

**PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI  
*Nitrococcus Sp.* SECARA AEROB TERHADAP  
KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR PEMBEKUAN IKAN**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :  
**ENI FIDIAWATI  
NIM. 0610830041**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2010**

**PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI  
*Nitrococcus Sp.* SECARA AEROB TERHADAP  
KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR PEMBEKUAN IKAN**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

Oleh :  
**ENI FIDIAWATI**  
NIM. 0610830041



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2010**

**PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI  
*Nitrococcus Sp.* SECARA AEROB TERHADAP  
KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR PEMBEKUAN IKAN**

Oleh:  
**ENI FIDIAWATI**  
NIM. 0610830041

telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 29 Oktober 2010  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

(Ir. Darius, M. Biotech)  
Tanggal: \_\_\_\_\_

(Ir. Yahya, MP)  
Tanggal: \_\_\_\_\_

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

(Rahmi Nurdiani, S,Pi, M.App, Sc)  
Tanggal: \_\_\_\_\_

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)  
Tanggal: \_\_\_\_\_

Mengetahui  
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)  
Tanggal: \_\_\_\_\_

## RINGKASAN

**ENI FIDIAWATI.** Skripsi tentang pengaruh penambahan bakteri *Nitrococcus sp.* secara aerob terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan (di bawah bimbingan Ir. Yahya, MP dan Dr. Ir. Happy Nursyam, MS).

---

Limbah hasil perikanan dapat berbentuk padatan, cairan atau gas. Limbah berbentuk padat berupa potongan daging ikan, sisik, insang atau saluran pencernaan. Limbah ikan yang berbentuk cairan antara lain darah, lendir dan air cucian ikan. Sedangkan limbah ikan yang berbentuk gas adalah bau yang ditimbulkan karena adanya senyawa amonia, hidrogen sulfida atau keton. Terus bertambahnya industri perikanan mengakibatkan volume limbah bertambah. Begitu juga dengan volume limbah cair. Air yang tercemar oleh limbah akan menimbulkan berbagai masalah bagi kehidupan dan lingkungan sekitar. Ikan yang hidup di air yang tercemar oleh limbah akan membawa dampak negatif jika dikonsumsi manusia. Jika kadar nitrit yang terbawa oleh ikan melebihi batas dapat mengakibatkan berbagai penyakit diantaranya methemoglobinemia. Oleh karena itu, dengan adanya penelitian mengenai pengaruh bakteri *Nitrococcus sp* dalam limbah cair ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas air akibat pencemaran limbah sehingga dampak negatif akibat pencemaran limbah dapat berkurang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *Nitrococcus sp* terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan. Dan untuk mengetahui konsentrasi yang paling efektif dalam menurunkan kandungan negatif yang ada dalam limbah cair industri pembekuan ikan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang pada bulan April-Juni 2010.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode deskriptif yaitu metode yang menggambarkan suatu keadaan atau kejadian. Selain itu dilakukan beberapa analisa untuk menentukan parameter yang dibutuhkan agar limbah cair yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu limbah cair.

Limbah cair yang berasal dari pabrik pembekuan ikan diambil dan dimasukkan ke dalam cool box. Bakteri *Nitrococcus sp* dikultur dengan menambahkan media cair Trypticase Soy Broth (TSB) dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah itu dimasukkan ke dalam limbah cair pembekuan ikan yang telah diencerkan dengan konsentrasi 100%, 75%, dan 50% air limbah. Penambahan bakteri ( $10^6$  CFU/ml) pada limbah cair berjumlah 2 ml, 4 ml, dan 6 ml sesuai dengan masing-masing perlakuan. Lalu diuji parameternya selama 5 hari sekali hingga hari ke 15. Parameter yang diujikan adalah amonia, nitrat, nitrit, pH, protein, kadar lemak, BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), dan DO (Dissolved Oxygen).

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa *Nitrococcus sp* secara optimal mampu menurunkan kandungan negatif dalam limbah cair pembekuan ikan pada konsentrasi penambahan bakteri 6 ml/1000 ml dengan konsentrasi limbah 50% dan dalam waktu 15 hari.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufiq serta hidayah-Nya penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Bakteri *Nitrococcus sp.* secara Aerob Terhadap Karakteristik Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan” dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Yahya M.P dan Bapak Dr. Happy Nursyam, M.S selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
2. Bunda, Ayah, kakak, adik dan masku tercinta, yang selalu menengadahkan tangan memohon kepada-Nya dan memberi dorongan spiritual demi kelancaran penulisan ini.
3. Bapak Ir. Darius, M.Biotech dan Ibu Rahmi Nurdiani, S.Pi, M.App, Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, koreksi dan saran untuk perbaikan penulisan skripsi ini.
4. Bapak pimpinan PT. 689 yang telah memberikan ijin untuk pengambilan sampel penelitian.
5. Seluruh teman-teman seperjuangan, terimakasih atas persahabatan dan kebersamaan selama ini semoga tidak akan pernah putus, serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Malang, 8 November 2010

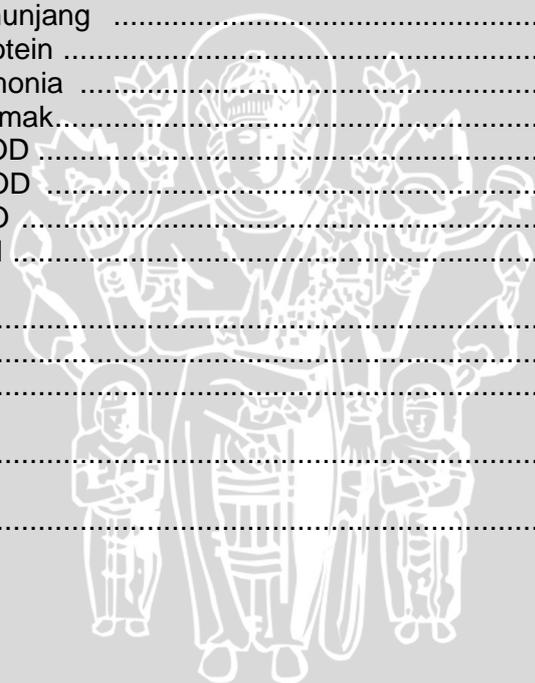
Penulis

## DAFTAR ISI

## Halaman

<b>RINGKASAN</b> .....	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>ii</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 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Kegunaan Penelitian .....	5
1.5 Hipotesa .....	5
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Limbah Cair .....	7
2.1.1 Karakteristik Limbah Cair .....	7
2.1.2 Limbah Cair Pembekuan Ikan .....	9
2.2 Pengolahan limbah .....	10
2.3 Bioremediasi .....	11
2.4 Parameter Pengolahan Limbah Cair .....	13
2.4.1 DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> /Oksigen terlarut) .....	13
2.4.2 BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) .....	14
2.4.3 COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	16
2.4.4 pH .....	17
2.4.5 Padatan .....	18
2.4.6 Amonia (NH <sub>3</sub> ) .....	20
2.4.7 NO <sub>2</sub> (Nitrit) .....	22
2.4.8 Nitrat .....	23
2.4.9 Protein .....	23
2.4.10 Lemak .....	25
2.5 Nitrifikasi .....	26
2.6 <i>Nitrococcus sp</i> .....	27
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
3.1 Materi Penelitian .....	29
3.1.1 Bahan penelitian .....	29
3.1.2 Alat penelitian .....	29
3.2 Metode Penelitian .....	30
3.2.1 Metode .....	30
3.2.2 Variabel penelitian .....	30
3.2.3 Rancangan penelitian .....	30
3.3 Prosedur Penelitian .....	31
3.3.1 Pengambilan sampel limbah cair .....	31
3.3.2 Pembuatan media .....	31
3.4 Parameter dan Metode Pengukuran Peubah-Peubah .....	32
3.4.1 Parameter Utama .....	32

3.4.1.1 Analisis Nitrat .....	32
3.4.1.2 Analisis Nitrit .....	32
3.4.2 Parameter Penunjang .....	33
3.4.2.1 Analisis Protein .....	33
3.4.2.2 Analisis Amonia .....	34
3.4.2.3 Analisis Lemak .....	34
3.4.2.4 Analisis BOD .....	35
3.4.2.5 Analisis COD .....	36
3.4.2.6 Analisis DO .....	37
3.4.2.7 Analisis pH .....	37
3.5 Skema Kerja Penelitian .....	39
<b>4.HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Pembiakan Kultur Bakteri .....	42
4.2 Pengaruh <i>Nitrococcus sp</i> terhadap Limbah cair Pembekuan Ikan ....	42
4.3 Parameter Utama .....	44
4.3.1 Kadar Nitrit .....	44
4.3.2 Kadar Nitrat .....	48
4.4 Parameter Penunjang .....	50
4.4.1 Kadar protein .....	50
4.4.2 Kadar Amonia .....	51
4.4.3 Kadar Lemak.....	55
4.4.4 Kadar BOD .....	57
4.4.5 Kadar COD .....	59
4.4.6 Kadar DO .....	61
4.4.7 Kadar pH .....	63
<b>5. PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>

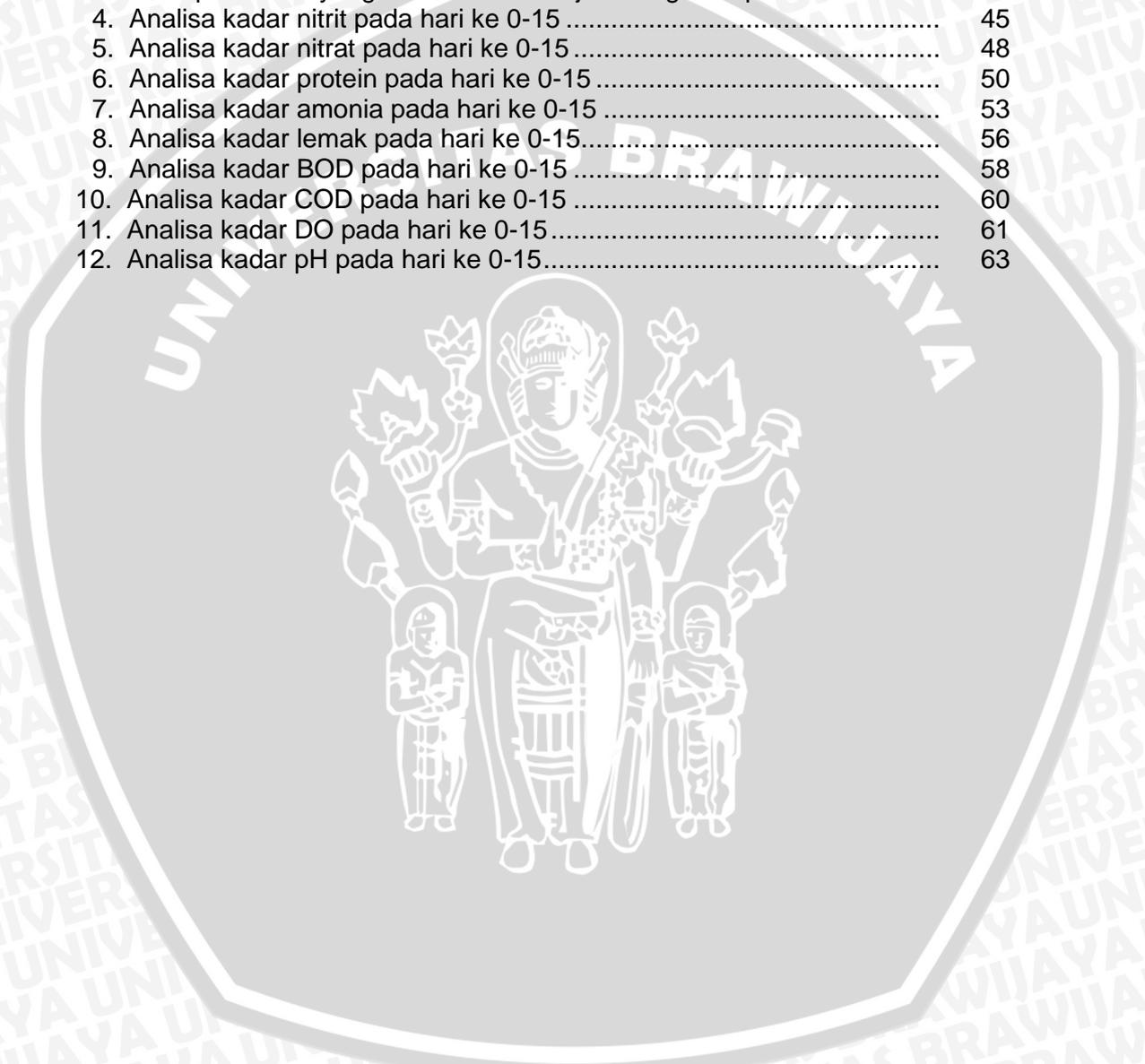


## DAFTAR TABEL

**Tabel**

**Halaman**

1. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan nilai DO, BOD dan COD ..	17
2. Data analisa kadar limbah pabrik pembekuan ikan.....	42
3. Baku mutu limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan hasil perikanan yang melakukan satu jenis kegiatan perikanan .....	44
4. Analisa kadar nitrit pada hari ke 0-15 .....	45
5. Analisa kadar nitrat pada hari ke 0-15 .....	48
6. Analisa kadar protein pada hari ke 0-15.....	50
7. Analisa kadar amonia pada hari ke 0-15 .....	53
8. Analisa kadar lemak pada hari ke 0-15.....	56
9. Analisa kadar BOD pada hari ke 0-15 .....	58
10. Analisa kadar COD pada hari ke 0-15 .....	60
11. Analisa kadar DO pada hari ke 0-15.....	61
12. Analisa kadar pH pada hari ke 0-15.....	63



## DAFTAR GAMBAR

### Gambar Halaman

1. <i>Nitrococcus sp.</i> .....	28
2. Skema kerja penelitian .....	39
3. Proses sterilisasi alat dan media menggunakan autoclave .....	41
4. Penanaman bakteri pada media yang telah disterilisasi .....	41
5. Media yang sudah ditumbuhi bakteri .....	42
6. Limbah pada hari pertama sebelum diberi bakteri .....	43
7. limbah setelah diaerasi selama 15 hari.....	46
8. Siklus nitrogen.....	47
9. Kurva ideal respon bakteri nitrifikasi terhadap senyawa nitrogen.....	49
10. Sampel setelah ditambahkan pereaksi nesler .....	52
11. Pengukuran kadar amonia menggunakan spektrometer .....	53



## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran Halaman

1. Hasil analisa kadar amonia .....	70
2. Hasil analisa kadar nitrit .....	71
3. Hasil analisa kadar nitrat .....	72
4. Hasil analisa kadar protein .....	73
5. Hasil analisa kadar lemak.....	74
6. Hasil analisa kadar BOD .....	75
7. Hasil analisa kadar COD .....	76
8. Hasil analisa kadar DO.....	77
9. Hasil analisa kadar pH .....	78
10. Hasil analisa kontrol amonia.....	79
11. Hasil analisa kontrol nitrit.....	80
12. Hasil analisa kontrol nitrat .....	81
13. Hasil analisa kontrol protein .....	82
14. Hasil analisa kontrol lemak.....	83
15. Hasil analisa kontrol BOD.....	84
16. Hasil analisa kontrol COD .....	85
17. Hasil analisa kontrol DO .....	86
18. Hasil analisa kontrol pH.....	87
19. Grafik analisa kadar Nitrit .....	88
20. Grafik analisa kadar Nitrat .....	89
21. Grafik analisa kadar protein.....	90
22. Grafik analisa kadar amonia.....	91
23. Grafik analisa kadar lemak .....	92
24. Grafik analisa kadar BOD.....	93
25. Grafik analisa kadar COD.....	94
26. Grafik analisa kadar DO .....	95
27. Grafik analisa kadar pH.....	96s

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berbagai jenis pencemar baik yang berasal dari sumber domestik maupun non domestik banyak memasuki badan air. Secara langsung maupun tidak langsung pencemar tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas air, baik untuk keperluan air minum, air industri ataupun untuk keperluan lainnya. Berbagai cara dan usaha telah banyak dilakukan agar kehadiran pencemaran terhadap air dapat dihindari, dikurangi atau minimal dapat dikendalikan (Suriawiria, 2009).

Limbah hasil perikanan dapat berbentuk padatan, cairan atau gas. Limbah berbentuk padat berupa potongan daging ikan, sisik, insang atau saluran pencernaan. Limbah ikan yang berbentuk cairan antara lain darah, lendir dan air cucian ikan. Sedangkan limbah ikan yang berbentuk gas adalah bau yang ditimbulkan karena adanya senyawa amonia, hidrogen sulfida atau keton (Ronquillo, 2009).

Air dari pabrik membawa sejumlah padatan dan partikel baik yang larut maupun mengendap. Bahan ini ada yang kasar dan halus. Kerap kali air dari pabrik berwarna keruh dan temperaturnya tinggi. Air yang mengandung senyawa kimia beracun dan berbahaya mempunyai sifat tersendiri. Air limbah yang telah tercemar memberikan ciri yang dapat diidentifikasi secara visual dapat diketahui dari kekeruhan, warna air, rasa, bau yang ditimbulkan dan indikasi lainnya (Rahayu, 2009).

Hasil samping dari proses industri yang sudah tidak berguna lagi (limbah) yang dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran. Pencemar air

yang berasal dari bahan organik dapat terurai menghasilkan amonium dengan konsentrasi tinggi, nitrat yang terkandung dapat diubah menjadi nitrit yang bersifat toksik (Widiastuti, 2008).

Nitrat adalah salah satu jenis senyawa kimia yang sering ditemukan di alam, seperti dalam tanaman dan air. Senyawa ini terdapat dalam tiga bentuk, yaitu ion nitrat ( $\text{ion-NO}_3$ ), kalium nitrat ( $\text{KNO}_3$ ), dan nitrogen nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Ketiga bentuk senyawa nitrat ini menyebabkan efek yang sama terhadap ternak meskipun pada konsentrasi yang berbeda (Stoltenow dan Lardy 1998; Cassel dan Barao 2000).

Sebenarnya nitrat tidak toksik terhadap hewan. Namun, konsumsi dalam jumlah yang berlebihan dan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keracunan, karena dengan bantuan bakteri rumen, nitrat akan direduksi menjadi nitrit yang 10 kali lebih toksik dari nitrat. Nitrat-nitrit yang menyebabkan keracunan pada ternak berasal dari tanaman atau hijauan pakan serta air minum yang tercemar nitrat (Cassel dan Barao 2000; Yuningsih 2007)

Dalam bahan limbah, nitrogen dapat berada dalam bentuk-bentuk amonia tereduksi sampai senyawa nitrat teroksidasi. konsentrasi tinggi dari berbagai bentuk nitrogen beracun terhadap fauna dan flora tertentu. Bentuk yang paling umum dari nitrogen yang ditemukan dalam air limbah adalah amonia, protein, nitrit dan nitrat (Jenie dan Rahayu, 1993).

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan (Fariz, 2010).

Menurut Fahmi (2005), terdapat banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kondisi lingkungan seperti semula. Namun bioremediasi dianggap paling mudah. Murah juga efisien karena bioremediasi hanya memanfaatkan organisme baik mikroorganisme maupun makroorganisme untuk mendegradasi zat pencemar.

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun (Brooker et al, 2008).

Telah dilakukan penelitian oleh Prasetya (2008) tentang "reduksi amoniak limbah cair industri tekstil dengan menggunakan kultur campuran bakteri *Nitrosomonas sp.* dan bakteri *Nitrobacter sp.*". Pengolahan dilakukan secara biologis secara nitrifikasi dan denitrifikasi dengan menambahkan kultur bakteri-bakteri *Nitrosomonas sp.* dan *Nitrobacter sp.* kedalam lumpur aktif (activated sludge), sebagai salah satu alternatif teknologi penanganan yang mudah, murah dan sederhana. Penyisihan nitrogen terjadi melalui dua mekanisme, yaitu nitrifikasi dan denitrifikasi, dimana dalam penelitian ini dilakukan secara simultan dalam satu reaktor dengan pengaturan proses aerasi, sehingga terbentuk zona aerobik dan zona anoksik.

Alam memiliki kemampuan untuk mengatasi limbah. Berbagai siklus yang terdapat di alam mampu mengatasi limbah. Meningkatnya konsentrasi limbah yang terlalu cepat akan menyebabkan siklus yang ada tidak mampu bekerja secara baik. Pada konsentrasi tertentu, kehadiran limbah dapat

berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah (Ronquillo, 2009).

Dalam penelitian ini bakteri yang digunakan untuk menguraikan kandungan negatif pada limbah adalah *Nitrococcus sp.* Penelitian ini secara umum bertujuan untuk menurunkan kandungan negatif dalam limbah cair serta untuk mengetahui hubungan antara bakteri *Nitrococcus sp.* dengan karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan. Di masa depan, bakteri *Nitrococcus sp.* diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan. Oleh karena itu diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai peranan *Nitrococcus sp.* dalam menguraikan kandungan negatif yang terdapat pada limbah cair industri pembekuan ikan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan studi pustaka *Nitrococcus sp.* adalah salah satu bakteri yang mampu mengoksidasi nitrit menjadi nitrat (Fitria, 2009). Dari uraian tersebut didapat permasalahan sebagai berikut:

- Apakah *Nitrococcus sp.* berpengaruh terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan ?
- Konsentrasi bakteri manakah yang paling efektif untuk menurunkan kandungan negatif dalam limbah cair industri pembekuan ikan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk:

- Mengetahui pengaruh *Nitrococcus sp* terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan ?
- Mengetahui konsentrasi bakteri yang paling efektif untuk menurunkan kandungan negatif dalam limbah cair industri pembekuan ikan?

#### 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah:

- Diduga adanya *Nitrococcus sp*, berpengaruh terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan ?
- Diduga pada konsentrasi bakteri tertentu *Nitrococcus sp* dapat menurunkan kandungan negatif dalam limbah cair industri pembekuan ikan.

#### 1.5 Kegunaan Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan:

- Memberikan informasi kepada masyarakat, lembaga, dan institusi lain mengenai pengaruh *Nitrococcus sp* terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan.
- Bagi industri tertentu *Nitrococcus sp* dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

#### 1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, dan Laboratorium

Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang pada bulan April-  
Juni 2010.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Limbah Cair

Limbah cair bersumber dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam sistem prosesnya. Di samping itu ada pula bahan baku mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air harus dibuang. Air terikut dalam proses pengolahan kemudian dibuang misalnya ketika dipergunakan untuk pencuci suatu bahan sebelum diproses lanjut (Rahayu, 2009).

Berdasarkan Undang-Undang RI Nomor 23 pasal 1 tahun 1997 tentang penolakan lingkungan hidup, menyatakan bahwa limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran atau merusak lingkungan hidup, kesehatan dan lingkungan hidup bagi manusia serta makhluk hidup disekelilingnya.

Menurut Suparman dan Suparmin (2002), limbah cair adalah gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan telarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perumahan, perdagangan, perkantoran), sumber industry dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan atau air hujan.

#### 2.2.1 Karakteristik Limbah Cair

Limbah memiliki karakter khas. Berdasarkan karakter tersebut limbah dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu limbah yang masih dapat dimanfaatkan dan sudah tidak dapat dimanfaatkan. Limbah perikanan berbentuk padatan, cairan dan gas. Limbah tersebut ada yang berbahaya dan sebagian lagi beracun. Limbah padatan memiliki ukuran bervariasi, mulai beberapa mikron hingga beberapa gram atau kilogram. Ikan rucah, yang jumlahnya banyak, merupakan limbah dengan bobot mencapai ratusan kilogram atau ton. Beberapa

limbah padatan masih dapat dimanfaatkan dan sisanya tidak dapat dimanfaatkan dan berpotensi sebagai pencemar lingkungan (Ronquillo, 2009).

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Upaya pemerintah untuk mengatasi limbah masih sulit dicapai. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan perikanan masih cukup tinggi, yaitu sekitar 20-30 persen (Ronquillo, 2009). Ditambahkan oleh Novita, dkk (2009), Limbah merupakan bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga dan merupakan sisa proses produksi.

Menurut Jenie dan Rahayu (1993), derajat limbah dalam pengolahan hasil laut sangat bervariasi. Setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan cairan dari pemotongan, pencucian dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan dan kulit, isi perut, kondensat dari operasi pemaskan, dan air pendingin dari kondensor.

Air bersih umumnya bening tidak berwarna. Perubahan warna dimungkinkan karena masuknya limbah. Dengan demikian, perubahan warna air dapat digunakan sebagai indikator masuknya limbah. Selain warna, timbulnya bau pada air merupakan indikator terjadinya pencemaran oleh limbah. Air yang bau dapat berasal dari limbah industri atau dari hasil degradasi bahan organik oleh mikroba. Mikroba pembusuk yang hidup dalam media budidaya ikan akan mengubah organik menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau (Ronquillo, 2009).

Air yang dibuang dari proses industri perikanan banyak mengandung nutrisi organik yang biasanya berupa nitrogen, dalam bentuk amonia, nitrat dan nitrit yang akan menyebabkan pencemaran pada badan air penerima, berupa penurunan kadar oksigen terlarut, merangsang pertumbuhan tanaman air,

memunculkan toksisitas terhadap kehidupan air, masalah bahaya kesehatan masyarakat, dan mempengaruhi kelayakan untuk penggunaan kembali air (River *et al* 1998; Ibrahim *et al* 2009).

### 2.1.2. Limbah Cair Pembekuan Ikan

Industri pengolahan hasil perikanan merupakan salah satu agroindustri yang memanfaatkan hasil perikanan sebagai bahan baku untuk menghasilkan suatu produk yang bernilai tambah lebih tinggi. Industri perikanan seperti juga industri-industri yang lain selain menghasilkan produk yang diinginkan, juga menghasilkan limbah baik limbah padat maupun limbah cair (Ibrahim, 2004).

Limbah hasil perikanan dapat berbentuk padatan, cairan atau gas. Limbah berbentuk padat berupa potongan daging ikan, sisik, insang atau saluran pencernaan. Limbah ikan yang berbentuk cairan antara lain darah, lendir dan air cucian ikan. Sedangkan limbah ikan yang berbentuk gas adalah bau yang ditimbulkan karena adanya senyawa amonia, hidrogen sulfida atau keton (Ronquillo, 2009).

Air dari pabrik membawa sejumlah padatan dan partikel baik yang larut maupun mengendap. Bahan ini ada yang kasar dan halus. Kerap kali air dari pabrik berwarna keruh dan temperaturnya tinggi. Air yang mengandung senyawa kimia beracun dan berbahaya mempunyai sifat tersendiri. Air limbah yang telah tercemar memberikan 577 ciri yang dapat diidentifikasi secara visual dapat diketahui dari kekeruhan, warna air, rasa, bau yang ditimbulkan dan indikasi lainnya (Rahayu, 2009).

Pada industri perikanan baik industri pengalengan, industri pembekuan (*cold storage*), tepung ikan, rumput laut dan lain-lain, sangat besar mengkonsumsi air yang digunakan untuk pengolahan, pencucian bahan baku dan peralatan, serta operasional peralatan pengolahan. Oleh karena itu air

limbah yang dikeluarkan (efluen) oleh industri perikanan sudah dipastikan besar volumenya (Ibrahim, 2004).

Jumlah limbah yang dikeluarkan masing-masing industri tergantung pada banyak produksi yang dihasilkan, serta jenis produksi. Untuk industri ikan dan makanan laut limbah air berkisar antara 79 m<sup>3</sup> sampai dengan 500 m<sup>3</sup> per hari (Rahayu, 2009).

## 2.2 Pengolahan Limbah

Berbagai teknik penanganan dan pengolahan limbah telah dikembangkan. Masing-masing jenis limbah membutuhkan cara penanganan khusus, berbeda antara jenis limbah yang satu dengan limbah lainnya (Ronquillo, 2009). Semua air limbah perlu dikarakterisasi terlebih dahulu sebelum rancangan proses dimulai. Sifat air limbah yang perlu diketahui adalah volume aliran, konsentrasi organik, sifat-sifat karakteristik dan toksisitas (Jennie dan Rahayu, 1993).

Tujuan pengolahan air buangan antara lain adalah (Sariawiria, 2003):

- a. Ditinjau dari segi kesehatan untuk menghindari penyakit menular. Karena air merupakan media terbaik untuk kelangsungan hidup mikroba penyebab penyakit menular.
- b. Ditinjau dari segi estetika untuk melindungi air terhadap bau dan warna yang tidak menyenangkan atau tidak diharapkan.
- c. Ditinjau dari segi kelangsungan kehidupan didalam air untuk kelompok hewan dan tanaman air.

Menurut Ronquillo (2009), berbagai teknik penanganan dan pengolahan limbah telah dikembangkan. Masing-masing jenis limbah membutuhkan cara penanganan khusus, berbeda antara jenis limbah yang satu dengan limbah

lainnya. Namun secara garis besarnya, teknik penanganan dan pengolahan limbah dapat dibagi menjadi penanganan dan pengolahan limbah secara fisik, kimiawi, dan biologis.

Berdasarkan pada karakteristik air pengolahan buangan dibedakan menjadi tiga cara utama (Waluyo, 2005) yakni:

- Pengolahan secara fisik, antara lain dengan cara filtrasi, evaporasi, skringing, sentrifugasi, flotasi, dan “referse-osmosis”.
- Pengolahan secara kimia, antara lain dengan cara, koagulasi, “ion exchange resin”, klorinasi, dan ozonisasi.
- Pengolahan secara biologis, antara lain dengan lumpur aktif, filter, trickling, kolam oksidasi, fermentasi metana (penguraian anaerobik), dekomposisi bahan-baha toksik, dan denitrifikasi.

### **2.3 Bioremediasi**

Bioremediasi adalah salah satu usaha untuk memperbaiki atau memulihkan lingkungan yang telah tercemar atau telah mengalami penurunan kualitas menjadi seperti semula sesuai dengan fungsinya dengan menggunakan organisme baik mikroorganisme maupun makroorganisme. Proses utama dalam bioremediasi adalah biodegradasi, biotransformasi dan biokatalis (Fahmi, 2005).

Menurut Onyonx (2008), bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air).

Sejak tahun 1900an, orang-orang sudah menggunakan [mikroorganisme](#) untuk mengolah air pada saluran air. Saat ini, bioremediasi telah berkembang pada perawatan limbah buangan yang berbahaya (senyawa-senyawa kimia yang sulit untuk didegradasi), yang biasanya dihubungkan dengan kegiatan industri. Yang termasuk dalam polutan-polutan ini antara lain logam-logam berat, [petroleum hidrokarbon](#), dan senyawa-senyawa organik terhalogenasi seperti [pestisida](#), [herbisida](#), dan lain-lain. Banyak aplikasi-aplikasi baru menggunakan [mikroorganisme](#) untuk mengurangi polutan yang sedang diujicobakan. Bidang bioremediasi saat ini telah didukung oleh pengetahuan yang lebih baik mengenai bagaimana polutan dapat didegradasi oleh mikroorganisme, identifikasi jenis-jenis [mikroba](#) yang baru dan bermanfaat, dan kemampuan untuk meningkatkan bioremediasi melalui teknologi [genetik](#) (Brooker *et al.* 2008).

Menurut Fahmi (2005), pada bioremediasi mikrobial terdapat faktor-faktor utama yang menentukan yaitu populasi mikroba, konsentrasi nutrien, pasokan oksigen, suhu dan kelembaban. Bioremediasi berdasarkan lokasi terdapat 2 macam yaitu bioremediasi in situ (proses bioremediasi yang digunakan berasal pada tempat limbah tersebut) dan bioremediasi ex situ (bioremediasi yang dilakukan dengan mengambil limbah tersebut lalu ditreatmen di tempat lain, setelah itu baru dikembalikan ditempat asal).

Bioremediasi yang melibatkan mikroba terdapat 3 macam yaitu merangsang pertumbuhan mikroba endogenik (biostimulasi), menambahkan mikroba yang sudah beradaptasi pada daerah yang tercemar sehingga meningkatkan kemampuan populasi mikroba endogen (bioaugmentasi) dalam biotransformasi, dan terakhir bioremediasi tanpa campur tangan manusia (bioremediasi intrinsik) (Argo, 2007).

## 2.4 Parameter Pengolahan Limbah

Dalam pengolahan air limbah industri dikenal 3 parameter utama yaitu:

(1) Oksigen terlarut (OT) atau Dissolved Oxygen (DO), (2) Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) atau Biological Oxygen Demand (BOD) dan (3) Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) atau Chemical Oxygen Demand (COD) (Kurnia, 2009).

### 2.4.1 DO (Dissolved Oxygen)

Oksigen terlarut merupakan salah satu peubah mutu air yang mampu mempengaruhi peubah lain. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  dan pH harian berubah-ubah sesuai dengan konsentrasi oksigen terlarut. Pada gilirannya perubahan pH mempengaruhi keseimbangan reaksi ammonia dan senyawa sulfide serta senyawa lain berbagai hidroksida logam (Ahmad, 1994).

Oksigen yang terdapat dalam perairan umum terdiri dari 2 bentuk senyawa yaitu terikat dengan unsure lain ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan sebagai molekul bebas ( $\text{O}_2$ ) (Hutagalang dan Rozak, 1997). Sumber oksigen secara alamiah berasal dari difusi langsung dari udara dan hasil fotosintesis tanaman air atau fitoplankton. Faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis adalah intensitas matahari, suhu, spesies algae, kelimpahan algae dan bahan organik (Wiadnya dkk, 1993).

Oksigen dapat larut dalam air melalui proses difusi atau persinggungan dengan udara. Beberapa factor yang mempengaruhi banyaknya oksigen terlarut dalam air adalah sebagai berikut (Lesmana dan Dermawan, 2006):

- Pergerakan permukaan air yang berupa riak atau gelombang akan membantu mempercepat proses difusi udara kedalam air.

- Suhu berpengaruh pada kejenuhan. Makin tinggi suhu maka semakin sedikit oksigen yang dapat larut.

#### 2.4.2 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah bahan organik atau mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relative jumlah oksigen tinggi yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya jumlah oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Fardiaz, 1992).

BOD atau Biochemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen biologis merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Dengan kata lain BOD menunjukkan buangan oksigen oleh organisme untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan yang terlarut dalam air (Metclaf, 2003).

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram/liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 20 °C akan tetapi dilaboratorium dipergunakan waktu 5 hari (Sugiharto, 1987).

Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang

ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka kandungan bahan-bahan buangan membutuhkan oksigen tinggi (Fardiaz, 1992).

Uji BOD distandarisasi pada periode 5 hari, suhu 20 °C. sampel disimpan dalam botol yang kedap udara. Stabilisasi yang sempurna dapat membutuhkan waktu lebih dari 100 hari pada suhu 20 °C. periode inkubasi yang lama ini tidak praktis untuk penentuan rutin. Oleh karena itu prosedur yang disarankan oleh AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*) adalah periode inkubasi 5 hari dan disebut BOD<sub>5</sub>. Nilai ini hanya merupakan indeks jumlah bahan organik yang dapat dipecah secara biologik bukan ukuran sebenarnya dari limbah organik (Jenie dan Rahayu, 1993).

Uji BOD mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya adalah (Fardiaz, 1992):

- 1) dalam uji BOD ikut terhitung oksigen yang dikonsumsi oleh bahan-bahan anorganik atau bahan-bahan tereduksi lainnya yang disebut juga "intermediate oxygen demand".
- 2) Uji BOD memerlukan waktu yang cukup lama yaitu minimum lima hari.
- 3) Uji BOD yang dilakukan selama 5 hari masih belum dapat menunjukkan nilai total BOD melainkan hanya kira-kira 68 persen dari total BOD.
- 4) Uji BOD tergantung dari adanya senyawa penghambat di dalam air tersebut, misalnya adanya germisida seperti khlorin dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang dibutuhkan untuk merombak bahan organik, sehingga hasil uji BOD menjadi kurang teliti.

Faktor-faktor yang mempengaruhi BOD adalah (Darsono, 2007):

- 1) jenis limbah
- 2) suhu air
- 3) derajat keasaman (pH)

- 4) Kondisi air secara keseluruhan
- 5) Jenis limbah akan menentukan besar kecilnya BOD, apakah limbah tersebut mudah membusuk atau tidak. Semakin mudah terjadi pembusukan /perombakan, maka BOD akan semakin besar.

### 2.4.3 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987).

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik (mudah terurai dan sukar terurai) secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat. Bahan-bahan organik mudah terurai yang masuk ke lingkungan air payau pada sungai umumnya berasal dari limbah industri, pemukiman dan pertanian (Mulyono dan Suhardono, 1986).

Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Sebagai contoh, selulosa sering tidak terukur melalui uji BOD karena sukar dioksidasi melalui reaksi biokimia, tetapi dapat terukur melalui uji COD. Sembilan puluh enam persen hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit kira-kira akan setara dengan hasil uji BOD selama 5 hari. Adanya senyawa khlor selain mengganggu uji BOD juga dapat mengganggu uji COD karena khlor dapat bereaksi dengan kalium dikromat. Cara pencegahannya adalah dengan menambahkan merkuri sulfat yang akan membentuk senyawa kompleks dengan khlor (Fardiaz, 1992).

Menurut Warosarjono (1994), untuk menguji perairan sungai yang tercemar limbah (Industri, domestik dan pertanian) setidaknya dilakukan pengukuran pada tiga parameter seperti pada table berikut ini:

Table 1. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan nilai DO, BOD, dan COD

Penggolongan Air berdasarkan Kelas	Tingkat Pencemaran	Parameter		
		DO (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)
I - II	Rendah	> 6	< 2.0	10 - 12
III	Sedang	3.0 – 4.0	3.0 – 6.0	< 50
IV	Tinggi	0	> 12	50 - 100

Sumber: Warosarjono 1994

#### 2.4.4 pH

pH adalah suatu ukuran konsentrasi ion hidrogen sehingga menunjukkan suasana perairan atau sedimen apakah bereaksi dalam suasana basa atau asam. Menurut Andayani (2005), pH adalah cerminan dari derajat keasaman yang diukur dari jumlah ion hidrogen menggunakan rumus umum  $\text{pH} = -\text{Log}(\text{H}^+)$ . Air murni terdiri dari ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dalam jumlah berimbang hingga pH air murni biasa 7. makin banyak ion  $\text{OH}^-$  dalam cairan, makin rendah ion  $\text{H}^+$  dan makin tinggi pH, cairan demikian disebut cairan alkalis. Sebaliknya, makin banyak ion  $\text{H}^+$  makin rendah pH dan cairan tersebut bersifat masam.

Nilai pH air yang normal adalah sekitar netral, yaitu antara pH 6 sampai 8, sedangkan pH yang terpolusi, misalnya air buangan, berbeda-beda tergantung dari jenis buangannya. Sebagai contoh air buangan pabrik pengalengan mempunyai pH 6.2 – 7.6, air buangan pabrik susu dan produk-produk susu biasanya mempunyai pH 5.3 – 7.8, air buangan bir mempunyai pH 5.5 – 7.4, sedangkan air buangan pabrik plum dan kertas biasanya mempunyai pH 7.6 – 9.5 (Fardiaz, 1992).

Menurut Odum (1982), secara alamiah pH dipengaruhi oleh konsentrasi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sehingga kecenderungan perubahan  $\text{CO}_2$  akibat proses fotosintesa dan respirasi oleh biota air akan mempengaruhi pH perairan. Dengan demikian perubahan antara siang dan malam akan memberikan pengaruh guncangan pada pH air. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan bahwa proses penguraian bahan organik sedikit dan oksigen terlarut tersedia dalam jumlah banyak.

Aktivitas biologik dapat mengubah pH, contohnya reaksi biologik yang dapat menyebabkan kenaikan pH adalah fotosintesis, denitrifikasi, pemecahan nitrogen organik, dan reduksi sulfat. Contoh reaksi biologik yang dapat menyebabkan penurunan pH adalah oksidasi sulfat, nitrifikasi, oksidasi karbon organik. Perubahan relatif dalam pH akan mempengaruhi kapasitas penyangga dari cairan dan jumlah substrat yang digunakan oleh mikroorganisme (Jenie dan Rahayu, 1993).

#### 2.4.5 Padatan

Air yang terpolusi selalu mengandung padatan yang dapat dibedakan atas 4 kelompok berdasarkan besar partikelnya dan sifat kelarutannya, yaitu:

##### 1) Padatan terendap

Padatan terendap adalah padatan dalam limbah cair yang mengendap pada dasar dalam waktu 1 jam. Padatan terendap merupakan indikator jumlah padatan limbah yang akan mengendap dalam alat penjernih dan kolam pengendapan. Teknik penetapan endapan ini mudah dilakukan dan berguna bila akan merancang system penanganan (Jenie dan Rahayu, 1993).

Padatan terendap biasanya terdiri dari pasir dan lumpur. Berbeda dengan tanah liat yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya. Lumpur merupakan padatan yang mengendap dengan sendirinya (Fardiaz, 1992).

## 2) Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan lain-lain. Selain mengandung bahan tersuspensi, air buangan juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid, misalnya protein. Air buangan industry mengandung jumlah padatan tersuspensi yang sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Air buangan dari industry makanan terutama industry fermentasi sering mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah relatif tinggi. Jumlah padatan tersuspensi dapat diukur dengan alat turbidimeter (Fardiaz, 1992).

## 3) Padatan terlarut total

Padatan terlarut total atau residu yang dapat disaring, ditetapkan dengan berat contoh yang telah disaring dan dievaporasi atau sebagai perbedaan antara berat residu setelah evaporasi dan berat padatan tersuspensi total. Oleh karena itu sulit dihilangkan dari air limbah. Penanganan padatan terlarut total membutuhkan mikroorganisme yang umumnya terdapat untuk konversi bahan partikulat (Jenie dan Rahayu, 1993).

## 4) Minyak dan Lemak.

Minyak dan lemak berbahaya untuk biota dan tidak diinginkan karena sifat-sifatnya yang tidak estetik. Ikatan antara udaran dan air dikurangi oleh lapisan tipis yang dibentuk minyak, yang berbahaya untuk ikan dan makhluk air lainnya. Senyawa-senyawa ini akan meningkatkan kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna (Jenie dan Rahayu, 1993).

#### 2.4.6 Amonia (NH<sub>3</sub>)

Bahan organik yang mengandung unsur nitrogen bila mengalami oksidasi pada perlakuan penanganan limbah secara biologis maka akan menghasilkan amonia dari persenyawaan yang terbentuk dan persenyawaan tersebut akan dijumpai dalam bentuk larutan. Nitrogen dalam bentuk amonia dapat digunakan sebagai sumber nitrogen dan sumber energi bagi bakteri pembentuk nitrit dan nitrat atau bakteri nitrifikasi (Jennie dan Rahayu, 1993).

Ammonia bebas (NH<sub>3</sub>) yang tidak terionisasi (*unionized*) bersifat toksik dan toksisitasnya meningkat jika terjadi penurunan oksigen terlarut, pH dan suhu. Averteberata air lebih toleran terhadap toksisitas amonia dari pada ikan. Ikan tidak dapat bertoleransi terhadap kadar amonia bebas yang terlalu tinggi karena mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah dan pada akhirnya mengakibatkan sufokasi (Effendi, 2003).

Bentuk atau komponen N di atmosfer dapat berbentuk amonia (NH<sub>3</sub>), molekul nitrogen (N<sub>2</sub>), dinitrit oksida (N<sub>2</sub>O), nitrogen oksida (NO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), asam nitrit (HNO<sub>2</sub>), asam nitrat (HNO<sub>3</sub>), basa amino (R<sub>3</sub> – N) dan lain – lain dalam bentuk proksisilnitri. Dalam telaah kesuburan tanah proses pengubahan nitrogen dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu mineralisasi senyawa nitrogen, amonifikasi, nitrifikasi, denitrifikasi dan volatilisasi amonium (Mas'ud, 1993).

Sejumlah organisme mampu melakukan fiksasi N dan N – bebas akan berasosiasi dengan tumbuhan. Senyawa N – amonium dan N – nitrat yang dimanfaatkan oleh tumbuhan akan diteruskan ke hewan dan manusia dan kembali masuk ke sistem lingkungan melalui sisa – sisa jasad renik. Proses fiksasi memerlukan energi yang besar, dan enzim (nitrogenase) bekerja dan

didukung oleh oksigen yang cukup. Kedua faktor ini sangat penting dalam memindahkan N – bebas dan sedikit simbiosis oleh organisme (Rompas, 1998).

Nitrogen organik diubah menjadi mineral N – amonium oleh mikrooganisasi dan beberapa hewan yang dapat memproduksi mineral tersebut seperti: protozoa, nematoda, dan cacing tanah. Serangga tanah, cacing, jamur, bakteri dan aktinbimesetes merupakan biang penting tahap pertama panguraian senyawa N – organik dalam bahan organik dan senyawa N – kompleks lainnya (Mas'ud, 1993).

Sumber amonia diperairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Jadi amonifikasi nitrogen organik adalah untuk menghasilkan amonia selama proses dekomposisi bahan organik. Autolisis sel dan ekskresi amonia oleh zooplankton dan ikan juga berperan sebagai pemasok amonia diperairan. Proses amonifikasi ditunjukkan dalam persamaan reaksi;



Amonifikasi                      Nitrifikasi

Keseimbangan antara gas amonia dengan gas amonium ditunjukkan dalam persamaan reaksi;



Selain dalam bentuk gas, amonia membentuk senyawa kompleks dengan ion logam. Amonia juga dapat terserap dalam bahan – bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Amonia di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial amonia dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Hilangnya amonia di atmosfer juga dapat meningkat seiring peningkatan kecepatan angin dan suhu (Effendi, 2003).

#### 2.4.7 Nitrit (NO<sub>2</sub>)

Nitrit terjadi dari proses oksidasi amonia dan juga merupakan gas beracun bagi ikan. Kadar nitrit yang tinggi biasanya disebabkan oleh kadar amonia yang tinggi. Pada air yang kotor kadar amonia dan nitrit umumnya tinggi. Kadar nitrit dalam perairan kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Selain itu, nitritpun dapat menyebabkan penyakit dara cokelat (*brown blood*) karena darah mengikat nitrit (Lesmana, 2005). Di perairan alami, nitrit (NO<sub>2</sub>) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit, lebih sedikit dari pada nitrat karena segera dioksidasi dengan oksigen.

Nitrifikasi adalah oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses oksidasi ini dilakukan oleh bakteri anaerob, sehingga dapat dikatakan bahwa nitrifikasi merupakan suatu proses enzimatik yang dilakukan oleh sekelompok jasad renik / bakteri. Proses ini berlangsung dalam dua tahap, dan masing – masing tahap dilakukan oleh bakteri berbeda (Mas'ud, 1993), sebagai berikut;

Tahap pertama (nitrisasi)

oksidasi



enzimatik

Tahap kedua (nitrasasi)

oksidasi



enzimatik

### 2.4.8 Nitrat

Nitrat merupakan produk akhir dari oksidasi amonia. Nitrat ini merupakan substansi yang dapat ditoleransi oleh kebanyakan ikan sehingga keberadaannya dapat diabaikan (Lesmana, 2005).

Nitrat sangat mudah larut dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan oleh proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan melalui proses nitrifikasi. Menurut Novity dan Olem (1994), oksidasi amonia menjadi nitrit dan oksidasi nitrit menjadi nitrat ditunjukkan dalam persamaan reaksi:



### 2.4.9 Protein

Protein adalah sumber asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O dan N yang tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat. Molekul protein tersusun dari sejumlah asam amino sebagai bahan dasar yang saling berkaitan satu sama lain. Terdapat 24 jenis rantai cabang (R) yang berbeda ukuran, bentuk, muatan dan reaktivitasnya. Rantai cabang (R) dapat berupa atom H pada glisin, metil pada alanin, atau berupa gugus lainnya, baik berupa gugus alifatik, hidroksil, maupun aromatik (Winarno, 2002).

Macam-macam protein menurut Sudarmadji, *et.al.* (2007) adalah sebagai berikut :

1. Albumin : protein yang larut dalam air
2. Globulin : protein yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan garam encer
3. Prolamin : protein yang larut dalam etanol 70-80%, tak larut dalam air, larutan garam ataupun etanol murni

4. Glutein : protein yang tak larut dalam air, larutan garam atau etanol tetapi dapat larut dalam air, larutan alkalis
5. Scleroprotein : protein yang tak larut dalam air, larut garam encer dan solven organik
6. Prolamin dan Histon : protein yang bersifat larut dalam air dan garam

Protein terdapat dalam bentuk serabut (Fibrilari), globular, dan konjugasi. Protein yang berbentuk serabut terdiri atas beberapa rantai peptide berbentuk spiral yang terjalin satu sama lain sehingga menyerupai batang yang kaku. Protein globular berbentuk bola, terdapat dalam cairan tubuh. Protein konjugasi adalah protein sederhana yang terkait dengan bahan-bahan non asam amino (Almatsier, 2003).

Menurut Winarno (2002), bila susunan atau rantai polipeptida suatu molekul protein berubah, maka dikatakan protein itu terdenaturasi. Sebagian besar protein globuler mudah mengalami denaturasi. Ada 2dua macam denaturasi, yaitu pengembangan rantai peptida dan pemecahan rantai protein menjadi unit yang lebih kecil tanpa disertai pengembangan molekul. Yang pertama terjadi pada rantai polipeptida sedangkan yang kedua terjadi pada bagian-bagian molekul yang tergabung dalam ikatan sekunder. Ikatan-ikatan yang dipengaruhi oleh proses denaturasi ini adalah: (a) ikatan hidrogen; (b) ikatan hidrofobik misalnya pada leusin, valin, fenilalanin, triptofan yang saling berlekatan membentuk suatu *micelle* dan tidak larut dalam air; (c) ikatan ionik antara gugus bermuatan positif dan negatif; (d) ikatan intramolekul seperti yang terdapat dalam gugus disulfida dalam sistin.

#### 2.4.10 Lemak

Lemak dan minyak merupakan salah satu kelompok yang termasuk golongan lipida. Satu sifat yang khusus dan mencirikan golongan lipida (termasuk) minyak dan lemak adalah adanya larutan dalam pelarut organik (misalnya ether, benzena, khloroform) atau sebaiknya ketidak larutannya dalam pelarut air (Sudarmadji, dkk, 2003).

Hampir semua bahan pangan banyak mengandung lemak dan minyak. Lemak dalam jaringan hewan terdapat pada jaringan adiposa. Dalam tanaman, lemak disintesis dari satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak yang berbentuk dari kelanjutan oksidasi karbohidrat dalam proses respirasi. Proses pembentukan lemak dalam tanaman dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pembentukan gliserol, pembentukan molekul asam lemak. Kemudian kondensasi asam lemak dan gliserol membentuk lemak. Lemak merupakan bahan padat pada suhu kamar, diantaranya disebabkan kandungannya yang tinggi akan asam lemak jenuh yang secara kimia tidak mengandung ikatan rangkap, sehingga mempunyai titik lebur yang lebih tinggi. Minyak merupakan bahan cair diantaranya disebabkan rendahnya kandungan asam lemak jenuh dan tingginya asam lemak jenuh yang memiliki satu atau ikatan rangkap diantara atom-atom karbonnya. Sehingga mempunyai titik lebur yang rendah (Winarno, 2002).

Seperti halnya karbohidrat, lemak tersusun dari tiga elemen dasar, yaitu karbon, oksigen, dan hidrogen. Lemak merupakan bagian dari lipida yang merupakan ester asam lemak dengan gliserol. Gliserol mempunyai tiga gugus hidroksi yang masing-masing mengikat (melalui ikatan ester) satu molekul asam

lemak. Oleh karena itu, lemak atau minyak disebut sebagai gliserol (asil: asam lemak) atau secara umum disebut dengan trigliserida (Muchtadi, 2008).

Senyawa lemak dan minyak merupakan senyawa alami penting yang dapat dipelajari. Prosedur-prosedur analisa lemak dan minyak berkembang pesat. Tujuan dari analisa kadar lemak atau minyak adalah untuk menentukan kadar lemak atau minyak yang terdapat dalam bahan makanan. Untuk menentukan kualitas minyak (murni) sebagai bahan makanan yang berkaitan dengan proses ekstraksi: dan untuk dapat menentukan sifat fisis maupun kimiawi yang khas atau mencirikan sifat minyak tertentu (Sudarmadji dkk, 2003).

## 2.5 Nitrifikasi

Nitrifikasi adalah oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses oksidasi ini dilakukan oleh bakteri anaerob, sehingga dapat dikatakan bahwa nitrifikasi merupakan suatu proses enzimatik yang dilakukan oleh sekelompok jasad renik / bakteri. Menurut Shiozaki, Furuya, Kodama, Takeda (2009), bakteri autotrofi (bakteri nitrifikasi) dapat menggunakan N-anorganik untuk melakukan nitrifikasi, seperti genus *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosovibrio*, dan *Nitrosobolus*. Reaksi nitrifikasi hanya dapat berlangsung jika tersedia oksigen. Proses  $\text{NO}_2$  ke nitrat umumnya lebih cepat dari proses oksidasi  $\text{NH}_4$  ke nitrit, sehingga nitrit banyak terakumulasi di perairan. Nitrifikasi berjalan secara optimal pada pH 8 dan pada pH < 7 berkurang secara nyata. Bakteri nitrifikasi bersifat mesofilik yang menyukai suhu  $30^\circ\text{C}$ .

Nitrifikasi (reaksi menjadi  $\text{NO}_2$ ) dan nitratasi (reaksi menjadi  $\text{NO}_3$ ) akan cepat terjadi pada pH 7-8 dan suhu  $25^\circ - 30^\circ\text{C}$ . keberadaan amonia di air selalu seimbang dan disebut total amonia. Total amonia inilah yang dapat diukur dan sangat tergantung pada pH dan suhu. Makin tinggi pH dan suhu maka makin

tinggi konsentrasi  $\text{NH}_3$  sehingga makin kuat daya racunnya (Lesmana, 2005). Selain memerlukan bakteri, dalam proses perombakan juga diperlukan oksigen yang cukup di dalam air (Kordi, 2005).

## 2.6 *Nitrococcus sp*

Bakteri merupakan organisme yang paling banyak jumlahnya dan lebih tersebar luas dibandingkan makhluk hidup yang lain. Bakteri memiliki ratusan ribu spesies yang hidup di darat hingga lautan dan pada tempat-tempat yang ekstrim. Bakteri ada yang menguntungkan tetapi ada pula yang merugikan. Bakteri memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan makhluk hidup yang lain. Bakteri adalah organisme uniseluler dan prokariot serta umumnya tidak memiliki klorofil dan berukuran renik (mikroskopis) (Adhie, 2007).

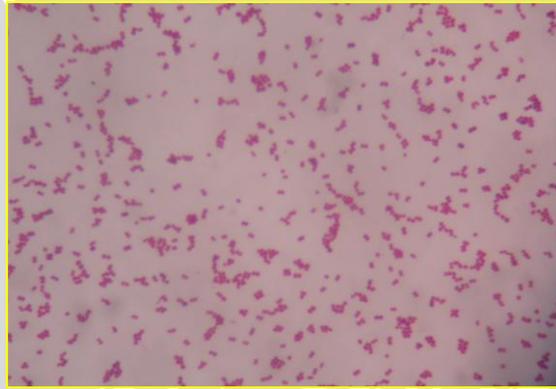
Bakteri nitrifikasi yang dikenal paling penting untuk proses nitrifikasi adalah *Nitrosomonas* atau *Nitrococcus* yang mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan *Nitrobacter* yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Factor utama yang mempengaruhi kecepatan proses nitrifikasi adalah konsentrasi mikroba nitrifikasi. Jumlah mikroba nitrifikasi tersebut dapat dicerminkan dengan waktu generasi mikroba yang akan berhubungan dengan jumlah energi yang dibutuhkan selama proses oksidasi (Jenie dan Rahayu, 1993).

*Nitrococcus* adalah bakteri yang berguna pada pengolahan limbah pada proses bioremediasi. Bakteri ini penting pada siklus nitrogen dengan meningkatkan availability dari nitrogen. Jenis bakteri ini ditemukan di tanah, limbah, air tawar, dan pada permukaan bangunan, terutama pada area kotor yang mengandung senyawa nitrogen dalam jumlah besar. *Nitrococcus* mampu bertahan pH dari 6.0 - suhu 9.0 dan pada suhu antara  $20^{\circ}\text{--}30^{\circ}\text{C}$  (Anonymous, 2010)

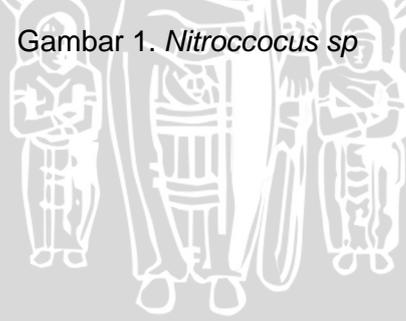
Pertumbuhan pada bakteri mempunyai arti perbanyakan sel dan peningkatan ukuran populasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

bakteri atau kondisi untuk pertumbuhan optimum adalah: suhu, derajat keasaman atau pH, konsentrasi garam, sumber nutrisi, zat-zat sisa metabolisme, dan zat kimia. Hal tersebut diatas bervariasi menurut spesies bakterinya (Adhie, 2007).

Menurut Rompas (1998), bakteri autotrofi (bakteri nitrifikasi) dapat menggunakan N – anorganik untuk melakukan nitrifikasi, seperti genus *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosovibrio*, dan *Nitrosobolus*. Pada tahap pertama reaksi berjalan berlangsung dari amonium ke nitrit yang melibatkan bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitroccoccus*.



Gambar 1. *Nitroccoccus* sp



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan utama dan bahan kimia serta isolat bakteri. Bahan utama yang digunakan adalah limbah industry pembekuan ikan yang diperoleh dari PT. 689 Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Bahan lain yang digunakan adalah biakan murni bakteri *Nitrococcus sp* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Media untuk pertumbuhan *Nitrococcus sp*, media Tryptic Soy Broth (TSB), asam fenol, larutan KNa,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , reagen nessler, reagen asam sulfat, petroleum eter,  $\text{MnSO}_4$ , NaOH, Kit,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , amilum,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , alumunium foil, label, kertas saring, aquades, dan tissue.

##### 3.1.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tabung reksi, erlenmeyer, pipet volum, buret, pipet tetes, beker glass, timbangan analitik, labu ukur, micro pipet, gelas ukur, spatula, kuvet spektro, bola hisap, pipet hisap, corong, pH meter, COD reaktor, spektrofotometer, aerator, selang, toples, botol DO, botol gelap terang, oxymeter, DO meter, autoclave, hot plate, kompor gas, incase, kulkas, nampan, corong pisah, cawan porselen, oven, labu kjedalh, dan labu ukur.

## 3.2 Metode Penelitian

### 3.2.1 Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yaitu metode yang menggambarkan suatu keadaan atau kejadian. Penelitian deskriptif hanya akan melukiskan keadaan objek atau persoalannya dan tidak dimaksudkan untuk mengambil kesimpulan yang berlaku umum. Dalam hal ini penelitian deskriptif merupakan akumulasi data dasar, dan tidak perlu menerangkan mestest hipotesis, membuat ramalan atau mendapatkan makna dan implikasi (Suryabrata, 1983). Tujuan dari metode deskriptif adalah untuk membuat deskripsi, gambaran secara sistematis, aktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki.

### 3.2.2 Variabel Penelitian

Menurut Surachmad (1994), ada dua macam variabel dalam penelitian, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang diselidiki pengaruhnya, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang diperkirakan akan timbul sebagai pengaruh dari variabel bebas. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penambahan bakteri *Nitrococcus sp* dengan jumlah yang berbeda yaitu sebanyak 0 ml; 2 ml; 4 ml; dan 6 ml. Sedangkan sebagai variabel terikat adalah jumlah penurunan kandungan yang dapat didegradasi oleh bakteri *Nitrococcus sp* antara lain kadar protein, amonia, nitrit, nitrat, BOD, COD, DO, pH dan lemak.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1. Pengambilan Sampel Limbah Cair

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. 689 Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan Jawa Timur. Sampel langsung diambil dari tempat penampungan limbah. Tempat penampungan limbah ini mempunyai kedalaman  $\pm 70$  m. Sampel kemudian dimasukkan kedalam jurigen steril yang berukuran 10 Liter dan 5 Liter. Sampel yang sudah dimasukkan kedalam jurigen dibawa menuju laboratorium dengan menggunakan coldbox. Fungsi coldbox yaitu untuk menjaga suhu sampel agar konstan. Setelah itu, sampel dimasukkan kedalam ruangan pendingin atau coolkas.

#### 3.3.2 Pembuatan Media

Media yang digunakan adalah media Tryptic Soy Broth (TSB). Adapun langkah-langkah dalam proses pembuatan media adalah sebagai berikut:

- 30 gram TSB dilarutkan dalam 1 liter aquades dalam erlenmeyer
- Erlenmeyer ditutup kapas dan kemudian dididihkan hingga larut sempurna dan jernih
- Media cair TSB dalam Erlenmeyer disterilkan dalam autoclave pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit
- Media cair TSB yang akan dipakai didinginkan terlebih dahulu agar bakteri yang akan diinokulasi tidak mati
- Media yang sudah dingin kemudian diberi biakan murni bakteri *Nitrococcus sp*
- Media yang berisi bakteri diinkubasi dalam incase selama 24 jam

### 3.4 Parameter dan Metode Pengukuran Peubah-Peubah

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari parameter utama dan parameter penunjang.

#### 3.4.1 Paramer Utama

Parameter utama yang dianalisa dalam penelitian ini adalah analisa kadar amonia dan kadar nitrit, dengan prosedur sebagai berikut:

##### 3.4.1.1 Analisa Nitrat

Kadar nitrat diuji dilaboratorium Ilmu-Ilmu Perairan dengan metode colourmetrik menggunakan spektrofotometer. Sampel diuji sesuai dengan prosedur uji menurut Focken *et al* (1998) sebagai berikut:

- Mengambil air sampel sebanyak 25 ml
- Menyaring dengan kertas saring dan ditampung dalam beaker glass
- Memanaskan diatas hot plate sampai kering
- Setelah dingin, kemudian menambahkan asam fenol disulfanik sebanyak 0.5 ml
- Menambahkan aquades 2.5 ml
- Menambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  sampai berwarna kuning
- Mengencerkan dengan aquades sebanyak 25 ml
- Memasukkan kedalam kuvet
- Mengukur kadar nitrat menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm.

##### 3.4.1.2 Analisis Nitrit

Kadar nitrit diuji dilaboratorium dengan metode colourmetrik menggunakan spektrofotometer. Sampel diuji sesuai dengan prosedur uji menurut Focken *et al* (1998) sebagai berikut:

- Mengambil air sampel sebanyak 10 ml
- Menyaring dengan kertas saring dan ditampung dalam tabung reaksi
- Menambahkan pereaksi Kit sebanyak 1 sendok dan dihomogenkan
- Dipanaskan dalam water bath pada suhu 40°C selama 30 menit
- Setelah dingin kemudian mengukur kadar nitrit menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 525 nm

### 3.4.2 Parameter Penunjang

Parameter penunjang yang dianalisa dalam penelitian ini adalah analisa kadar protein, nitrat, lemak, BOD, COD, DO, dan pH dengan prosedur sebagai berikut:

#### 3.4.2.1 Analisa Protein

Kadar protein dianalisa dilaboratorium Kimia Organik, dengan prosedur pengukuran sebagai berikut:

- Mengambil air sampel sebanyak  $\pm 1$  gr dan dimasukkan ke dalam labu kjedalh
- Menambahkan 1 gr garam campuran (tablet kjedalh); 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat 2 butir batuh didih, kemudian dihomogenkan (dikocok)
- Memanaskan dalam desikator selama 1 jam sampai berwarna hijau, didinginkan
- Menetralkan dengan NaOH 30% sampai terdapat endapan
- Setelah dingin, kemudian disaring dengan kertas saring dan dimasukkan kedalam labu ukur sebanyak 250
- Menambahkan aquades sampai sampai batas kocok (250 ml)
- Mengambil 5 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi

- Menambahkan  $\pm 0.5$  ml larutan KNa tartrat kemudian dihomogenkan (dikocok)
- Menambahkan 0.5 ml larutan Nessler kemudian dihomogenkan (dikocok)
- Menambahkan 0.5 ml aquades dihomogenkan (dikocok) dan dibiarkan selama  $\pm 10$  menit.
- Mengukur kadar protein dengan spektrometri pada panjang gelombang 490 nm.

#### 3.4.2.2 Analisa Amonia

Amonia diuji dilaboratorium Ilmu-Ilmu Perairan menggunakan metode spektrofotometer Sampel diuji sesuai dengan prosedur uji menurut Focken *et al* (1998) sebagai berikut:

- Air sampel diukur dengan kertas saring sebanyak 25 ml
- Kemudian dimasukkan kedalam beaker glass
- Menamntambahkan pereaksi nessler sebanyak 2 ml
- Membiarkan  $\pm 30$  menit
- Setelah cairan mengendap, diambil cairan yang berwarna bening
- Memasukkan kedalam kuvet
- Mengukur kadar amonia menggunakan spectrofotometr dengan panjang gelombang 425 nm
- Mencatat skala yang ditunjukkan spectrofotometer.

#### 3.4.2.3 Analisa Lemak

Kadar lemak dianalisa diLaboratorium Kimia Organik, dengan prosedur pengukuran sebagai berikut:

- Mengambil sampel sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam corong pisah berukuran 100 ml.
- Menambahkan petroleum eter sebanyak 25 ml lalu dikocok selama  $\pm 5$  menit, didiamkan.
- Dipisahkan pelarut dengan sampel limbah sehingga didalam corong pisah terdapat pelarut dan lemak.
- Memasukkan pelarut dan lemak kedalam cawan porselen yang sudah dikonstantkan.
- Menguapkan pelarut dalam cawan dengan menggunakan pemanas air (hot plate), sampai pelarut teruap semua (A= cawan konstan)
- Memasukkan cawan bersama lemak kedalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit.
- Memasukkan cawan bersama lemak kedalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang beratnya (B)

$$\text{Berat lemak} = B - A$$

$$= (\text{gr})$$

$$\% \text{ Lemak} = \text{gr lemak} \times 4$$

$$\text{ppm lemak} = \% \text{ Lemak} \times 10.000$$

#### 3.4.2.4 Analisis BOD

Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Alaert dan Santika, 1984). Adapun tahapan-tahapan dalam pelaksanaan analisa BOD diuji sesuai dengan prosedur uji menurut Focken *et al* (1998) sebagai berikut:

- Air sampel diencerkan dengan aquades yang telah diaerasi, jika terlalu keruh dilakukan pengancaran lagi (F)
- Air sampel yang sudah diencerkan dibagi menjadi dua dan dimasukkan sebagian dalam botol BOD terang ( $DO_0$ ) dan sebagian dalam botol gelap ( $DO_5$ )
- Mengukur nilai oksigen terlarut ( $DO_0$ ) dengan DO meter
- Menginkubasi botol gelap sebagai  $DO_5$  dalam inkubasi  $20^{\circ}C$  selama 5 hari
- Mengukur  $DO_5$  setelah 5 hari sama dengan  $DO_0$
- Melakukan perhitungan  $BOD = (DO_0 - DO_5) \times F$

$BOD =$  kadar BOD (mg/L)

$DO_0 =$  nilai DO pada hari ke-1

$DO_5 =$  nilai DO pada hari ke-2

F = faktor pengenceran

#### 3.4.2.5 Analisis COD

COD diuji dilaboratorium Ilmu-ilmu Perairan dengan metode colouremetrik menggunakan COD reaktor dan spektrofotometer. Sampel diuji sesuai dengan prosedur uji menurut Focken *et al* (1998), adapun tahapan uji COD adalah sebagai berikut:

- Mengambil 2.5 ml sampel dimasukkan kedalam tabung COD
- Tambahkan 1.5 larutan digesti (reagen)
- Kemudian ditambahkan 3.5 ml  $H_2SO_4 - Ag_2SO_4$
- Menutup rapat-rapat tabung COD dan membolak-balik bebrapa kali serta dibiarkan benda padatnya mengendap

- Meletakkan tabung yang berisi larutan tersebut kedalam COD reactor, dan panaskan pada suhu 150°C selama 2 jam.
- Setelah dingin, tabung dibolak-balik beberapa kali dan dibiarkan benda padatnya mengendap
- .Mengukur kadar COD dengan spectrofotometer pada panjang gelombang 600 nm
- Mencatat skala yang ditunjukkan spectrophotometer

#### 3.4.2.6 Analisis DO

DO diukur dengan metode elektrometrik menggunakan DO meter dengan prosedur pengukuran sebagai berikut:

- Probe disambungkan sebelum mengoperasikan DO meter
- Probe dimasukkan ke media air yang diukur
- Tombol “on” ditekan pada layar akan muncul “cond” ditunggu beberapa detik, maka pada layar akan muncul angka-angka
- “cal” ditekan 2 kali, ditekan “range” maka alat akan mengukur kadar DO terlarut
- Setelah selesai, tombol “off” ditekan untuk mematikan alat
- Probe dicuci dengan aquades, ditutup.

#### 3.4.2.7 Analisa pH

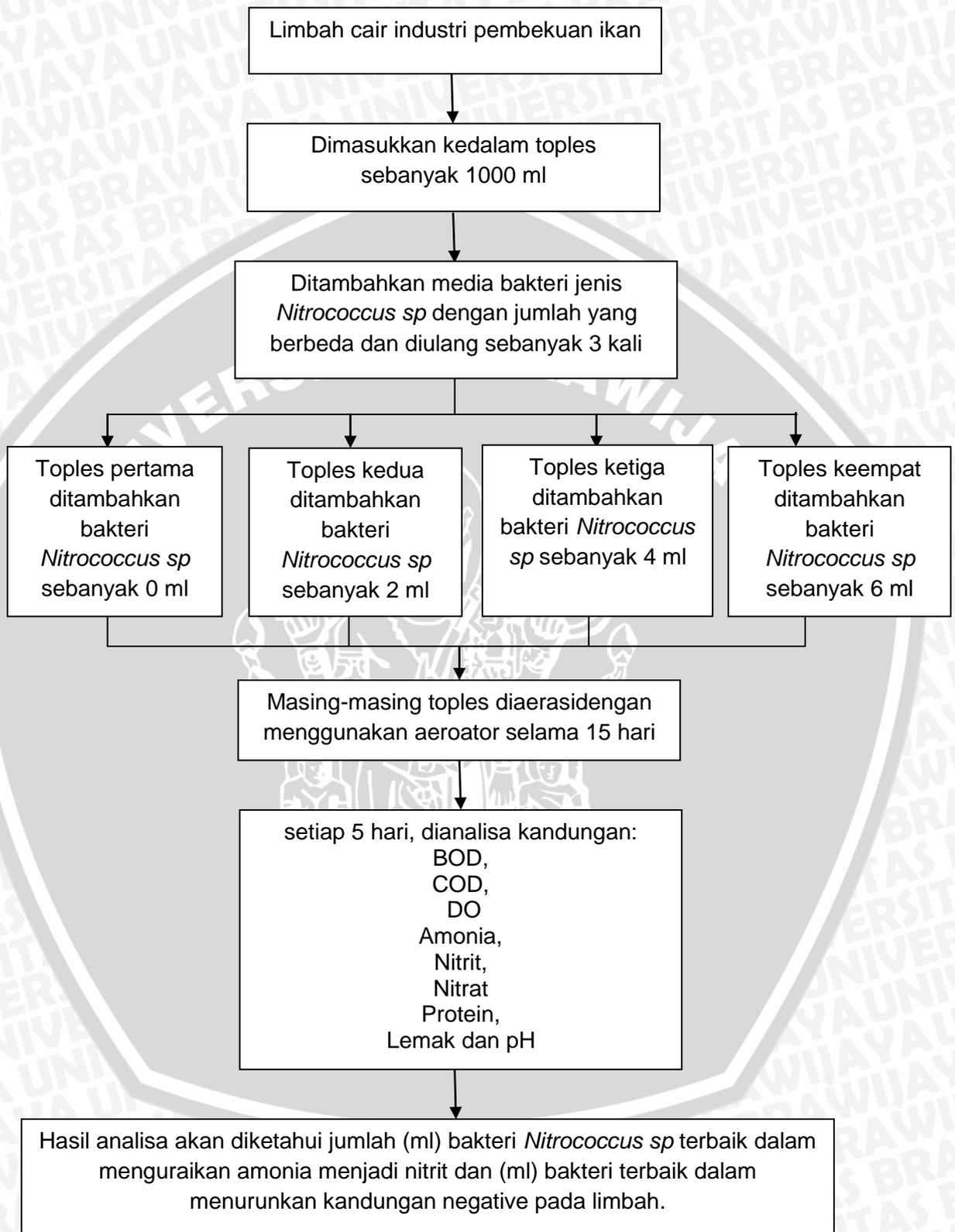
pH diukur menggunakan pH meter dengan prosedur pengukuran sebagai berikut:

- Probe disambungkan terlebih dahulu sebelum digunakan
- Probe dimasukkan kedalam air sampel yang diukur

- Tombol “on” ditekan, ditunggu sampai muncul angka pada layar pH meter
- Angka yang muncul ditunggu sampai posisi stabil
- Setelah selesai, tombol “off” ditekan untuk mematikan alat
- Probe dicuci dengan aquades dan ditutup.



### 3.5 Skema kerja Penelitian



Gambar 2. Skema Kerja Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembiakan Kultur Murni Bakteri

Bakteri *Nitrococcus sp* adalah bakteri pengurai nitrat. Menurut Jenie dan Rahayu (1993), Bakteri nitrifikasi yang dikenal paling penting untuk proses nitrifikasi adalah *Nitrosomonas* atau *Nitrosococcus* yang mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan *Nitrobacter* atau *Nitrococcus* yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari penelitian sebelumnya oleh Bangkit (2010), mengenai “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Di Perairan Mangrove Pasuruan, Jawa Timur” yang disimpan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya dan kemudian diremajakan kembali di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Media yang digunakan untuk peremajaan bakteri *Nitrococcus sp* adalah media cair TSB.

Peremajaan bakteri dilakukan dengan menggunakan media TSB sebanyak 30 gr kemudian ditambahkan 1000 ml aquades dan dihomogenkan. Penghomogenan dilakukan menggunakan spatula. Untuk lebih melarutkan media dengan aquades dilakukan pemanasan diatas hot plate sampai larut sempurna. Media yang homogen ditandai dengan warna kuning jernih. Kemudian disterilisasi menggunakan autoclave pada suhu 121<sup>0c</sup> selama 15 menit. Media yang homogen ditandai dengan warna kuning jernih.



Gambar 3. Proses sterilisasi alat dan media menggunakan autoclave

Pada media yang sudah dingin kemudian ditambahkan bakteri *Nitrococcus sp.* Penanaman bakteri dilakukan didekat bunsen atau api dengan tujuan agar tidak ada kontaminasi. Untuk mendapatkan kultur bakteri *Nitrococcus sp* yang murni, dalam penelitian ini, meja tempat penanaman sebelumnya telah diberi alcohol.



Gambar 4. Penanaman bakteri pada media yang sudah disterilisasi

Setelah dilakukan inkubasi selama 24 jam, media yang awalnya berwarna kuning jernih menjadi berwarna kuning keruh yang menandakan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* telah tumbuh pada media.



Gambar 5. Media yang sudah ditumbuhi bakteri ( $10^6$  CFU/ml)

#### 4.2 Pengaruh *Nitrococcus sp* terhadap Limbah Cair Pembekuan Ikan

Limbah yang berasal dari pabrik sebelumnya telah diuji kualitas limbahnya. Berdasarkan uji kualitas limbah, hasil ujinya sebagai berikut:

Tabel 3. Data analisa kadar limbah pabrik pembekuan ikan

Analisa	Hasil
Amonia	1.67 (mg/l)
Nitrit	0.521 (mg/l)
Nitrat	0.235 (mg/l)
Protein	8.26 (%)
Lemak	204 (ppm)

BOD	6.4 (mg/l)
COD	7.8 (mg/l)
DO	2.65 (mg/l)
pH	6.71

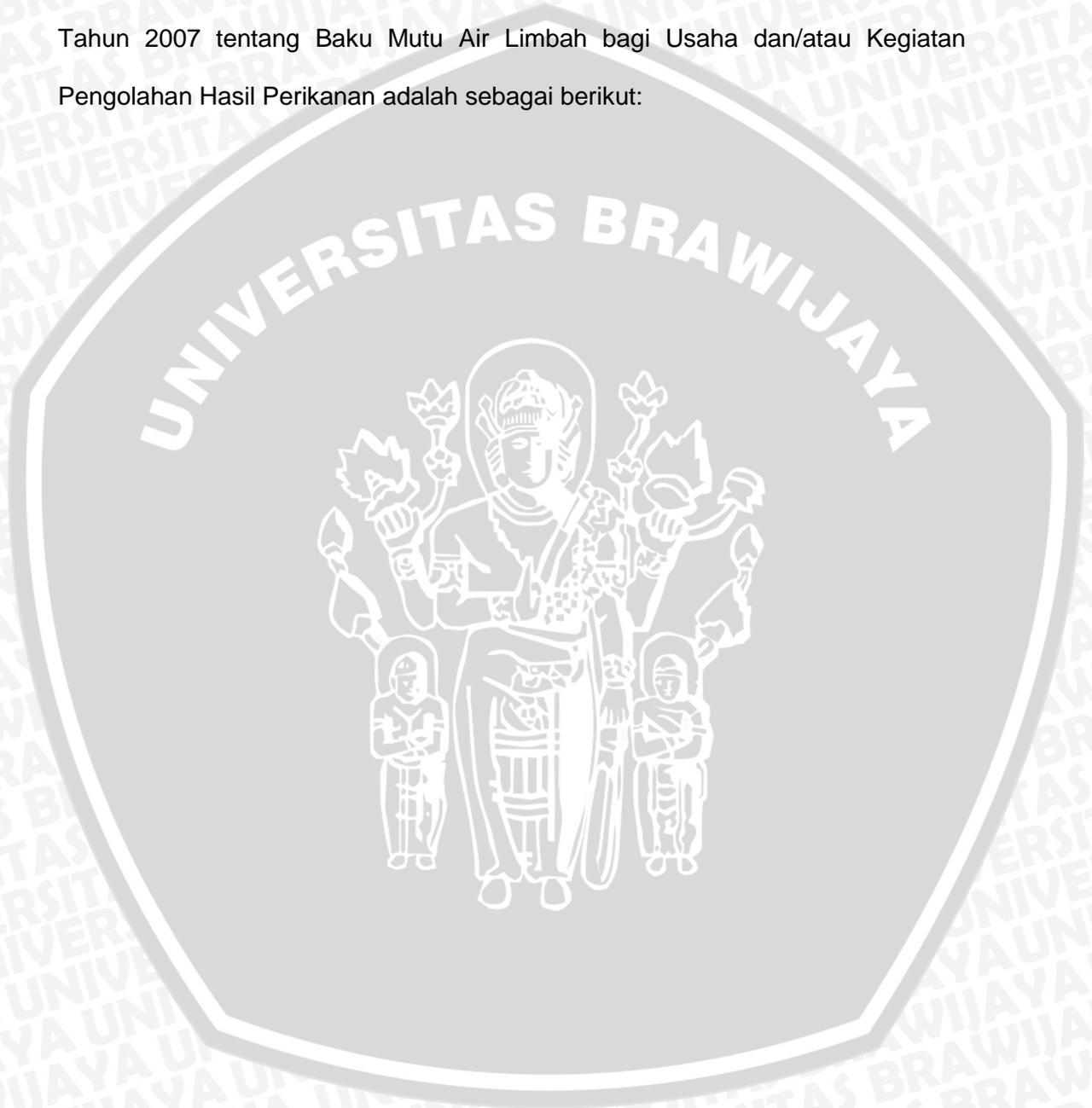
Sumber: Laboratorium Kimia Organik (2010)

Berdasarkan data analisa tersebut diketahui bahwa kadar nitrit dan nitrat adalah 0.521 (mg/l) dan 0.235 (mg/l). Kadar nitrit yang tergolong tinggi merupakan salah satu penyebab pencemaran lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah agar limbah yang dibuang tidak berdampak negative bagi kehidupan baik manusia maupun lingkungan sekitar. Dalam penelitian sebelumnya mengenai identifikasi bakteri diperairan mangruf telah ditemukan bakteri *Nitrococcus sp*, bakteri ini merupakan bakteri nitrifikasi yang mampu mengubah nitrit menjadi nitrat. Menurut Jenie dan Rahayu (1993), Bakteri nitrifikasi yang dikenal paling penting untuk proses nitrifikasi adalah *Nitrococcus* yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.



Gambar 6. Limbah pada hari pertama sebelum diberi bakteri

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa kadar amonia, nitrit, nitrat, BOD, COD, DO, pH, protein dan lemak. Nitrit dan nitrat merupakan variabel utama yang diteliti sedangkan variabel yang lain merupakan variabel penunjang. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 06 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan adalah sebagai berikut:



Tabel 4. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan

Parameter	Kegiatan Pembekuan				kegiatan pengalengan			pembuatan tepung ikan		
	Kadar (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)			Kadar (mg/l)	beban pencemaran (kg/ton)		Kadar (mg/l)	Beban Pencemaran	
		Ikan	Udang	lain-lain		Ikan	Udang			lain-lain
pH	6-9									
TSS	100	1	3	1.5	100	1.5	3	2	100	1.2
sulfida	-		-	-	1	0.015	0.03	0.02	1	0.012
Ammonia	10	0.1	0.3	0.15	5	0.075	0.15	0.1	5	0.06
klor bebas	1	0.001	0.003	0.015	1	0.015	0.03	0.02	-	-
BOD	100	1	3	1.5	75	1.125	2.25	1.5	100	1.2
COD	200	2	6	3	150	2.25	4.5	3	300	3.6
minyak lemak	15	0.15	0.45	0.225	15	0.225	0.45	0.3	15	0.18
kualitas air limbah (m2/ton)	-	10	30	15	-	15	30	20	-	12

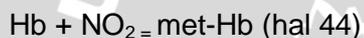
Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 06 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan

### 4.3 Parameter Utama

Parameter utama yang dianalisa dalam penelitian ini adalah analisa kadar amonia dan kadar nitrit dalam limbah cair pembekuan ikan.

#### 4.3.1 Kadar Nitrit

Analisa kadar nitrit dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Berdasarkan data analisa dapat diketahui, kadar nitrit pada limbah tergolong sangat tinggi yaitu 0.521 mg/l. Kadar nitrit yang tinggi dapat membawa dampak negatif bagi ikan dan lingkungan sekitar. Menurut sugiarto (1994), Jika nitrit diabsorsi oleh ikan maka nitrit bereaksi dengan hemoglobin dan akan berubah bentuk menjadi methemoglobin



Zat besi di hemoglobin dioksidasi dari zat besi fero menjadi feri akhirnya methemoglobin tidak mampu mengikat  $\text{O}_2$ .

Tabel 5. Analisa Kadar Nitrit pada Hari ke 0 – 15.

Nitrit	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar Nitrit (mg/l)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	100%	0.521±0.002	0.521±0.002	0.521±0.002	0.521±0.002
		75%	0.22±0.002	0.22±0.002	0.22±0.002	0.22±0.002
		50%	0.136±0-002	0.136±0-002	0.136±0-002	0.136±0-002
5	100%	100%	0.525±0.002	1.118±0.001	1.111±0.001	0.992±0.002
		75%	0.224±0.002	1.082±0.002	1.028±0.002	0.967±0.001
		50%	0.139±0.001	0.965±0.001	0.871±0.002	0.608±0.002
10	100%	100%	0.529±0.002	0.927±0.002	0.865±0.002	0.792±0.007
		75%	0.229±0.002	0.906±0.002	0.864±0.001	0.711±0.002
		50%	0.141±0.001	0.823±0.002	0.685±0.002	0.394±0.006
15	100%	0.531±0.007	0.372±0.011	0.276±0.002	0.217±0.004	

		75%	0.234±0.002	0.358±0.001	0.26±0.008	0.234±0.001
		50%	0.146±0.001	0.137±0.055	0.094±0.001	0.088±0.002

Berdasarkan Tabel 5 diatas, dapat diketahui bahwa pada hari ke-5 terjadi kenaikan kadar nitrit. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri alami yang terdapat dalam limbah bekerja dan mengoksidasi amonia menjadi nitrit. Menurut Rompas (1998), bakteri autotrofi (bakteri nitrifikasi) dapat menggunakan N – anorganik untuk melakukan nitrifikasi, seperti genus *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosovibrio*, dan *Nitrosobolus*. Pada tahap pertama reaksi berjalan berlangsung dari amonium ke nitrit yang melibatkan bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrococcus*.

Berdasarkan data hasil analisa diketahui bahwa kadar nitrit pada hari ke-10 mengalami juga mengalami penurunan, begitu juga dengan hari ke-15 hal ini menunjukkan bahwa daya kerja bakteri pengoksidasi amonia yang secara alami terdapat pada limbah berkurang. Menurut Jenie dan Rahayu (1993), Factor utama yang mempengaruhi kecepatan proses nitrifikasi adalah konsentrasi mikroba nitrifikasi. Sehingga semakin banyak bakteri yang ditambahkan, maka semakin cepat terjadi proses nitrifikasi oleh bakteri pengurai.

Berdasarkan tabel 5, diketahui bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar nitrit dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Menurut Mahida (1986), Dalam limbah cair, sebagian besar nitrogen organik akan diubah menjadi amoniak pada pembusukan anaerobik dan menjadi nitrat atau nitrit pada pembusukan aerob.

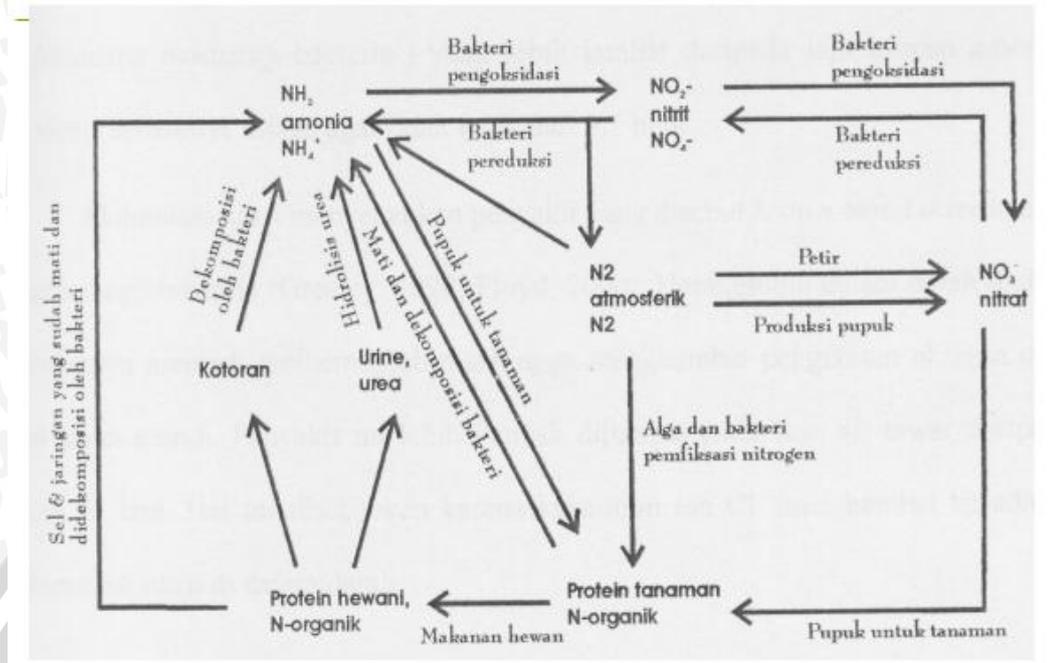
Konsentrasi bakteri juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar nitrit dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian amonia menjadi nitrit. Menurut Vedca (2009), bakteri pengoksidasi amonia antara lain Genus *Nitrosococcus* (*Nitrosococcus briensis*, *Nitrosococcus oceani*), Genus *Nitrosomonas* (*Nitrosomonas aestuarii*, *Nitrosomonas communis*, *Nitrosomonas europaea*, *Nitrosomonas eutropha*, *Nitrosomonas halophila*, *Nitrosomonas marina*, *Nitrosomonas nitrosa*, *Nitrosomonas oligotropha*, dan *Nitrosomonas ureae*), Genus *Nitrospira* (*Nitrospirabriensis*, *Nitrospiramultiformis*, *Nitrospiratenuis*). Genus *Nitrosolobus* (*Nitrosolobusmultiformis*) dan Genus *Nitrosovibrio* (*Nitrosovibriotenius*).



Gambar 11. Limbah setelah diaerasi selama 15 hari

Lama proses aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar nitrit dalam limbah cair. Semakin lama proses aerasi, semakin baik kualitas limbah. Menurut Arsawan dkk (2007), Salah satu pengolahan limbah dengan *treatment* adalah dengan penambahan oksigen kedalam air limbah (aerasi). Penambahan oksigen adalah salah satu usaha pengambilan zat pencemar yang tergantung di dalam air, sehingga konsentrasi zat pencemar akan hilang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali.

Gambar 12. Siklus Nitrogen



Sumber: Vedca (2009)

Dari pengamatan fisik yaitu dilihat dari parameter warna, limbah kontrol (tanpa aerasi dan bakteri *Nitrococcus sp*, semakin hari berwarna semakin keruh dan berbau menyengat. Sedangkan sampel dengan penambahan bakteri *Nitrococcus sp* dan diaerasi, semakin hari sampel berwarna semakin jernih dan bau menyengat secara perlahan-lahan menjadi netral. Dari data analisa dapat diketahui bahwa kadar nitrit paling rendah terdapat pada hari ke-15 dengan penambahan bakteri 6 ml dan konsentrasi limbah 50% yaitu  $0.088 \pm 0.002$  mg/l.

#### 4.3.2 Kadar Nitrat

Pada tabel 3. Dapat diketahui bahwa kadar nitrat sampel adalah sebesar 0.235 mg/l. Kadar nitrat yang tergolong tinggi ini dapat berdampak negatif bagi lingkungan. Menurut Shiozaki, Furuya, Kodama dan Takeda, (2009), pada umumnya derivat nitrogen sangat penting bagi kebutuhan dasar nutrisi, tetapi pada kenyataannya substansi nitrogen adalah hal yang menarik sebagai polutan di lingkungan. Dapat terjadi perubahan global di lingkungan oleh adanya interaksi antara nitrogen oksida dengan ozon di atmosfer. Sehingga kadar yang berlebihan dapat mempengaruhi air tanah mempengaruhi kondisi air. Di laut, kelebihan unsur N akan mengakibatkan kejadian blooming dapat menimbulkan tumbuhnya beberapa alga beracun bagi kehidupan fauna.

Berdasarkan data analisa diketahui bahwa kadar nitrat semakin lama semakin turun. Kadar amonia mempengaruhi kadar nitrat dalam sampel. Menurut Lesamana (2005), Nitrat merupakan produk akhir dari oksidasi amonia. Hasil analisa kadar nitrat dari hari ke 0 sampai hari ke 15, dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Analisa Kadar Nitrat pada Hari ke 0 – 15.

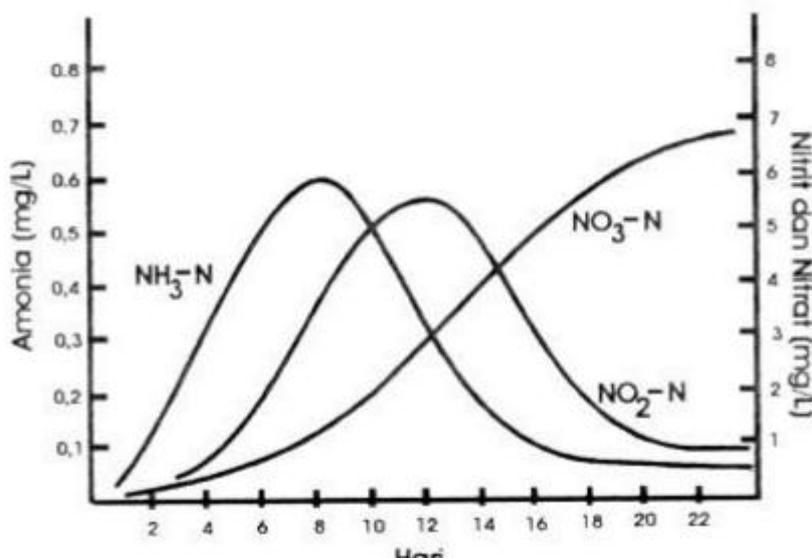
Nitrat	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar Nitrat (mg/l)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	100%	0.235±0.002	0.235±0.002	0.235±0.002	0.235±0.002
	75%	75%	0.136±0.001	0.136±0.001	0.136±0.001	0.136±0.001
	50%	50%	0.123±0.010	0.123±0.010	0.123±0.010	0.123±0.010
5	100%	100%	0.239±0.002	0.095±0.001	0.081±0.001	0.076±0.001
	75%	75%	0.141±0.001	0.094±0.001	0.087±0.002	0.071±0.001
	50%	50%	0.122±0.001	0.082±0.002	0.065±0.001	0.037±0.002
10	100%	100%	0.248±0.001	0.027±0.002	0.018±0.001	0.011±0

		75%	0.145±0.001	0.024±0.001	0.016±0.001	0.01±0.004
		50%	0.125±0.001	0.012±0.001	0.007±0.001	0.004±0.001
	15	100%	0.25±0.001	0.008±0.001	0.005±0,001	0.003±0.001
		75%	0.149±0.001	0.007±0	0.003±0	0.003±0
		50%	0.13±0.001	0.002±0.001	0.002±0	0.001±0.001

Dari tabel 6. Menunjukkan bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar nitrit dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Pada konsentarsi limbah 100% penguraian nitrit menjadi nitrat lebih kecil dibandingkan dengan konsentarsi limbah 75% dan 50%. Kadar nitrat paling rendah terdapat pada konsentarsi limbah 50%.

Konsentarsi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar nitrat dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian nitrit menjadi nitrat. Pada konsentarsi limbah 2 ml terjadi penguraian nitrit tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar nitrat dalam sampel.

Gambar 13. Kurva ideal respon bakteri nitrifikasi terhadap senyawa Nitrogen



Sumber: Vedca (2009)

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar nitrat dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar nitrat ( $\text{NO}_3$ ) semakin lama semakin turun. Dari tabel 6 diketahui bahwa kadar nitrat terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu  $0.001 \pm 0.001$  mg/l.

#### **4.4 Parameter Penunjang**

Parameter penunjang yang dianalisa dalam penelitian ini meliputi kadar protein, amonia, lemak, BOD, COD, DO, dan pH.

##### **4.4.1 Analisa Kadar Protein**

Pada tabel 3. dapat diketahui bahwa kadar protein sampel adalah 8.26%. berdasarkan data hasil penelitian diketahui bahwa kadar protein semakin lama semakin turun. Hal ini dikarenakan protein mudah terdenaturasi. Menurut Winarno (1984), sebagian besar protein globuler mudah mengalami denaturasi.

Jika ikatan-ikatan yang membantu konfigurasi molekul rusak, molekul akan mengembang. Ada dua macam denaturasi yaitu pengembangan rantai peptida dan pemecahan molekul.

Tabel 7. Analisa Kadar Protein pada Hari ke 0 – 15

Protein	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar Protein (%)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	8.26±0.02	8.26±0.02	8.26±0.02	8.26±0.02	
	75%	7.18±0.015	7.18±0.015	7.18±0.015	7.18±0.015	
	50%	5.58±0.012	5.58±0.012	5.58±0.012	5.58±0.012	
5	100%	8.24±0.0012	0.095±0.001	0.081±0.002	0.076±0.001	
	75%	7.16±0.006	0.094±0,002	0.087±0.002	0.071±0.001	
	50%	5.56±0.01	0.082±0.002	0.065±0.001	0.037±0.002	
10	100%	8.12±0.006	0.027±0.001	0.018±0.001	0.011±0	
	75%	7.11±0.012	0.024±0.001	0.016±0.001	0.01±0.004	
	50%	5.5±0.01	0.012±0.001	0.007±0.001	0.004±0.001	
15	100%	8.22±0.006	0.008±0.001	0.005±0.001	0.003±0.001	
	75%	7.14±0.006	0.007±0	0.003±0	0.003±0	
	50%	5.53±0.01	0.002±0.001	0.002±0	0.001±0.001	

Dari tabel 7. Menunjukkan bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar protein dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Pada konsentarsi limbah 100% penguraian protein lebih kecil dibandingkan dengan konsentarsi limbah 75% dan 50%. Kadar protein paling rendah terdapat pada konsentarsi limbah 50%.

Konsentrasi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar protein dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian protein. Pada konsentrasi limbah 2 ml terjadi penguraian protein tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar protein dalam sampel.

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar protein dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar protein semakin lama semakin turun. Dari tabel 7 diketahui bahwa kadar protein terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu  $0.001 \pm 0.001$  % .

#### 4.4.2` Kadar Amonia

Analisa kadar amonia dalam limbah cair ini dilakukan dengan menggunakan pereaksi nessler dan menggunakan alat spectrophotometer. Pereaksi nessler ini diberikan untuk memisahkan antara padatan dengan sampel bening. Analisa kadar ammonia ini dilakukan di Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan.



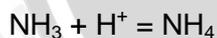
Gambar 14. Sampel setelah ditambahkan pereaksi nessler.

Sampel yang sudah ditetesi pereaksi nessler akan berubah warna menjadi merah kekuningan kemudian terbentuk endapan. Setelah terbentuk endapan, bagian yang bening dimasukkan kedalam kuvet dan di ukur kadar ammonia menggunakan spektrofotometer.

Amonia mempunyai sifat-sifat khusus, menurut Umaly dan Cuvin, 1(998)

Gas tidak berwarna, berbau khas amoniak, mudah larut dalam air, titik leleh : -77.7 oC, titik didih : -33.4 oC, tekanan Uap : 400 mmHg (-45,4 oC), kelarutan dalam air : 31 g/100g (25 oC), berat jenis : 0.682 (-33,4 oC), berat jenis uap : 0.6 (udara=1), dan suhu kritis : 133°C.

Kadar amonia yang tinggi diparairan diakibatkan oleh beberapa faktor. Menurut Andayani (2005), sumber amonia diperairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang tedapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur. Amonia bereaksi dengan air membentuk ammonium.



Data analisa kadar amonia dari hari ke-0 sampai hari ke-15 dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Analisa Kadar Amonia pada Hari ke 0 – 15.

Amonia	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar Amonia (mg/l)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	100%	1,67±0,016	1,67±0,016	1,67±0,016	1,67±0,016
	75%	75%	1,57±0,015	1,57±0,015	1,57±0,015	1,57±0,015
	50%	50%	1,26±0,016	1,26±0,016	1,26±0,016	1,26±0,016
5	100%	100%	1,71±0,015	1,11±0,015	1,04±0,020	0,82±0,010
	75%	75%	1,66±0,026	0,99±0,006	0,92±0,006	0,85±0,006
	50%	50%	1,35±0,042	0,87±0,006	0,72±0,012	0,54±0,006
10	100%	100%	1,82±0,015	0,62±0,015	0,57±0,006	0,48±0,012
	75%	75%	1,71±0,015	0,59±0,006	0,51±0,006	0,46±0,010
	50%	50%	1,41±0,017	0,43±0,006	0,38±0	0,26±0,012
15	100%	100%	1,88±0,021	0,24±0,016	0,18±0,006	0,15±0
	75%	75%	1,76±0,021	0,21±0,006	0,16±0,006	0,11±0,006
	50%	50%	1,46±0,016	0,09±0,006	0,06±0	0,04±0,006

Berdasarkan data analisa pada hari ke-5 terjadi penurunan kadar amonia hal ini dikarenakan sebenarnya pada limbah sudah terdapat bakteri alami yang mampu mereduksi amonia. Menurut Ronquillo, (2009), Alam memiliki kemampuan untuk mengatasi limbah. Berbagai siklus yang terdapat di alam mampu mengatasi limbah. Meningkatnya konsentrasi limbah yang terlalu cepat akan menyebabkan siklus yang ada tidak mampu bekerja secara baik.



Gambar 8. Pengukuran kadar ammonia menggunakan spektrofotometer

Penurunan kadar amonia dalam limbah cair dengan 3 stasiun yang berbeda dan jumlah penambahan bakteri yang berbeda berdasarkan data hasil analisa diketahui memberikan hasil yang berbeda nyata pada tiap variabel. Penurunan kadar amonia yang paling efektif terjadi pada stasiun 3 dengan konsentrasi limbah : air adalah 50%: 50%. Hal ini dikarenakan jumlah limbah murni sama dengan jumlah air bersih yang ditambahkan kedalam sampel. Selain itu, perbandingan jumlah limbah dengan air ini merupakan jumlah perbandingan air yang paling besar dibandingkan dengan 2 stasiun lainnya yang hanya diberi tambahan air bersih sebanyak 0% dan 25%.

Kadar amonia yang tinggi dapat berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Menurut Umaly dan Cuvin (1998), *Efek Jangka Pendek (Akut)*: Iritasi terhadap saluran pernapasan, hidung, tenggorokan dan mata terjadi pada 400-700 ppm. Sedang pada 5000 ppm menimbulkan kematian. Kontak dengan mata dapat menimbulkan iritasi hingga kebutaan total. Kontak dengan kulit dapat menyebabkan luka bakar (*frostbite*). *Efek Jangka Panjang (Kronis)*: Menghirup uap asam pada jangka panjang mengakibatkan iritasi pada hidung, tenggorokan dan paru-paru. Termasuk bahan teratogenik. Nilai Ambang Batas : 25 ppm (18

mg/m<sup>3</sup>) (ACGIH 1987-88) STEL 35 ppm (27 mg/m<sup>3</sup>). Toksisitas : LD<sub>50</sub> = 3 mg/kg (oral, tikus). LC 50 = 200 ppm (tikus menghirup 4 jam).

Dari tabel 8. Menunjukkan bahwa tiap konsentrasi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar amonia dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentrasi yang lain. Pada konsentrasi limbah 100% penguraian amonia lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi limbah 75% dan 50%. Kadar protein paling rendah terdapat pada konsentrasi limbah 50%.

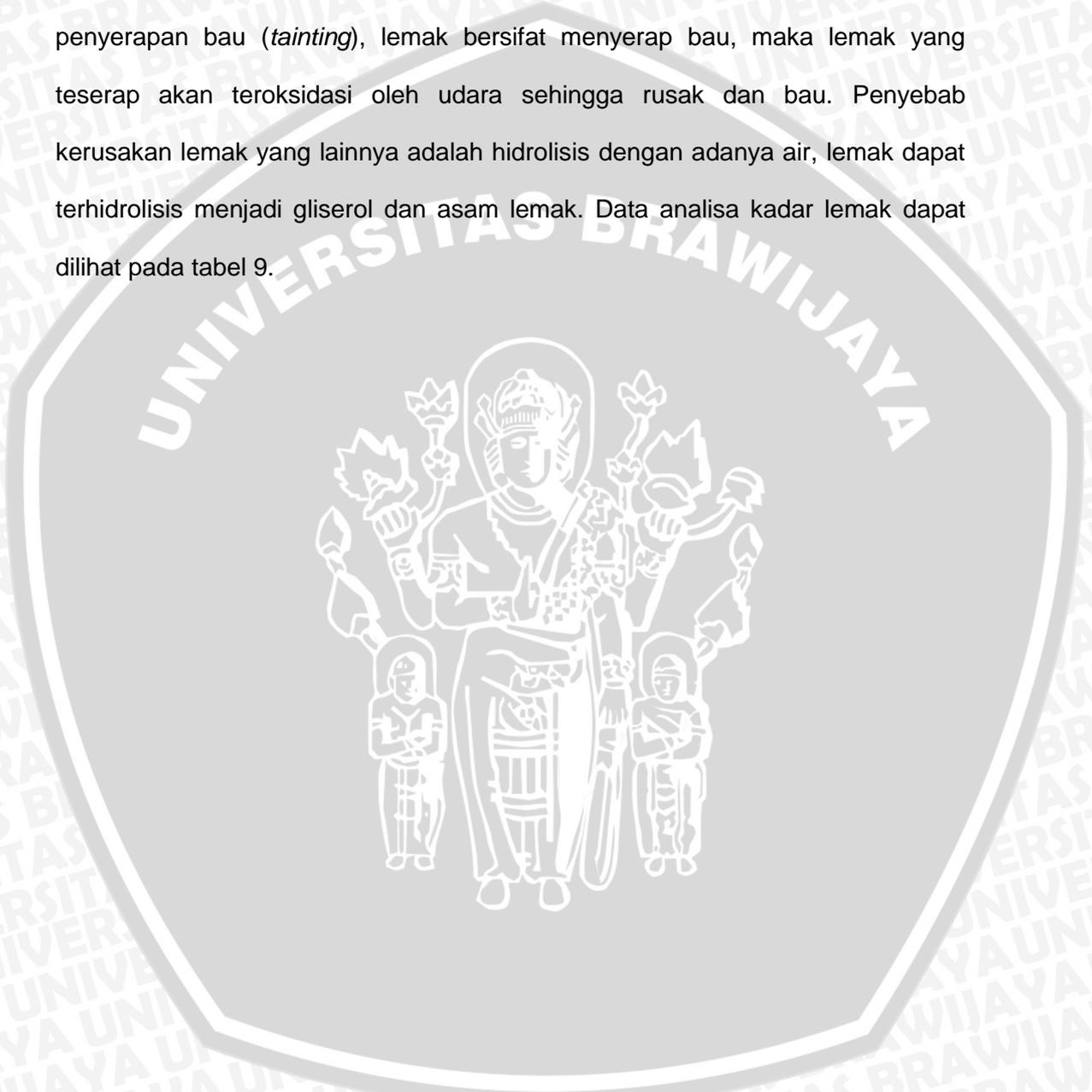
Konsentrasi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar amonia dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian amonia. Pada konsentrasi limbah 2 ml terjadi penguraian amonia tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar amonia dalam sampel.

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar amonia dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar amonia semakin lama semakin turun. Dari tabel 8 diketahui bahwa kadar amonia terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu 0,04±0,006 mg/l.

#### 4.4.3 Kadar Lemak

Menurut Sudarmadji, dkk (2003), larutan dalam pelarut organik (misalnya ether, benzena, khloroform) atau tidak larut dalam pelarut air lemak tersusun dari

tiga elemem dasar, yaitu karbon, oksigen, dan hidrogen. Pada tabel 3. dapat diketahui bahwa kadar lemak sampel adalah sebesar 204 ppm. Berdasarkan data hasil penelitian diketahui bahwa kadar lemak semakin lama semakin turun. Menurut Winarno (1984), sebab-sebab kerusakan lemak antara lain karena penyerapan bau (*tainting*), lemak bersifat menyerap bau, maka lemak yang terserap akan teroksidasi oleh udara sehingga rusak dan bau. Penyebab kerusakan lemak yang lainnya adalah hidrolisis dengan adanya air, lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Data analisa kadar lemak dapat dilihat pada tabel 9.



Tabel 9. Analisa Kadar Lemak Hari ke 0 - 15

Lemak	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar Lemak (ppm)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	204±1.527	204±1.527	204±1.527	204±1.527	
	75%	176±1	176±1	176±1	176±1	
	50%	133±2.181	133±2.181	133±2.181	133±2.181	
5	100%	197±1	196±2.082	187±0.577	187±0.577	
	75%	168±1	164±1.528	157±0.577	154±0	
	50%	128±1	128±1	124±1	120±0	
10	100%	194±0.577	126±0.577	118±1	100±1	
	75%	165±1.527	95±1	88±0.577	72±0.577	
	50%	125±1	61±0.577	54±1.154	37±1.154	
15	100%	189±0.577	93±0.577	80±0.577	68±1	
	75%	161±3.214	63±1	48±0.577	39±1	
	50%	119±1	33±0.577	26±0.577	21±1.154	

Dari tabel 9. Menunjukkan bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar lemak dalam limbah cair. Semakin besar konsentarsi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Pada konsentarsi limbah 100% penguraian lemak lebih kecil dibandingkan dengan konsentarsi limbah 75% dan 50%. Kadar lemak paling rendah terdapat pada konsentarsi limbah 50%.

Konsentrasi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar lemak dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian lemak. Pada konsentrasi limbah 2 ml terjadi penguraian lemak tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar lemak dalam sampel.

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar lemak dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar lemak semakin lama semakin turun. Dari tabel 9 diketahui bahwa kadar lemak terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu  $21 \pm 1.154$  ppm.

#### 4.4.4 Kadar BOD

Selain melakukan analisa pada kadar nitrat, nitrit, amonia, dan protein dalam penelitian ini, juga dilakukan analisa parameter BOD. Parameter ini di analisa untuk mengetahui kelayakan limbah yang akan dibuang ke sungai. Menurut baku mutu limbah yang ada pada tabel dapat diketahui bahwa kadar BOD yang diperbolehkan pada limbah pembekuan ikan adalah sebesar 1 mg/l sedangkan pada sampel limbah murni terdapat 6.4 mg/l sehingga kadar BOD pada limbah ini tergolong sangat tinggi dan dapat berdampak negatif pada lingkungan. Kadar BOD yang tinggi ini menjadi masalah bagi perairan. Menurut Metclaf (2003), BOD atau Biochemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen biologis merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Dengan kata lain BOD

menunjukkan buangan oksigen oleh organisme untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan yang terlarut dalam air.

Tabel 10. Analisa Kadar BOD Hari ke 0 - 15

BOD	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar BOD (mg/l)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0		100%	6.4±0	6.4±0	6.4±0	6.4±0
		75%	5.8±0	5.8±0	5.8±0	5.8±0
		50%	4.9±0	4.9±0	4.9±0	4.9±0
5		100%	6.5±0	5.1±0	4.8±0.577	4.6±0.577
		75%	5.9±0	4.6±0.115	4.5±0.152	4.5±0.1
		50%	4.9±0	4.4±0.577	4.2±0.115	4.2±0.577
10		100%	6.59±0	2.9±0.058	2.7±0.1	0.152
		75%	6.9±0	2.5±0.1	2.4±0.115	2.2±0

		50%	59±0	2.2±0.115	2±0.1	1.9±0
	15	100%	6.6±0	1.4±0.058	1.2±0.1	1±0
		75%	6±0.058	1.2±0.115	1.1±0.058	0.9±0.058
		50%	5.1±0	0.8±0.1	0.7±0.115	0.5±0.058

Dari tabel 10. Menunjukkan bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar BOD dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Pada konsentarsi limbah 100% penguraian BOD lebih kecil dibandingkan dengan konsentarsi limbah 75% dan 50%. Kadar protein paling rendah terdapat pada konsentarsi limbah 50%.

Konsentarsi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar BOD dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian BOD. Pada konsentarsi limbah 2 ml terjadi penguraian BOD tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar BOD dalam sampel.

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar BOD dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar BOD semakin lama semakin turun. Dari tabel 10 diketahui bahwa kadar BOD terendah pada hari ke-15 dengan konsentarsi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentarsi limbah 50% yaitu 0.5±0.058 mg/l. Faktor-faktor yang mempengaruhi BOD adalah (Darsono, 2007):

1) jenis limbah

- 2) suhu air
- 3) derajat keasaman (pH)
- 4) Kondisi air secara keseluruhan
- 5) Jenis limbah akan menentukan besar kecilnya BOD, apakah limbah tersebut mudah membusuk atau tidak. Semakin mudah terjadi pembusukan /perombakan, maka BOD akan semakin besar.

#### 4.4.5 Kadar COD

COD yang terdapat pada limbah pada hari ke-0 adalah 7.8 mg/l sedangkan pada baku mutu limbah yang diperbolehkan adalah sebesar 2 mg/l. Kadar COD ini tergolong tinggi dan hal ini dapat berbahaya bagi lingkungan. Kadar COD yang tinggi menunjukkan bahwa kadar oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik di perairan sangat besar. Menurut Mulyono dan Suhardono (1986), COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik (mudah terurai dan sukar terurai) secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat. Bahan-bahan organik mudah terurai yang masuk ke lingkungan air payau pada sungai umumnya berasal dari limbah industry, pemukiman dan pertanian. Data analisa kadar COD dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Analisa Kadar COD pada Hari ke 0 – 15.

COD	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar COD (mg/l)			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	7.8±0.577	7.8±0.577	7.8±0.577	7.8±0.577	
	75%	6.6±0.577	6.6±0.577	6.6±0.577	6.6±0.577	
	50%	5.9±0	5.9±0	5.9±0	5.9±0	
5	100%	7.9±0	6.8±0.1	6.2±0.115	5.8±0.057	
	75%	6.7±0	6.7±0.1	6.1±0.115	5.7±0.577	
	50%	6±0	6.4±0.1	5.7±0.577	5.2±0.577	
10	100%	7.9±0	4.9±0.577	3.8±0.1	3.3±0.577	
	75%	6.7±0	4.6±0.577	3.6±0.577	3.3±0.115	
	50%	6±0	4.1±0.152	3.2±0.577	3±0.577	
15	100%	8±0.058	2.1±0.577	1.9±0.577	0.577	
	75%	6.8±0.058	2±0.577	1.7±0.115	1.5±0.577	
	50%	6.2±0.1	1.5±0.577	1.3±0.577	1±0	

Dari tabel 11. Menunjukkan bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar COD dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Pada konsentarsi limbah 100% penguraian COD lebih kecil dibandingkan dengan konsentarsi limbah 75% dan 50%. Kadar protein paling rendah terdapat pada konsentarsi limbah 50%.

Konsentarsi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar COD dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian COD. Pada konsentarsi limbah 2 ml terjadi

penguraian COD tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar COD dalam sampel.

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar COD dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar COD semakin lama semakin turun. Dari tabel 11 diketahui bahwa kadar COD terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu  $1 \pm 0$  mg/l.

#### 4.4.6 Kadar DO

Data yang ada pada tabel 3. Dapat diketahui bahwa kadar DO sampel adalah sebesar 2.65 mg/l. Berdasarkan data hasil penelitian diketahui bahwa kadar DO semakin lama semakin naik. Menurut Lesmana dan Dermawan (2006), Pergerakan permukaan air yang berupa riak atau gelombang akan membantu mempercepat proses difusi udara kedalam air dan Suhu berpengaruh pada kejenuhan. Makin tinggi suhu maka semakin sedikit oksigen yang dapat larut. Data analisa kadar DO dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Data Analisa Kadar DO

DO	Hari	konsentrasi limbah	konsentarsi bakteri			
			0 ml	2 ml	4 ml	6 ml
0	100%	2.65 $\pm$ 0.012	2.65 $\pm$ 0.012	2.65 $\pm$ 0.012	2.65 $\pm$ 0.012	
	75%	3.15 $\pm$ 0.025	3.15 $\pm$ 0.025	3.15 $\pm$ 0.025	3.15 $\pm$ 0.025	
	50%	3.65 $\pm$ 0.042	3.65 $\pm$ 0.042	3.65 $\pm$ 0.042	3.65 $\pm$ 0.042	

5	100%	2.63±0.015	4.54±0.006	4.98±0.01	5.01±0.006
	75%	2.6±0.025	5.31±0.006	5.64±0.006	5.7±0.015
	50%	3.63±0.042	6±0.015	6.21±0.01	6.32±0.01
10	100%	2.6±0.015	5.12±0.015	5.37±0.006	5.75±0.01
	75%	3.09±0.025	5.99±0.015	6.04±0.012	6.13±0.015
	50%	3.6±0.047	6.78±0.006	6.92±0.015	7.06±0.01
15	100%	2.58±0.01	5.82±0.01	5.92±0.006	6.11±0.015
	75%	3.05±0.01	6.41±1.15	6.85±0.026	6.74±0.01
	50%	3.56±0.049	7.01±0.006	7.21±0.017	7.27±0.006

Dari tabel 12. Menunjukkan bahwa tiap konsentrasi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar DO dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentrasi yang lain. Pada konsentrasi limbah 100% penguraian DO lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi limbah 75% dan 50%. Kadar DO paling rendah terdapat pada konsentrasi limbah 50%.

Konsentrasi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar DO dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian DO. Pada konsentrasi limbah 2 ml terjadi penguraian DO tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar DO dalam sampel.

Dari tabel 12 diketahui bahwa kadar DO terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu

7.27±0.006 mg/l. Menurut Sugiarto (1998), Faktor yang mempengaruhi kadar DO adalah:

1. Langsung dari difusi udara
2. Hasil fotosintesa tanaman air atau fitoplankton: matahari, suhu, spesies, kelimpahan alga dan bahan organik

Ditambahkan oleh Lesmana dan dermawan (2006), Beberapa factor yang mempengaruhi banyaknya oksigen terlarut dalam air adalah sebagai berikut:

- Pergerakan permukaan air yang berupa riak atau gelombang akan membantu mempercepat proses difusi udara kedalam air.
- Suhu berpengaruh pada kejenuhan. Makin tinggi suhu maka semakin sedikit oksigen yang dapat larut.
- Kadar O<sub>2</sub> berkurang dengan semakin meningkatnya suhu dan kedalaman serta berkurangnya tekanan atmosfer.

#### 4.4.7 pH

Menurut Andayani (2005), pH dipengaruhi oleh pH mempengaruhi keseimbangan amoniabakteri aerob menyebabkan berkurangnya O<sub>2</sub>. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan bahwa proses penguraian bahan organik sedikit dan oksigen terlarut tersedia dalam jumlah banyak. Pada tabel 3. dapat diketahui bahwa kadar pH sampel pada hari ke-0 adalah sebesar 6.71. berdasarkan data hasil penelitian diketahui bahwa kadar pH semakin lama semakin turun tetapi penurunannya tidak begitu besar. pH sampel pada penelitian ini berkisar antara 6,5 sampai 7 (mendekati pH netral). Menurut Fardiaz (1992), Nilai pH air yang

normal adalah sekitar netral, yaitu antara pH 6 sampai 8, sedangkan pH yang terpolusi, misalnya air buangan, berbeda-beda tergantung dari jenis buangannya. Sebagai contoh air buangan pabrik pengalengan mempunyai pH 6.2 – 7.6, air buangan pabrik susu dan produk-produk susu biasanya mempunyai pH 5.3 – 7.8, air buangan bir mempunyai pH 5.5 – 7.4, sedangkan air buangan pabrik pulp dan kertas biasanya mempunyai pH 7.6 – 9.5. Data analisa kadar pH dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Analisa Kadar pH hari ke 0 - 15

pH	Hari	Konsentrasi Limbah	Kadar pH			
			Bakteri 0 ml	Bakteri 2 ml	Bakteri 4 ml	Bakteri 6 ml
0	100%	6.71±0.021	6.71±0.021	6.71±0.021	6.71±0.021	
	75%	7.14±0.036	7.14±0.036	7.14±0.036	7.14±0.036	
	50%	7.33±0.025	7.33±0.025	7.33±0.025	7.33±0.025	
5	100%	7.09±0.021	6.95±0	6.82±0	6.71±0.006	
	75%	7.09±0.031	7.33±0	7.27±0.012	7.02±0	
	50%	7.27±0.021	7.1±0	7.04±0	6.98±0.006	
10	100%	6.64±0.006	6.93±0	6.74±0	6.69±0.006	
	75%	7.08±0.01	7.3±0	7.15±0.012	6.93±0	
	50%	7.21±0.032	7.08±0	7.02±0	6.78±1.150	
15	100%	6.61±0.01	6.87±0	6.69±0	6.69±0.006	
	75%	7.06±0.015	7.27±0	6.9±0.006	6.86±0.035	
	50%	7.19±0.032	7.01±0	6.85±0.139	6.88±0.012	

Dari tabel 13. Menunjukkan bahwa tiap konsentarsi limbah memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar pH dalam limbah cair. Semakin besar konsentrasi limbah, maka proses penguraian semakin berjalan lambat. Hal ini

dikarenakan tingkat kepekatan limbah yang tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan konsentarsi yang lain. Pada konsentrasi limbah 100% penguraian pH lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi limbah 75% dan 50%. Kadar pH paling rendah terdapat pada konsentrasi limbah 50%.

Konsentarsi bakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar pH dalam limbah cair. Semakin banyak bakteri yang ditambahkan maka semakin cepat proses penguraian pH. Pada konsentrasi limbah 2 ml terjadi penguraian pH tetapi kadarnya tidak sebesar penguraian limbah dengan penambahan bakteri 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Nitrococcus sp* berpengaruh terhadap kadar pH dalam sampel.

Waktu aerasi juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kadar pH dalam limbah cair. Waktu aerasi berhubungan dengan fase bakteri. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kadar pH semakin lama semakin turun. Dari tabel 11 diketahui bahwa kadar pH terendah pada hari ke-15 dengan konsentrasi bakteri 6 ml/1000 ml limbah dan konsentrasi limbah 50% yaitu  $6.88 \pm 0.012$ .

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- *Nitrococcus sp* berpengaruh nyata terhadap kadar nitrit dan nitrat dalam limbah cair pembekuan ikan.
- Kadar penambahan bakteri yang paling efektif untuk menguraikan nitrit menjadi nitrat adalah pada penambahan 6 ml/1000 ml dengan konsentrasi limbah 50% dan dalam waktu 15 hari yaitu 0.086 mg/l.
- Kandungan amonia, nitrat, BOD, COD, protein, lemak, dan pH mengalami penurunan paling besar pada hari ke-10 dengan konsentari limbah sebesar 50% dan penambahan bakteri 6 ml.
- Kandungan amonia, nitrit, nitrat, BOD, COD, protein, lemak, dan pH terendah yaitu pada penambahan bakteri jenis *Nitrococcus sp* sebanyak 6 ml dengan lama waktu 15 hari dan konsentrasi limbah 50%. Nilai yang didapatkan dari masing-masing uji tersebut yaitu untuk kadar amonia sebesar 0.04 mg/l, nitrit 0.086 mg/l, nitrat 0.001 mg/l, BOD 0.5 mg/l, COD 1.0 mg/l, protein 0.48%, lemak 20 ppm, dan pH 6.88 unit.

### 5.2 Saran

Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan adanya penelitian lebih lanjut mengenai bakteri *Nitrococcus sp* sehingga bakteri tersebut dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhie. 2007. Bakteri-Ciri-ciri, Struktur, Perkembangbiakan, Bentuk dan Manfaatnya. <http://www.WordPress.com> weblog. Diakses tanggal 5 April 2010.
- Ahmad T. 1994. Pengelolaan Peubah Mutu Air yang Penting dalam Tambak Udang Intensif. BPP. Maros.
- Alaert dan Santika. 1984. Metode Penelitian Air. <http://www.google.com>. Diakses tanggal 15 Maret 2010.
- Almatsier, S. 2003. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Andayani, S. 2005. Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Barawijaya. Malag.
- Anonymous. 2010. Teknologi Pengolahan Limbah. <http://www.wikipedia.org>. Diakses tanggal 15 Maret 2010.
- \_\_\_\_\_. 2010. Nitrosomonas . <http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrosomonas>. Diakses tanggal 5 April 2010.
- Argo. 2007. Bioremediasi. <http://www.WordPress.com> weblog. Diakses tanggal 5 April 2010.
- Arsawan. M, I Wayan Budiarsa Suyasa<sup>2</sup>, Wayan Suarna. Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam pengolahan limbah berminyak. Jurnal Echotropik Volume 2 No.2 Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Universitas Udayana. Bali
- Brooker et al. (2008). *Biology*. McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-110200-1. <http://www.wikipedia.org>. Diakses tanggal 15 Maret 2010.
- Cassel, K. and S. Barao. 2000. Causes and prevention: Nitrate poisoning of livestock. College of Agriculture and Natural Resources. University of Maryland. <http://www.agnr.umd.edu/MCE/Publications/Publication.cfm?ID=7> [6 Maret 2010].
- Darsono, V. 2007. Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Aerob dan Anaerob. Jurnal Teknologi Industri vol XI.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius.Yogyakarta. 258 hal.
- Fahmi, F. 2005. Bioremediasi. <http://www.google.com>. Diakses tanggal 15 Maret 2010.

- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Fitria, B. Aktivitas Bakteri yang Bermanfaat. <http://www.google.com>. Diakses tanggal 15 Maret 2010.
- Ibrahim, B. 2005. *Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Lumpur Aktif*. Jurnal Buletin Teknologi Hasil Perikanan Vol VII Nomor 2005. Departemen Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ibrahim, B; Erungan A.C; dan Heriyanto. *Nilai Parameter Biokinetika Proses Denitrifikasi Limbah Cair Industri Perikanan Pada Rasio COD/TKN yang Berbeda*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Vol XII Nomor 1 Tahun 2009. Jakarta.
- Jenie, B.S.L dan Rahayu, W.P.R. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Kurnia, A. 2009. Parameter Pengolahan Air Limbah Industri. <http://www.Chem-Is-Try.Org> | [Situs Kimia Indonesia](http://www.SitusKimiaIndonesia.com). Diakses tanggal 6 Maret 2010.
- Mahida, U N. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. CV Rajawali. Jakarta.
- Mulyno, S dan Suhardono, E. 1986. Penentuan COD pada Contoh Air Berkadar Klorida Tinggi. Dalam Hutagalung *et, al.*, 1997. *Metode Analisa Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Puslitbang Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Mas'ud, P. 1993. *Telaah Kesuburan Tanah*. Cetakan kesepuluh. Bandung. Penerbit Angkasa.
- Meclaf, E. 2003. *Waste Water Engineering Design*. <http://www.google.com>. Diakses tanggal 15 Maret 2010.
- Nazir, M. 1989. *Metode Penelitian*. PT. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Novita, E, Soelistyoweni, dan Khobar, E. 2009. Karakteristik Limbah Cair Domestik dan Cara Penangannya. <http://www.google.com>. Diakses tanggal 8 Juli 2010.
- Novoty and Olem, H. 1994. *Water Quality Prefention Identification and managemen of Diffuse Polution*. Dalam Effendi, H. 2003. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Bidang Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Prasetya, B. 2008. Reduksi Amoniak Limbah Cair Industri Tekstil dengan Menggunakan Kultur Campuran Bakteri *Nitrosomonas sp.* dan *Nitrobacter sp.* Bulletin Penelitian dan Pengembangan Industri. ISSN: 0853 - 0319. Series : Vol. I (4), 2007: 126 - 134.
- Odum, E. P. 1982. Fundamental of Ecology, Third Edition, W. B. Saunders Company. Philadelphia. Dalam Anam, K. 2007. Hubungan Kualitas Air Sungai Kedunglarangan dan Masangan dengan Kelimpahan *Vibrio sp* di Kecamatan Bangil Kabupaten Pasuruan.
- Onyonx. 2008. Bioremediasi. Onyonx's Weblog Just another WordPress.com weblog. Diakses tanggal 5 April 2010.
- Rahayu, S. 2009. Limbah Cair. <http://www.Chem-Is-Try.Org> | Situs Kimia Indonesia. Diakses tanggal 6 Maret 2010.
- Rompas, M.R. 1998. Kimia Lingkungan. Edisi Pertama. Penerbit Tarsito. Bandung.
- Ronquillo, U. 2009. Penanganan Limbah Hasil Perikanan Secara Biologis. <http://www.wordpress.com>. Diakses tanggal 17 Maret 2010.
- Shizaki, T., Furuya, K., Kodama, T., Takeda, S. 2009. Contribution of N<sub>2</sub> Fixation to New Production in The Western North Pacific Ocean Along 155°E.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 2007. Analisa Bahan Makanan Dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Suparman dan Suparmin, 2002. Pembuangan Tinja dan Limbah Cair. Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Suriawiria, U. 2003. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. PT. Alumni. Bandung.
- Warosarjono. 1994. Kriteria Mutu Air Untuk Pengendalian Pencemaran Sungai. Proosding Seminar Pengendalian Pencemaran sungai (eds. Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum).
- Wiadnya, D.G.R.; L. Sutiani, E.Y; Herawati, S dan Andayani. 1993. Dinamika Kualitas Air Harian sebagai Trigger Munculnya penyakit Udang di Probolinggo, Jawa Timur.
- Widiastuti, N. 2008. Pengolahan Amonium dari Limbah Cair Industri Secara Oksidasi Anaerobik dengan Reaktor Uasb. <http://www.google.com>. Diakses tanggal 8 Maret 2010.
- Winarno, F. G. 2002. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

### Lampiran 1. Hasil Analisa Kadar Amonia

Amonia  
Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	1.13	1.1	1.11	3.34	1.11	0.015
	4	1.02	1.05	1.06	3.13	1.04	0.020
	6	0.81	0.82	0.83	2.46	0.82	0.010
75%	2	0.99	0.99	0.98	2.96	0.99	0.006
	4	0.92	0.93	0.92	2.77	0.92	0.006
	6	0.84	0.85	0.85	2.54	0.85	0.006
50%	2	0.89	0.89	0.88	2.66	0.87	0.006
	4	0.71	0.71	0.73	2.15	0.72	0.006
	6	0.53	0.54	0.54	1.61	0.54	0.012

Amonia  
Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.63	0.60	0.62	1.85	0.62	0.015
	4	0.56	0.57	0.57	1.70	0.57	0.006
	6	0.47	0.49	0.47	1.43	0.48	0.010
75%	2	0.59	0.59	0.58	1.76	0.59	0.017
	4	0.51	0.50	0.51	1.52	0.51	0.006
	6	0.47	0.45	0.46	1.38	0.46	0.010
50%	2	0.42	0.43	0.43	1.28	0.43	0.006
	4	0.38	0.38	0.38	1.14	0.38	0
	6	0.25	0.27	0.27	0.79	0.26	0.006

Amonia  
Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.25	0.24	0.22	0.71	0.24	0.016
	4	0.19	0.18	0.18	0.55	0.18	0.006
	6	0.14	0.14	0.14	0.44	0.15	0
75%	2	0.20	0.21	0.21	0.62	0.21	0.006
	4	0.16	0.15	0.15	0.47	0.16	0.006
	6	0.10	0.11	0.11	0.32	0.11	0.006
50%	2	0.10	0.09	0.09	0.28	0.09	0.006

	4	0.06	0.06	0.06	0.18	0.06	0
	6	0.04	0.05	0.05	0.13	0.04	0.006



## Lampiran 2. Hasil Analisa Kadar Nitrit

Nitrit

Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	1.118	1.119	1.118	3.355	1.118	0.001
	4	1.112	1.110	1.111	3.333	1.111	0.001
	6	0.992	0.993	0.990	2.975	0.992	0.002
75%	2	1.081	1.082	1.084	3.247	1.082	0.002
	4	1.028	1.027	1.030	3.085	1.028	0.002
	6	0.967	0.966	0.967	2.900	0.967	0.001
50%	2	0.964	0.965	0.965	2.894	0.965	0.001
	4	0.870	0.871	0.873	2.614	0.871	0.002
	6	0.606	0.608	0.609	1.823	0.608	0.002

Nitrit

Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.929	0.926	0.925	2.780	0.927	0.002
	4	0.865	0.867	0.864	2.596	0.865	0.002
	6	0.800	0.789	0.788	2.377	0.792	0.007
75%	2	0.908	0.906	0.904	2.718	0.906	0.002
	4	0.865	0.864	0.864	2.593	0.864	0.001
	6	0.713	0.710	0.711	2.134	0.711	0.002
50%	2	0.822	0.824	0.822	2.468	0.823	0.002
	4	0.684	0.686	0.686	2.056	0.685	0.002
	6	0.397	0.387	0.398	1.182	0.394	0.006

Nitrit

Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.363	0.384	0.368	1.115	0.372	0.011
	4	0.278	0.276	0.274	0.828	0.276	0.002
	6	0.213	0.219	0.220	0.652	0.217	0.004
75%	2	0.357	0.358	0.359	1.074	0.358	0.001
	4	0.268	0.252	0.259	0.779	0.260	0.008
	6	0.234	0.235	0.233	0.702	0.234	0.001
50%	2	0.201	0.108	0.103	0.412	0.137	0.055
	4	0.093	0.094	0.095	0.282	0.094	0.001
	6	0.090	0.086	0.087	0.263	0.088	0.002

### Lampiran 3. Hasil Analisa Kadar Nitrat

Nitrat

Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.095	0.094	0.096	0.285	0.095	0.001
	4	0.082	0.080	0.080	0.242	0.081	0.001
	6	0.076	0.075	0.076	0.227	0.076	0.001
75%	2	0.093	0.096	0.094	0.283	0.094	0.001
	4	0.088	0.088	0.084	0.260	0.087	0.002
	6	0.072	0.071	0.070	0.213	0.071	0.001
50%	2	0.080	0.083	0.083	0.246	0.082	0.002
	4	0.066	0.064	0.064	0.194	0.065	0.001
	6	0.039	0.035	0.037	0.111	0.037	0.002

Nitrat

Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.028	0.028	0.026	0.082	0.027	0.002
	4	0.018	0.017	0.018	0.053	0.018	0.001
	6	0.011	0.011	0.011	0.033	0.011	0
75%	2	0.024	0.023	0.024	0.071	0.024	0.001
	4	0.016	0.016	0.015	0.047	0.016	0.001
	6	0.010	0.009	0.016	0.029	0.010	0.004
50%	2	0.012	0.011	0.012	0.035	0.012	0.001
	4	0.007	0.007	0.006	0.020	0.007	0.001
	6	0.004	0.005	0.004	0.013	0.004	0.001

Nitrat

Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	0.008	0.008	0.007	0.023	0.008	0.001
	4	0.005	0.004	0.005	0.014	0.005	0.001
	6	0.004	0.003	0.003	0.010	0.003	0.001
75%	2	0.007	0.007	0.007	0.021	0.007	0
	4	0.003	0.003	0.003	0.009	0.003	0
	6	0.003	0.003	0.003	0.008	0.003	0
50%	2	0.002	0.002	0.001	0.005	0.002	0.001
	4	0.002	0.002	0.002	0.006	0.002	0
	6	0.001	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001

#### Lampiran 4. Hasil Analisa Kadar Protein

Protein  
Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	6.17	6.17	6.16	18.50	6.17	0.001
	4	6.12	6.13	6.14	18.39	6.13	0.002
	6	5.25	5.26	5.27	15.78	5.26	0.001
75%	2	5.21	5.22	5.21	15.64	5.21	0.002
	4	5.05	5.03	5.03	15.11	5.04	0.002
	6	4.88	4.86	4.86	14.60	4.87	0.001
50%	2	5.65	5.65	5.65	16.95	5.65	0.002
	4	5.00	5.01	5.01	15.02	5.01	0.001
	6	4.87	4.89	4.88	14.64	4.88	0.002

Protein  
Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	3.15	3.15	3.41	9.44	3.15	0.001
	4	3.08	3.09	3.10	9.27	3.09	0.001
	6	2.96	2.97	2.98	8.91	2.97	0
75%	2	3.05	3.06	3.05	9.16	3.05	0.001
	4	2.86	2.84	2.84	8.54	2.85	0.001
	6	2.51	2.49	2.49	7.49	2.50	0.004
50%	2	2.60	2.59	2.60	7.79	2.56	0.001
	4	2.40	2.41	2.41	7.22	2.41	0.001
	6	2.07	2.09	2.10	6.26	2.09	0.001

Protein  
Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	1.87	1.87	1.86	5.60	1.87	0.001
	4	1.53	1.54	1.56	4.63	1.54	0.001
	6	1.21	1.22	1.23	3.66	1.22	0.001
75%	2	1.78	1.79	1.78	5.35	1.78	0
	4	1.44	1.42	1.42	4.28	1.43	0
	6	1.12	1.10	1.10	3.32	1.11	0
50%	2	0.99	0.98	0.99	2.96	0.99	0.001
	4	0.63	0.64	0.64	1.91	0.64	0
	6	0.55	0.57	0.48	1.70	0.57	0.001

### Lampiran 5. Hasil Analisa Kadar Lemak

Lemak  
Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	194	195	198	587	196	2.082
	4	187	187	186	560	187	0.577
	6	181	180	181	542	181	0.577
75%	2	162	165	164	491	164	1.528
	4	158	157	157	472	157	0.577
	6	154	154	154	462	154	0
50%	2	129	128	127	384	128	1
	4	125	124	123	372	124	1
	6	120	120	120	360	120	0

Lemak  
Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	126	126	125	377	126	0.577
	4	117	118	119	354	118	1
	6	99	100	101	300	100	1
75%	2	94	95	96	285	95	1
	4	88	88	87	263	88	0.577
	6	72	71	72	215	72	0.577
50%	2	61	62	61	184	61	0.577
	4	55	53	53	161	54	1.154
	6	38	36	38	112	37	1.154

Lemak  
Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	93	93	92	278	93	0.577
	4	80	79	80	239	80	0.577
	6	67	68	69	204	68	1
75%	2	62	63	64	189	63	1
	4	48	48	47	143	48	0.577
	6	40	39	38	117	39	1
50%	2	33	34	33	100	33	0.577
	4	25	26	26	77	26	0.577
	6	22	20	22	64	21	1.154

## Lampiran 6. Hasil Analisa Kadar BOD

BOD

Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	5.1	5.1	5.1	15.3	5.1	0
	4	4.9	4.8	4.8	14.5	4.8	0.577
	6	4.7	4.6	4.6	13.9	4.6	0.577
75%	2	4.8	4.6	4.8	14.2	4.6	0.115
	4	4.5	4.7	4.4	13.6	4.5	0.152
	6	4.6	4.4	4.5	13.5	4.5	0.1
50%	2	4.4	4.4	4.5	13.3	4.4	0.577
	4	4.3	4.1	4.3	12.7	4.2	0.115
	6	4.1	4.2	4.2	12.5	4.2	0.577

BOD

Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	2.8	2.9	2.9	8.6	2.9	0.058
	4	2.7	2.6	2.8	8.1	2.7	0.1
	6	2.5	2.6	2.3	7.4	2.5	0.152
75%	2	2.6	2.4	2.5	7.5	2.5	0.1
	4	2.3	2.3	2.5	7.1	2.4	0.115
	6	2.2	2.2	2.2	6.6	2.2	0
50%	2	2.1	2.3	2.1	6.5	2.2	0.115
	4	2.0	1.9	2.1	6.0	2.0	1
	6	1.9	1.9	1.9	5.7	1.9	0

BOD

Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	1.5	1.4	1.4	4.3	1.4	0.058
	4	1.2	1.3	1.1	3.6	1.2	0.1
	6	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	0
75%	2	1.3	1.1	1.1	3.5	1.2	0.115
	4	1.1	1.1	1.0	3.2	1.1	0.058
	6	0.9	0.8	0.9	2.6	0.9	0.058
50%	2	0.9	0.8	0.7	2.4	0.8	0.1
	4	0.8	0.6	0.6	2.0	0.7	0.115
	6	0.6	0.5	0.5	1.6	0.5	0.058

## Lampiran 7. Hasil Analisa Kadar COD

COD

Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	6.7	6.8	6.9	20.4	6.8	0.1
	4	6.3	6.1	6.1	18.5	6.2	0.115
	6	5.8	5.8	5.7	17.3	5.8	0.577
75%	2	6.6	6.7	6.8	20.1	6.7	0.1
	4	6.2	6.0	6.0	18.2	6.1	0.115
	6	5.6	5.7	5.7	17.0	5.7	0.577
50%	2	6.5	6.4	6.3	19.2	6.4	0.1
	4	5.7	5.6	5.7	17.0	5.7	0.577
	6	5.2	5.2	5.3	15.7	5.2	0.577

COD

Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	5.0	4.9	4.9	14.8	5.0	0.577
	4	3.9	3.7	3.8	11.4	3.9	0.1
	6	3.3	3.3	3.4	10.0	3.3	0.577
75%	2	4.7	4.6	4.6	13.9	4.7	0.577
	4	3.6	3.6	3.5	10.7	3.6	0.577
	6	3.4	3.4	3.2	10.0	3.4	0.115
50%	2	4.1	4.3	4.0	12.4	4.1	0.152
	4	3.2	3.3	3.2	9.7	3.2	0.577
	6	3.0	3.1	3.0	9.1	3.0	0.577

COD

Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	2.1	2.2	2.1	6.4	2.1	0.577
	4	1.9	1.8	1.9	5.6	1.9	0.577
	6	1.5	1.6	1.6	4.7	1.5	0.577
75%	2	2.0	1.9	2.0	5.9	2.0	0.577
	4	1.8	1.6	1.8	5.2	1.8	0.115
	6	1.4	1.5	1.5	4.4	1.4	0.577
50%	2	1.5	1.4	1.5	4.4	1.5	0.577
	4	1.3	1.3	1.2	3.8	1.3	0.577
	6	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	0

## Lampiran 8. Hasil Analisa Kadar DO

DO

Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	4.54	4.55	4.54	13.63	4.54	0.006
	4	4.97	4.98	4.99	14.94	4.98	0.01
	6	5.01	5.00	5.01	15.02	5.01	0.006
75%	2	5.31	5.32	5.31	15.94	5.31	0.006
	4	5.65	5.64	5.64	16.93	5.64	0.006
	6	5.71	5.68	5.70	17.09	5.70	0.015
50%	2	5.98	6.00	6.01	17.99	6.00	0.015
	4	6.20	6.22	6.21	18.63	6.21	0.01
	6	6.33	6.32	6.31	18.96	6.32	0.01

DO

Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	5.12	5.13	5.10	15.35	5.12	0.015
	4	5.37	5.37	5.38	16.12	5.37	0.006
	6	5.74	5.76	5.75	17.25	5.75	0.01
75%	2	5.97	5.99	6.00	17.96	5.99	0.015
	4	6.05	6.03	6.03	18.11	6.04	0.012
	6	6.11	6.14	6.13	18.38	6.13	0.015
50%	2	6.78	6.78	6.79	20.35	6.78	0.006
	4	6.92	6.93	6.90	20.75	6.92	0.015
	6	7.07	7.05	7.06	21.18	7.06	0.01

DO

Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	5.83	5.82	5.81	17.46	5.82	0.01
	4	5.92	5.92	5.93	17.77	5.92	0.006
	6	6.10	6.11	6.13	18.34	6.11	0.015
75%	2	6.40	6.41	4.41	19.22	6.41	1.15
	4	6.87	6.86	6.82	20.55	6.85	0.026
	6	6.73	6.75	6.74	20.22	6.74	0.01
50%	2	7.01	7.00	7.01	21.02	7.01	0.006
	4	7.20	7.20	7.23	21.63	7.21	0.017
	6	7.27	7.26	7.27	21.80	7.27	0.006

### Lampiran 9. Hasil Analisa Kadar pH

pH

Hari ke-5

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total	Rata- Rata	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	6.95	6.95	6.95	20.85	6.95	0
	4	6.82	6.82	6.82	20.46	6.82	0
	6	6.71	6.71	6.72	20.14	6.71	0.006
75%	2	7.33	7.33	7.33	21.99	7.33	0
	4	7.28	7.26	7.26	21.80	7.27	0.012
	6	7.02	7.02	7.02	21.06	7.02	0
50%	2	7.10	7.10	7.10	21.30	7.10	0
	4	7.04	7.04	7.04	21.12	7.04	0
	6	6.98	6.98	6.99	20.95	6.98	0.006

pH

Hari ke-10

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	6.93	6.93	6.93	20.79	6.93	0
	4	6.74	6.74	6.74	20.22	6.74	0
	6	6.70	6.69	6.69	20.08	6.69	0.006
75%	2	7.30	7.30	7.30	21.9	7.3	0
	4	7.16	7.14	7.14	21.44	7.15	0.12
	6	6.93	6.93	6.93	20.79	6.93	0
50%	2	7.08	7.08	7.08	21.24	7.08	0
	4	7.02	7.02	7.02	21.06	7.02	0
	6	6.96	6.96	6.70	20.62	6.78	1.150

pH

Hari ke-15

Stasiun (limbah : aquades )	Kadar Penambahan Bakteri (ml)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
		c1	c2	c3			
100%	2	6.87	6.87	6.87	20.61	6.87	0
	4	6.69	6.69	6.69	20.07	6.69	0
	6	6.62	6.61	6.61	19.84	6.69	0.006
75%	2	7.27	7.27	7.27	21.81	7.27	0
	4	6.91	6.90	6.90	20.71	6.90	0.006
	6	6.86	6.86	6.80	20.58	6.86	0.035
50%	2	7.01	7.01	7.01	21.03	7.01	0
	4	6.93	6.93	6.69	20.55	6.85	0.139
	6	6.87	6.87	6.89	20.63	6.88	0.012

### Lampiran 10. Kontrol Amonia

Amonia  
Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	1.68	1.66	1.68	5.02	1.67	0.016
75%	1.57	1.55	1.58	4.7	1.57	0.015
50%	1.27	1.27	1.25	3.79	1.26	0.016

Amonia  
Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	1.70	1.71	1.73	5.14	1.71	0.015
75%	1.69	1.65	1.64	4.98	1.66	0.026
50%	1.40	1.34	1.32	4.06	1.35	0.042

Amonia  
Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	1.82	1.81	1.84	5.47	1.82	0.015
75%	1.69	1.71	1.72	5.12	1.71	0.015
50%	1.40	1.40	1.43	4.23	1.41	0.017

Amonia  
Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	1.87	1.86	1.90	5.63	1.88	0.021
75%	1.74	1.75	1.78	5.27	1.76	0.021
50%	1.45	1.45	1.47	4.37	1.46	0.016

**Lampiran 11. Kontrol Nitrit**

Nitrit

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.523	0.519	0.522	1.564	0.521	0.002
75%	0.220	0.218	0.221	0.659	0.220	0.002
50%	0.137	0.133	0.137	0.407	0.136	0.002

Nitrit

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.527	0.524	0.525	1.576	0.525	0.002
75%	0.226	0.223	0.224	0.673	0.224	0.002
50%	0.140	0.138	0.139	0.417	0.139	0.001

Nitrit

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.531	0.529	0.528	1.588	0.529	0.002
75%	0.230	0.227	0.229	0.689	0.229	0.002
50%	0.141	0.141	0.142	0.424	0.141	0.001

Nitrit

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.536	0.523	0.534	1.593	0.531	0.007
75%	0.234	0.232	0.235	0.701	0.234	0.002
50%	0.147	0.146	0.146	0.439	0.146	0.001

## Lampiran 12. Kontrol Nitrat

Nitrat

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.235	0.233	0.236	0.704	0.235	0.002
75%	0.137	0.136	0.137	0.403	0.136	0.001
50%	0.118	0.117	0.135	0.370	0.123	0.010

Nitrat

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.240	0.237	0.239	0.716	0.239	0.002
75%	0.141	0.142	0.141	0.424	0.141	0.001
50%	0.123	0.122	0.122	0.367	0.122	0.001

Nitrat

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.246	0.244	0.245	0.745	0.248	0.001
75%	0.145	0.144	0.145	0.434	0.145	0.001
50%	0.126	0.125	0.125	0.376	0.125	0.001

Nitrat

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	0.250	0.249	0.250	0.749	0.250	0.001
75%	0.149	0.148	0.149	0.446	0.149	0.001
50%	0.131	0.129	0.129	0.389	0.130	0.001

**Lampiran 13. Protein**

Protein  
Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (%)			Total (%)	Rata- Rata (%)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	8.26	8.24	8.28	24.78	8.26	0.02
75%	7.19	7.16	7.18	21.53	7.18	0.015
50%	5.59	5.57	5.59	16.75	5.58	0.012

Protein  
Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (%)			Total (%)	Rata- Rata (%)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	8.25	8.23	8.25	24.73	8.24	0.012
75%	7.16	7.15	7.16	21.47	7.16	0.006
50%	5.56	5.55	5.57	16.68	5.56	0.01

Protein  
Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (%)			Total (%)	Rata- Rata (%)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	8.20	8.19	8.20	24.59	8.20	0.015
75%	7.12	7.10	7.12	21.34	7.12	0.020
50%	5.51	5.49	5.50	16.50	5.51	0.010

Protein  
Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (%)			Total (%)	Rata- Rata (%)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	8.22	8.21	8.22	24.65	8.22	0.015
75%	7.14	7.13	7.14	21.41	7.14	0.020
50%	5.54	5.52	5.53	16.59	5.53	0.010



**Lampiran 14. Lemak**

Lemak

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (ppm)			Total (ppm)	Rata- Rata (ppm)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	204	206	203	613	204	1.527
75%	176	177	175	528	176	1
50%	132	131	135	398	133	2.181

Lemak

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (ppm)			Total (ppm)	Rata- Rata (ppm)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	196	198	197	591	197	1
75%	169	167	168	504	168	1
50%	127	128	129	384	128	1

Lemak

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (ppm)			Total (ppm)	Rata- Rata (ppm)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	194	195	194	583	194	0.577
75%	166	165	163	494	165	1.527
50%	125	126	124	374	125	1

Lemak

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (ppm)			Total (ppm)	Rata- Rata (ppm)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	189	190	189	568	189	0.577
75%	165	160	159	484	161	3.214
50%	119	120	118	357	119	1

**Lampiran 15. BOD**

BOD

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.4	6.4	6.4	19.2	6.4	0
75%	5.8	5.8	5.8	17.4	5.8	0
50%	4.9	4.9	4.9	14.7	4.9	0

BOD

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.5	6.5	6.5	19.5	6.5	0
75%	5.9	5.9	5.9	17.7	5.9	0
50%	4.9	4.9	4.9	14.7	4.9	0

BOD

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.5	6.5	6.5	19.5	6.5	0
75%	6.0	6.0	6.0	18.0	6.0	0
50%	5.0	5.0	5.0	15.0	5.0	0

BOD

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.6	6.6	6.6	19.8	6.6	0
75%	6.0	6.0	6.1	18.1	6.0	0.058
50%	5.1	5.1	5.1	15.3	5.1	0

**Lampiran 16. COD**

COD

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	7.8	7.7	7.8	23.3	7.8	0.577
75%	6.6	6.7	6.6	19.9	6.6	0.577
50%	5.9	5.9	5.9	17.7	5.9	0

COD

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	7.9	7.9	7.9	23.7	7.9	0
75%	6.7	6.7	6.7	20.1	6.7	0
50%	6.0	6.0	6.0	18.0	6.0	0

COD

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	7.9	7.9	7.9	23.7	7.9	0
75%	6.7	6.7	6.7	20.1	6.7	0
50%	6.0	6.0	6.0	18.0	6.0	0

COD

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	8.1	8.0	8.0	24.1	8.0	0.058
75%	6.9	6.8	6.8	20.5	6.8	0.058
50%	6.2	6.1	6.3	18.6	6.2	0.1

**Lampiran 16. DO**

DO

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	2.66	2.64	2.66	7.96	2.65	0.015
75%	3.15	3.12	3.17	9.44	3.15	0.020
50%	3.68	3.66	3.60	10.94	3.65	0.010

DO

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	2.63	2.61	2.64	7.88	2.63	0.015
75%	3.12	3.10	3.15	7.79	2.60	0.025
50%	3.66	3.64	3.58	10.88	3.63	0.042

DO

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	2.60	2.58	2.61	7.79	2.60	0.015
75%	3.09	3.07	3.12	9.28	3.09	0.025
50%	3.64	3.62	3.55	10.81	3.60	0.047

DO

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c) (mg/l)			Total (mg/l)	Rata- Rata (mg/l)	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	2.58	2.57	2.59	7.74	2.58	0.01
75%	3.05	3.04	3.06	9.15	3.05	0.01
50%	3.59	3.58	3.50	10.67	3.56	0.049

**Lampiran 18. pH**

pH

Hari ke-0

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c)			Total	Rata- Rata	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.73	6.69	6.72	20.14	6.71	0.021
75%	7.15	7.17	7.10	21.42	7.14	0.036
50%	7.33	7.30	7.35	21.98	7.33	0.025

pH

Hari ke-5

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c)			Total	Rata- Rata	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.66	6.65	6.69	20.00	6.67	0.021
75%	7.10	7.12	7.06	21.28	7.09	0.031
50%	7.28	7.25	7.29	21.82	7.27	0.021

pH

Hari ke-10

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c)			Total	Rata- Rata	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.63	6.64	6.64	19.91	6.64	0.006
75%	7.07	7.09	7.08	21.24	7.08	0.01
50%	7.20	7.19	7.25	21.64	7.21	0.032

pH

Hari ke-15

Stasiun (limbah:aquades)	Ulangan (c)			Total	Rata- Rata	STDEV
	c1	c2	c3			
100%	6.60	6.61	6.62	19.83	6.61	0.01
75%	7.05	7.08	7.06	21.19	7.06	0.015
50%	7.18	7.17	7.23	21.58	7.19	0.032