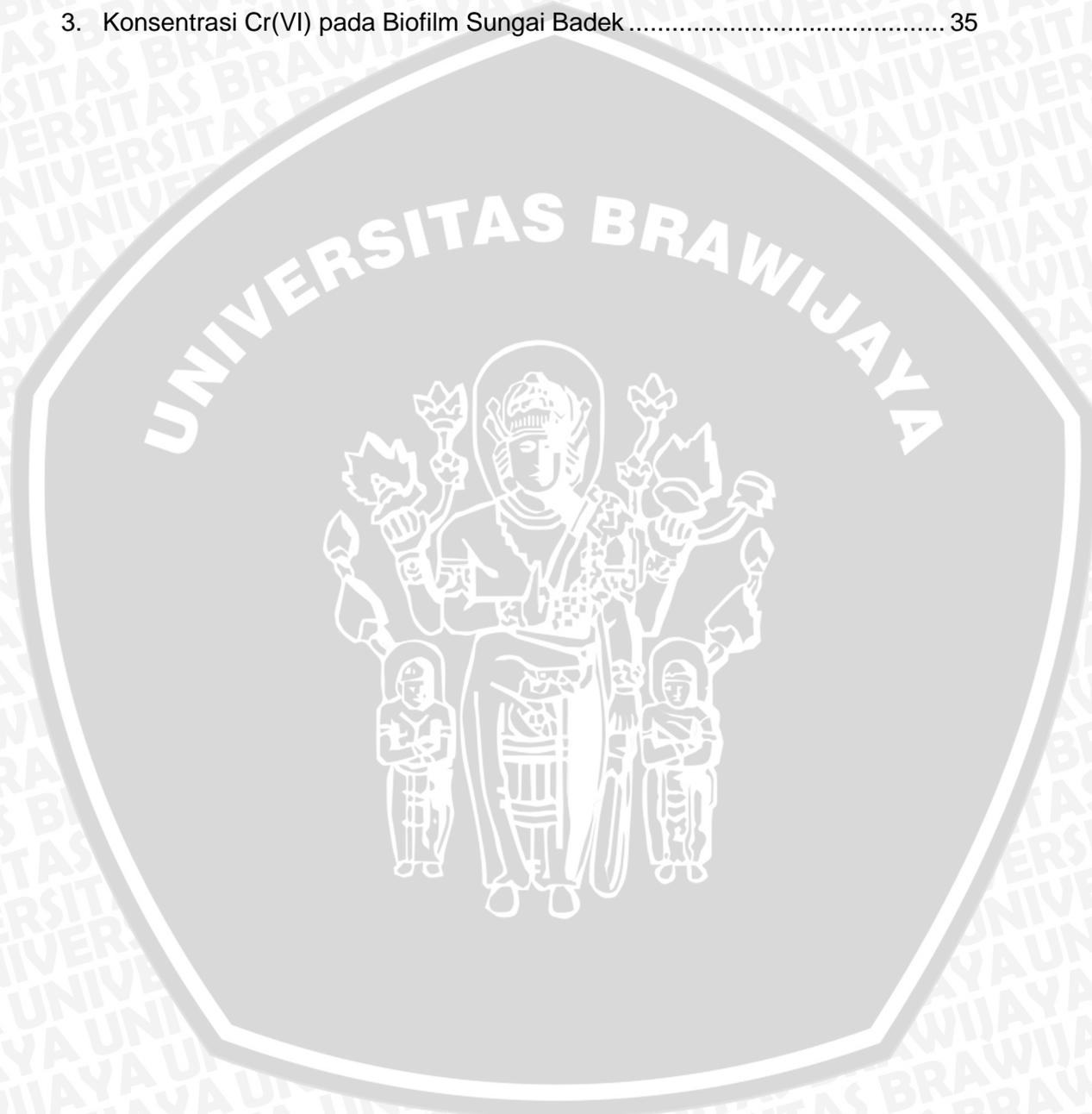
	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Kegunaan Penelitian .....	4
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Pencemaran Logam Berat pada Perairan .....	6
2.2 Logam Berat Cr(VI) .....	8
2.3 Sifat-Sifat Cr(VI) .....	9
2.4 Sumber dan Bahaya Cr(VI) .....	10
2.5 Biofilm .....	11
2.6 Mekanisme Terbentuknya Biofilm .....	12
2.7 Manfaat Biofilm Dalam Pengolahan Limbah .....	14
2.8 Parameter Kualitas Air .....	16
2.8.1 Suhu .....	16
2.8.2 Derajat Keasaman (pH) .....	17
2.8.3 Oksigen Terlarut (DO) .....	17
<b>3. MATERI DAN METODE</b> .....	<b>18</b>
3.1 Materi Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.3 Lokasi Penelitian .....	18
3.4 Metode Penelitian .....	18
3.5 Teknik Pengambilan Sampel Biofilm .....	20
3.6 Pengukuran Kualitas Air .....	22
3.6.1 Parameter Fisika .....	22
3.6.2 Parameter Kimia .....	23
3.7 Analisis Logam Berat Cr(VI) .....	23
3.8 Analisis Data .....	25
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>26</b>
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian .....	26
4.2 Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel .....	26
4.3 Parameter Kualitas Air .....	29

4.3.1 Suhu.....	29
4.3.2 Derajat Keasaman (pH).....	30
4.3.3 Oksigen Terlarut (DO) .....	31
4.4 Hasil Analisis Cr(VI) .....	32
4.4.1 Konsentrasi Cr(VI) pada Air Sungai Badek.....	32
4.4.2 Konsentrasi Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek.....	34
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>46</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Parameter Kualitas Air di Sungai Badek.....	29
2. Konsentrasi Cr(VI) pada Air Sungai Badek .....	32
3. Konsentrasi Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek.....	35



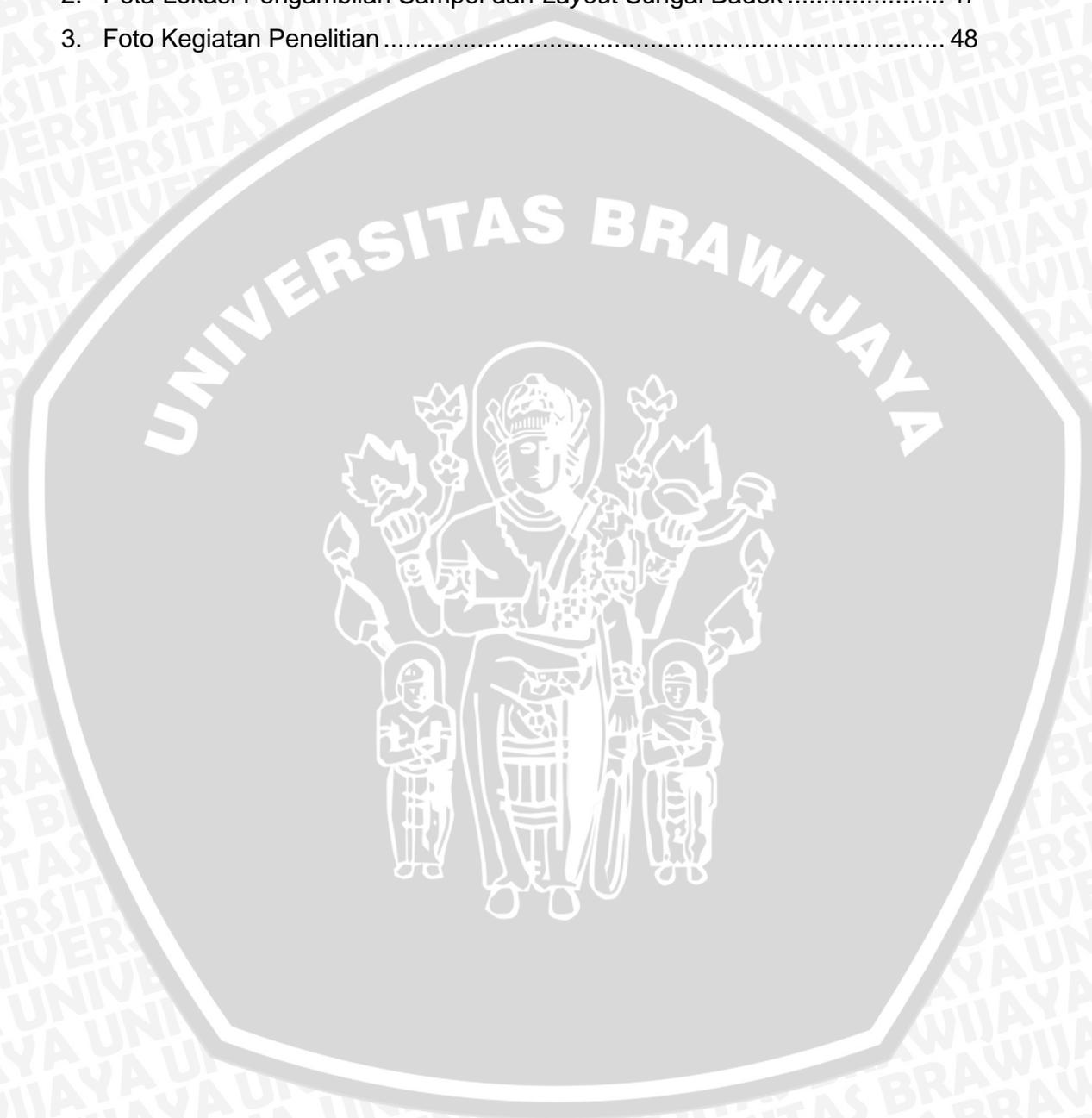
## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Flow Chart</i> Perumusan Masalah .....	3
2. Proses Terbentuknya Biofilm. ....	14
3. Lokasi Sungai Badek Kelurahan Mergosono, Kesamatan Kedungkandang, Kota Malang .....	27
4. Lokasi Pengambilan Sampel Biofilm Stasiun 1 .....	27
5. Lokasi Pengambilan Sampel Biofilm Stasiun 2 .....	28
6. Lokasi Pengambilan Sampel Biofilm Stasiun 3 .....	28
7. Grafik Kadar Cr(VI) pada Air Sungai Badek .....	33
8. Grafik Kadar Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek .....	36



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan Bahan .....	46
2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel dan <i>Layout</i> Sungai Badek .....	47
3. Foto Kegiatan Penelitian .....	48



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini pencemaran air menjadi masalah regional maupun lingkungan global yang sangat berhubungan erat dengan pencemaran akibat aktivitas manusia. Oleh manusia air dipergunakan untuk keperluan sehari-hari, untuk mengairi sawah, ladang, industri dan berbagai keperluan lainnya, sedangkan untuk makhluk lainnya, salah satu peranan penting air adalah sebagai media hidup. Demi mendapatkan air yang baik, sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah saat ini, air menjadi kebutuhan yang mahal karena sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari hasil kegiatan manusia, baik limbah dari kegiatan rumah tangga maupun limbah dari kegiatan industri (Wardhana, 1995).

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik, diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Industri-industri logam berat tersebut seharusnya mendapatkan pengawasan yang ketat sehingga tidak membahayakan bagi pekerjaannya maupun lingkungan di sekitarnya. Penggunaan logam-logam berat tersebut dalam berbagai keperluan industri berarti telah secara langsung maupun tidak langsung, atau sengaja maupun tidak sengaja mencemari lingkungan. Fardiaz (1992), menyatakan bahwa beberapa logam berat tersebut telah mencemari lingkungan dan melebihi batas yang berbahaya bagi kehidupan lingkungan. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni). Logam-logam berat tersebut diketahui dapat

mengumpul di dalam tubuh organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi.

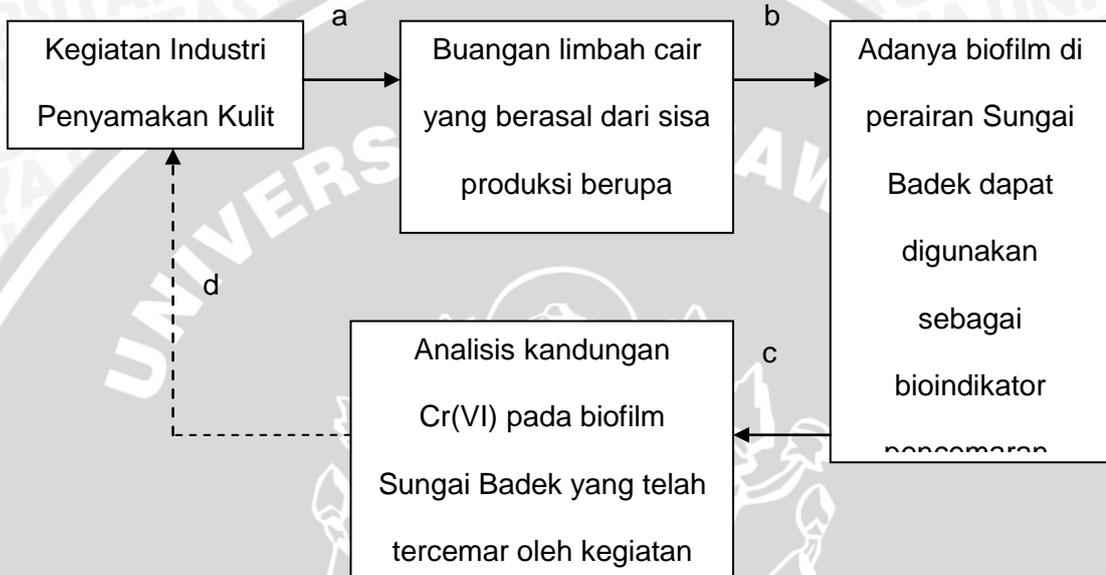
Umumnya bahan-bahan buangan industri secara langsung disalurkan ke dalam sungai yang berada di sekitarnya. Menurut Sugiharto (1987), industri yang paling banyak menimbulkan masalah limbah berbahaya adalah industri penyamakan kulit dimana hasil samping berupa Cr(VI) yang berupa limbah cair dan dibuang langsung pada aliran Sungai Badek di kawasan industri penyamakan kulit Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Kromium adalah salah satu jenis polutan logam berat yang perlu diwaspadai keberadaannya dalam perairan. Kromium yang biasa ditemukan di perairan adalah kromium trivalent Cr(III) dan kromium heksavalen Cr(VI). Sehingga dianggap sebagai penyebab pencemaran utama yang memiliki efek merusak terhadap manusia maupun binatang (Dokken *et al.*, 1999). Dengan demikian keberadaan kromium di perairan maupun dalam tanah harus dikendalikan. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor. 72 Tahun 2013, tentang baku mutu bagi kegiatan industri lain toleransi untuk logam berat Cr(VI) berkisar 0,5 mg/L.

Akhir-akhir ini telah dikembangkan suatu metode alternatif pengolahan limbah industri yang dianggap lebih menguntungkan dan semakin banyak digunakan yaitu proses pengolahan limbah dengan mikroorganisme (bakteri). Salah satunya menggunakan mikroorganisme yang melekat pada suatu permukaan dengan membentuk biofilm (Chasanah, 2007). Biofilm merupakan sel mikroorganisme khususnya bakteri yang melekat pada suatu permukaan yang dilengkapi oleh perekat karbohidrat yang dikeluarkan bakteri. Hal ini juga diperkuat oleh pernyataan Said (2005), pengolahan dengan teknologi biofilm yakni proses pengolahan limbah secara biologis dimana mikroorganisme yang

digunakan dibiakan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas didapatkan ditarik suatu permasalahan sebagai berikut:



**Gambar 1. Flow Chart Perumusan Masalah**

Keterangan :

- > : Adanya hubungan secara langsung.  
- - - - -> : Adanya hubungan secara tidak langsung.

- Kegiatan industri penyamakan kulit menimbulkan adanya buangan limbah cair yang berasal dari sisa kegiatan limbah industri berupa Cr(VI) dimana tanpa melalui *treatment*, langsung dibuang pada Sungai Badek.
- Adanya biofilm di perairan Sungai Badek dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran yang terjadi akibat buangan limbah cair berupa Cr(VI) pada Sungai Badek.
- Perlunya mengetahui kandungan Cr(VI) pada biofilm di Sungai Badek guna memberikan evaluasi terhadap pencemaran serta mengelola limbah tersebut sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan pemerintah.

- d. Hasil analisis kandungan Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek merupakan dampak kegiatan industri penyamakan kulit.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kandungan Cr(VI) didalam air Sungai Badek sebagai akibat dari kegiatan industri penyamakan kulit.
2. Untuk mengetahui tingkat akumulasi Cr(VI) didalam biofilm Sungai Badek sebagai akibat dari kegiatan industri penyamakan kulit.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa

Dengan mempelajari secara langsung dan melakukan penelitian dapat menambah pengetahuan ataupun wawasan yang lebih penggunaan biofilm sebagai bioindikator pencemaran air.

2. Lembaga Perguruan Tinggi

Menambah sumber informasi keilmuan mengenai akumulasi logam berat terhadap biofilm, sehingga dapat digunakan untuk pengelolaan limbah industri khususnya limbah logam berat dan dapat menjadi dasar untuk penulisan dan penelitian lebih lanjut.

3. Pemerintah

Menambah sumber informasi serta rujukan dalam menentukan kebijakan dan perlu adanya evaluasi tingkat pencemaran khususnya logam berat dengan pengelolaan limbah industri yang berkelanjutan serta peningkatan dan pengembangan *water treatment* menggunakan bioindikator.

### 1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi, lokasi pengambilan sampel biofilm di Sungai Badek Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Sedangkan untuk analisa logam berat Cr(VI) pada biofilm dan air dilakukan di Laboratorium Lingkungan Perum Jasa Tirta I Kota Malang.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran Logam Berat pada Perairan

Tingginya perkembangan industri di Indonesia menyebabkan masalah pencemaran limbah sehingga penting untuk diwaspadai. Salah satu bentuk limbahnya adalah limbah cair. Limbah cair merupakan sisa air buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis, besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, dan derajat pengolahan air limbah yang ada. Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Sugiharto (1987), bahwa sifat air limbah sangat bergantung pada sumber asal dari air limbah industri. Bahan berbahaya yang dihasilkan sebagai limbah oleh kegiatan industri makin bertambah namun belum ada cara yang efektif untuk penanganannya. Limbah tersebut rata-rata dibuang ke sungai, laut ataupun ke dalam lapisan bumi yang lebih dalam dan sering kali dibuang tanpa melalui *treatment*. Akitivitas tersebut mengakibatkan pencemaran lingkungan yang membahayakan kelangsungan hidup organisme di lingkungan perairan.

Berdasarkan keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor. 2 Tahun 1988 dalam Kristanto (2002), yang dimaksud dengan pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air maupun udara dan berubahnya tatanan (komposisi) air maupun udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air maupun udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Fajar *et al.*, (2013) pencemaran air yang disebabkan oleh komponen-komponen anorganik berasal dari kegiatan manusia seperti industri

maupun buangan domestik diantaranya merupakan logam berat berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan untuk berbagai keperluan, sehingga diproduksi secara rutin dalam skala industri. Logam-logam berat tersebut mempengaruhi secara langsung maupun tidak langsung dan dapat mengumpul didalam tubuh organisme untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi.

Pengetahuan mengenai kandungan logam berat di perairan sangat penting untuk mencegah adanya akibat buruk bagi lingkungan perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Darmono (2005), yang menyatakan pencemaran logam berat dalam suatu lingkungan perairan perlu diperhatikan secara serius, mengingat timbulnya akibat buruk bagi keseimbangan lingkungan hidup. Tujuan utama untuk mengetahui konsentrasi logam berat dalam lingkungan perairan adalah :

- a. Mengetahui konsentrasi logam yang tinggi dalam biota perairan, baik ikan air laut maupun air tawar, yang dapat digunakan sebagai pedoman untuk mencegah terjadinya toksisitas kronis maupun akut pada orang yang memakannya.
- b. Mengetahui konsentrasi logam dalam air sehingga dapat digunakan sebagai pedoman untuk mengontrol kualitas air yang mungkin digunakan sebagai irigasi ataupun air minum, yang dapat berakibat buruk bagi orang yang mengkonsumsinya.

## 2.2 Logam Berat Cr(VI)

Salah satu logam berat yang merupakan sumber polusi dan perlu dihilangkan dalam perairan adalah logam Cr(VI). Pemanfaatan logam ini banyak digunakan dalam industri electroplating, penyamakan kulit, pendinginan air, plup, serta proses pemurnian bijih dan petroleum. Senyawa Cr(VI) memiliki dua bentuk

yakni kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) yang berwarna kuning dan bikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) yang berwarna oranye. Oleh karena itu kandungan logam berat khususnya Cr(VI) dalam limbah industri yang melebihi ambang batas harus diminimalkan sebelum dibuang ke lingkungan (Diantariani *et al.*, 2008)

Kromium (Cr) adalah salah satu polutan yang terdapat pada lingkungan yang disebabkan oleh berbagai limbah industri. Cr(VI) diketahui seribu kali lebih toksik jika dibandingkan dengan Cr(III). Umumnya kromium di dalam perairan berada pada valensi 3 ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan valensi 6 ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Kromium ( $\text{Cr}^{3+}$ ) merupakan suatu jenis nutrisi yang dibutuhkan tubuh manusia dengan kadar sekitar 50-200  $\mu\text{g}/\text{hari}$  (Tutem *et al.*, 2001). Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) bersifat toksik dibandingkan dengan kromium ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Hal ini dikarenakan daya larut dan mobilitas kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) sangat tinggi, sedangkan kromium ( $\text{Cr}^{3+}$ ) mempunyai daya larut dan mobilitas rendah (Palar, 1994).

Menurut Jalaluddin (2005), Cr(VI) merupakan elemen yang mempunyai beberapa peranan dalam kehidupan sehari-hari. Senyawa kromium (Cr) umumnya dapat berbentuk padatan ( $\text{CrO}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), larutan, dan gas (uap dikromat). Kromium yang terdapat pada larutan biasanya dalam bentuk ion trivalen Cr(III) dan ion hexavalent Cr(VI). Kromium dalam bentuk trivalen Cr(III) tidak begitu berbahaya jika dibandingkan dengan bentuk hexavalent Cr(VI), akan tetapi apabila ion trivalent Cr(III) bertemu dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan untuk berubah maka untuk ion trivalent Cr(III) tersebut juga akan berbahaya (Asmadi dan Oktiawan, 2009).

### 2.3 Sifat-Sifat Cr(VI)

Menurut Sudiarta *et al.*, (2010) kromium adalah salah satu logam yang sering merusak lingkungan. Logam berat Cr(VI) merupakan bahan pengoksidasi kuat, mempunyai potensi karsinogenik, bersifat lebih toksik terhadap makhluk

hidup termasuk manusia dibandingkan dengan Cr(III). Logam berat Cr(VI) umumnya hanya toksik bahkan non toksik terhadap binatang, akan tetapi apabila terpapar dalam jangka waktu yang sangat panjang dapat menyebabkan penyakit kulit dan kanker.

Kromium merupakan logam yang keras dan berwarna putih berkilau. Logam ini merupakan unsur logam peralihan dengan simbol Cr dan mempunyai nomor atom 24. Cr(VI) oksida ( $\text{CrO}_3$ ) bersifat asam sehingga dapat bereaksi dengan basa membentuk kromat. Jika larutan ion kromat diasamkan akan dihasilkan ion dikromat yang berwarna jingga. Dalam larutan asam, ion kromat atau ion dikromat adalah oksidator kuat. Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya ion-ion Cr yang telah membentuk senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionisasinya. Senyawa yang terbentuk dari  $\text{Cr}^{2+}$  akan bersifat basa,  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat amfoter, dan senyawa yang terbentuk dari  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat asam (Palar, 1994).

Logam berat Cr(VI) memiliki sifat racun, tidak dapat hancur oleh organisme, namun dapat diakumulasi di dalam tubuh organisme maupun manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Menurut Hasrianti (2012), kromium merupakan logam transisi yang penting, senyawa kompleks yang memiliki berbagai warna yang menarik, berkilau, titik lebur pada suhu tinggi serta tahan terhadap perubahan cuaca. Pelapisan logam dengan kromium menghasilkan paduan logam yang indah, keras, dan melindungi logam lain dari korosi.

#### 2.4 Sumber dan Bahaya Cr(VI)

Menurut Jalaluddin (2005), Sumber cemaran kromium adalah proses pembakaran batu bara dan minyak bumi. Debu-debu atau partikel Cr yang ada dalam strata lapisan udara masuk kedalam badan perairan terutama terbawa

turun oleh air hujan. Selain itu logam berat kromium (Cr) termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi, terutama ion  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat karsinogenik yang dapat memicu timbulnya sel-sel kanker. Kromium (Cr) dalam bentuk anorganik dapat meracuni, terutama yang berbentuk heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ), sedangkan dalam bentuk trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ) sangat sedikit diabsorpsi, yakni sekitar 1%.

Selain itu senyawa Cr(VI) berasal dari limbah cair industri penyamakan kulit yang berasal dari proses produksi dimana dalam penyamakan kulit menggunakan senyawa kromium sulfat antara 60-70% dalam bentuk larutan, dan tidak semua larutan dapat terserap oleh kulit saat proses penyamakan kulit. Sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair. Keberadaan kromium dengan konsentrasi tinggi tentunya dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan sedangkan pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Pengaruh terhadap saluran pernafasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu kromium dalam jangka panjang dan mempunyai efek terhadap iritasi kronis, *polyp*, *tracheobronchitis* dan *pharyngitis* kronis (Joko, 2003).

Krom merupakan elemen berbahaya di muka bumi dan dijumpai dalam kondisi oksida antara  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  hingga  $\text{Cr}^{6+}$ . Kromium bervalensi tiga merupakan bentuk yang umum dijumpai di alam, dan dalam material biologi, kromium selalu berbentuk valensi tiga, karena kromium valensi enam merupakan salah satu material anorganik pengoksidasi tinggi. Kromium valensi tiga memiliki sifat racun yang lebih rendah dibanding valensi enam (Suhendrayatna, 2001).

## 2.5 Biofilm

Biofilm adalah sebuah komunitas (populasi) dari mikroorganisme yang mencakup bakteri, jamur, kapur dan protozoa yang melekat di suatu permukaan. Biofilm dihasilkan oleh mikroorganisme dan dilapisi oleh pelekat dari polisakarida

dan pencemar organik yang lain. Biofilm umumnya terdiri dari banyak permukaan yang dapat mendegradasi air yang tidak steril atau cairan lain dan dampak yang terjadi di lingkungan industri dan lingkungan kesehatan (Rao *et al.*, 2005).

Biofilm secara umum dapat didefinisikan sebagai kumpulan sel-sel mikroba *irreversible* (tidak dapat dihilangkan dengan pembilasan) yang berhubungan dengan permukaan tertutup oleh matriks yang tersusun dari materi polisakarida (Donlan, 2000). Menurut Simoes *et al.*, (2008) dalam Buana dan Wardani (2014), biofilm merupakan suatu bentuk adaptasi bakteri yang menempel pada suatu permukaan, berkoloni dan menyelubungi dirinya sendiri dalam suatu matriks. Dalam perkembangannya, biofilm di lingkungan perairan mengalami perubahan komposisi dimana komponen biofilm berkembang dan terdiri dari agregasi bakteri, ganggang, jamur dan protozoa (Das *et al.*, 2012).

Menurut Davies *et al.*, (1998) biofilm juga merupakan sebutan bagi bakteri di alam yang hidup sebagai komunitas *sessile* (menetap). Komunitas-komunitas ini mengembangkan struktur yang secara morfologis dan fisiologis dibedakan dari bakteri yang hidup bebas. Bakteri-bakteri tersebut berkomunikasi membentuk kelompok makroskopik yang terstruktur. Biofilm terdiri dari komunitas bakteri campuran yang melekat disuatu permukaan dan diselubungi oleh pelekat karbohidrat yang dikeluarkan oleh bakteri tersebut.

Biofilm bisa menjadi perwujudan dalam perlindungan bagi mikroba terhadap respon imun sel inang dan obat-obatan antibiotika atau anti fungi. Hanum dan Ridwan (2013), menyebutkan bahwa biofilm terbentuk merupakan campuran dari beberapa tipe sel yaitu khamir, pseudo hifa dan matriks ekstraseluler. Matriks ekstraseluler biofilm tersusun dari 39,6% karbohidrat, 5% protein, 0,5% fosfor, 3,3% heksosamin, dan 0,1% asamuronik. Biofilm juga memiliki beberapa peranan penting dalam lingkungan yaitu sebagai

pendaur ulang nutrient, sebagai kolam gen bakteri dan juga dapat digunakan untuk mengurangi polutan di perairan.

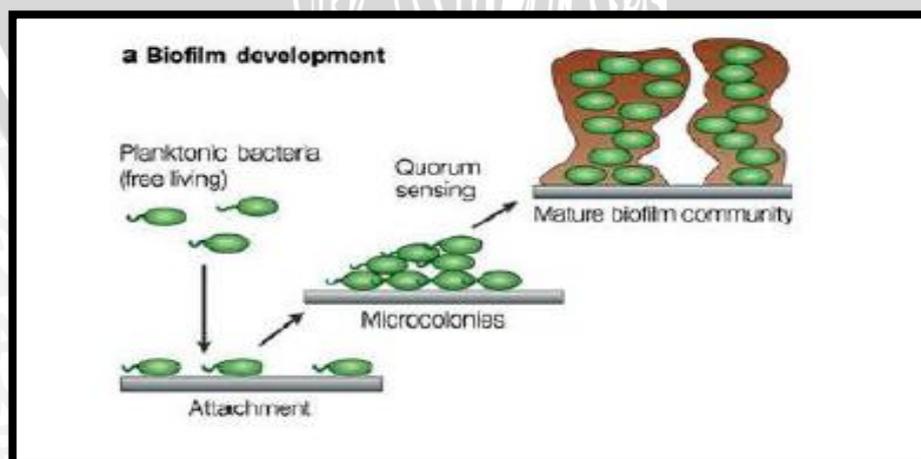
## 2.6 Mekanisme Terbentuknya Biofilm

Menurut Annachhatre dan Bhamidimarri (1992), pembentukan biofilm berasal dari organisme planktonik yang mengambang bebas. Sel planktonik tersebut terlebih dahulu berinteraksi dengan permukaan dan kemudian melampirkan diri ke permukaan. Permukaan yang terendam oleh larutan atau air biasanya memiliki konsentrasi dan muatan anorganik dan organik yang bersifat polar. Konsentrasi kation, anion, glikoprotein, protein dan molekul organik yang berada di permukaan suatu substrat relatif memberikan asupan bagi bakteri dibandingkan dengan wilayah kolom perairan.

Biofilm terbentuk ketika mikroorganisme seperti bakteri menempel pada suatu permukaan padalingkungan yang lembab dan mulai mensekresikan suatu lendir yang dapat melekatkannya pada berbagai jenis benda seperti logam, plastik, pasir, partikel tanah dan jaringan. Biofilm terdiri dari sel mikroorganisme dan *Extracellular Polymeric Substances* (EPS). EPS sangat penting bagi kehidupan biofilm. EPS terlibat dalam mekanisme pertahanan inang, dan membantu dalam agregasi serta pelekatan permukaan. Perlindungan EPS menyebabkan biofilm bisa bertahan pada kondisi dimana sel planktonik sudah tidak mampu bertahan hidup (Donlan, 2000). Senyawa kimia utama EPS adalah polisakarida. Kehadiran asam uronat (seperti D-Glukoronat, D-Galaktonat, Asam Manuronat) atau keton yang terikat pada piruvat, membentuk bagian anionik. Bagian ini merupakan bagian yang penting karena merupakan jalur asosiasi dari ion-ion seperti kalsium, magnesium, yang terlihat melintas berikatan dengan polimer dan menyediakan ikatan yang kuat yang terbentuk pada biofilm. Pada bakteri gram positif, seperti *Staphylococcus*, komposisi kimia dari

EPS terlihat cukup berbeda utamanya pada ion kation(Goldman dan Horne, 1983).

Pembentukan biofilm bakteri melalui 3 tahapan proses, yaitu tahap pelekatan bakteri pada permukaan padatan, kolonisasi, dan tahap pertumbuhan biofilm. Proses pembentukan biofilm bakteri pada tahap pelekatan, bakteri mendekati permukaan melalui gaya elektrostatis maupun gaya fisika. Pada umumnya, ketersediaan nutrisi, suhu air dan laju alir cairan yang memadai serta karakteristik bakteri seperti adanya flagela dan permukaan sel yang terasosiasi dengan polisakarida atau protein mempercepat proses pelekatan. Setelah bakteri berasosiasi satu sama lainnya membentuk mikrokoloni. Beberapa dari sel bakteri terikat secara permanen pada permukaan material melalui pembentukan EPS terdiri dari sejumlah besar protein, polisakarida, asam nukleat dan fosfolipid. EPS berfungsi sebagai penghubung antar permukaan sel dan menjadi inisiasi pada pembentukan biofilm. Terbentuknya biofilm sebagai strategi bagi mikroorganisme untuk mempertahankan populasinya karena adanya EPS mencegah difusi senyawa-senyawa toksik yang membahayakan serta mengatur pertumbuhan sel (Sastrawidana dan Sukarta, 2013). Tahapan pembentukan biofilm dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Proses Terbentuknya Biofilm**  
(Sumber :Sastrawidana dan Sukarta, 2013)

## 2.7 Manfaat Biofilm Dalam Pengolahan Limbah

Menurut Sudarno (2012), manfaat pembentukan biofilm bagi pengolahan air limbah dapat dirangkum sebagai berikut:

- Kepadatan populasi bakteri yang tinggi dapat dipertahankan, karena bakteri menempel pada material dan tidak ikut melimpas ke *effluen*.
- Peningkatan kinerja sistem dapat dicapai karena konsentrasi biomass yang tinggi.
- Resisten terhadap *shock loading* dan *recovery* yang lebih bagus sebagai hasil dari fungsi proteksi dari *extra polymeric substance* (EPS) yang menempel pada biofilm.
- Pengembalian lumpur aktif untuk meningkatkan aktifitas bakteri pada sistem reaktor pertumbuhan tersuspensi tidak dibutuhkan dalam reaktor biofilm, sehingga dapat mengurangi biaya pengoperasian.

Menurut Said (2002), menyatakan bahwa pengolahan air limbah dengan proses biofilm mempunyai beberapa manfaat antara lain:

- Pengoperasiannya mudah  
Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur, tidak terjadi masalah “bulking” seperti pada proses lumpur aktif (*activated sludge process*). Oleh karena itu pengelolaaanya sangat mudah.
- Lumpur yang dihasilkan sedikit dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil.

Di dalam proses lumpur aktif antara 30-60% dari BOD yang dihilangkan (removal BOD) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas

mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

- Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi. Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan medium penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.
- Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi. Di dalam proses biofilter mikroorganisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikroorganisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolis.
- Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil. Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar.

## **2.8 Parameter Kualitas Air**

### **2.8.1 Suhu**

Menurut Effendi (2003), nilai suhu suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah waktu dalam hari, penutupan awan, musim, sirkulasi udara dan ketinggian dari permukaan laut. Suhu disuatu perairan memiliki pengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi perairan tersebut.

Suhu juga sangat berperan dalam mengendalikan ekosistem perairan, sehingga organisme disuatu perairan memiliki kisaran suhu tertentu untuk hidup.

Limbah industri apabila dibuang ke sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu memiliki suhu yang relatif tinggi sehingga membahayakan kehidupan organisme perairan didalamnya karena akan meningkatkan respirasi dan menyebabkan kadar oksigen di perairan tersebut rendah. Suhu air dipengaruhi juga oleh pertukaran panas antara air dengan udara, ketinggian topografi, masuknya limbah industri dan penutupan oleh tanaman (Barus, 2002).

### **2.8.2 Derajat Keasaman (pH)**

Menurut Barus (2002), kondisi perairan yang bersifat sangat basa maupun sangat asam akan menyebabkan kelangsungan hidup suatu organisme terganggu. pH yang sangat rendah menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam berat terjadi. Perubahan pH yang disebabkan oleh aktifitas manusia anatar lain adalah karena adanya masukan asam atau basa mineral dari sisa proses indutri dan *run-off* dari penambangan.

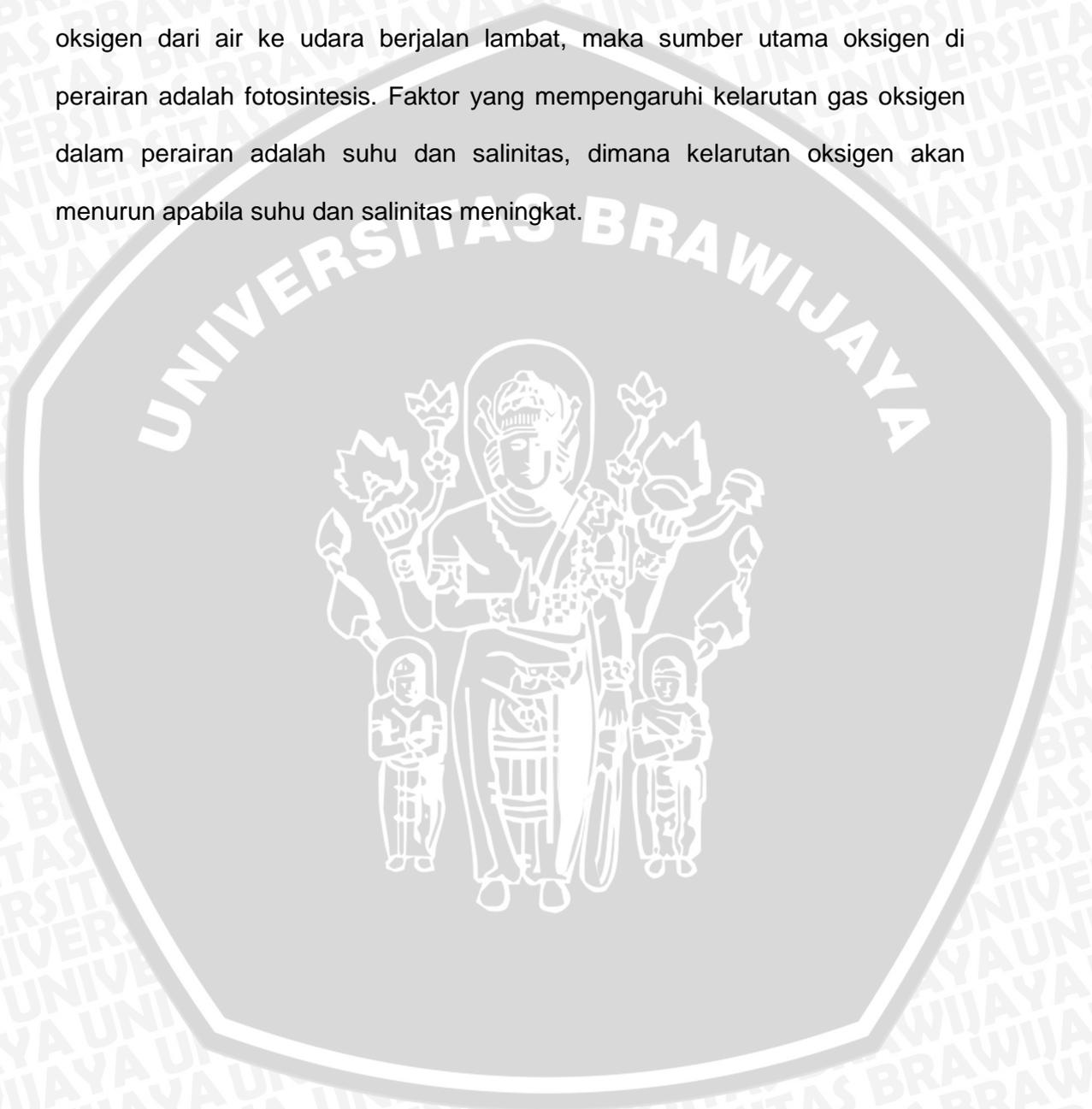
Derajat keasaman (pH) dalam suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kestabilan perairan. Perubahan pH suatu perairan terhadap organisme akuatik mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi. Organisme akuatik umumnya sensitif terhadap perubahan nilai pH dan menyukainya nilai pH sekitar 7 – 8,5 (Simanjuntak, 2012).

### **2.8.3 Oksigen Terlarut (DO)**

Oksigen terlarut (DO) merupakan parameter mutu air yang penting karena nilai oksigen terlarut dapat menunjukkan tingkat pencemaran atau tingkat pengolahan air limbah. Oksigen terlarut ini akan menentukan kesesuaian suatu jenis air sehingga sebagai sumber kehidupan biota. Sebaliknya konsentrasi oksigen terlarut yang terlalu tinggi juga mengakibatkan proses pengkaratan

semakin cepat, karena mengikat hidrogen yang melapisi permukaan logam (Sunu, 2001).

Menurut Boyd (1982), oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) dapat berasal dari difusi udara maupun fotosintesis. Namun karena proses difusi oksigen dari air ke udara berjalan lambat, maka sumber utama oksigen di perairan adalah fotosintesis. Faktor yang mempengaruhi kelarutan gas oksigen dalam perairan adalah suhu dan salinitas, dimana kelarutan oksigen akan menurun apabila suhu dan salinitas meningkat.



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah biofilm dan logam berat Cr(VI) hasil dari limbah cair sisa industri penyamakan kulit di Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel biofilm dilakukan di Sungai Badek Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Berdasarkan jarak pembuangan akhir limbah cair dengan pabrik kulit berkisar satu kilometer. Adapun untuk peta lokasi penelitian dan layout Sungai Badek dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei dengan penjelasan deskriptif yang bertujuan untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian-kejadian di lokasi penelitian. Pada metode ini pengambilan data dilakukan tidak hanya terbatas pada pengumpulan dan penyusunan data, tetapi juga meliputi analisis dan pembahasan dari data tersebut. Metode ini juga bertujuan untuk membuat penggambaran secara sistematis, nyata dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi atau daerah tertentu (Suryabrata, 1980).

Jenis data pada penelitian ini dibedakan menjadi 2, yaitu:

### 1. Data Primer

Data Primer adalah data yang didapat dari sumber pertama dari individu seperti hasil wawancara atau hasil pengisian kuisisioner yang biasa dilakukan oleh peneliti (Sugiarto dan Siagian, 2000). Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan survei dengan cara wawancara dan observasi. Data primer dalam penelitian ini meliputi berat biofilm, konsentrasi kandungan Cr(VI) pada biofilm dan air, suhu, derajat keasaman (pH) dan oksigen terlarut(DO) pada Sungai Badek Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Data primer dalam penelitian ini didapatkan dari hasil observasi dan wawancara. Adapun teknik dalam pengambilan data primer adalah sebagai berikut:

#### a. Observasi

Observasi adalah kegiatan pengumpulan data melalui observasi dilakukan apabila penelitian berhubungan dengan perilaku manusia, proses kerja, gejala-gejala alam dan apabila responden yang diamati jumlahnya tidak terlalu banyak. Dengan melalui observasi partisipatif, maka data yang diperoleh akan lebih lengkap, tajam dan mengetahui sampai pada tingkat makna dari setiap perilaku yang ada (Musfiqon, 2012). Adapun observasi yang dilakukan dibagi atas dua metode, yaitu :

##### - Metode *In situ* (Pengukuran Lapangan)

Metode *insitu* yang digunakan adalah untuk mengukur kualitas air meliputi parameter fisika yaitu suhu, derajat keasaman(pH) dan oksigen terlarut(DO).

##### - Metode *Exsitu* (Pengujian Laboratorium)

Metode *exsitu* yaitu metode yang dilakukan tidak secara langsung di lapangan, melainkan diuji di laboratorium. Metode *exsitu* yang digunakan

adalah untuk menguji kandungan Cr(VI) pada biofilm di Sungai Badek, Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang.

b. Wawancara

Wawancara atau interview adalah suatu bentuk komunikasi verbal semacam percakapan yang bertujuan memperoleh informasi (Nasution, 2011). Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila peneliti melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti, dan juga apabila peneliti ingin mendapatkan informasi dari responden secara lebih jelas dengan jumlah responden tidak terlalu banyak atau sedikit. Wawancara dilakukan dengan mewawancarai warga disekitar Sungai Badek yang terkena langsung dampak dari pencemaran akibat limbah cair industri penyamakan kulit.

**2. 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 (Prasetyo dan Miftahul, 2011). Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan melalui jurnal, laporan skripsi, thesis serta kepustakaan ilmiah yang menunjang bagi penelitian ini.

**3.5 Teknik Pengambilan Sampel Biofilm**

a. **Persiapan Sampel**

Pengambilan sampel biofilm dilakukan di Sungai Badek Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Adapun cara pengambilan sampel biofilm sebagai berikut:

- Mengambil batu pada tiap stasiun di aliran Sungai Badek secara acak mulai dari permukaan sungai, tepi bagian dalam sungai dan di dasar sungai dengan ciri-ciri fisik batu yang diambil: permukaan batu licin

terselubung oleh lendir dan tumbuh biofilm yang menyerupai lumut namun berwarna hijau dan terlihat seperti filament.

- Memasukkan sampel biofilm yang sudah tumbuh pada batu di aliran Sungai Badek kedalam *container plastic* berisi air yang berada disekitar batu.
- Meletakkan *container plastic* berisi sampel biofilm kedalam *cool box* dengan suhu  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  untuk dibawa ke Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan untuk dilakukan perlakuan penelitian selanjutnya.

#### b. Pengambilan Sampel Biofilm

Pengambilan sampel biofilm dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dengan cara sebagai berikut ini:

- Menimbang container yang berisi sikat dan aquades sebanyak 40 ml.
- Menyiapkan batu yang telah ditumbuhi biofilm sebanyak  $\pm 5$  buah dengan ukuran yang relatif sama.
- Melepaskan biofilm dari batu dengan disikat searah ke dalam 40 ml aquadest. Selanjutnya apabila ada makrobentos yang menempel pada batu diambil dengan pinset.
- Menghitung berat basah biofilm dari perbedaan saat container berisi sikat dan aquadest sebelum dan sesudah biofilm dimasukkan
- Memasukkan suspensi biofilm dan aquadest 40 ml ke Erlenmeyer yang berisi 460 mL aquades lalu diaduk supaya homogen.
- Memindahkan lauratan biofilm ke dalam botol palstik yang telah di cuci bersih. Lalu memasukkan botol plastik yang berisi larutan biofilm ke dalam *cool box* dengan suhu  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  untuk dibawa ke Laboratorium

Lingkungan Perum Jasa Tirta I Kota Malang untuk dilakukan perlakuan penelitian selanjutnya. Adapun cara pengambilan biofilm dapat dilihat di Lampiran 3.

### **3.6 Pengukuran Kualitas Air**

Pengukuran parameter kualitas air meliputi parameter yang mendukung dan mempengaruhi kehidupan suatu biota. Parameter yang dianalisis meliputi parameter fisika yaitu suhu sedangkan parameter kimia meliputi pH, oksigen terlarut (DO).

#### **3.6.1 Parameter Fisika**

##### **a. Suhu**

Alat yang digunakan adalah termometer Hg. Menurut SNI (1990), prosedur pengukuran suhu sebagai berikut:

1. Memasukkan termometer Hg ke dalam perairan sekitar dengan membelakangi matahari dan termometer tidak menyentuh tangan.
2. Menunggu selama  $\pm 2$  menit agar air raksa dalam skala thermometer berhenti dan stabil.
3. Membaca skala termometer pada saat termometer masih di perairan.
4. Mencatat hasil pengukuran dalam skala  $^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.6.2 Parameter Kimia**

##### **b. Derajat Keasaman (pH)**

Alat yang digunakan adalah pH meter. Menurut Kordi dan Tancung (2005), prosedur pengukuran pH sebagai berikut:

1. Melakukan kalibrasi pH meter dengan menggunakan larutan *buffer* (larutan penyangga) atau aquades.
2. Memasukkan pH meter ke dalam air sampel selama 2 menit.

3. Menekan tombol "HOLD" pada pH meter untuk menghentikan angka yang muncul pada pH meter

**c. Oksigen Terlarut (DO)**

Alat yang digunakan adalah DO meter merek *Eutech Instrumens*, adapun prosedur pengukuran oksigen terlarut SNI (2004), adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan DO meter dan menancapkan kabel sensor dengan kontak display DO meter.
2. Menghidupkan alat tersebut dengan menekan tombol POWER.
3. Mengkalibrasi DO meter pada sensor dengan aquadest dan melakukan pengukuran.
4. Membaca angka yang terukur pada layar (jika angka tidak muncul dan tidak stabil tekan tombol HOLD untuk menstabilkannya).
5. Mencatat hasil pengukuran DO dengan satuan mg/L

**3.7 Analisis Logam Berat Cr(VI)**

Pengukuran logam berat Cr(VI) dilakukan di Laboratorium Lingkungan Perum Jasa Tirta I Kota Malang. Adapun prosedur pengukuran logam berat Cr(VI) menurut Standar Nasional Indonesia (2004), sebagai berikut:

1. Persiapan Analisis Kromium Heksavalen
  - Memasukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas piala.
  - Menambahkan 5 mL asam nitrat.
  - Memanaskan sampel di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
  - Menambahkan 50 mL air suling, memasukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditetapkan 100 mL dengan air suling.

- Menambahkan 10 mL larutan induk logam krom, Cr(VI) 100 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
- Menempatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.
- Menambahkan 50 mL larutan standar logam krom, Cr 100 mg/L ke dalam labu ukur 500 mL.
- Menempatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

2. Analisis Kromium Heksavalen dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

- Mengoptimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- Mengukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 357,9 nm.
- Menggunakan kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- Melanjutkan dengan mengukur contoh uji sampel yang sudah dipersiapkan.
- Menghitung konsentrasi logam kromium heksavalen,  $Cr \text{ (mg/L)} = C \times \frac{f_p}{f_s}$   
C adalah konsentrasi yang didapatkan dari hasil pengukuran (mg/L);  
Fp adalah faktor pengencer
- Menemukan persen temu balik (% recovery, %)

$$\% R = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

R : adalah recovery (%)

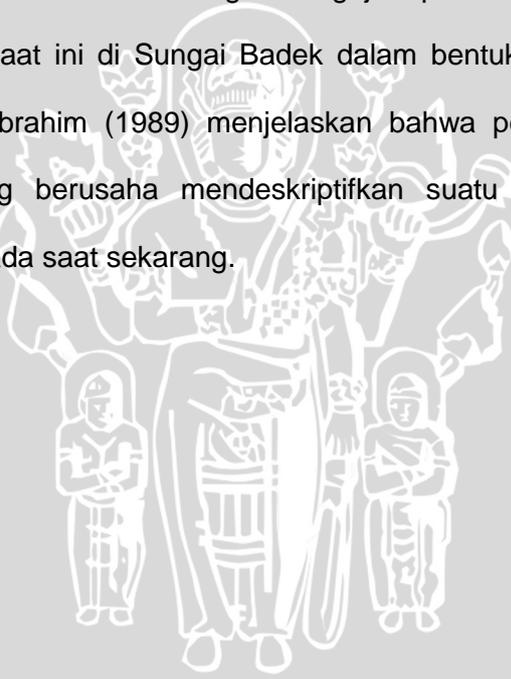
A : adalah kadar contoh uji yang di *spike*;

B : adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*;

C : kadar standar yang diperoleh (*target value*).

### 3.8 Analisis Data

Analisis data menggunakan metode deskriptif yaitu dengan menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar, dan grafik sehingga dapat menghasilkan informasi dalam kandungan logam berat Cr sedimen dan air dari Sungai Badek di sekitar pabrik penyamakan kulit. Menurut Zulnaldi (2007), metode analisis data deskriptif dapat diartikan sebagai prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan atau melakukan atau menggambarkan keadaan subjek atau objek penelitian (seseorang, lembaga, masyarakat dan lain-lain) pada saat sekarang berdasarkan fakta-fakta yang tampaksebagaimana adanya. Analisis data deskriptif pada sedimen untuk mengetahui gejala pencemaran logam berat Cr yang terjadi pada saat ini di Sungai Badek dalam bentuk grafik, tabel dan gambar. Sudjana dan Ibrahim (1989) menjelaskan bahwa penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha mendeskriptifkan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi pada saat sekarang.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Sungai Badek Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Kecamatan Kedungkandang terletak dibagian timur wilayah Kota Malang dengan luas wilayah 39,89 km<sup>2</sup> yang terdiri dari 12 kelurahan. Ketinggian rata-rata dari permukaan air laut antara 440-660 m, suhu udara antara 21°C-36°C. Sungai Badek merupakan anak dari Sungai Brantas. Lokasinya terletak dekat dengan kawasan industri penyamakan kulit yang terletak di Kelurahan Ciptomulyo, Kecamatan Sukun, Kota Malang. Sungai Badek merupakan sungai yang alirannya melewati perkampungan warga sekitar Kecamatan Sukun hingga Kecamatan Mergosono dimana pabrik penyamakan kulit membuang limbah penyamakan kulit tersebut langsung pada Sungai Badek. Pada ujung aliran Sungai Badek bermuara di Sungai Brantas Malang. Sebelah Utara Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang (Website Malang Kota, 2015).

### 4.2 Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel biofilm dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 09.00-12.00 WIB dengan metode *insitu* untuk pengukuran suhu, pH dan DO, sedangkan untuk pengambilan biofilm pada batu dilakukan secara *exsitu* yaitu pada Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan analisis Cr(VI) dilakukan di Laboratorium Lingkungan Perum Jasa Tirta I Malang. Berikut merupakan lokasi Sungai Badek beserta titik pengambilan dan pengulangan sampel biofilm.



**Gambar 3. Lokasi Sungai Badek, Kota Malang**

- **Stasiun 1**

Stasiun satu terletak pada ujung Sungai Badek yang berhubungan langsung ke aliran Sungai Brantas. Stasiun ini terletak di muara Sungai Badek ± 200 m dari pusat pembuangan limbah Pabrik Penyamakan Kulit. Pada stasiun ini semua limbah yang terdapat pada aliran Sungai Badek langsung masuk ke Sungai Brantas.



**Gambar 4. Lokasi Pengambilan Sampel Biofilm Stasiun 1**

- **Stasiun 2**

Stasiun dua terletak disekitar pemukiman warga Kelurahan Mergosono. Jadi bisa dipastikan selain air limbah kegiatan penyamakan kulit yang mencemari Sungai Badek, selain itu adanya aktifitas manusia seperti: air sisa mencuci pakaian, piring maupun air dari saluran kamar mandi dibuang langsung ke sungai sehingga dapat mempengaruhi perubahan kualitas air Sungai Badek.



**Gambar 5. Lokasi Pengambilan Sampel Biofilm Stasiun 2**

- **Stasiun 3**

Stasiun tiga terletak didekat *outlet* pembuangan limbah dari kegiatan industri penyamakan kulit di Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang.



**Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel Biofilm Stasiun 3**

### 4.3 Parameter Kualitas Air

Hasil dari penelitian parameter lingkungan fisika dan kimiayang diukur pada Sungai Badek di kawasan industri penyamakan kulit selama penelitian adalah suhu, pH dan oksigen terlarut. Adapun data hasil pengukuran kualitas air disajikan pada Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1. Hasil Parameter Kualitas Air di Sungai Badek**

Stasiun Pengambilan Sampel	Parameter Kualitas Air		
	Suhu(°C)	pH	DO(mg/L)
1	24	6,57	3,09
2	25	6,76	4,9
3	25,5	6,28	2,91

#### 4.3.1 Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada masing-masing stasiun didapatkan suhu berkisar 24<sup>0</sup>C–25,5<sup>0</sup>C. Perbedaan nilai suhu ini disebabkan karena banyaknya intensitas cahaya pada saat pengukuran, dan untuk nilai suhu yang tertinggi ada pada stasiun 3 dan pengambilan sampel pada stasiun ini sudah beranjak siang dan intensitas sinar matahari tinggi. Hal ini sependapat dengan Apriadi (2005). Selain itu suhu sangat mempengaruhi proses metabolisme sel organisme air. Peningkatan suhu akan menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme sel dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan dekomposisi bahan organik (Effendi, 2003). Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan biofilm adalah antara 20<sup>0</sup>C-30<sup>0</sup>C. Suhu rata-rata yang didapat 24.8<sup>0</sup>C. Berdasarkan keterangan diatas maka suhu di Sungai Badek masih dalam kisaran normal untuk pertumbuhan organism perairan secara umum termasuk tumbuhnya biofilm. Selain itu peningkatan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi dan toksisitas logam seperti krom dan timbal, hal ini terjadi akibat meningkatnya laju metabolisme dari organisme air (Said, 2005).

#### 4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan hasil pengukuran pH pada masing-masing stasiun didapatkan pH berkisar pada 6,28 – 6,76. Hasil pengukuran pH berbeda-beda setiap stasiun dengan rata-rata sebesar 6,53 pH. Kadar pH untuk sungai badek masih memenuhi standart baku mutu air limbah sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 bahwa kisaran pH untuk air limbah kawasan industri adalah 6-9. Logam berat Cr(VI) bersifat asam tetapi jika mendekati basa akan mengendap ke sedimen. Menurut Pratiwi (2013), bahwa sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionisasinya senyawa yang terbentuk dari Cr(VI) bersifat asam dan jika mendekati basa akan terjadi pengendapan. Seperti ion khromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) bila berada pada suasana asam akan menimbulkan sifat oksidator yang sangat kuat (Palar,2012).

Menurut Alaerts dan Santika (1987), Derajat keasaman (pH) perairan dipengaruhi oleh suhu, fotosintesa, respirasi, oksigen terlarut, dan keberadaan ion-ion dalam perairan tersebut. Kenaikan pH dapat menurunkan logam berat di perairan, dikarenakan pH dapat mengubah kestabilan dalam bentuk karbonat yang menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel air, sehingga akan mengendap (Palar, 2012). Menurut Hutagalung (1984), bahwa nilai pH yang tinggi (basa) dapat mengurangi toksisitas pada logam berat, dikarenakan dengan pH yang tinggi di dalam air dapat membentuk suatu senyawa kompleks yang dapat mengendap didasar perairan. Namun pH rendah dapat menyebabkan logam berat di perairan semakin besar. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada dalam jumlah yang berlebih (Connel dan Miller., 2006).

### 4.3.3 Oksigen Terlarut(DO)

Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik maupun anorganik. Menurut Salmin (2005), karena proses oksidasi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan biologi yang ditunjukkan untuk memurnikan air buangan industri dan ruang tangga. Kandungan oksigen terlarut minimum adalah 2 mg/L dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (Sarjono, 2009). Hasil pengukuran oksigen terlarut yang didapat yaitu (2,91-4,9) mg/L sangat rendah sekali untuk keberlangsungan hidup organisme perairan hal ini erat kaitannya dengan adanya pencemaran di Sungai Badek.

Hasil yang didapat bahwa nilai oksigen terlarut paling rendah adalah pada stasiun 3 dengan nilai 2,91 mg/L dan kadar Cr tertinggi juga pada stasiun 3. Menurut Jayanegara *et al.*, (2005) penurunan kadar oksigen merupakan indikasi adanya pencemaran logam berat, apabila oksigen terlarut rendah akan menyebabkan logam berat semakin banyak dan bersifat toksik didalam air. Nilai kandungan oksigen terlarut yang rendah menyebabkan peningkatan toksisitas logam di perairan.

## 4.4 Hasil Analisis Cr(VI)

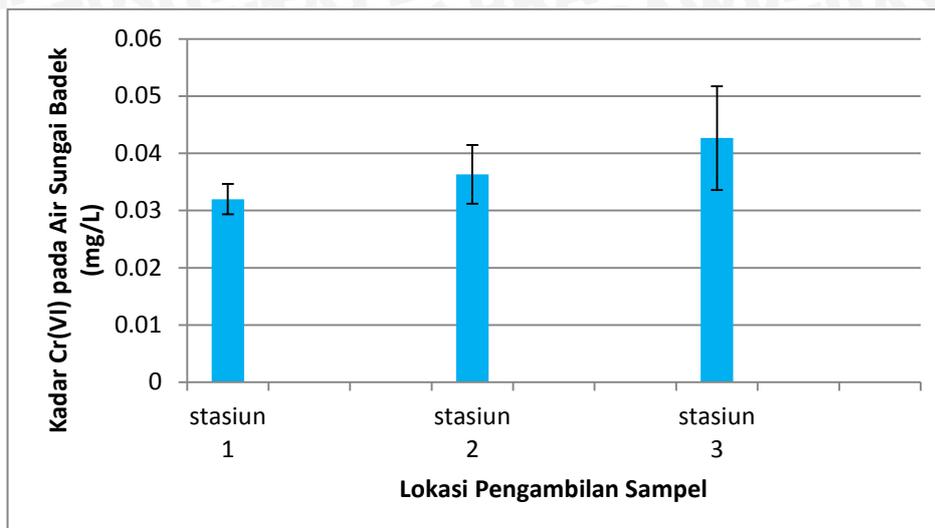
### 4.4.1 Konsentrasi Cr(VI) pada Air Sungai Badek

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa konsentrasi Cr(VI) pada air Sungai Badek di kawasan industri penyamakan kulit dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2. Konsentrasi Cr(VI) pada Air Sungai Badek**

Ulangan	Stasiun Pengambilan Sampel			Standar Maksimal
	1	2	3	
1	0,030	0,032	0,053	0,5 (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013)
2	0,031	0,045	0,036	0,5 (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013)
3	0,035	0,035	0,039	0,5 (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013)
Rata-rata	0,032	0,036	0,042	0,5 (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013)
SD	0,002	0,005	0,009	

Hasil dari konsentrasi Cr(VI) pada air Sungai Badek menunjukkan kadar logam berat rata-rata pada Stasiun 1 mendapatkan hasil sebesar 0,032 mg/L dengan standar devisasinya 0,002; rata-rata Stasiun 2 mendapatkan hasil sebesar 0,036 mg/L dengan standar devisasinya 0,005; sedangkan rata-rata Stasiun 3 mendapatkan hasil sebesar 0,042 mg/L dengan standar devisasinya 0,009 hasil pengukuran bila dilihat dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Atau Kegiatan Usaha Lainnya tergolong rendah sekali dan dibawah ambang batas yang telah ditentukan yaitu sebesar 0,5 mg/L. Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat di perairan, disebabkan oleh banyaknya masukan limbah logam berat ke dalam perairan, sehingga semakin besar limbah masuk ke dalam suatu perairan, maka semakin besar pula konsentrasi logam berat di perairan tersebut (Sarjono, 2009).



**Gambar 7. Grafik Kadar Cr(VI) pada Air Sungai Badek (mg/L)**

Kadar Cr(VI) tertinggi diperoleh di stasiun 3 yaitu lokasi yang dekat dengan pipa pembuangan limbah cair pabrik penyamakan kulit sebesar 0,042 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perairan sungai Badek telah mengandung logam berat Cr dan sudah mendekati ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air bahwa kadar logam kromium (Cr) maksimum yang dapat dikonsumsi adalah 0,05 mg/L. Dari ketiga stasiun dan tiga kali pengulangan didapatkan hasil bahwa kandungan Cr pada Sungai Badek masih dibawah baku mutu. Namun apabila hal tersebut tidak mendapat perhatian lebih dari pihak pemerintah, instansi terkait selaku produsen dan masyarakat disekitar Sungai Badek makan pencemaran akan semakin terjadi dan merubah status keadaan Sungai Badek yang semula sedang menjadi tercemar. Selain itu salah satu faktor yang menyebabkan nilai Cr(VI) yang diteliti rendah dikarenakan bahwa ketika peneliti melakukan pengambilan sampel pada saat itu pabrik penyamakan kulit sedang tidak melakukan produksi, hal inilah yang akhirnya membuat analisis kandungan logam berat saat peneliti melakukan uji pendahuluan diperoleh hasil sebesar

3,33 mg/L dengan penelitian yang sesungguhnya menjadi berbeda jauh. Apabila dilihat secara fisik kondisi Sungai Badek yang keruh dan bau juga mengindikasikan bahwa telah terjadi pencemaran. Menurut Herlambang (2005), pencemaran lingkungan dapat dikenali dengan mudah melalui indra mata, rasa, dan penciuman. Dengan mata dapat dikenali melalui air sungai yang tercemar berwarna keruh atau hitam, asap pabrik yang hitam pekat, dengan lidah dapat pula dikenali air yang tidak normal, asam atau getir, dengan indra penciuman adanya pencemaran dapat diidentifikasi sumbernya, proses yang sedang berjalan, serta bau yang ditimbulkan menyengat. Selain itu pencemaran Sungai Badek juga terlihat secara biologi yaitu dengan ditemukannya larva *Chironomidae* disekitar batu dekat menempelnya biofilm dan sedimen pada Sungai Badek, oleh karena itu menurut Odum dan Muller (2011), dalam Farhani *et al.*, (2014) larva insekta ini sering dimanfaatkan sebagai bioindikator pencemaran lingkungan. batas toleransi dan sensitivitas masing-masing spesies *Chironomid* berbeda sehingga dapat menjadi indikator yang sempurna bagi pencemaran organik, kontaminasi logam berat maupun degradasi habitat.

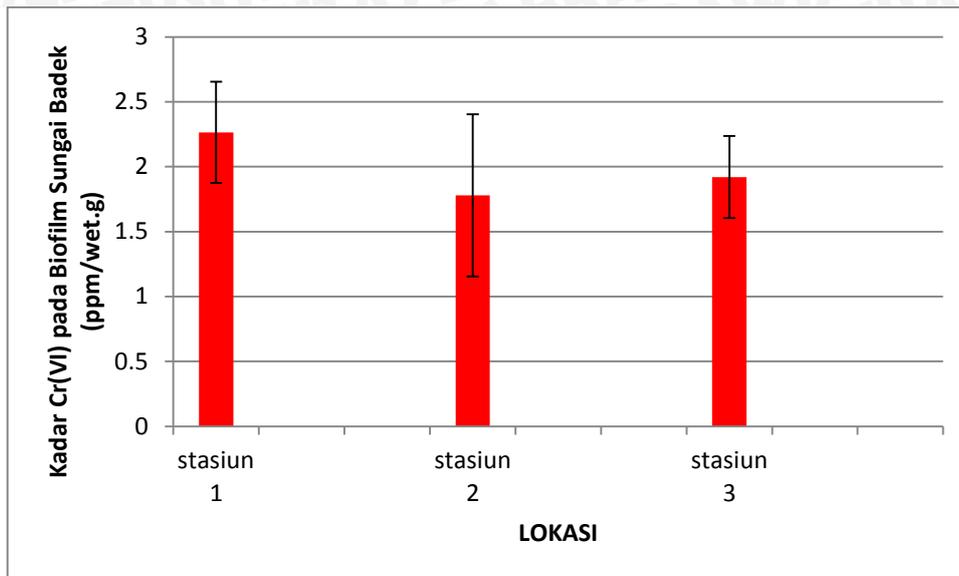
#### 4.4.2 Konsentrasi Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kandungan Cr(VI) pada biofilm Sungai Badek di kawasan industri penyamakan kulit dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Table 3. Konsentrasi Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek

Ulangan	Stasiun Pengambilan Sampel			Standar Maksimal
	1	2	3	
1	2,26	2,14	1,55	0,05 (Permen RI No. 82 Tahun 2001)
2	1,87	1,05	2,13	0,05 (Permen RI No. 82 Tahun 2001)
3	2,65	2,13	2,07	0,05 (Permen RI No. 82 Tahun 2001)
Rata-rata	2,26	1,78	1,92	0,05 (Permen RI No. 82 Tahun 2001)
SD	0,38	0,62	0,31	

Menurut Suhendrayat (2001) dalam Onrizal (2005), mekanisme penyerapan logam berat oleh biofilm dapat digolongkan menjadi dua, yaitu *pasif uptake* dan *aktif uptake*. Mekanisme *pasif uptake* menurut Makkasau *et al.*, (2011) merupakan proses biosorpsi secara bolak-balik dan cepat dengan 2 cara yaitu pertukaran ion dan pembentukan senyawa kompleks tanpa melibatkan proses metabolisme (*aktif uptake*). Selanjutnya, Kurniawan (2009) juga melaporkan bahwa adsorpsi kation pada biofilm terjadi melalui proses fisika kimia. Proses penyerapan kromium oleh biofilm pada penelitian ini diperkirakan terjadi melalui dua proses yaitu melalui interaksi muatan listrik dan mekanisme pertukaran ion. Interaksi muatan listrik terjadi karena biofilm mempunyai muatan listrik negatif pada polimernya, sehingga ion logam berat dapat terikat pada polimer biofilm tersebut. Mekanisme pertukaran ion diperkirakan terjadi ketika logam berat kromium dari air sekitar biofilm menggantikan kation yang sebelumnya terikat pada polimer biofilm. Studi yang dilakukan Kurniawan (2009), juga melaporkan bahwa biofilm memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi untuk kation dibandingkan anion, alasan yang mungkin untuk menjelaskan fakta ini adalah biofilm memiliki banyak situs bermuatan negatif daripada situs positif



**Gambar 8. Grafik Kadar Cr(VI) pada Biofilm Sungai Badek**

Hasil dari konsentrasi Cr(VI) pada biofilm Sungai Badek menunjukkan akumulasi logam berat rata-rata pada Stasiun 1 mendapatkan hasil sebesar 2,264 ppm/wet.g dengan standar devisasinya 0,389; rata-rata Stasiun 2 mendapatkan hasil sebesar 1,780 ppm/wet.g dengan standar deviasinya 0,624; sedangkan rata-rata Stasiun 3 mendapatkan hasil sebesar 1,920 ppm/wet.g dengan standar deviasinya 0,315 nilai konsentrasi ini jauh melebihi standar baku mutu untuk logam berat Cr(VI) menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran yang mensyaratkan kadar maksimal konsentrasi Cr(VI) yang boleh dikonsumsi sebesar 0,05 mg/L. Menurut Teitzel dan Parsek (2003) dalam Chasanah (2007), biofilm mempunyai ketahanan terhadap logam kromium. Terbukti bahwa ternyata biofilm yang diteliti mampu menyerap logam berat kromium Cr(VI) yang telah mencemari Sungai Badek.

Proses penyerapan Cr(VI) oleh biofilm pada penelitian ini terjadi melalui dua proses yaitu melalui interaksi muatan listrik dan mekanisme pertukaran ion. Interaksi muatan listrik terjadi dimana biofilm mempunyai elektron muatan negatif

pada polimernya, sehingga ion logam berat akan dibebankan pada polimer biofilm tersebut. LogamCr(VI) akan menempati polimer biofilm yang memiliki muatan listrik negatif tersebut, sehingga dengan begitu logam Cr(VI) akan terikat dalam biofilm. Mekanisme penyerapan lainnya dapat terjadi dengan proses pertukaran ion (Rompas, 2010).

Proses ini diperkirakan terjadi ketika ion yang ada pada air sekitar biofilm menggantikan ion yang sebelumnya terikat pada polimer biofilm, sehingga diduga ion logam Cr(VI) menggantikan ion yang ada di biofilm. Pernyataan mengenai adanya pertukaran ion tersebut diungkapkan oleh Kurniawan (2009), yang melaporkan bahwa ion yang terikat di biofilm akan digantikan dengan ion yang ada pada air sekitar biofilm.

Selain itu salah satu sifat biofilm adalah akumulator hal ini juga diperkuat oleh pernyataan He Fang *et al.*, (2004) dalam Sastrawidana *et al.*, (2008) biofilm menghasilkan densitas populasi lebih tinggi dan stabil, lebih tahan terhadap perubahan kondisi lingkungan sehingga dalam penggunaannya pada pengolahan limbah mampu menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran air dan alternatif pengolahan limbah.

Kromium bisa mencemari lingkungan baik di air, tanah dan udara. Salah satu mekanisme Cr dapat masuk pada manusia adalah melalui udara dalam bentuk partikel-partikel dan debu yang akhirnya terhirup masuk pada paru-paru manusia. Kromium yang masuk dalam paru-paru larut dalam sel darah seterusnya ikut terbawa ke seluruh tubuh bersama peredaran darah. Setelah itu masuk dalam tubuh dan akan ikut dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh berinteraksi dengan macam-macam unsur biologis yang dapat menyebabkan terganggunya proses metabolisme (Palar, 2012). Sedangkan menurut Widowati, *et al.* (2008) dalam Apriliani (2010), keracunan akut akibat terpapar kromium (Cr) dapat mengakibatkan kanker pada alat pencernaan, iritasi mata dan kulit, kanker

paru-paru, pembengkakan dan kemerahan pada kulit, sedangkan keracunan kronis akibat terpapar kromium (Cr) dapat menyebabkan gangguan alat pernafasan, bronkitis, penurunan fungsi paru-paru, asma, gangguan pada hati, ginjal, alat pencernaan, dan sistem imunitas.



## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kandungan Cr(VI) dalam air Sungai Badek akibat dari limbah industri penyamakan kulit bila dilihat dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Atau Kegiatan Usaha Lainnya tergolong rendah sekali dan dibawah ambang batas yang telah ditentukan yaitu sebesar 0,5 mg/L pencemaran yang terjadi masih dalam batas wajar namun tetap beresiko adanya peningkatan kandungan Cr(VI) pada Sungai Badek bila tidak dilakukan kontrol terhadap pembuangan limbah industri maupun kondisi kualitas air Sungai Badek.
2. Tingkat akumulasi Cr(VI) dalam biofilm Sungai Badek akibat dari limbah industri penyamakan kulit bila dilihat dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran yang mensyaratkan kadar maksimal konsentrasi Cr(VI) yang boleh dikonsumsi sebesar 0,05 mg/L jauh melebihi abang batas yang ditentukan.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat peneliti berikan dengan adanya penelitian ini adalah perlunya penelitian lebih lanjut mengenai biofilm pada perairan tercemar dan identifikasi bakteri dari mikroorganisme yang membentuk bofilm, sifat biofilm yang ternyata mampu mengakumulasi logam berat khususnya Cr(VI) dapat dijadikan sebagai alternatif baru dalam pengolahan limbah atau *water treatment* secara biologi yang ramah lingkungan, mudah dan lebih efektif. Kemudian penelitian ini

repository.ub.ac.id

diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran kepada pemerintah untuk membuat kebijakan mengenai pengelolaan limbah dan pencemaran tidak hanya di air saja namun juga pada biofilm.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan S.S. Santika . 1984. Metod Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya.
- Annachhatre,A.P. dan S.M.R. Bhamidimarri. 1992. Microbial attachment and growth in fixed-film reactors: Process startup considerations.
- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb, Dan Cr Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna Viridis L*) Di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Apriliani, A. 2010.Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah.Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Asmadi, E. S. dan W. Oktawan. 2009. Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery menggunakan Senyawa Alkali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$  dan  $\text{NaHCO}_3$  (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *JAI.5(1)*: 41–54.
- Barus, T. 2002. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi Fakultas MIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Boyd, C. E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture.*Journal of Scientific*. Amsterdam.
- Buana.A., dan D. Wardani. 2014. Biofilm dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan. Universitas Diponegoro.
- 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.
- Connel dan Miller. 2006. Kimia dan Etoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Darmono.2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran.UI-Press. Jakarta.
- Das N, Lakshmi V. Geetanjali B, J. S Salam, dan E. A. Abigail M. 2012. Application of Biofilms on Remediation of Pollutants – An Overview.Scholars Research Library.Microbiol.Biotech.,**2(5)**:783-790
- Davies, G., M.R. Parsek., J.P. Pearson., B.H. Iglewski., J.W. Costerton dan E.P. Greenberg. 1998. The Involvement of Cell-to-Cell Signals in the Development of a Bacterial Biofilm. *Journal Science*.**2(8)**: 295-297.
- Diantariani, N.P., I.W. Sudiarta dan N.K. Elantiani. 2008. Proses Biosorpsi dan Desorpsi Cr (VI) Pada Biosorben Rumput Laut *Euचेuma spinosum*. *Jurnal Kimia***2(1)**: 45-52.

- Dokken, G., G.I. Herrera., K.J. Tiemann., N.E. Pingitore., R.RChianelia dan J.L. Gardea-Torrisedey. 1999. Characterization of Cromium(VI) Bioreduction and Cromium(III) Binding to Alfalfa Biomass. Conference on Hazardous Waste Research, environmental Changes and Solution to Resource Development, Production and Use.
- Donlan, P.Z. 2000. Introduction to Biofilms. Department of Pathology, Medical School, West Virginia University, Morgantown, WV, USA
- Effendie, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Fajar, M., Z. Alfian dan H. Agusnar. 2013. Penentuan Kadar Unsur Besi, Kromium dan Aluminium Dalam Air Baku dan Pada Pengolahan Air Bersih di Tanjung Gading Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sainia Kimia*. **1(2)**.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.
- Farhani, S.A., Y. Wardianto., M. Kristanti. 2014. Perbandingan Kelimpahan Larva *Chironomidae* di Dua Danau Berbeda di Propinsi Jambi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. **19(3)**: 183-188.
- Goldman, C.R dan A.J Horne. 1983. Lymnology. Mc Graw Hill International Book Company. Auckland.
- Hanum.W.E dan A. F. Ridwan. 2013. Efektivitas Biofilm *Pseudomonas Putida* dengan Medium Pendukung Pipa Pvc dan Tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar Kromium (Cr) Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Herlambang, A. 2005. Penghilang Bau secara Biologi dengan Biofilter Sintetik. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **1(1)**: 99-112.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan laut. *Jurnal Oseana*. **IX(1)**: 12-19.
- Jalaluddin, M.N. dan Ambeng. 2005. Analisis logam berat (Pb, Cd, Dan Cr) pada Kerang Laut (*Hiatula chinensis*, *Anadara granosa*, dan *Marcia optima*). *Journal Kimia FMIPA*. **6(2)**: 17-20.
- Jayanegara, A., A.S.Tjakradjaja., T. Sutardi. 2005. Fermentabilitas dan Kecernaan *In Vitro* Ransum Limbah Agroindustri yang Disuplementasi Kromium Anorganik Dan Organik. *Jurnal Peternakan*. **29(2)**: 54-62.
- Joko, T. 2003. Penurunan Kromium (cr) dalam Limbah Cair Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Senyawa Alkali  $\text{Ca(OH)}_2$ , NaOH dan  $\text{NaHCO}_3$ . *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. **2(2)**.
- Kordi, K dan A. Tancung. 2005. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Rineka Cipta. Jakarta.

Kurniawan, A. 2009. Nutrient-rich Microhabitats within Biofilms are Synchronized with the External Environment. *Ritsumeikan University*. **24(1)** : 43-51.

Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Andi Offset. Yogyakarta.

Makkasau, A., M. Sjahrul, M. N Jalaluddin., dan I. Raya. 2011. Teknik Fitoremediasi Fitoplankton Suatu Alternatif Pemulihan Lingkungan Laut yang Tercemar Ion Logam  $Cd^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$ . *Pendidikan Guru Sekolah Dasar*. **7(2)**: 155-168.

Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Musfiqon, H.M. 2012. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Prestasi Pustaka. Jakarta.

Nasution, S. 2011. *Metode Research : Penelitian Ilmiah*. Bumi Aksara : Jakarta.

Onrizal. 2005. *Restorasi Lahan Terkontaminasi Logam Berat*. Jurusan Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.

Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta. Jakarta.

\_\_\_\_\_. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta. Jakarta.

Peraturan Gubernur Jawa Timur Tanggal 16 Oktober 2013 Nomor 72 Tahun 2013. *Baku Mutu Bagi Kegiatan Industri Lain*. Propinsi Jawa Timur.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Prasetyo, B. dan L. Miftahul. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Teori dan Aplikasi*. PT Raja Grafindo Persada: Jakarta.

Pratiwi, D.T. 2013. Penentuan Kadar Kromium Dalam Limbah Industri Melalui Pemekatan Dengan Metode Kopresipitasi Menggunakan Cu-Pirolidin Dithiokarbamat. *Jurnal Kimia*.

Rao, V., R. Ghei, and Y. Chambers. 2005. Biofilms Research-Implications to Biosafety and Public Health. *Applied Biosafety*. **10(2)**: 83-90.

Rompas, R.M. 2010. *Toksikologi Kelautan*. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia. Jakarta.

Said, N.I dan Firly. 2005. Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **1(3)**.

Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana*. **XXX(3)**: 1-6.

Sarjono, A. 2009. Analisis kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan kamal Muara, Jakarta Utara. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Sastrawidana, D.K dan I.N Sukarta. 2013. Uji Coba Teknologi Biofilm Konsorsium Bakteri Pada Reaktor Semianaerob-Aerob Untuk Pengolahan Air Limbah Di Industri Pencelupan Tekstil Skala Rumah Tangga. *Jurnal Sains dan Teknologi*. **2(1)**

Sastrawidana, D.K., B.W Lay., A.M Fauzi., dan D.A Santoso. 2008. Pengolahan Limbah Tekstil Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik Menggunakan Biofilm Bakteri Konsorsium dari Lumpur Limbah Tekstil. *Jurnal Ecotrophic* **3(2)**: 55-56.

Simanjuntak, M. 2012. Kualitas Air Laut di Tinjau dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. Dalam *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. **4(2)**: 290-303.

Sudjana, N dan Ibrahim. 1989. Penelitian dan Penilaian Pendidikan. Sinar Baru. Bandung.

Sudiarta, W., N.P. Diantariani dan D.A. Yulihastuti. 2010. Biosopisi Cr (III) pada Biosorben Sabut Kelapa Teraktiviasi Amonium Hidroksidan (NH<sub>4</sub>OH). *The Excellence Research*. Universitas Udayana. Bali.

Sugiarto, dan D. Siagian. 2000. Metode Statistika untuk Bisnis dan Ekonomi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Sugiharto. 1987. Dasar – dasar Pengelolaan Air Limbah. UI – Press. Jakarta.

Suhendrayatna. 2001. Bioremoval logam berat dengan menggunakan microorganism: suatu kajian kepustakaan. Disampaikan pada seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. *Journal of Technology*. **1(14)**.

Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.

Suryabrata, S. 1980. Metode Penelitian. CV Rajawali. Jakarta.

SNI. 1999. Metode Pengukuran Kualitas Air. Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta.

SNI. 2004. Metode Pengukuran Kualitas Air. Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta.

Wardhana, W.A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Yogyakarta. Yogyakarta.

[www.keckedungkandangmalang.com](http://www.keckedungkandangmalang.com) Website Resmi Kecamatan Kedungkandang Malang. Diakses pada 9 April 2015.

Zulnaidi. 2007. Metode penelitian. Fakultas Sastra Universitas Sumatera Utara. Medan.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

No.	Parameter	Alat	Bahan
1.	Suhu	- Thermometer Hg	- Air Sampel
2.	pH	- pH Meter	- Air Sampel
3.	Oksigen Terlarut (DO)	- DO meter	- Air Sampel
4.	Biofilm	- Toples Plastik - Cool Box - Sikat Gigi - Pinset - Pipet tetes - Sentrifugator	- Air Sampel - Aquades - Kertas Label - Tissue
5.	Kromium (Cr)	- Pipet Ukur - Pipet Tetes - Erlenmeyer 250 mL - Beaker glass - Gelas Ukur - Cawan Penguap - Spatula - Washing bottle - <i>Cuvet</i> - <i>Spetrofotometer</i> - Timbangan Analitik Mettler, Swiss AD-204 - <i>Spektrofotometer Genesys 20</i>	- Aquades - Serbuk Kaliumdikromi mat ( $K_2Cr_2O_7$ )



Lampiran 3. Foto Kegiatan Penelitian



Batu tempat melekatnya biofilm



Pemisahan biofilm dari media dengan cara disikat



Biofilm yang berhasil disikat dari batu



Biofilm yang akan dianalisis kandungan Cr(VI)