

**PENGARUH PEMBERIAN BAKTERI *Pseudomonas putida*
SECARA AEROB TERHADAP KARAKTERISTIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI PEMBEKUAN IKAN**

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

**Oleh :
RIEFQI KURNIAWAN
NIM. 0810832003**



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

**PENGARUH PEMBERIAN BAKTERI *Pseudomonas putida*
SECARA AEROB TERHADAP KARAKTERISTIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI 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 :
RIEFQI KURNIAWAN
NIM. 0810832003**



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

SKRIPSI
PENGARUH PEMBERIAN BAKTERI *Pseudomonas putida*
SECARA AEROB TERHADAP KARAKTERISTIK
LIMBAH CAIR INDUSTRI PEMBEKUAN IKAN

Oleh :
RIEFQI KURNIAWAN
NIM. 0810832003

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Ir. Yahya, MP
Tanggal:

Dosen Penguji I

Ir. Bambang Budi S, MS
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Happy Nursyam, MS
Tanggal:

Dosen Penguji II

Ir. Titik Dwi Sulistiyati, MP
Tanggal:

Mengetahui
Ketua Jurusan MSP

Dr. Ir. Happy Nursyam, MS
Tanggal:

RINGKASAN

RIEFQI KURNIAWAN. Skripsi tentang Pengaruh Pemberian Bakteri *Pseudomonas putida* secara Aerob terhadap Karakteristik Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan (di bawah bimbingan Ir. Yahya, MP dan Dr. Ir. Happy Nursyam, MS).

Industri pembekuan ikan di Indonesia mengalami perkembangan yang cepat. Dengan berkembangnya industri ini dapat menimbulkan masalah baru dalam lingkungan hidup. Perkembangan industri pengolahan ini dapat menghasilkan limbah baik limbah padat maupun limbah cair yang dapat merusak ekosistem perairan bila tidak ditangani dengan baik. Limbah cair yang dibuang ke perairan mengandung berbagai macam bahan organik maupun bahan anorganik serta gas beracun bila tidak ditangani dengan baik. Misalnya protein, minyak, lemak, amoniak, nitrit, nitrat dan sebagainya. Bahan-bahan tersebut sangat berbahaya bagi kehidupan perairan khususnya ikan dan bila dikonsumsi manusia dapat mengganggu kesehatan bahkan kematian. Oleh karena itu dengan adanya pengolahan limbah cair khususnya menggunakan bakteri *Pseudomonas putida* sebagai bahan pengurai diharapkan dapat mengurangi bahan-bahan berbahaya di dalam limbah cair.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses penguraian limbah cair pembekuan ikan dengan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* secara aerob. Untuk mempelajari pengaruh bakteri aerob *Pseudomonas putida* terhadap karakteristik limbah cair industri pembekuan ikan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga bulan Juni 2010 di Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, proses yang sedang berlangsung, akibat atau efek yang terjadi, atau tentang kecenderungan yang tengah berlangsung. 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 *Pseudomonas putida* 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 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 kadar lemak, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), amonia, nitrat, nitrit, pH, dan protein.

Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa *Pseudomonas putida* mampu menurunkan kadar lemak di dalam limbah cair pembekuan ikan pada hari ke 15 dengan penambahan bakteri pada perlakuan 6 ml sebesar 18 ppm. Selain itu dapat menurunkan uji amonia sebesar 0.48 mg/l, uji BOD sebesar 0.94 mg/l, uji COD sebesar 1,24 mg/l, uji nitrat sebesar 0,07 mg/l, uji nitrit sebesar 0,051 mg/l, dan uji protein sebesar 1,2% sedangkan uji DO naik sebesar 7,26 mg/l.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah serta karunia-Nyalah, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini merupakan hasil kegiatan penelitian penulis selama tiga bulan pada bulan April hingga Juni 2010 dengan judul Pengaruh Pemberian Bakteri *Pseudomonas putida* secara Aerob terhadap Karakteristik Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan. Pelaksanaan kegiatan penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Yahya MP dan Bapak Dr. Happy Nursyam, MS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
2. Bapak Ir. Bambang Budi S, MS selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
3. Ibunda, Ayahanda dan adikku tercinta, yang telah memberikan dorongan dalam doa, moril, dan materil.
4. Seluruh teman-teman Aljers, THP '08, THP '07, THP '06 atas persahabatan dan kebersamaan selama ini semoga tidak akan pernah putus.

Penulis menyadari dalam penulisan Skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Oktober 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kegunaan Penelitian	5
1.5 Hipotesa Penelitian	5
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Limbah Cair Pembekuan Ikan	6
2.2 Karakteristik Limbah Cair	7
2.3 Pengolahan Limbah Cair	9
2.4 Parameter Pengolahan Limbah Cair	9
2.4.1 Amonia (NH ₃)	9
2.4.2 BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	10
2.4.3 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	12
2.4.4 DO (<i>Dissolved Oxygen/Oksigen</i> terlarut)	13
2.4.5 Minyak dan Lemak	15
2.4.6 Nitrat	16
2.4.7 Nitrit	17
2.4.8 pH	18
2.4.9 Protein	19
2.5 Bioremediasi	20
2.6 Bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	21
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	24
3.1 Materi Penelitian	24
3.1.1 Bahan penelitian	24
3.1.2 Alat penelitian	24
3.2 Metode Penelitian	25
3.2.1 Metode	25
3.2.2 Variabel penelitian	25
3.3 Prosedur Penelitian	26
3.3.1 Pengambilan sampel limbah cair	26
3.3.2 Pembuatan media cair bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	26
3.3.3 Pemasangan aerator dan penambahan bakteri	27
3.3.3.1 Pemasangan aerator	27
3.3.3.2 Penambahan bakteri	27
3.4 Skema Kerja Penelitian	28

3.5	Analisa Beberapa Parameter	29
3.5.1	Analisa Amonia	29
3.5.2	Analisa BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	29
3.5.3	Analisa COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	30
3.5.4	Analisa DO (<i>Dissolved Oxygen/Oksigen</i> terlarut)	30
3.5.5	Analisa Minyak dan Lemak	31
3.5.6	Analisa Nitrat	31
3.5.7	Analisa Nitrit	32
3.5.8	Analisa pH	32
3.5.9	Analisa Protein	33
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Pembiakan Kultur Murni Bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	34
4.2	Pengaruh Penambahan <i>Pseudomonas putida</i> Pada Limbah Cair	36
4.3	Hasil Uji Beberapa Parameter	38
4.3.1	Kadar Amonia	38
4.3.2	Kadar BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	39
4.3.3	Kadar COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	40
4.3.4	Kadar DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	42
4.3.5	Kadar Minyak dan lemak	43
4.3.6	Kadar Nitrat	44
4.3.7	Kadar Nitrit	45
4.3.8	Kadar pH	46
4.3.9	Kadar Protein	47
4.4	Pengaruh Penambahan Bakteri terhadap Pengamatan Obyektif	48
5.	PENUTUP	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	52
	LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skema umum penguraian zat organik dalam air limbah oleh mikroba	21
2. Perbedaan jenis bakteri <i>Pseudomonas</i> sp.	22
3. Data uji beberapa parameter limbah cair pembekuan ikan	37
4. Baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan pengolahan hasil perikanan	38
5. Hasil uji kadar amonia dengan standar deviasi	39
6. Hasil uji kadar BOD dengan standar deviasi	40
7. Hasil uji kadar COD dengan standar deviasi	41
8. Hasil uji kadar DO dengan standar deviasi	42
9. Hasil uji kadar minyak dan lemak dengan standar deviasi	43
10. Hasil uji kadar nitrat dengan standar deviasi	44
11. Hasil uji kadar nitrit dengan standar deviasi	45
12. Hasil uji kadar pH dengan standar deviasi	46
13. Hasil uji kadar protein dengan standar deviasi	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema kerja penelitian	28
2. Isolat bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	34
3. Peralatan dan media cair TSB sebelum disterilisasi	35
4. Otoklaf	35
5. Penanaman isolat bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	35
6. Media cair TSB yang telah ditumbuhi bakteri	36
7. Perubahan limbah cair dari hari ke 0 hingga hari ke 15	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data hasil uji amonia	56
2. Grafik hasil uji amonia	57
3. Data hasil uji BOD	58
4. Grafik hasil uji BOD	59
5. Data hasil uji COD	60
6. Grafik hasil uji COD	61
7. Data hasil uji DO	62
8. Grafik hasil uji DO	63
9. Data hasil uji minyak dan lemak	64
10. Grafik hasil uji minyak dan lemak	65
11. Data hasil uji nitrat	66
12. Grafik hasil uji nitrat	67
13. Data hasil uji nitrit	68
14. Grafik hasil uji nitrit	69
15. Data hasil uji pH	70
16. Grafik hasil uji pH	71
17. Data hasil uji protein	72
18. Grafik hasil uji protein	73

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi sumber daya ikan yang berlimpah menjadikan banyak tumbuh industri pengolahan ikan, mulai dari skala kecil sampai industri dengan skala yang besar, di Indonesia. Industri pengolahan hasil perikanan ini, dengan berbagai jenis olahannya, dan teknologi yang digunakannya (dalam proses penangkapan atau pengolahan) akan menghasilkan limbah, baik padat maupun cair, yang berpotensi merusak keseimbangan ekologi, terutama ekologi air sungai maupun laut (Mukhtasor, 2007).

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. Selain itu limbah cair industri perikanan dapat pula menimbulkan bau yang mengganggu bagi masyarakat sehingga dapat menurunkan nilai estetika dari badan air (Ibrahim, 2005).

Menurut Suriawiria (2003), bahwa buangan, baik yang berasal dari sumber domestik (umumnya tersusun oleh senyawa organik) ataupun dari sumber non domestik (umumnya tersusun oleh senyawa anorganik) mempunyai kandungan senyawa yang berbeda, serta variasi biodegradabilitas yang luas. Sehingga penggunaan buangan untuk suatu maksud di dalam proses biologis (mikrobiologis) memerlukan penelaahan yang sehubungan dengan sifat dan bentuk substrat serta sifat dan bentuk jasad yang berperan di dalamnya, karena keseluruhan proses berlangsung secara enzimatik.

Limbah cair yang dihasilkan dalam pengolahan pangan biasanya berupa air yang telah dikotori untuk berbagai keperluan, misalnya air bekas pencucian bahan mentah baik bahan nabati maupun hewani, serta sisa air yang berasal dari pencucian peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan makanan (Purnawijayanti, 2001).

Limbah olahan bahan makanan merupakan bahan buangan yang bersifat organik yang dapat menimbulkan bau busuk yang menyengat hidung karena mengandung protein dan gugus amin saat didegradasi oleh mikroorganisme sehingga akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk (Wardhana, 1995).

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 pemasakan, dan air pendingin dari kondensor (Jenie dan Rahayu, 1993).

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Lemak dan minyak membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid dari asam lemak ini berupa cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan apabila dalam bentuk padat dan kental dikenal sebagai lemak. Apabila lemak tidak dapat dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan sehingga membentuk selaput (Sugiharto, 1987).

Semua jenis minyak mengandung senyawa volatil yang dapat segera menguap. Dalam beberapa hari 25% volume minyak akan hilang karena menguap. Sisa minyak yang tidak menguap akan mengalami emulsifikasi yang mengakibatkan air dan minyak dapat bercampur (Kristanto, 2002).

Menurut Wardhana (2001) dalam Poppo *et al* (2008), bahwa kandungan minyak dan lemak sangat berbahaya bila terdapat pada perairan karena minyak tidak larut dengan air. Berkurangnya oksigen yang masuk dari udara ke dalam air (difusi) mengakibatkan jumlah oksigen dalam air akan menjadi sedikit sehingga dapat mengganggu kehidupan akuatik. Selain itu, sinar matahari tidak dapat masuk ke dalam air sehingga mengganggu proses fotosintesis. Akibatnya, oksigen yang seharusnya dihasilkan dari proses fotosintesis tersebut tidak terjadi, sehingga kandungan oksigen di dalam air akan semakin menurun.

Adanya minyak menyebabkan penetrasi sinar ke dalam air berkurang. Ternyata intensitas sinar di dalam air sedalam 2 meter dari permukaan air yang mengandung minyak adalah 99% lebih rendah daripada intensitas sinar pada kedalaman yang sama di dalam air yang bening (Fardiaz, 1992). Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* dalam mengurangi bahan-bahan berbahaya di dalam limbah cair baik amonia, BOD, COD, nitrat, nitrit, lemak dan minyak.

1.2 Perumusan Masalah

Saat ini limbah cair pembekuan ikan lebih banyak langsung dibuang ke sungai ataupun ke laut. Industri tersebut tidak mengolah terlebih dahulu limbah yang dibuang. Akibatnya di sekitar sungai dan laut terjadi pencemaran, air menjadi kotor dan tidak dapat dipakai serta menimbulkan bau yang tidak sedap. Selain itu, terkadang banyak ditumbuhi ganggang dan menyebabkan ikan dan makhluk hidup yang berada di perairan tersebut mati karena tidak adanya oksigen yang dibutuhkan untuk pernafasan. Selain itu terdapat endapan minyak dan lemak yang mengambang di permukaan perairan.

Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan percobaan tentang penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap minyak dan lemak yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan. Proses ini dinamakan proses biodegradasi yang didefinisikan dengan proses penguraian limbah organik/anorganik polutan secara biologi dalam kondisi terkendali dengan tujuan mengontrol atau bahkan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan. Kelebihan teknologi ini ditinjau dari aspek komersil adalah relatif lebih ramah lingkungan, biaya penanganan yang relatif lebih murah dan bersifat fleksibel.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap konsentrasi pengenceran limbah cair pembekuan ikan.
2. Bagaimana pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap lama penguraian selama 15 hari.
3. Bagaimana pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap analisa beberapa parameter dalam limbah cair pembekuan ikan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap konsentrasi pengenceran limbah cair pembekuan ikan.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap lama penguraian selama 15 hari.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap uji beberapa parameter dalam limbah cair pembekuan ikan.

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh penambahan bakteri *Pseudomonas putida* secara aerob dalam mengurangi bahan-bahan berbahaya di dalam limbah cair baik amonia, BOD, COD, nitrat, nitrit, lemak dan minyak, sehingga dapat digunakan dalam industri perikanan sebagai alternatif pengolahan limbah cair.

1.5 Hipotesa Penelitian

H₀: Diduga bahwa dengan perlakuan lama waktu selama 15 hari secara aerob oleh bakteri *Pseudomonas putida* tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah kandungan bahan-bahan berbahaya yang terlarut dalam limbah cair pembekuan ikan.

H₁: Diduga bahwa dengan perlakuan lama waktu selama 15 hari secara aerob oleh bakteri *Pseudomonas putida* memberikan pengaruh terhadap jumlah kandungan bahan-bahan berbahaya yang terlarut dalam limbah cair pembekuan ikan.

1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, 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.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Pembekuan Ikan

Limbah yang dihasilkan dari suatu proses pengolahan makanan harus dipandang sebagai satu permasalahan serius dalam sanitasi. Penanganan limbah yang tidak memadai dapat menjadi sumber pencemaran yang membahayakan kesehatan. Limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan makanan biasanya berupa air yang telah dikotori untuk berbagai keperluan. Sebagai contoh adalah air bekas pencucian bahan-bahan mentah baik bahan nabati maupun hewani, serta sisa air yang berasal dari pencucian peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan makanan (Purnawijayanti, 2001).

Limbah olahan bahan makanan merupakan bahan buangan yang bersifat organik yang dapat menimbulkan bau busuk yang menyengat hidung karena mengandung protein dan gugus amin saat didegradasi oleh mikroorganisme sehingga akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk (Wardhana, 1995).

Derajat limbah dalam industri 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 pemasakan, dan air pendingin dari kondensor (Jenie dan Rahayu, 1993).

Limbah cair ini dikeluarkan dalam jumlah yang tidak sama setiap harinya. Pada waktu tertentu dalam jumlah yang banyak tetapi encer terutama mengandung protein dan garam. Pada waktu yang lain dikeluarkan limbah cair dalam jumlah sedikit tetapi pekat yang mengandung protein dan lemak. Beban limbah cair tersebut berbeda tergantung jenis pengolahannya (Ibrahim, 2005).

Menurut River *et al* (1998) dalam Ibrahim *et al* (2009) bahwa air yang dibuang dari proses industri perikanan banyak mengandung nutrisi organik yang biasanya berupa nitrogen, dalam bentuk amoniak, 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.

2.2 Karakteristik Limbah Cair

Menurut Suriawiria (2003), bahwa sebelum pengolahan air buangan dilakukan, maka terlebih dahulu harus diketahui beberapa karakteristiknya, yaitu:

- a) Karakteristik Fisis, yang menjadi parameter dalam pengolahan meliputi temperatur, total solid, warna, bau, dan kekeruhan.
- b) Karakteristik Kimia, yang menjadi parameter dalam pengolahan meliputi senyawa organik, senyawa anorganik, dan gas.
- c) Karakteristik Biologis, yang menjadi parameter dalam pengolahan meliputi kandungan mikroba, tumbuhan dan hewan di dalamnya.

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau dan warna juga temperatur. Jumlah total endapan terdiri dari benda-benda yang mengendap, terlarut, tercampur (Sugiharto, 1987).

Menurut Jenie dan Rahayu (1993), bahwa sifat-sifat fisik seperti suhu, pH, dan konsentrasi padatan tersuspensi merupakan peubah yang mempunyai pengaruh langsung terhadap proses biooksidasi. Nilai peubah ini diperkirakan akan berubah dengan laju aliran dan musim. Informasi ini akan diperlukan oleh perancang proses penanganan.

Bahan anorganik merupakan sifat kimia limbah yaitu berupa bahan selain H, O dan biasanya tidak dapat terurai atau termasuk dalam senyawa konservatif, yaitu senyawa yang dapat bertahan lama di dalam suatu badan perairan sebelum akhirnya mengendap ataupun terabsorpsi oleh adanya berbagai reaksi fisik dan kimia perairan. Termasuk bahan anorganik adalah sianida, amonia, asam alkali, organoklorida, dan logam berat (Mukhtasor, 2007).

Sifat kimia air limbah dengan pengotoran yang sedang, sekitar 75% dari benda-benda tercampur dan 40% dari zat padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik alami. Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor, dan besi bisa juga dapat dijumpai. Pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah berisikan 40-60% adalah protein, 25-50% berupa karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengelolaan air limbah sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Sugiharto, 1987).

Sifat biologis air limbah diperlukan untuk mengetahui/mengukur kekotoran dan kualitas air limbah sebelum dibuang ke sungai (Sugiharto, 1987). Biasanya sifat biologis air limbah diukur dari kandungan organisme renik – terutama organisme patogen – yang hidup di dalam air limbah. Organisme renik yang biasa diukur untuk mengetahui sifat biologis dari limbah adalah bakteri, jamur, ganggang, protozoa, dan virus. Kandungan organisme patogen dalam air limbah menjadi sangat penting karena berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas serta kesehatan makanan yang diproduksi, dalam hal ini berarti produk pengolahan hasil perikanan (Mukhtasor, 2007).

2.3 Pengolahan Limbah Cair

Menurut Waluyo (2009), bahwa berdasarkan pada karakteristik air, pengolahan buangan dibedakan menjadi 3 cara utama, yakni:

- Pengolahan secara fisik, antara lain dengan cara : filtrasi, evaporasi, skrining, sentrifugasi, flotasi, dan “reverse-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-bahan toksik dan denitrifikasi.

2.4 Parameter Pengolahan Limbah Cair

2.4.1 Amonia (NH₃)

Amonia merupakan hasil perombakan asam-asam amino oleh berbagai jenis bakteri aerob dan anaerob, amoniak dalam perairan tidak terlalu berbahaya jika air itu diberi klor. Peningkatan kadar amoniak NH₃ dalam perairan dipicu oleh tingginya proses perombakan protein yang dilakukan oleh bakteri dan akan menghasilkan nitrat, kadar amonia ini juga dipicu oleh tinggi rendahnya suhu dalam perairan tersebut karena dengan adanya fluktuasi suhu dalam perairan akan menyebabkan perbedaan tingkat respirasi bakteri (Kurniawan, 2009).

Adanya amonia merupakan indikator masuknya buangan permukiman. Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja dan oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari buangan permukiman penduduk. Limbah domestik mengandung amonia. Amonia tersebut berasal dari pembusukan protein tanaman/hewan dan kotoran (Sasongko, 2006).

Tumbuhan dan hewan yang telah mati akan diuraikan proteinnya oleh organisme pembusuk menjadi amonia dan senyawa amonium. Nitrogen dalam kotoran dan air seni akan berakhir menjadi amonia juga. Amonia merupakan hasil tambahan penguraian (pembusukan) protein tumbuhan atau hewan, atau dalam kotorannya. Jadi, jika terdapat amonia dalam air, ada kemungkinan kotoran hewan masuk. Amonia dalam air tidak terlalu berbahaya jika air tersebut diberi klor (Kristanto, 2002).

Amonia dapat berpengaruh pada refleks pernafasan, batuk-batuk sesak napas lalu tiba-tiba lemas, serta dapat mengganggu selaput *conjunctive* pada mata. Dijumpai pula efek kronis pada *bronchus*, peningkatan eksresi ludah, gejala kencing tersendat-sendat/*urine retention* (Zaman dan Sutrisno, 2006).

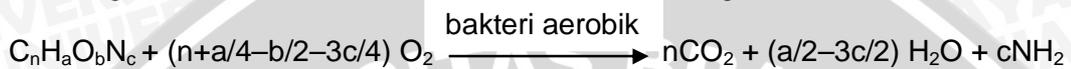
2.4.2 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

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 di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari (Sugiharto, 1987).

Menurut Jenie dan Rahayu (1993), bahwa 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 BOD₅. Nilai ini hanya merupakan indeks jumlah bahan organik yang dapat dipecah secara biologik bukan ukuran sebenarnya dari limbah organik.

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).

Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme atau oleh bakteri aerobik adalah sebagai berikut :



Reaksi tersebut di atas memerlukan waktu yang cukup lama, kira-kira 10 hari. Dalam waktu 2 hari mungkin reaksi telah mencapai 50%, dan dalam waktu 5 hari mencapai sekitar 75% (Wardhana, 1995).

Prinsip perombakan bahan dalam limbah adalah oksidasi, baik oksidasi biologis maupun oksidasi kimia. Semakin tinggi bahan organik dalam air menyebabkan kandungan oksigen terlarut semakin kecil, karena oksigen digunakan oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik. Adanya bahan organik tinggi dalam air menyebabkan kandungan oksigen terlarut semakin kecil, karena oksigen digunakan oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik. Adanya bahan organik tinggi dalam air menyebabkan kebutuhan mikroba akan oksigen akan meningkat, yang diukur dari nilai BOD yang meningkat. Untuk mempercepat perombakan umumnya diberi aerasi untuk meningkatkan oksigen terlarut, misalnya dengan aerator yang disertai pengadukan. Setelah terjadi perombakan bahan organik maka nilai BOD menurun sampai nilai tertentu yang menandakan bahwa air sudah bersih (Juni dan Turista, 2010).

Menurut Fardiaz (1992), bahwa uji BOD mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya adalah:

- 1) Uji BOD memerlukan waktu yang cukup lama yaitu minimum lima hari.

- 2) Dalam uji BOD ikut terhitung oksigen yang dikonsumsi oleh bahan-bahan anorganik atau bahan-bahan tereduksi lainnya yang disebut juga "intermediate oxygen demand".
- 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 klorin dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang dibutuhkan untuk merombak bahan organik, sehingga hasil uji BOD menjadi kurang teliti.

Menurut Hariyadi (2004), bahwa dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

2.4.3 COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organisme yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasian $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*Oxidizing agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar air oleh zat-zat organisme secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Isyuniarto *et al.*, 2007).

Uji COD adalah suatu pembakaran kimia secara basah dari bahan organik dalam sampel. Larutan asam dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) digunakan untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu tinggi. Berbagai prosedur COD yang menggunakan waktu reaksi dari 5 menit sampai 2 jam. Senyawa-senyawa bensen dan ammonia tidak diukur dalam uji ini. Prosedur COD tidak mengoksidasi ammonia walaupun mengoksidasi nitrit (Jenie dan Rahayu, 1993).

Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan buangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah kalium bikromat yang dipakai pada reaksi tersebut. Makin banyak kalium bikromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, berarti makin banyak oksigen yang diperlukan. Ini berarti bahwa air lingkungan makin banyak tercemar oleh bahan buangan organik. Dengan demikian maka seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan dapat ditentukan (Wardhana, 1995).

Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada 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 (Fardiaz, 1992).

Selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit diurai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada (Hariyadi, 2004).

2.4.4 DO (*Dissolved Oxygen*/Oksigen terlarut)

Penurunan kualitas akibat pencemaran dapat dilihat dengan mengamati beberapa parameter kimia, seperti oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan diperlukan oleh organisme untuk pernafasan dan oksidasi bahan-bahan organik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu difusi udara dan hasil fotosintesis organisme yang hidup di dalam perairan tersebut (Nybakken, 1988).

Oksigen memegang peranan yang kritis dalam sistem penanganan biologis karena bila oksigen bertindak sebagai aseptor hidrogen akhir, mikroorganisme akan memperoleh energi maksimum. Untuk mempertahankan sistem aerobik diperlukan konsentrasi oksigen terlarut minimum antara 0,2 dan 0,6 mg/l (Jenie dan Rahayu, 1993).

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar untuk kehidupan tanaman dan hewan di dalam air. Kehidupan makhluk hidup di dalam air tersebut tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupannya. Ikan merupakan makhluk air yang memerlukan oksigen tertinggi, kemudian invertebrata, dan yang terkecil kebutuhan oksigennya adalah bakteri. Biota air hangat memerlukan oksigen terlarut minimal 5 ppm, sedangkan biota air dingin memerlukan oksigen terlarut mendekati jenuh (Fardiaz, 1992).

Menurut Mulyanto (1992), Kandungan O_2 dalam air dapat berkurang disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

- Penguraian atau perombakan bahan organik oleh mikroorganisme.
- Respirasi biota perairan baik hewan maupun tumbuhan air, proses ini terus menerus sepanjang hari.

Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrien yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga. Karena peranannya yang penting ini, air buangan industri dan limbah rumah tangga sebelum dibuang ke lingkungan umum terlebih dahulu diperkaya kadar oksigennya (Salmin, 2005).

2.4.5 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dimasukkan ke dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Minyak tidak larut dalam air. Oleh karena itu jika air tercemar oleh minyak maka minyak tersebut akan tetap mengapung, kecuali jika terdampar ke pantai atau tanah di sekeliling sungai (Kristanto, 2002).

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

Lipid (lemak) adalah kelompok senyawa heterogen yang berkaitan baik secara aktual maupun potensial dengan asam lemak. Sifat dari lemak secara umum tidak larut dalam air, sehingga limbah yang mengandung lemak yang terdapat dalam badan air mempunyai dampak yang cukup besar dalam mengganggu ekosistem perairan. Lapisan lipid yang ada pada permukaan perairan akan menghalangi masuknya cahaya dalam badan air sehingga proses fotosintesis berlangsung terhambat dengan demikian kadar oksigen akan rendah yang akan menyebabkan organisme aerobik akan mati (Darmayasa, 2006).

Lemak (ester asam lemak dan gliserol) dihasilkan oleh tumbuhan dan hewan yang hampir selalu didapatkan dari air dan sedimen. Senyawa tersebut diuraikan oleh bakteri dan fungi dengan bantuan enzim lipase. Bakteri lipoklastik dapat tersebar secara luas dalam air. Telah dapat diisolasi 13 spesies bakteri lipolitik, yakni anggota dari genus *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Sarcina*, *Serratia*, dan *Bacillus* (Waluyo, 2009).

Minyak tidak larut di dalam air, melainkan akan mengapung di atas permukaan air. Bahan buangan cairan berminyak yang dibuang ke air lingkungan akan mengapung menutupi permukaan air. Kalau bahan buangan cairan berminyak mengandung senyawa yang volatil maka akan terjadi penguapan dan luasan permukaan minyak yang menutupi permukaan air akan menyusut. Penyusutan luasan permukaan ini tergantung pada jenis minyaknya dan waktu. Air yang telah tercemar oleh minyak tidak dapat dikonsumsi oleh manusia karena seringkali dalam cairan minyak terdapat juga zat-zat yang beracun, seperti senyawa benzen, senyawa toluen dan lain sebagainya (Wardhana, 1995).

Pemberian udara (*aeration*) pada saluran-saluran yang mengandung bahan-bahan halus tersuspensi atau bahan-bahan berminyak dapat digunakan untuk membentuk lumpur yang mengapung yang dengan mudah dapat disingkirkan (Buckle *et al*, 1987).

2.3.6 Nitrat

Nitrat adalah bentuk nitrogen utama di perairan alami. Nitrat berasal dari amonium yang masuk ke dalam badan sungai terutama melalui limbah domestik konsentrasinya di dalam sungai akan semakin berkurang bila semakin jauh dari titik pembuangan yang disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme di dalam air contohnya bakteri *Nitrosomonas*. Mikroorganisme tersebut akan mengoksidasi amonium menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat oleh bakteri. Proses oksidasi tersebut akan menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut semakin berkurang, terutama pada musim kemarau saat turun hujan semakin sedikit di mana volume aliran air sungai menjadi rendah (Kurniawan, 2009).

Tingginya kadar nitrat pada air minum terutama yang berasal dari sungai atau sumur di dekat pertanian juga sering menjadi sumber keracunan nitrat. Nitrat yang masuk dalam saluran pencernaan akan diubah menjadi nitrit yang berikatan dengan hemoglobin membentuk methemoglobin (Parrot *et al*, 2002).

Menurut Nursyamsi *et al.* (2001), bahwa kadar nitrat dalam mata air tergantung aktivitas sumber pencemar di bagian hulu, aktivitas penggunaan air sumur itu sendiri, dan tingkat pencucian serta aliran permukaan. Selain itu, kadar nitrat tersebut juga tergantung potensial redoks (Eh). Apabila nilai Eh turun (reduktif), nitrat akan cepat hilang menjadi gas N_2O dan atau N_2 melalui proses denitrifikasi. Pada kondisi reduktif, N-amonium lebih dominan daripada N-nitrat, namun sebaliknya dalam kondisi oksidatif N-amonium bisa berubah menjadi N-nitrat melalui proses nitrifikasi. Dengan demikian maka pencucian N dalam sistem yang reduktif akan menghasilkan NH_4^+ , sedangkan dalam sistem yang oksidatif akan menghasilkan NO_3^- .

2.4.7 Nitrit

Menurut Fajar (2010), bahwa nitrit merupakan ion-ion anorganik alami yang merupakan bagian dari sebuah siklus unsur Nitrogen di alam. Proses dimulai dari bahan/material yang mengandung Nitrogen oleh mikroorganisme dirubah menjadi amonia (NH_4), kemudian akan mengalami oksidasi menjadi Nitrit (NO_2^-), selanjutnya ion Nitrit tersebut akan mengalami oksidasi lagi menjadi Nitrat (NO_3^-) yang relatif memiliki ikatan kimia lebih stabil. Mengingat ion Nitrit dan Nitrat merupakan sebuah proses yang saling berantai dan tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain maka berbagai dampak pada lingkungan dan kesehatan manusia adalah sama dengan dampak yang diakibatkan oleh ion Nitrat, akan tetapi karena ion Nitrit ini sangat labil ikatan kimianya, maka dampaknya akan semakin akut dan serius.

Nitrit merupakan hasil perombakan protein yang merupakan ikutan dari amonia. Pada air kotor karena terlalu banyak ikan biasanya mempunyai kadar nitrit yang tinggi. Kandungan amonia dan nitrit dapat dikurangi ataupun dihilangkan dengan cara penggantian air, pemberian aerasi, penguapan, maupun reaksi kimia dengan oksigen (Harahap, 2010).

Ion nitrit dapat berperan sebagai sumber nitrogen bagi tanaman, keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar oksigen terlarut rendah. Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah domestik. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Garam-garam nitrit digunakan sebagai penghambat terjadinya korosi pada industri (Effendi, 2003).

Menurut Kristanto (2002), bahwa jika amonia diubah menjadi nitrat, maka akan terdapat nitrit dalam air. Hal ini terjadi jika air tidak mengalir, khususnya di bagian dasar. Nitrit amat beracun di dalam air, tetapi tidak bertahan lama. Kandungan nitrogen di dalam air sebaiknya di bawah 0,3 ppm. Kandungan nitrogen di atas jumlah tersebut mengakibatkan ganggang tumbuh dengan subur. Jika kandungan nitrat di dalam air mencapai 45 ppm maka berbahaya untuk diminum. Nitrat tersebut akan berubah menjadi nitrit di perut. Keracunan nitrit akan mengakibatkan wajah membiru dan kematian.

2.4.8 pH

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 (Fardiaz, 1992).

Nilai pH limbah cair adalah ukuran kemasaman atau kebasaan limbah. Air yang tidak tercemar memiliki pH antara 6.5-7.5. Sifat air bergantung pada besar kecilnya pH. Air yang memiliki pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat masam, sedangkan air yang memiliki pH lebih besar dari pH normal akan bersifat basa. Perubahan pH air tergantung pada polutan air tersebut. Air yang memiliki pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran pH normal tidak sesuai untuk kehidupan bakteri asidofil atau organisme lainnya (Hasanah, 2010).

Menurut Kristanto (2002), bahwa perubahan keasaman pada air limbah, baik ke arah alkali (pH naik) maupun ke arah asam (pH turun), akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air. Selain itu, air limbah yang mempunyai pH rendah bersifat sangat korosif terhadap baja dan sering mengakibatkan pipa besi menjadi berkarat.

Menurut Jenie dan Rahayu (1993), bahwa aktivitas biologik dapat mengubah pH, contohnya reaksi biologis yang dapat menyebabkan kenaikan pH adalah fotosintesis, denitrifikasi, pemecahan nitrogen organik, dan reduksi sulfat. Contoh reaksi biologis 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.

Sebagian besar mikroorganisme tumbuh terbaik dalam berbagai pH yang relatif sempit di sekitar netral (pH 6-8). Enzim merupakan polimer dari asam amino, dan aktivitas mereka membutuhkan tepat derajat protonasi asam amino. Ini dikendalikan oleh pH, dengan nilai optimum biasanya netral. Sebagian besar mikroorganisme hidup antara nilai-nilai pH 5 dan 9. Rentang ini umumnya mencerminkan kapasitas buffering dari mineral karbonat. Dalam kasus ini, keasaman dapat menekan aktivitas mikroba (Alvarez dan Illman, 2006).

2.4.9 Protein

Protein adalah kandungan utama dari makhluk hidup termasuk juga di dalamnya tanaman dan binatang bersel satu. Adapun jumlah kandungan ini sangat bervariasi mulai dari yang rendah sampai tinggi. Protein sangat kompleks dalam struktur kimianya dan tidak stabil, akan berubah menjadi bahan lain pada protein dekomposisi. Beberapa hal adalah terlarut di dalam air, sedangkan lainnya tidak larut (Sugiharto, 1987).

Protein merupakan kandungan utama dalam produk perikanan yang diinginkan manusia ketika mengonsumsi ikan. Dengan demikian, air limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan hasil perikanan dipastikan mengandung protein. Protein merupakan sumber utama adanya bau pada air limbah industri hasil perikanan. Bau ini timbul karena adanya proses pembusukan dan penguraian dalam air limbah. Senyawa pembentuk protein adalah karbon (C), disamping hidrogen, oksigen dan nitrogen (Mukhtasor, 2007).

2.5 Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi adalah penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Bioremediasi adalah proses penguraian limbah organik/anorganik polutan secara biologi dalam kondisi terkendali dengan tujuan mengontrol, mengurangi atau bahkan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan (Dedy, 2010).

Bioremediasi merupakan proses pembersihan (remediasi) bahan pencemar tanah dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme dapat menggunakan bahan pencemar sebagai sumber energi, sumber karbon atau asektor elektron untuk metabolisme hidupnya. Teknik bioremediasi akan mempercepat proses perombakan polutan dengan memilih inokulan mikroba yang sesuai dan memanipulasi lingkungan yang sesuai bagi mikroba tersebut sehingga memungkinkan proses terjadinya perombakan polutan secara maksimal (Widyati, 2004).

Ada beberapa keuntungan bioremediasi dibandingkan dengan pengolahan limbah secara konvensional. Hasil produk akhir pada bioremediasi umumnya bersifat tidak beracun, jika terjadi proses mineralisasi yang lengkap. Bioremediasi tidak membutuhkan biaya yang mahal (Waluyo, 2009).

Bioremediasi adalah proses di mana mikroorganisme digunakan sebagai obat untuk degradasi-biologis. Bahan limbah padat, polutan organik, limbah industri, limbah dll, yang sedang dibuang di air atau ke lingkungan, menciptakan masalah pencemaran utama. Pengolahan limbah cair sungai dengan metode kimia melibatkan teknologi canggih dan biaya penjualan yang tinggi. Kemampuan bakteri autotrofik untuk mengoksidasi limbah organik dengan harga tinggi telah menyebabkan pengembangan metode bioteknologi ekonomis untuk menghilangkan limbah organik dari aliran limbah (Jamil, 2001).

Tabel 1. Skema umum penguraian zat organik dalam air limbah oleh mikroba

Substrat dan Enzim Mikroorganisme	Produk Akhir yang Mewakili	
	Keadaan Anaerobik	Keadaan Aerobik
Protein dan persenyawaan nitrogen organik lainnya	Asam amino Amonia Nitrogen Hidrogen S Metana Karbondioksida Hidrogen Alkohol Asam organik Indol (bau)	Asam amino Amonia → nitrit → nitrat H ₂ S → asam sulfat Alkohol → CO ₂ & H ₂ O Asam organik
Karbohidrat	Karbondioksida Hidrogen Alkohol Asam lemak Persenyawaan netral	Alkohol → CO ₂ & H ₂ O Asam lemak
Lemak dan sebagainya	Asam lemak + gliserol Karbondioksida Hidrogen Alkohol Asam lemak rendah	Alkohol → CO ₂ & H ₂ O Asam lemak

Sumber: Waluyo (2009).

2.6 Bakteri *Pseudomonas putida*

Pseudomonas dengan 149 spesies dan 11 spesies tambahan, berpigmen hijau muda atau hijau tua. Pigmen meresap ke dalam medium. Umumnya penghuni tanah atau air. Bergerak dengan flagel yang terdapat pada ujung. Jumlah flagel satu atau lebih (Irianto, 2006).

Pseudomonas bersel tunggal, batang lurus atau melengkung, namun tidak berbentuk heliks. Pada umumnya berukuran 0,5 – 1,0 μm x 1,5 – 4,0 μm . Motil dengan flagelum polar; monotrikus atau multitrikus. Tidak menghasilkan selongsong prosteka. Tidak dikenal adanya stadium istirahat. Gram negatif. Kemoorganotrof. Metabolisme dengan respirasi, tidak pernah fermentatif. Beberapa merupakan kemolitotrof fakultatif, dapat menggunakan H_2 atau CO sebagai sumber energi. Oksigen molekular merupakan penerima elektron universal. Aerobik sejati. Katalase positif (Pelczar and Chan, 2009).

Tabel 2. Perbedaan jenis bakteri *Pseudomonas* sp.

Jenis Bakteri Pembeda	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pseudomonas putida</i>
Pigmen :			
- Berdifusi :			
a) Berpijar	Hijau, terkadang tidak	Hijau	Hijau
b) Tidak berpijar	Biru-hijau, merah, coklat-hitam atau tidak berwarna	Tidak ada atau berwarna oranye	Tidak ada
- Tidak berdifusi	Tidak ada	Pada umumnya tidak ada, oranye/ biru (jarang ada)	Pada umumnya tidak ada, kuning (jarang ada)
Oksidase	+	+	+
Tumbuh pada 41 °C	+	-	-
Hidrolisis gelatin	+	+	-
Hidrolisis kasein	+	+	-
Arginin dihidrolase	+	+	+
Levan dari sukrosa	-	d	-

Sumber : Skinner and Lovelock (1979).

Bakteri *Pseudomonas putida* mempunyai nama lain *Bacillus Fluorescens putida*, atau *Bacillus putida*. Bentuk batang 0,7±1 – 2,0±4,0 μm . Beberapa strain mempunyai bentuk oval, bersifat motil, karena mempunyai multitrichous flagella, menghasilkan fluorescent pigmen, egg yolk reaksi negatif, sifat tumbuh obligate aerob, optimal tumbuh pada kisaran suhu 25 – 30°C, tidak tumbuh pada suhu 42°C, beberapa strain mampu tumbuh pada suhu 4°C bahkan lebih rendah. Diisolasi dari tanah atau air setelah diperkaya dengan medium bermineral sebagai sumber karbon (Holt *et al.*, 1994).

Menurut Budiyanto (2003), bahwa *Pseudomonas putida* dapat dikembangkan menjadi mikroorganisme yang mampu mencerna minyak bumi pada kasus pencemaran air laut oleh pengeboran minyak lepas pantai atau kecelakaan kapal pengangkut minyak. Bakteri ini juga digunakan untuk membersihkan limbah minyak (lemak) di pabrik-pabrik pengolahan daging. Kemampuan bakteri menguraikan minyak juga dimanfaatkan untuk membersihkan pipa-pipa yang salurannya sering mengalami penyumbatan oleh minyak (lemak) pada pabrik pengolahan daging tersebut.



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan selama penelitian ini berupa bahan utama, bahan kimia, dan bahan untuk isolasi serta kultur bakteri. Bahan utama yang digunakan adalah sampel limbah industri pembekuan ikan yang diperoleh dari PT 689, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, Propinsi Jawa Timur. Bahan lain yang digunakan adalah biakan murni bakteri *Pseudomonas putida* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya Malang. Media untuk pertumbuhan *Pseudomonas putida* berupa *Trypticase Soy Broth* (TSB). Bahan lainnya yang digunakan untuk uji nitrat adalah asam fenol disulfanik, aquades, NH_4OH . Bahan untuk uji amonia adalah reagen nessler. Bahan yang digunakan untuk uji COD adalah reagen asam sulfat, MnSO_4 , NaOH . Bahan-bahan lainnya adalah alumunium foil, kertas label, kertas saring, aquades, double tape/isolasi, selang plastik, sambungan T, dan tissue.

3.1.2 Alat penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting, aerator, toples plastik ukuran 2,5 liter, kabel roll, tabung reaksi, erlenmeyer, pipet volum, buret, pipet tetes, beaker glass, timbangan analitik, labu ukur, micro pipet, gelas ukur, spatula, kuvet spektro, bola hisap, pipet serologis corong, pH meter, COD reaktor, spektrofotometer, aerator, selang, toples, botol DO, botol gelap terang, oxymeter, DO meter, otoklaf, hot plate, kompor gas, incase, kulkas, nampan, sambungan T, gunting, waterbath, labu kjedalh, cawan porselen, kulkas, cool box, jurigen, corong pisah, dan oven.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, proses yang sedang berlangsung, akibat atau efek yang terjadi, atau tentang kecenderungan yang tengah berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengumpulkan informasi tentang variabel dan bukan tentang individu (Aries, 2008). Desain penelitian dalam arti sempit dimaknai sebagai suatu proses pengumpulan dan analisis penelitian. Dalam arti luas rancangan penelitian meliputi proses perencanaan dan pelaksanaan penelitian. Dalam rancangan perencanaan dimulai dengan mengadakan observasi dan evaluasi terhadap penelitian yang sudah dikerjakan dan diketahui, sampai pada penetapan kerangka konsep dan hipotesis penelitian yang perlu pembuktian lebih lanjut (Yuliyantho, 2010).

3.2.2 Variabel penelitian

Menurut Surachmadi (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.

- a) Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penambahan bakteri *Pseudomonas putida* dengan jumlah yang berbeda yaitu sebanyak 0 ml; 2 ml; 4 ml; dan 6 ml.
- b) Variabel terikat adalah jumlah penurunan kandungan yang dapat didegradasi oleh bakteri *Pseudomonas putida* antara lain kadar BOD, COD, nitrit, nitrat, amonia, protein, lemak, DO dan pH.

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, Propinsi Jawa Timur. Sampel langsung diambil dari tempat penampungan limbah. Tempat penampungan limbah ini mempunyai kedalaman ± 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 *cool box*. Fungsi *coolbox* yaitu untuk menjaga suhu sampel agar konstan. Setelah itu, sampel dimasukkan kedalam ruangan pendingin atau kulkas.

3.3.2 Pembuatan media cair bakteri *Pseudomonas putida*

Media yang digunakan adalah media cair *Trypticase Soy Broth* (TSB). Adapun langkah-langkah dalam proses pembuatan media cair tersebut adalah sebagai berikut (Waluyo, 2008):

- 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 otoklaf pada suhu 121°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 *Pseudomonas putida*.
- Media cair yang berisi bakteri diinkubasi dalam incase selama 24 jam.

3.3.3 Pemasangan aerator dan penambahan bakteri

Setelah dilakukan pembuatan media cair *Trypticase Soy Broth* (TSB) bakteri *Pseudomonas putida* kemudian dilakukan penambahan bakteri dalam limbah cair. Limbah cair ditempatkan dalam toples dan diberi udara dari aerator.

3.3.3.1 Pemasangan aerator

Pemasangan aerator dalam toples yang berisi limbah cair pembekuan ikan dilakukan untuk menambahkan udara (O_2) ke dalam limbah cair agar bakteri yang ditambahkan ke dalam limbah cair tersebut dapat tumbuh dan berkembang biak. Tahap-tahapnya adalah sebagai berikut:

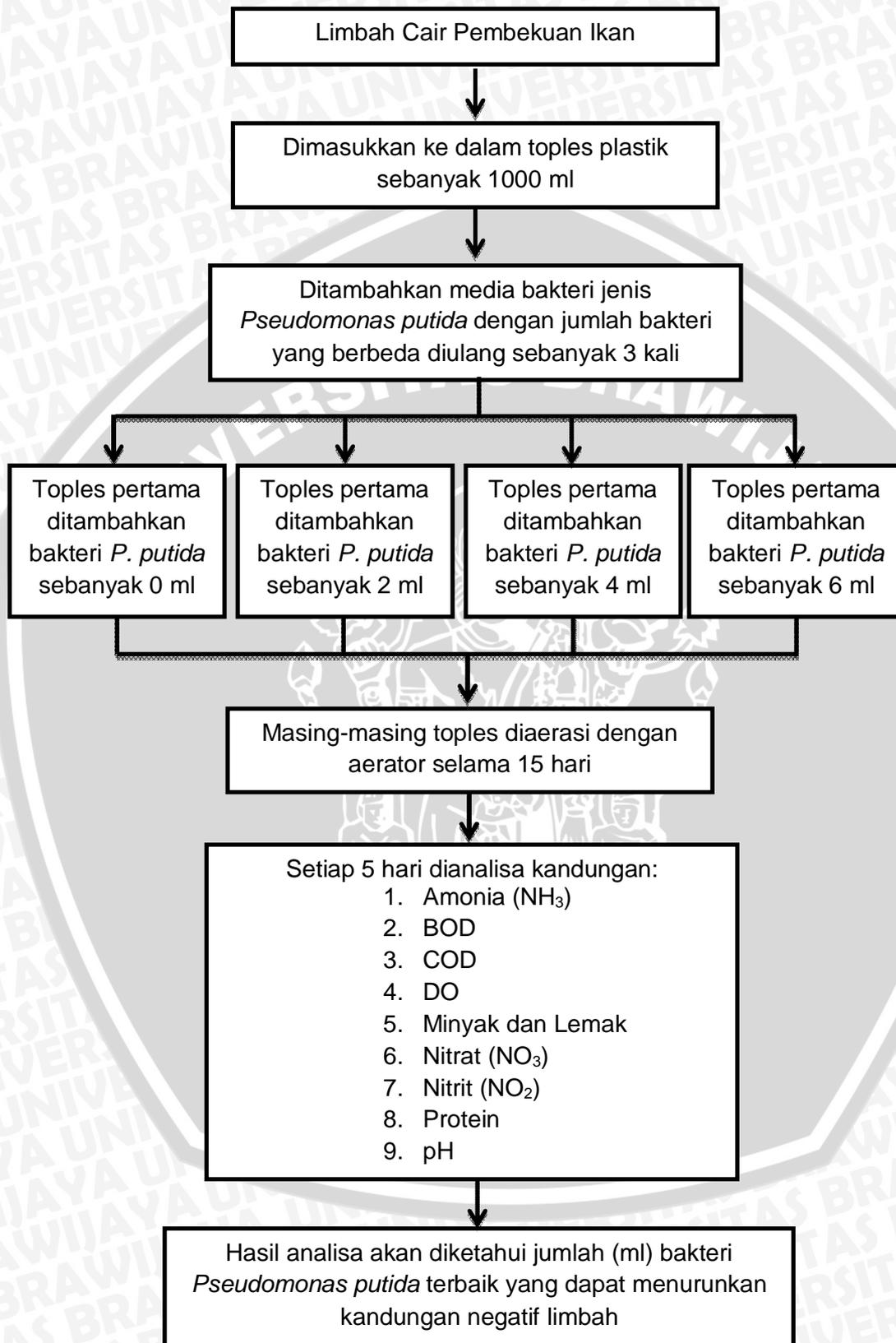
- Toples, selang, aerator disiapkan.
- Diberi kertas label pada setiap toples dan diberi keterangan.
- Selang dipasang dan dihubungkan dengan aerator secara paralel.
- Masukkan limbah cair sesuai dengan jenis pengencerannya dan jumlah penambahan bakterinya.
- Pasang selang disamping atau ditengah toples.
- Agar selang tidak bergerak dan udara dapat masuk ke dalam limbah cair ditempelkan dengan isolasi atau double tape.

3.3.3.2 Penambahan bakteri

Tahapan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* dalam limbah cair adalah sebagai berikut:

- Setelah dilakukan penanaman bakteri *Pseudomonas putida* dalam media cair kemudian media cair tersebut dimasukkan ke dalam limbah cair yang terdapat di dalam toples plastik.
- Pengambilan dan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* dilakukan dengan pipet volume dan bola hisap.
- Lalu diuji parameternya tiap 5 hari sekali selama 15 hari.

3.4 Skema Kerja Penelitian



Gambar 1. Skema kerja penelitian

3.5 Analisa Beberapa Parameter

3.5.1 Analisa Amonia (NH₃)

Amonia diuji di Laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan menggunakan metode spektrofotometer dengan prosedur sebagai berikut (SNI, 2002):

- Air sampel diukur dengan kertas saring sebanyak 25 ml.
- Kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass.
- Ditambahkan pereaksi nessler sebanyak 2 ml.
- Dibiarkan selama \pm 30 menit.
- Setelah cairan mengendap, diambil cairan yang berwarna bening.
- Dimasukkan ke dalam kuvet.
- Diukur kadar amonia menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 425 nm.
- Dicatat skala yang ditunjukkan pada spektrofotometer.

3.5.2 Analisa BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Adapun tahapan-tahapan dalam pelaksanaan analisa BOD adalah sebagai berikut (Ardeniswan *et al.*, 1997):

- Air sampel diencerkan dengan aquades yang telah diaerasi, jika terlalu keruh dilakukan pengenceran lagi (F).
- Air sampel yang sudah diencerkan dimasukkan sebagian dalam botol terang (DO₀) dan sebagian dalam botol gelap (DO₅).
- Diukur nilai oksigen terlarut (DO₀) dengan DO meter.
- Diinkubasi botol gelap sebagai DO₅ dalam inkubasi 20⁰C selama 5 hari.
- Diukur DO₅ setelah 5 hari sama dengan DO₀.

- Dilakukan perhitungan $BOD = (DO_0 - DO_5) \times F$.

Keterangan: BOD = kadar BOD (mg/L) DO_0 = nilai DO pada hari ke-1

DO_5 = nilai DO pada hari ke-2F = faktor pengenceran

3.5.3 Analisa COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD diuji di Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dengan metode kolorimeter menggunakan COD reaktor dan spektrofotometer. Adapun tahapan uji COD adalah sebagai berikut (SNI, 2004):

- Diambil 2.5 ml sampel dimasukkan kedalam tabung COD.
- Ditambahkan 1.5 larutan digesti (reagen).
- Kemudian ditambahkan 3.5 ml $H_2SO_4 - Ag_2SO_4$.
- Ditutup rapat-rapat tabung COD dan membolak-balik beberapa kali serta dibiarkan benda padatnya mengendap.
- Diletakkan tabung yang berisi larutan tersebut kedalam COD reaktor, dan dipanaskan pada suhu $150^\circ C$ selama 2 jam.
- Setelah dingin, tabung dibolak-balik beberapa kali dan dibiarkan benda padatnya mengendap.
- Diukur kadar COD dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm.
- Mencatat skala yang ditunjukkan spektrofotometer.

3.5.4 Analisa DO (*Dissolved Oxygen/Oksigen terlarut*)

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 serta dicatat hasilnya..
- Setelah selesai, tombol “off” ditekan untuk mematikan alat.
- Probe dicuci dengan aquades, ditutup.

3.5.5 Analisa Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak diuji di Laboratorium Kimia Organik dengan menggunakan prosedur kerja sebagai berikut (SNI, 1991):

- Dipipet sampel limbah dengan pipet volume 25 ml sebanyak 25 ml, lalu dimasukkan ke dalam corong pisah 100 ml.
- Ditambahkan petroleum eter 25 ml lalu dikocok selama ± 5 menit.
- Dipisahkan dan diambil lemak bersama pelarut dan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah dikonstankan.
- Dipanaskan di atas penangas air (hot plate) sampai tidak ada air lalu dilanjutkan pemanasan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit.
- Didinginkan dalam desikator dan ditimbang.
- Dilakukan pengovenan selang waktu 30 menit lalu didinginkan dalam desikator lalu ditimbang sehingga didapatkan berat konstan dan dicatat hasil penimbangannya.

Rumus = % Lemak = $\text{gr lemak} \times 4$ atau dalam ppm lemak = % Lemak $\times 10.000$

3.5.6 Analisa Nitrat

Kadar nitrat diuji dengan metode kolorimeter menggunakan spektrofotometer dengan prosedur sebagai berikut (SNI, 2002):

- Diambil air sampel sebanyak 25 ml.
- Disaring dengan kertas saring dan ditampung dalam beaker glass.
- Dipanaskan di atas hot plate sampai kering.

- Setelah dingin, kemudian ditambahkan asam fenol disulfanik sebanyak 0.5 ml.
- Ditambah aquades sebanyak 2.5 ml.
- Ditambahkan NH_4OH sampai berwarna kuning.
- Diencerkan dengan aquades sebanyak 25 ml.
- Dimasukkan ke dalam kuvet.
- Diukur kadar nitrat menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm.

3.5.7 Analisa Nitrit

Kadar Nitrit diuji di Laboratorium Kimia Organik dengan menggunakan pereaksi KiO dengan prosedur kerja sebagai berikut (SNI, 2002):

- Diambil contoh air yang sudah disaring sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi.
- Ditambahkan pereaksi KiO 1 sendok teh lalu dikocok dan dipanaskan dalam waterbath dengan suhu 40°C selama 30 menit.
- Setelah dingin dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm dan dicatat absorbansinya.

3.5.8 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 hingga 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.

3.5.9 Analisa Protein

Protein diukur di Laboratorium Kimia Organik dengan menggunakan metode Kjeldahl yang prosedur kerjanya sebagai berikut (Sudarmadji *et al*, 1997):

- Ditimbang sampel ± 1 gr/1 ml dimasukkan ke dalam labu kjedahl.
- Ditambahkan 1 gr garam campuran (tablet kjedahl); 10 ml H₂SO₄ pekat; 2 butir batu didih, kemudian dihomogenkan (dikocok).
- Dipanaskan pada alat didistruksikan sampai hijau (selama ± 1 jam) didinginkan.
- Dinetralkan dengan NaOH 30% atau agak basa sedikit dengan ditandai endapan.
- Didinginkan (rendam) ke air kemudian saring ke labu 250 ml (berisi aquades) sampai batas kocok.
- Ambil 5 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi $\pm 0,5$ ml larutan KNa tartrat (dikocok), 0,5 ml larutan Nessler (dikocok), 0,5 ml aquades (dikocok) dan dibiarkan selama ± 10 menit.
- Dibaca dengan spektronik 20 pada panjang gelombang 490 nm catat absorbansinya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

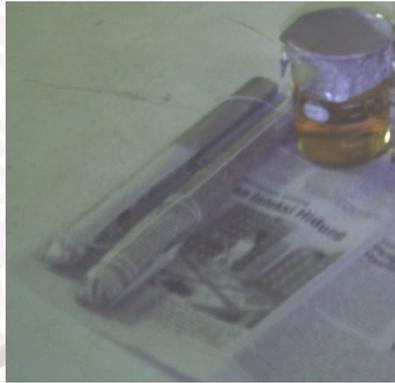
4.1 Pemiakan Kultur Murni Bakteri *Pseudomonas putida*

Bakteri *Pseudomonas putida* adalah bakteri yang digunakan untuk membersihkan limbah minyak (lemak) di pabrik-pabrik pengolahan daging. Kemampuan bakteri menguraikan minyak juga dimanfaatkan untuk membersihkan pipa-pipa yang salurannya sering mengalami penyumbatan oleh minyak (lemak) pada pabrik pengolahan daging tersebut (Budiyanto, 2003). Bakteri dalam penelitian ini adalah bakteri yang berasal dari perairan mangrove di daerah muara sungai Bulu, Desa Bulukerto, Kecamatan Kraton, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Bakteri *Pseudomonas putida* yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil isolasi dan identifikasi bakteri yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang. Hasil isolasi bakteri *Pseudomonas putida* dapat dilihat gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Isolasi bakteri *Pseudomonas putida*

Peremajaan bakteri dilakukan dengan menggunakan media cair *Trypticase Soy Broth* (TSB) sebanyak 30 gr kemudian ditambahkan 1 liter aquades dan dihomogenkan. Penghomogenan dilakukan menggunakan spatula. Untuk lebih melarutkan media dengan aquades dilakukan pemanasan diatas hot plate. Media yang homogen ditandai dengan warna kuning jernih. Semua peralatan dan media cair TSB dibungkus dan ditutup dengan kertas alufo dan kertas koran dan diikat dengan tali sebelum disterilisasi (gambar 3).



Gambar 3. Peralatan dan media cair TSB sebelum disterilisasi

Media cair *Trypticase Soy Broth* (TSB) disterilisasi menggunakan otoklaf (gambar 4) pada suhu 121°C selama 15 menit. Sterilisasi juga dilakukan pada peralatan yang akan digunakan untuk memasukkan bakteri hasil isolasi ke dalam media cair TSB.



Gambar 4. Otoklaf

Setelah disterilisasi peralatan dan media cair TSB dikeluarkan dari otoklaf lalu didinginkan. Setelah dingin lalu bakteri hasil isolasi dikultur dengan dimasukkan ke dalam media cair TSB (gambar 5)



Gambar 5. Penanaman isolat bakteri *Pseudomonas putida*

Setelah bakteri *Pseudomonas putida* ditanam dalam media cair TSB lalu dilakukan inkubasi selama 24 jam. Setelah diinkubasi maka media yang awalnya berwarna kuning jernih berubah menjadi kuning keruh (Gambar 6). Lalu media cair TSB berisi bakteri *Pseudomonas putida* tersebut dimasukkan ke dalam toples yang telah berisi limbah cair sesuai dengan jumlah perlakuan masing-masing (0 ml, 2 ml, 4 ml, dan 6 ml). Dalam waktu 5 hari sekali hingga hari ke 15 dilakukan uji terhadap beberapa parameter seperti Amonia (NH_3), BOD, COD, DO, Minyak dan Lemak, Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2), Protein, dan pH.



Gambar 6. Media cair TSB yang telah ditumbuhi bakteri

4.2 Pengaruh Penambahan *Pseudomonas putida* Pada Limbah Cair

Mikroorganisme (*Pseudomonas putida*) dalam limbah cair akan memakan minyak dan mengembalikan sebagian minyak ke dalam bentuk yang lebih encer, yang dinamakan *oil-milk*, yang berbentuk butiran-butiran minyak dalam ukuran yang lebih kecil. Mikroorganisme ini mampu menguraikan komponen minyak karena kemampuannya mengoksidasi minyak dan lemak serta menjadikannya sebagai donor elektron. Mikroorganisme ini mengoksidasi minyak dan lemak menjadi karbondioksida (CO_2). Ketika bakteri pengurai tersebut menguraikan minyak dan lemak maka akan menghasilkan bioproduk seperti asam lemak, gas surfaktan dan biopolimer (Mukhtasor, 2007).

Pada penambahan bakteri *Pseudomonas putida* dalam limbah cair pembekuan ikan diuji terlebih dahulu parameter yang digunakan untuk mengetahui kandungan negatif yang terdapat dalam limbah cair tersebut. Hasil ujinya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data uji beberapa parameter limbah cair pembekuan ikan

Analisa	Hasil
Amonia	1.67 (mg/l)
Nitrit	0.521 (mg/l)
Nitrat	0.235 (mg/l)
Protein	8.26 (%)
Minyak dan Lemak	204 (mg/l)
BOD	6.4 (mg/l)
COD	7.8 (mg/l)
DO	2.65 (mg/l)
pH	6.71 (Unit)

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Darsono (2007), Dalam 100 ml limbah, ditambahkan 0.2 ml bakteri. Dalam penelitian ini kadar bakteri yang ditambahkan pada 1000 ml limbah adalah 2 ml; 4 ml dan 6 ml. Penambahan bakteri yang berbeda ini dimaksudkan untuk mengetahui jumlah bakteri yang efektif untuk menguraikan minyak dan lemak dalam limbah cair.

Dalam penelitian ini, penambahan bakteri *Pseudomonas putida* yang berbeda, dilakukan pada 3 stasiun. Stasiun pertama diibaratkan dengan perbandingan limbah : air adalah 100% : 0%. Stasiun kedua diibaratkan dengan perbandingan limbah : air adalah 75% : 25%. Sedangkan stasiun ketiga diibaratkan dengan perbandingan limbah : air adalah 50% : 50%. Penelitian ini dilakukan selama 15 hari dengan analisa sebanyak 3 kali yaitu pada hari ke-5, hari ke-10 dan hari ke-15. Menurut Wardhana (1995), bahwa proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme atau oleh bakteri aerobik memerlukan waktu yang cukup lama, kira-kira 10 hari. Dalam waktu 2 hari mungkin reaksi telah mencapai 50%, dan dalam waktu 5 hari mencapai sekitar 75%.

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa kadar amonia, BOD, COD, minyak dan lemak, nitrat, nitrit, protein, dan pH. Minyak dan lemak merupakan variabel utama yang diteliti sedangkan variabel yang lain merupakan variabel penunjang. Hasil analisa dibandingkan dengan baku mutu air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 06 tahun 2007 bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan hasil perikanan sebagai berikut:

Tabel 4. Baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan pengolahan hasil perikanan

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
Amonia	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 dan lemak	15	0.15	0.45	0.225	15	0.225	0.45	0.3	15	0.18
Kualitas air limbah (m ² /ton)	-	10	30	15	-	15	30	20	-	12

4.3 Hasil Uji Beberapa Parameter

4.3.1 Kadar Amonia

Analisa kadar amonia dilakukan menggunakan spektrofotometer di Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan. Hasil analisa berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar amonia yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 100%, 75% dan 50% selama pengujian 5 hari sekali hingga hari ke 15 berangsur-angsur menurun.

Tabel 5. Hasil uji kadar amonia dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar Amonia (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	1.67 ± 0.011	1.67 ± 0.011	1.67 ± 0.011	1.67 ± 0.011
	75%	1.57 ± 0.015	1.57 ± 0.015	1.57 ± 0.015	1.57 ± 0.015
	50%	1.26 ± 0.011	1.26 ± 0.011	1.26 ± 0.011	1.26 ± 0.011
5	100%	1.71 ± 0.015	1.49 ± 0.01	1.43 ± 0.01	1.38 ± 0.01
	75%	1.66 ± 0.026	1.31 ± 0.01	1.2 ± 0.0115	1.14 ± 0.01
	50%	1.35 ± 0.041	1.2 ± 0.01	1.2 ± 0.01	0.99 ± 0.006
10	100%	1.82 ± 0.015	1.11 ± 0.015	1.04 ± 0.02	0.82 ± 0.01
	75%	1.71 ± 0.015	0.72 ± 0.006	0.7 ± 0.006	0.67 ± 0.006
	50%	1.41 ± 0.017	0.62 ± 0.015	0.57 ± 0.006	0.48 ± 0.011
15	100%	1.88 ± 0.020	0.81 ± 0.017	0.74 ± 0.01	0.72 ± 0.006
	75%	1.76 ± 0.020	0.72 ± 0.006	0.7 ± 0.006	0.67 ± 0.006
	50%	1.46 ± 0.011	0.71 ± 0.01	0.67 ± 0.015	0.56 ± 0.006

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar amonia rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 1.67 mg/l pada konsentrasi 100%, 1.57 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 1.26 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar amonia menurun pada hari ke 15 menjadi 0.81 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.72 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.71 mg/l pada konsentrasi 50%. Pada penambahan bakteri sebanyak 4 ml rata-rata kadar amonia menurun menjadi 0.74 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.70 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.67 mg/l pada konsentrasi 50%. Pada penambahan bakteri sebanyak 6 ml rata-rata kadar amonia menurun menjadi 0.72 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.67 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.56 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.2 Kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Analisa kadar BOD dilakukan dengan menggunakan botol DO dan DO meter di Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar BOD selama pengujian hingga hari ke 15 berangsur-angsur menurun.

Tabel 6. Hasil uji kadar BOD dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar BOD (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	6.46 ± 0.01	6.46 ± 0.01	6.46 ± 0.01	6.46 ± 0.01
	75%	5.88 ± 0.006	5.88 ± 0.006	5.88 ± 0.006	5.88 ± 0.006
	50%	4.92 ± 0.01	4.92 ± 0.01	4.92 ± 0.01	4.92 ± 0.01
5	100%	6.51 ± 0.015	3.44 ± 0.055	3.27 ± 0.085	3.17 ± 0.017
	75%	5.94 ± 0.015	2.94 ± 0.066	2.77 ± 0.020	2.66 ± 0.052
	50%	4.97 ± 0.015	2.65 ± 0.032	2.62 ± 0.026	2.57 ± 0.060
10	100%	6.57 ± 0.015	2.41 ± 0.026	2.37 ± 0.020	2.33 ± 0.01
	75%	6.03 ± 0.015	2.30 ± 0.006	2.27 ± 0.020	2.20 ± 0.01
	50%	5.03 ± 0.01	2.12 ± 0.011	2.09 ± 0.01	2.03 ± 0.01
15	100%	6.61 ± 0.015	2.12 ± 0.032	2.08 ± 0.01	2.04 ± 0.015
	75%	6.09 ± 0.02	1.87 ± 0.01	1.76 ± 0.01	1.54 ± 0.01
	50%	5.11 ± 0.01	1.11 ± 0.015	1.03 ± 0.01	0.94 ± 0.036

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar BOD rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 6.46 mg/l pada konsentrasi 100%, 5.88 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 4.92 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar BOD menurun pada hari ke 15 menjadi 2.12 mg/l pada konsentrasi 100%, 1.87 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 1.11 mg/l pada konsentrasi 50%. Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar BOD menurun menjadi 2.08 mg/l pada konsentrasi 100%, 1.76 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 1.03 mg/l pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya penurunan kadar BOD rata-rata menjadi 2.04 mg/l pada konsentrasi 100%, 1.54 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.94 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.3 Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Analisa kadar COD diuji di Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dengan metode kolorimeter menggunakan COD reaktor dan spektrofotometer.

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar COD yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 100%, 75% dan 50% selama pengujian 5 hari sekali hingga hari ke 15 berangsur-angsur menurun.

Tabel 7. Hasil uji kadar COD dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar COD (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	7.81 ± 0.056	7.81 ± 0.056	7.81 ± 0.056	7.81 ± 0.056
	75%	6.67 ± 0.032	6.67 ± 0.032	6.67 ± 0.032	6.67 ± 0.032
	50%	5.96 ± 0.025	5.96 ± 0.025	5.96 ± 0.025	5.96 ± 0.025
5	100%	7.91 ± 0.015	6.96 ± 0.006	6.24 ± 0.01	5.85 ± 0.011
	75%	6.74 ± 0.015	6.71 ± 0.01	6.1 ± 0.115	5.7 ± 0.053
	50%	6.03 ± 0.01	6.43 ± 0.125	5.72 ± 0.075	5.28 ± 0.079
10	100%	7.95 ± 0.01	4.07 ± 0.01	3.22 ± 0.006	2.68 ± 0.011
	75%	6.77 ± 0.01	3.75 ± 0.015	2.62 ± 0.087	2.36 ± 0.083
	50%	6.06 ± 0.01	3.05 ± 0.036	2.28 ± 0.083	2.07 ± 0.053
15	100%	8.01 ± 0.015	2.85 ± 0.006	2.09 ± 0.01	1.46 ± 0.01
	75%	6.8 ± 0.01	2.33 ± 0.01	1.88 ± 0.01	1.26 ± 0.01
	50%	6.12 ± 0.01	2.25 ± 0.01	1.55 ± 0.01	1.24 ± 0.01

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar COD rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 7.8 mg/l pada konsentrasi 100%, 6.6 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 5.9 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar COD menurun pada hari ke 15 menjadi 2.85 mg/l pada konsentrasi 100%, 2.33 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 2.25 mg/l pada konsentrasi 50%. Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar COD menurun menjadi 2.09 mg/l pada konsentrasi 100%, 1.88 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 1.55 mg/l pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya penurunan kadar COD rata-rata menjadi 1.46 mg/l

pada konsentrasi 100%, 1.26 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 1.24 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.4 Kadar DO (*Dissolved Oxygen*)

Analisa kadar DO diuji di Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan DO diukur dengan metode elektrometrik menggunakan DO meter. Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar DO yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 100%, 75% dan 50% selama pengujian 5 hari sekali hingga hari ke 15 berangsur-angsur mengalami kenaikan.

Tabel 8. Hasil uji kadar DO dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar DO (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	2.65 ± 0.011	2.65 ± 0.011	2.65 ± 0.011	2.65 ± 0.011
	75%	3.15 ± 0.025	3.15 ± 0.025	3.15 ± 0.025	3.15 ± 0.025
	50%	3.64 ± 0.042	3.64 ± 0.042	3.64 ± 0.042	3.64 ± 0.042
5	100%	2.62 ± 0.015	4.55 ± 0.01	4.99 ± 0.01	5.01 ± 0.006
	75%	3.12 ± 0.025	5.33 ± 0.015	5.66 ± 0.006	5.85 ± 0.006
	50%	3.62 ± 0.042	6 ± 0.01	6.21 ± 0.006	6.33 ± 0.01
10	100%	2.6 ± 0.015	5.1 ± 0.006	5.38 ± 0.006	5.74 ± 0.006
	75%	3.09 ± 0.025	5.99 ± 0.01	6.13 ± 0.006	6.33 ± 0.01
	50%	3.6 ± 0.047	6.78 ± 0.01	6.93 ± 0.01	7.06 ± 0.006
15	100%	2.58 ± 0.01	5.85 ± 0.01	5.93 ± 0.006	6.12 ± 0.01
	75%	3.05 ± 0.01	6.42 ± 0.011	6.88 ± 0.01	6.95 ± 0.01
	50%	3.56 ± 0.049	7 ± 0.01	7.19 ± 0.01	7.26 ± 0.01

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar DO rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 2.65 mg/l pada konsentrasi 100%, 3.15 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 3.65 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar DO naik pada hari ke 15 menjadi 5.85 mg/l pada konsentrasi 100%, 6.42 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 7 mg/l pada konsentrasi 50%.

Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar DO naik menjadi 5.93 mg/l pada konsentrasi 100%, 6.88 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 7.19 mg/l pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya kenaikan kadar DO rata-rata menjadi 6.12 mg/l pada konsentrasi 100%, 6.95 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 7.26 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.5 Kadar Minyak dan lemak

Analisa kadar minyak dan lemak dalam limbah cair ini dilakukan dengan menggunakan pelarut petroleum eter yang dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Hasil analisa berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar minyak dan lemak yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 100%, 75% dan 50% selama pengujian 5 hari sekali hingga hari ke 15 berangsur-angsur menurun.

Tabel 9. Hasil uji kadar minyak dan lemak dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar Minyak dan Lemak (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	204 ± 1.528	204 ± 1.528	204 ± 1.528	204 ± 1.528
	75%	176 ± 1	176 ± 1	176 ± 1	176 ± 1
	50%	133 ± 2.082	133 ± 2.082	133 ± 2.082	133 ± 2.082
5	100%	197 ± 1	158 ± 1	143 ± 1	138 ± 1
	75%	168 ± 1	125 ± 1	115 ± 1	109 ± 0.577
	50%	128 ± 1	96 ± 0.577	85 ± 1	77 ± 1
10	100%	194 ± 0.577	130 ± 1	117 ± 1	105 ± 0.577
	75%	164 ± 1.527	97 ± 1	85 ± 0.577	72 ± 1
	50%	125 ± 1	68 ± 1	62 ± 1	55 ± 0.577
15	100%	189 ± 0.577	99 ± 1	84 ± 1	77 ± 1
	75%	160 ± 3.21	61 ± 1	50 ± 1	48 ± 1
	50%	119 ± 1	37 ± 1	28 ± 1	18 ± 1

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar minyak dan lemak rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 204 mg/l pada konsentrasi 100%, 176 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 133 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar lemak menurun pada hari ke 15 menjadi 99 mg/l pada konsentrasi 100%, 61 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 37 mg/l pada konsentrasi 50%. Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar minyak dan lemak menurun menjadi 84 mg/l pada konsentrasi 100%, 50 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 28 mg/l pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya penurunan kadar minyak dan lemak rata-rata menjadi 77 mg/l pada konsentrasi 100%, 48 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 18 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.6 Kadar Nitrat

Analisa kadar nitrat diuji dengan metode kolorimeter menggunakan spektrofotometer. Kadar nitrat mengalami penurunan hingga hari ke 15.

Tabel 10. Hasil uji kadar nitrat dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar Nitrat (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	0.235 ± 0.001	0.235 ± 0.001	0.235 ± 0.001	0.235 ± 0.001
	75%	0.136±0.0006	0.136±0.0006	0.136±0.0006	0.136±0.0006
	50%	0.119 ± 0.01	0.119 ± 0.01	0.119 ± 0.01	0.119 ± 0.01
5	100%	0.238 ± 0.001	0.171±0.0006	0.165 ± 0.001	0.148 ± 0.001
	75%	0.141±0.0006	0.133±0.0006	0.113 ± 0.001	0.105 ± 0.001
	50%	0.122±0.0006	0.12 ± 0.001	0.111±0.0006	0.101 ± 0.001
10	100%	0.248 ± 0.001	0.158 ± 0.014	0.144 ± 0.009	0.14 ± 0.015
	75%	0.145±0.0006	0.124 ± 0.009	0.123±0.0025	0.102 ± 0.013
	50%	0.125±0.0006	0.12 ± 0.011	0.119±0.0185	0.096 ± 0.014
15	100%	0.25±0.0006	0.134±0.0133	0.127±0.0101	0.115 ± 0.014
	75%	0.149±0.0006	0.113 ± 0.009	0.098±0.0101	0.078±0.0141
	50%	0.13 ± 0.001	0.101 ± 0.011	0.086 ± 0.019	0.07 ± 0.015

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar nitrat rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 0.235 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.136 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.119 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar nitrat menurun pada hari ke 15 menjadi 0.134 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.113 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.101 mg/l pada konsentrasi 50%. Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar nitrat turun menjadi 0.127 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.098 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.086 mg/l pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya penurunan kadar nitrat rata-rata menjadi 0.115 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.078 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.070 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.7 Kadar Nitrit

Analisa kadar nitrit diuji di Laboratorium Kimia Organik dengan memakai pereaksi KiO dan spektronik. Kadar nitrit mengalami penurunan hingga hari 15.

Tabel 11. Hasil uji kadar nitrit dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar Nitrit (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	0.521 ± 0.002	0.521 ± 0.002	0.521 ± 0.002	0.521 ± 0.002
	75%	0.22 ± 0.001	0.22 ± 0.001	0.22 ± 0.001	0.22 ± 0.001
	50%	0.136 ± 0.002	0.136 ± 0.002	0.136 ± 0.002	0.136 ± 0.002
5	100%	0.525 ± 0.0015	0.185 ± 0.0015	0.172 ± 0.001	0.156 ± 0.0006
	75%	0.224 ± 0.0015	0.137 ± 0.001	0.126 ± 0.001	0.113 ± 0.015
	50%	0.139 ± 0.001	0.131 ± 0.001	0.126 ± 0.001	0.11 ± 0.0006
10	100%	0.529 ± 0.0015	0.15 ± 0.001	0.134 ± 0.0032	0.12 ± 0.0015
	75%	0.229 ± 0.0015	0.134 ± 0.0026	0.117 ± 0.0015	0.082 ± 0.001
	50%	0.141 ± 0.0006	0.126 ± 0.0015	0.114 ± 0.0015	0.080 ± 0.0006
15	100%	0.531 ± 0.007	0.138 ± 0.001	0.126 ± 0.0015	0.117 ± 0.0011
	75%	0.234 ± 0.0015	0.105 ± 0.001	0.084 ± 0.001	0.058 ± 0.0015
	50%	0.146 ± 0.0006	0.098 ± 0.001	0.075 ± 0.001	0.051 ± 0.001

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar nitrit rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 0.521 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.220 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.136 mg/l pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar nitrit menurun pada hari ke 15 menjadi 0.138 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.105 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.098 mg/l pada konsentrasi 50%. Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar nitrit turun menjadi 0.126 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.084 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.075 mg/l pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya penurunan kadar nitrit rata-rata menjadi 0.117 mg/l pada konsentrasi 100%, 0.058 mg/l pada konsentrasi 75%, dan 0.051 mg/l pada konsentrasi 50%.

4.3.8 Kadar pH

Analisa kadar pH diuji di Laboratorium Kimia Organik dengan menggunakan pH meter.

Tabel 12. Hasil uji kadar pH dengan standar deviasi

Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar pH (mg/l)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	6.71 ± 0.02	6.71 ± 0.02	6.71 ± 0.02	6.71 ± 0.02
	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%	6.67 ± 0.02	6.86 ± 0.0057	6.75 ± 0.0057	6.85 ± 0.0057
	75%	7.09 ± 0.03	6.98 ± 0.0057	6.93 ± 0.0057	6.55 ± 0.0057
	50%	7.27 ± 0.02	6.99 ± 0.0057	6.61 ± 0.0057	6.45 ± 0.0057
10	100%	6.64 ± 0.0057	6.76 ± 0.01	6.83 ± 0.0057	6.84 ± 0.0057
	75%	7.08 ± 0.01	6.83 ± 0.0057	6.97 ± 0.0057	6.66 ± 0.0057
	50%	7.22 ± 0.032	6.97 ± 0.0057	6.73 ± 0.02	6.62 ± 0.01
15	100%	6.61 ± 0.01	6.69 ± 0.0057	6.76 ± 0.0152	6.73 ± 0.01
	75%	7.06 ± 0.015	6.91 ± 0.0057	6.88 ± 0.0057	6.68 ± 0.0057
	50%	7.19 ± 0.032	6.98 ± 0.0057	6.84 ± 0.015	6.62 ± 0.011

Berdasarkan data tabel hasil analisa menunjukkan bahwa kadar pH sampel pada hari ke-0 adalah sebesar 6.71. 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.

4.3.9 Kadar Protein

Analisa kadar protein diuji di Laboratorium Kimia Organik dengan menggunakan metode Kjeldahl. Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar nitrit yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 100%, 75% dan 50% selama pengujian 5 hari sekali hingga hari ke 15 berangsur-angsur menurun.

Tabel 13. Hasil uji kadar protein dengan standar deviasi

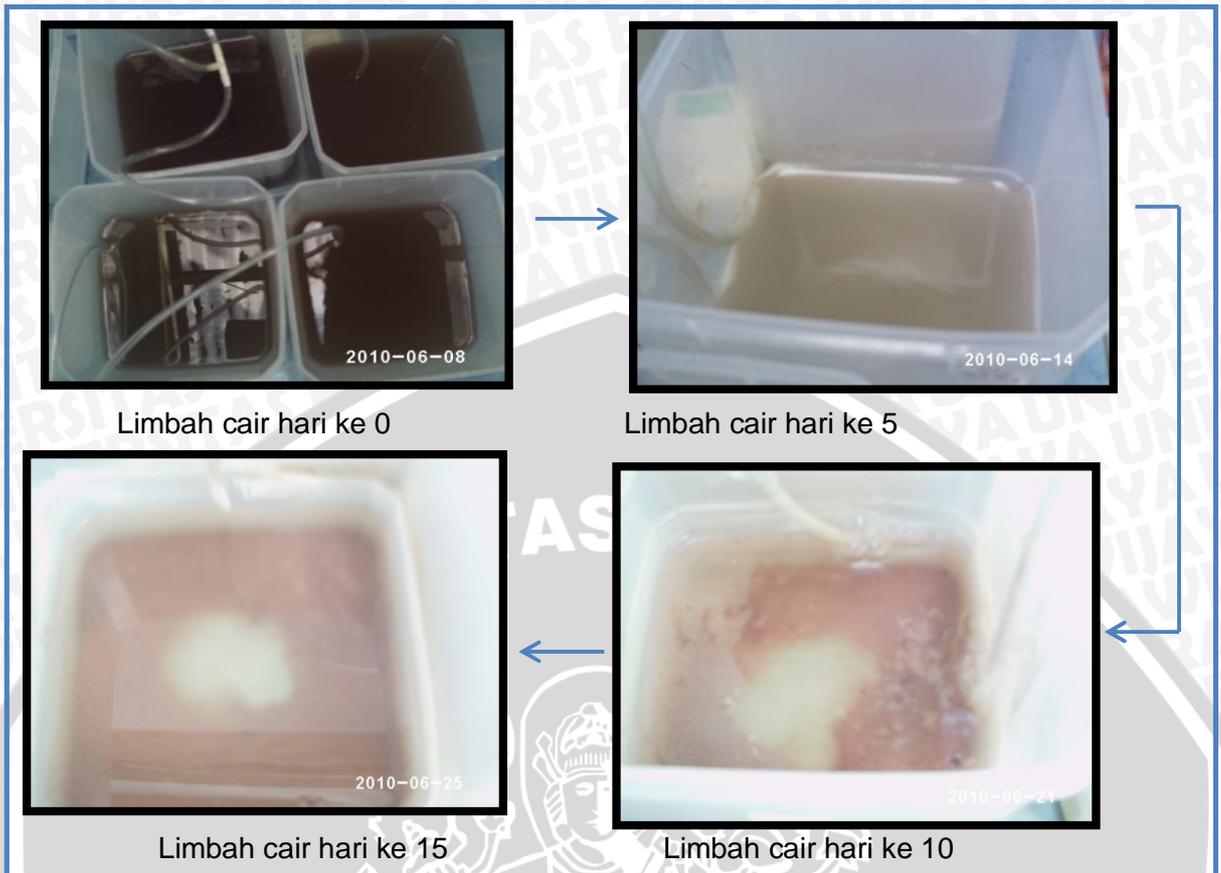
Lama Aerasi	Konsentrasi limbah (%)	Kadar Protein (%)			
		Penambahan Bakteri 0 ml	Penambahan Bakteri 2 ml	Penambahan Bakteri 4 ml	Penambahan Bakteri 6 ml
0	100%	8.26 ± 0.02	8.26 ± 0.02	8.26 ± 0.02	8.26 ± 0.02
	75%	7.18 ± 0.015	7.18 ± 0.015	7.18 ± 0.015	7.18 ± 0.015
	50%	5.58 ± 0.011	5.58 ± 0.011	5.58 ± 0.011	5.58 ± 0.011
5	100%	8.24 ± 0.011	7.56 ± 0.0057	6.77 ± 0.01	5.35 ± 0.0057
	75%	7.16 ± 0.0057	7.14 ± 0.01	6.55 ± 0.02	5.11 ± 0.01
	50%	5.56 ± 0.01	7.2 ± 0.01	6.66 ± 0.01	5.08 ± 0.0057
10	100%	8.2 ± 0.007	5.44 ± 0.0057	4.63 ± 0.0057	3.72 ± 0.0057
	75%	7.11 ± 0.0115	5.27 ± 0.0057	4.48 ± 0.01	3.38 ± 0.01
	50%	5.5 ± 0.01	5.31 ± 0.01	4.55 ± 0.01	3.25 ± 0.01
15	100%	8.22 ± 0.0057	3.55 ± 0.0057	2.42 ± 0.0057	1.33 ± 0.0057
	75%	7.14 ± 0.0057	3.33 ± 0.0057	2.31 ± 0.01	1.25 ± 0.0057
	50%	5.53 ± 0.01	3.46 ± 0.01	2.38 ± 0.01	1.2 ± 0.01

Berdasarkan data tabel hasil analisa nilai kadar protein rata-rata dari hari ke 0 pada sampel kontrol yaitu 8.26% pada konsentrasi 100%, 7.18% pada konsentrasi 75%, dan 5.58% pada konsentrasi 50%, setelah diberi bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 2 ml rata-rata kadar protein menurun pada hari ke 15 menjadi 3.55% pada konsentrasi 100%, 3.33% pada konsentrasi 75%, dan 3.46% pada konsentrasi 50%. Begitu juga dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 4 ml pada hari ke 15 rata-rata kadar protein turun menjadi 2.42% pada konsentrasi 100%, 2.31% pada konsentrasi 75%, dan 2.38% pada konsentrasi 50%. Selain itu dengan perlakuan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* sebanyak 6 ml pada hari ke 15 juga menunjukkan adanya penurunan kadar protein rata-rata menjadi 1.33% pada konsentrasi 100%, 1.25% pada konsentrasi 75%, dan 1.2% pada konsentrasi 50%.

4.4 Pengaruh Penambahan Bakteri terhadap Pengamatan Obyektif

Limbah cair pembekuan ikan pada hari pertama penampakkannya sangat keruh dan berwarna coklat serta berbau sangat tajam. Setelah ditambahkan bakteri *Pseudomonas putida* pada hari ke 5 limbah cair berwarna putih susu hal ini disebabkan karena bakteri *Pseudomonas putida* bekerja menguraikan minyak dan lemak yang memakan minyak dan mengembalikan sebagian minyak ke dalam bentuk yang lebih encer, yang dinamakan *oil-milk* (Mukhtasor, 2007).

Pada hari ke 10 limbah cair berwarna agak jernih dan terdapat endapan minyak di sekitar permukaan limbah cair berupa minyak. Hal ini mungkin disebabkan minyak masih belum terurai semuanya. Pada hari ke 15 limbah cair telah berwarna jernih dan tanpa ada endapan minyak di permukaan limbah cair. Hasil pengamatan limbah cair dari hari ke 0 hingga hari ke 15 dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Perubahan limbah cair dari hari ke 0 hingga hari ke 15

Berdasarkan gambar 7 tentang perubahan limbah cair dari hari ke 0 hingga hari ke 15 menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas putida* selain mengurangi jumlah kadar minyak dan lemak di dalam limbah cair juga dapat menurunkan residu yang dapat membahayakan di dalam limbah cair, walaupun tidak semuanya dapat dikurangi.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

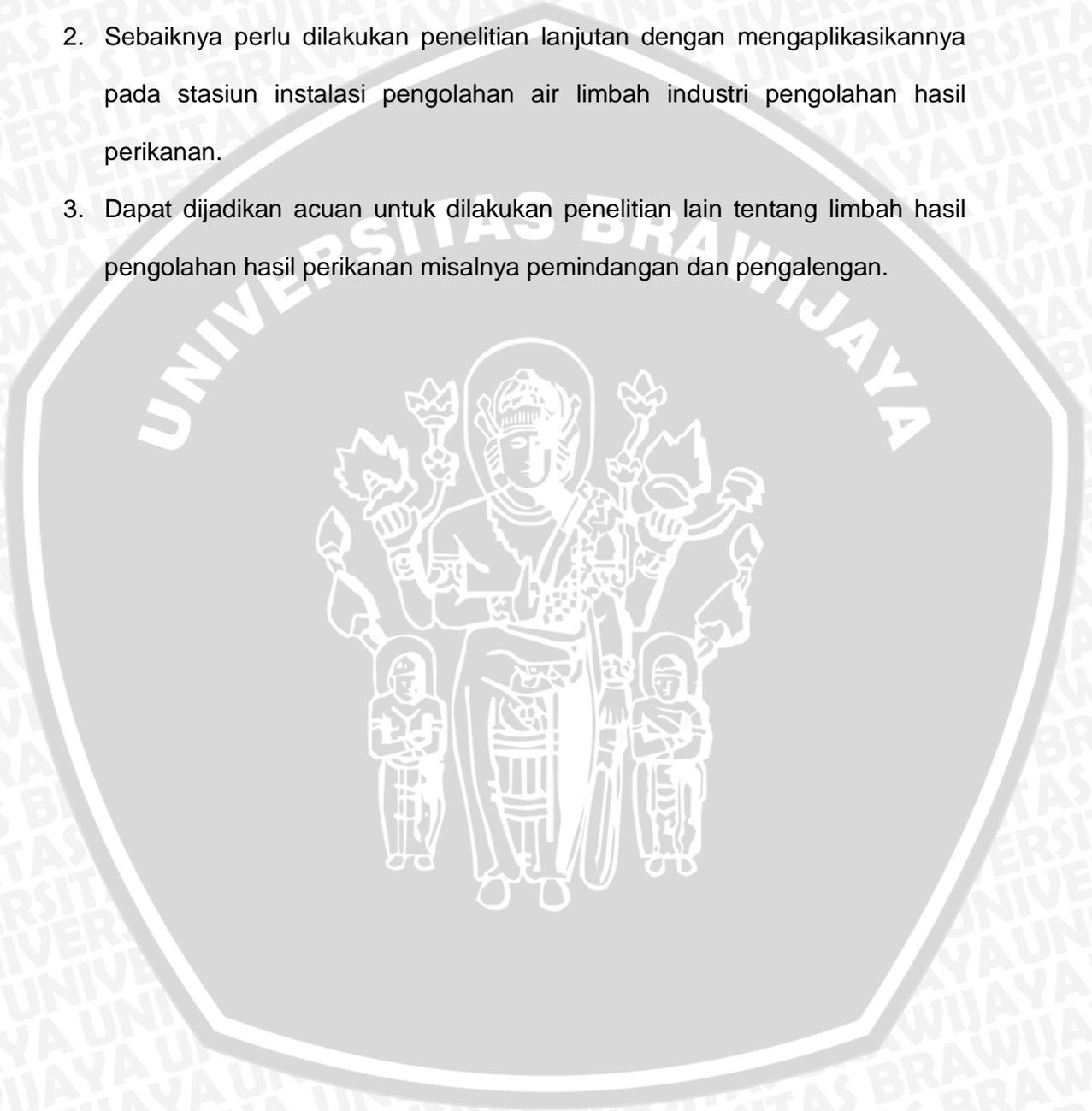
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dengan beberapa literatur maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Air yang dibuang dari proses industri perikanan banyak mengandung nutrisi organik yang biasanya berupa nitrogen, dalam bentuk amoniak, nitrat dan nitrit, penurunan kadar oksigen terlarut, dan memunculkan toksisitas terhadap kehidupan air.
2. Bioremediasi adalah proses penguraian limbah organik/anorganik polutan secara biologi dalam kondisi terkendali dengan tujuan mengontrol, mengurangi atau bahkan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan.
3. *Pseudomonas putida* adalah bakteri gram negatif berukuran $0,5 - 1,0 \mu\text{m} \times 1,5 - 4,0 \mu\text{m}$, aerobik sejati, berwarna hijau, optimal tumbuh pada kisaran suhu $25 - 30^\circ\text{C}$.
4. Perlakuan terbaik dalam penelitian ini adalah dengan konsentrasi limbah 50% dan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* bakteri 6 ml dan lama waktu penguraian 15 hari mampu menurunkan kadar lemak hingga 18 mg/l. Sedangkan parameter lainnya perlakuan terbaik dengan konsentrasi 50% dan penambahan bakteri 6 ml pada uji amoniak sebesar 0.48 mg/l, pada uji BOD sebesar 0.94 mg/l, pada uji COD sebesar 1,24 mg/l, pada uji DO sebesar 7,26 mg/l, pada uji nitrat sebesar 0,07 mg/l, pada uji nitrit sebesar 0,051 mg/l, dan uji protein sebesar 1,2%.
5. Berdasarkan pengamatan secara obyektif terlihat bahwa pemberian bakteri *Pseudomonas putida* pada limbah cair pembekuan ikan mampu merubah limbah cair dari semula berwarna coklat dan berbau sangat menyengat berubah menjadi berwarna jernih dan hampir tidak berbau.

5.2 Saran

Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan uji parameter lain yang lebih lengkap terhadap pengaruh pemberian bakteri *Pseudomonas putida*.
2. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mengaplikasikannya pada stasiun instalasi pengolahan air limbah industri pengolahan hasil perikanan.
3. Dapat dijadikan acuan untuk dilakukan penelitian lain tentang limbah hasil pengolahan hasil perikanan misalnya pemindangan dan pengalengan.



DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez, P.J.J and Illman W.A. 2006. **Bioremediation and Natural Attenuation**. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Aries, E.F. 2008. **Penelitian Deskriptif**. <http://ardhana12.wordpress.com/2008/02/27/penelitian-deskriptif/>. Diakses tanggal 8 November pukul 07.10 WIB.
- Ardeniswan; Mulyati, W; Tontowi; Rahman, A. 1997. **Evaluasi Kembali Metode Analisis Untuk Penetapan Nilai BOD di Indonesia**. Buletin IPT Nomor 2 Vol III. Jakarta.
- Buckle, K.A; Edwards, R.A; Fleet, G.H; and Wooton, M. 1987. **Ilmu Pangan**. Penerjemah: Purnomo, H dan Adiono. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Budiyanto, M.A.K. 2003. **Mikrobiologi Terapan**. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang (UMM Press). Malang.
- Darmayasa, I.B.G. 2006. **Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Lipid (Lemak) pada beberapa Tempat Pembuangan Limbah dan Estuari DAM, Denpasar**. Jurnal FMIPA, Universitas Udayana. Denpasar.
- Darsono, V. 2007. **Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Aerob dan Anaerob**. Jurnal Teknologi Industri vol XI.
- Dedy. 2010. **Bioremediasi**. <http://dydear.multiply.com/journal/item/11>. Diakses tanggal 9 Agustus 2010 pukul 08.03 WIB.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Fajar. 2010. **Kandungan Nitrat (NO₃) dan Nitrit (NO₂) pada Perairan Tawar**. <http://illonkje.blogspot.com/2010/04/kandungan-nitrat-no3-dan-nitritno2-pada-perairan-tawar.html>. Diakses pada tanggal 17 Agustus 2010 pukul 14.50 WIB.
- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Harahap, A.B. 2010. **Penetapan Kadar Nitrit dalam Air**. <http://awalbarri-kadarnitrit.blogspot.com/2010/01/penetapan-kadar-nitrit-dalam-air.html>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2010 pukul 12.37 WIB.
- Hariyadi, S. 2004. **BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah**. Makalah Individu Falsafah Sains Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hasanah, F. 2001. **Polusi**. <http://fitriyahasnanah.co.cc/polusi.html>. Diakses pada tanggal 17 Agustus 2010 pukul 14.47 WIB.
- Holt, J. G., N. R., Kreig., P. H. A. Sneath., J. T. Staley., S. T. Williams. 1994. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**. Ninth Edition

- Ibrahim, B. 2005. **Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan secara Biologis dengan Lumpur Aktif**. Jurnal Teknologi Hasil Perikanan Vol. VIII Nomor 1 Tahun 2005. Jakarta.
- Ibrahim, B; Erungan, A.C; Heriyanto. 2009. **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.
- Irianto, K. 2006. **Mikrobiologi: Menguak Dunia Mikroorganisme**. Jilid 1. Penerbit CV Yrama Widya. Bandung.
- Isyuniarto; Usada, W; Suryadi; dan Purwadi, A. 2007. **Proses Ozonisasi pada Limbah Cair Industri Gula**. Jurnal Kimia Indonesia Vol 2 (1), 2007. Jakarta.
- Jamil, K. 2001. **Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment**. Science Publishers, Inc. Enfield (NH).
- Jenie, B.S.L dan Rahayu, W.P.J. 1993. **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Juni, A.T.P dan Turista, D.D.R. 2010. **Peran Mikroba dalam Pengolahan Limbah Lingkungan**. Makalah FMIPA, Universitas Negeri Malang. Malang.
- Kristanto, P. 2002. **Ekologi Industri**. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Kurniawan, D. 2009. **Parameter Kualitas Perairan**. <http://mstrup.wordpress.com/2009/11/21/parameter-kualitas-perairan/.html>. Diakses pada tanggal 27 Agustus 2010 pukul 14.37 WIB.
- Mukhtasor. 2007. **Pencemaran Pesisir dan Laut**. Penerbit Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Mulyanto. 1992. **Manajemen Perairan**. LUW Unibraw Fish. Fisheries Project. Malang.
- Nursyamsi, D; Sulaeman; Suryadi, M.E; dan Berelaka, F.G. 2001. **Kandungan beberapa Ion di dalam Sumber Air di Sub DAS Citarik dan DAS Kaligarang**. Jurnal Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Nybakken, J.W. 1988. **Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi**. Alih Bahasa Oleh M. Eidman; Koesoebiono; D.G Bergen; M. Hutomo; dan S. Sukarjo. Penerbit Gramedia. Jakarta.
- Parrot, K; Woodard, J; Ross, B. 2002. **Household Water Quality: Nitrates in Household Water**. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia State University. Virginia.

- Pelczar, M.J dan Chan, E.C.S. 2009. **Dasar-dasar Mikrobiologi 2**. Penerjemah Hadioetomo, R.S; Imas, T;Tjotroso, S.S; Angka, S.L. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- Per. MENLH No. 06 Tahun 2007. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 06 Tahun 2007. Jakarta.
- Poppo, A; Mahendra, M.S; dan Sundra, I.K. 2008. **Studi Kualitas Perairan Pantai di Kawasan Industri Perikanan, Desa Pengambangan, Kecamatan Negara, Kabupaten Jembrana**. Jurnal Ecotrophic 3 (2):98 – 103.
- Purnawijayanti, H.A. 2001. **Sanitasi, Higiene, dan Keselamatan Kerja dalam Pengolahan Makanan**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Salmin. 2005. **Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan**. Jurnal Oseana Volume XXX Nomor 3, 2005: 21-26. Jakarta.
- Sasongko, L.A. 2006. **Kontribusi Air Limbah Penduduk di Sekitar Sungai TUK terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang serta Upaya Penanganannya**. Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Skinner, F.A and Lovelock, D.W. 1979. **Identification Methods for Microbiologists**. Academic Press. New York.
- SNI. 1991. **Metode Pengujian Kadar Minyak dan Lemak dalam Air secara Gravimetrik**. Standar Nasional Indonesia Nomor 06-2502-1991. Jakarta.
- _____. 2002. **Cara Uji Kadar Amoniak dalam Air dengan Elektrode Selektif Ion**. Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6876-2002. Jakarta.
- _____. 2002. **Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam Air secara Kolorimeter dengan Pereaksi Nessler**. Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6856-2002. Jakarta.
- _____. 2002. **Metode Pengujian Kadar Nitrit dalam Air dengan Kolorimetri**. Standar Nasional Indonesia Nomor 06-2484-2002. Jakarta.
- _____. 2004. **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri**. Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989.2-2004. Jakarta.
- Sudarmadji, S; Haryono, B; Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Sugiharto. 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- Surachmadi, W. 1994. **Pengantar Penelitian Ilmiah**. Penerbit Tarsito. Bandung.

Suriawiria, U. 2003. **Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan secara Biologis**. Penerbit PT Alumni. Bandung.

Waluyo, L. 2008. **Teknik Metode Dasar Mikrobiologi**. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang (UMM Press). Malang.

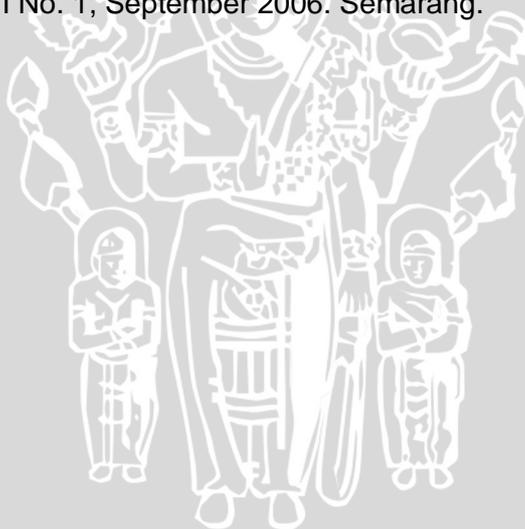
_____. 2009. **Mikrobiologi Lingkungan**. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang (UMM Press). Malang.

Wardhana, W.A. 1995. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.

Widyati, E. 2004. **Tinjauan tentang Peranan Mikroba Tanah dalam Remediasi Lahan Terdegradasi**. Makalah Pribadi Falsafah Sains; Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Yuliantho. 2010. **Metode Penelitian Kuantitatif**. <http://blog.unila.ac.id/young/metode-penelitian-kuantitatif>. Diakses pada tanggal 8 November 2010 pukul 07.26 WIB.

Zaman, B dan Sutrisno, E. 2006. **Kemampuan Penyerapan Eceng Gondok terhadap Amoniak dalam Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Umur dan Lama Kontak (Studi Kasus: RS. Panti Wilasa, Semarang)**. Jurnal Presipitasi Vol. I No. 1, September 2006. Semarang.

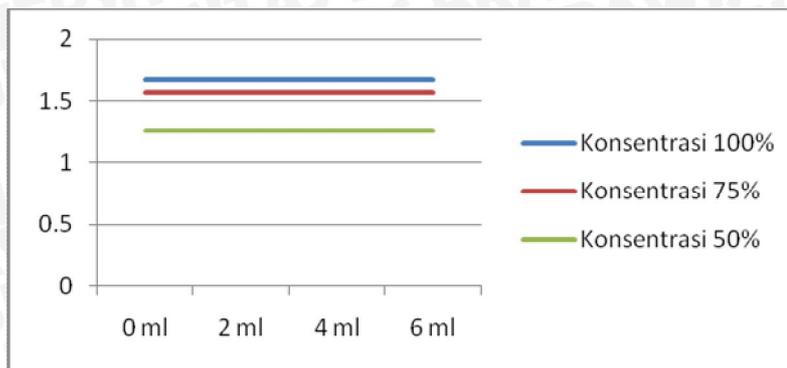


Lampiran 1. Data hasil uji amonia

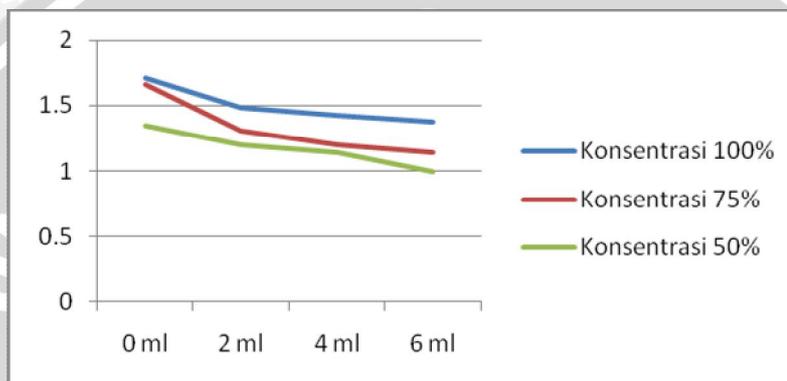
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
			I	II	III		
0 *)	100%	2	1.68	1.66	1.68	5.02	1.67
		4	1.68	1.66	1.68	5.02	1.67
		6	1.68	1.66	1.68	5.02	1.67
	75%	2	1.57	1.55	1.58	4.70	1.57
		4	1.57	1.55	1.58	4.70	1.57
		6	1.57	1.55	1.58	4.70	1.57
	50%	2	1.27	1.27	1.25	3.79	1.26
		4	1.27	1.27	1.25	3.79	1.26
		6	1.27	1.27	1.25	3.79	1.26
5	100%	0	1.70	1.71	1.73	5.14	1.71
		2	1.50	1.48	1.49	4.47	1.49
		4	1.43	1.44	1.42	4.29	1.43
		6	1.39	1.38	1.37	4.14	1.38
	75%	0	1.69	1.65	1.64	4.98	1.66
		2	1.32	1.30	1.31	3.93	1.31
		4	1.22	1.20	1.20	3.62	1.20
		6	1.15	1.14	1.13	3.42	1.14
	50%	0	1.40	1.34	1.32	4.06	1.35
		2	1.20	1.21	1.19	3.60	1.20
		4	1.15	1.14	1.13	3.42	1.14
		6	0.98	0.99	0.99	2.96	0.99
10	100%	0	1.82	1.81	1.84	5.47	1.82
		2	1.13	1.10	1.11	3.34	1.11
		4	1.02	1.05	1.06	3.13	1.04
		6	0.81	0.82	0.83	2.46	0.82
	75%	0	1.69	1.71	1.72	5.12	1.71
		2	0.72	0.73	0.73	2.18	0.72
		4	0.70	0.71	0.70	2.11	0.70
		6	0.67	0.67	0.66	2.00	0.67
	50%	0	1.40	1.40	1.43	4.23	1.41
		2	0.63	0.60	0.62	1.85	0.62
		4	0.56	0.57	0.57	1.70	0.57
		6	0.47	0.49	0.47	1.43	0.48
15	100%	0	1.87	1.86	1.90	5.63	1.88
		2	0.80	0.83	0.80	2.43	0.81
		4	0.75	0.73	0.74	2.22	0.74
		6	0.72	0.73	0.72	2.17	0.72
	75%	0	1.74	1.75	1.78	5.27	1.75
		2	0.72	0.73	0.73	2.18	0.72
		4	0.70	0.71	0.70	2.11	0.70
		6	0.67	0.67	0.66	2.00	0.67
	50%	0	1.45	1.45	1.47	4.37	1.46
		2	0.70	0.72	0.71	2.13	0.71
		4	0.66	0.68	0.69	2.03	0.67
		6	0.56	0.56	0.55	1.67	0.56

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

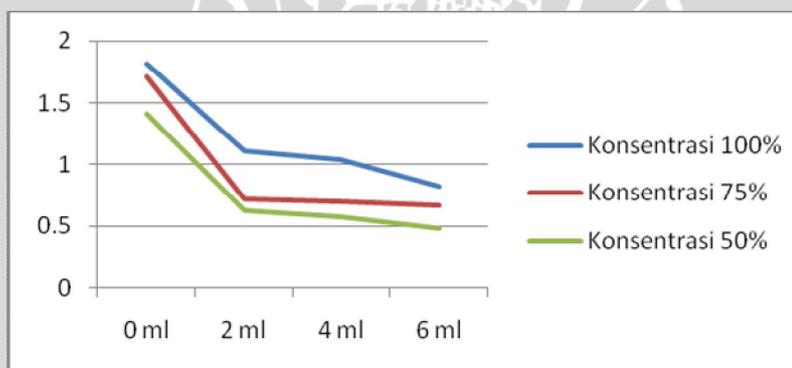
Lampiran 2. Grafik hasil uji amonia



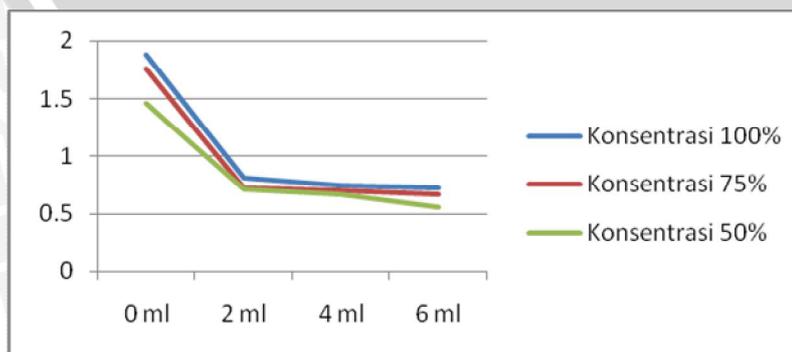
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



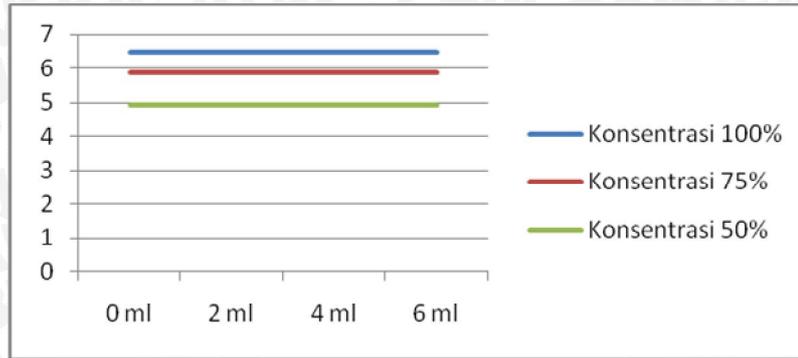
Hari ke 15

Lampiran 3. Data hasil uji BOD

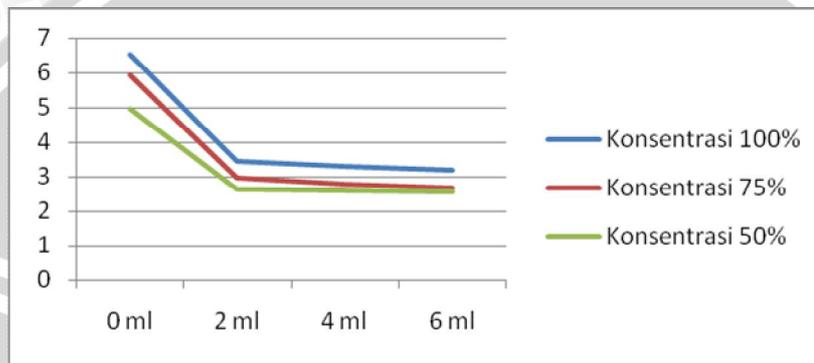
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)	
			I	II	III			
0 *)	100%	2	6.47	6.45	6.46	19.38	6.46	
		4	6.47	6.45	6.46	19.38	6.46	
		6	6.47	6.45	6.46	19.38	6.46	
	75%	2	5.89	5.88	5.89	17.66	5.88	
		4	5.89	5.88	5.89	17.66	5.88	
		6	5.89	5.88	5.89	17.66	5.88	
	50%	2	4.91	4.92	4.93	14.76	4.92	
		4	4.91	4.92	4.93	14.76	4.92	
		6	4.91	4.92	4.93	14.76	4.92	
	5	100%	0	6.50	6.52	6.53	19.55	6.51
			2	3.38	3.48	3.47	10.33	3.44
			4	3.18	3.35	3.28	9.81	3.27
6			3.16	3.16	3.19	9.51	3.17	
75%		0	5.95	5.93	5.96	17.84	5.94	
		2	2.86	2.98	2.97	8.81	2.94	
		4	2.75	2.79	2.78	8.32	2.77	
		6	2.64	2.62	2.72	7.98	2.66	
50%		0	4.97	4.99	4.96	14.92	4.97	
		2	2.69	2.64	2.63	7.96	2.65	
		4	2.62	2.63	2.67	7.87	2.62	
		6	2.50	2.61	2.60	7.71	2.57	
10	100%	0	6.57	6.56	6.59	19.72	6.57	
		2	2.44	2.39	2.40	7.23	2.41	
		4	2.39	2.38	2.35	7.12	2.37	
		6	2.34	2.32	2.33	6.99	2.33	
	75%	0	6.01	6.02	6.04	18.07	6.03	
		2	2.30	2.31	2.31	6.92	2.30	
		4	2.25	2.29	2.26	6.80	2.27	
		6	2.19	2.20	2.21	6.60	2.20	
	50%	0	5.03	5.04	5.02	15.09	5.03	
		2	2.13	2.13	2.11	6.37	2.12	
		4	2.09	2.08	2.10	6.27	2.09	
		6	2.04	2.03	2.02	6.09	2.03	
15	100%	0	6.60	6.61	6.63	19.84	6.61	
		2	2.08	2.13	2.14	6.35	2.12	
		4	2.07	2.08	2.09	6.24	2.08	
		6	2.06	2.03	2.04	6.13	2.04	
	75%	0	6.08	6.09	6.12	18.29	6.09	
		2	1.86	1.87	1.88	5.61	1.87	
		4	1.75	1.76	1.77	5.28	1.76	
		6	1.54	1.55	1.53	4.62	1.54	
	50%	0	5.10	5.12	5.11	15.33	5.11	
		2	1.12	1.12	1.10	3.34	1.11	
		4	1.03	1.04	1.02	3.09	1.03	
		6	0.90	0.97	0.95	2.82	0.94	

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

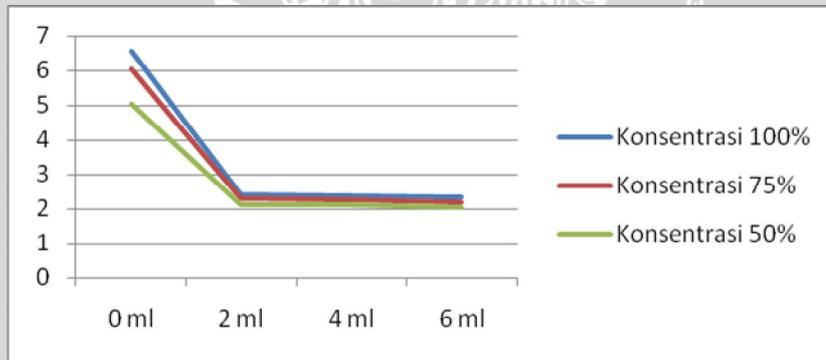
Lampiran 4. Grafik hasil uji BOD



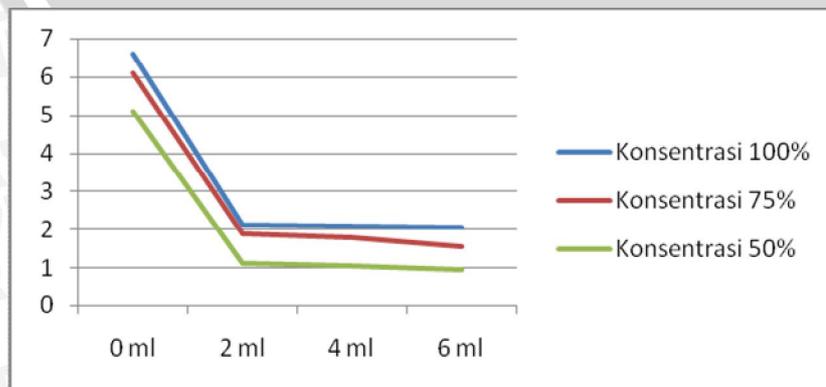
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 15

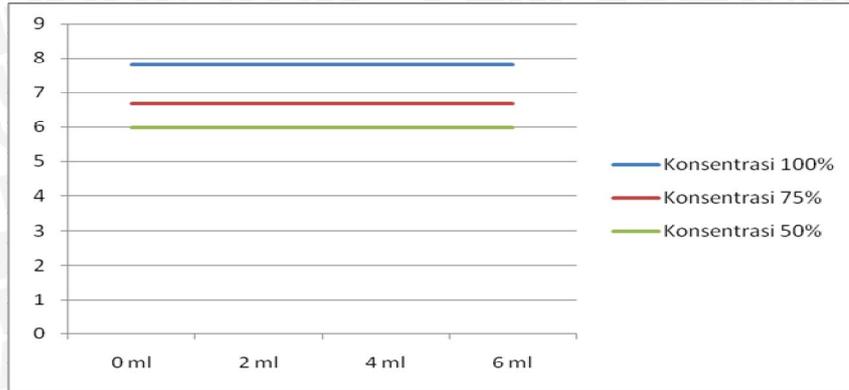


Lampiran 5. Data hasil uji COD

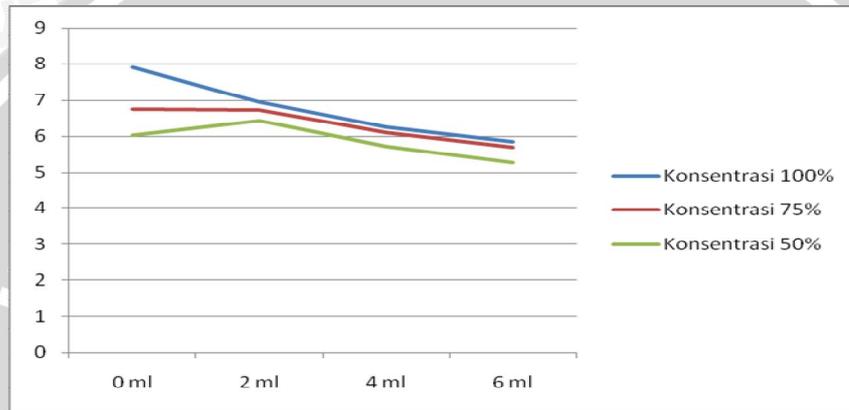
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)	
			I	II	III			
0 *)	100%	2	7.86	7.75	7.82	23.43	7.81	
		4	7.86	7.75	7.82	23.43	7.81	
		6	7.86	7.75	7.82	23.43	7.81	
	75%	2	6.69	6.70	6.64	20.03	6.67	
		4	6.69	6.70	6.64	20.03	6.67	
		6	6.69	6.70	6.64	20.03	6.67	
	50%	2	5.99	5.96	5.94	17.89	5.96	
		4	5.99	5.96	5.94	17.89	5.96	
		6	5.99	5.96	5.94	17.89	5.96	
	5	100%	0	7.93	7.90	7.91	23.74	7.91
			2	6.95	6.96	6.96	20.87	6.96
			4	6.24	6.25	6.23	18.72	6.24
6			5.84	5.84	5.86	17.54	5.85	
75%		0	6.72	6.74	6.75	20.21	6.74	
		2	6.61	6.71	6.81	20.13	6.71	
		4	6.22	6.02	6.02	18.26	6.10	
		6	5.63	5.71	5.73	17.07	5.70	
50%		0	6.03	6.02	6.04	18.09	6.03	
		2	6.56	6.42	6.31	19.29	6.43	
		4	5.79	5.64	5.72	17.15	5.72	
		6	5.25	5.22	5.37	15.84	5.28	
10	100%	0	7.96	7.94	7.95	23.85	7.95	
		2	4.07	4.06	4.08	12.21	4.07	
		4	3.22	3.22	3.23	9.67	3.22	
		6	2.69	2.67	2.67	8.03	2.68	
	75%	0	6.76	6.78	6.77	20.31	6.77	
		2	3.74	3.75	3.77	11.26	3.75	
		4	2.64	2.69	2.52	7.85	2.62	
		6	2.41	2.40	2.26	7.07	2.36	
	50%	0	6.06	6.05	6.07	18.18	6.06	
		2	3.06	3.01	3.08	9.15	3.05	
		4	2.25	2.37	2.21	6.83	2.28	
		6	2.05	2.13	2.03	6.21	2.07	
15	100%	0	8.01	8.00	8.03	24.04	8.01	
		2	2.85	2.85	2.86	8.56	2.85	
		4	2.08	2.09	2.10	6.27	2.09	
		6	1.45	1.46	1.47	4.38	1.46	
	75%	0	6.79	6.80	6.81	20.40	6.80	
		2	2.33	2.34	2.32	6.99	2.33	
		4	1.89	1.88	1.87	5.64	1.88	
		6	1.26	1.27	1.25	3.78	1.26	
	50%	0	6.12	6.11	6.13	18.36	6.12	
		2	2.25	2.24	2.26	6.75	2.25	
		4	1.56	1.54	1.55	4.65	1.55	
		6	1.24	1.25	1.23	3.72	1.24	

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

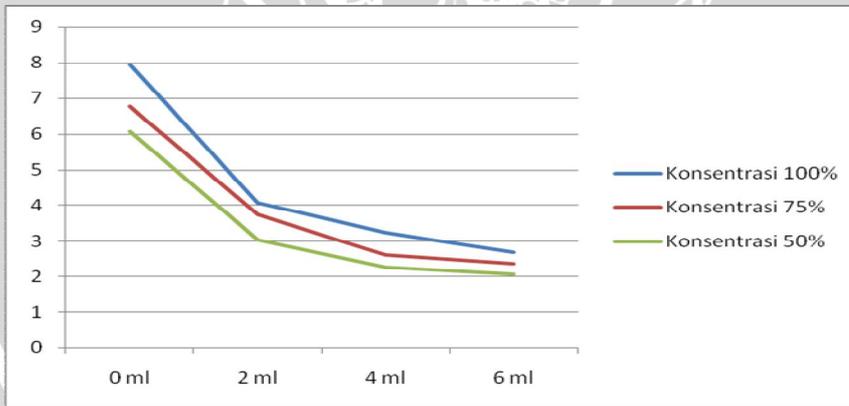
Lampiran 6. Grafik hasil uji COD



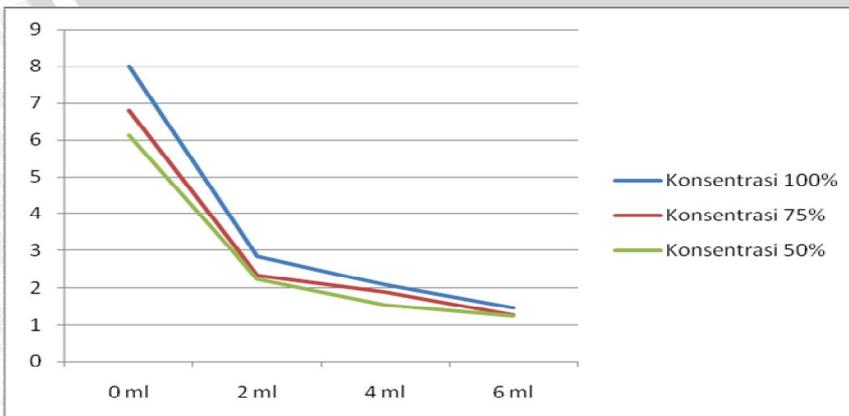
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 15

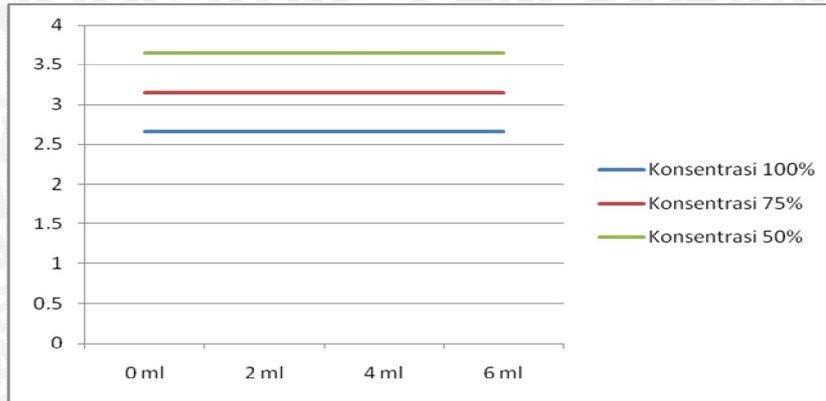


Lampiran 7. Data hasil uji DO

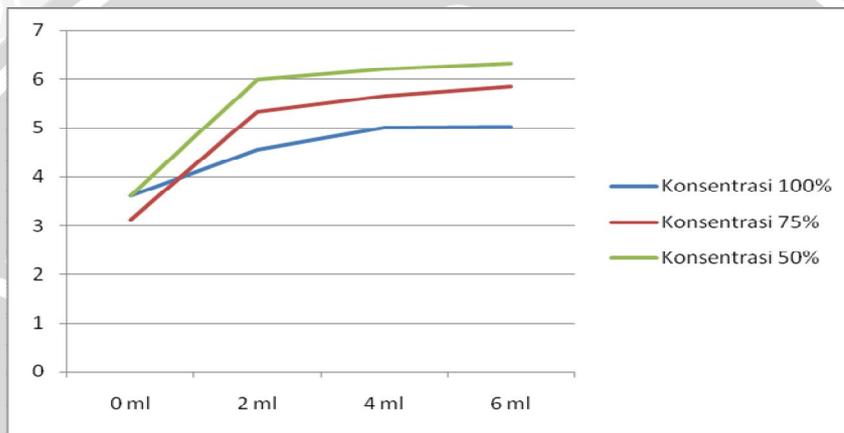
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
			I	II	III		
0 *)	100%	2	2.66	2.64	2.66	7.96	2.65
		4	2.66	2.64	2.66	7.96	2.65
		6	2.66	2.64	2.66	7.96	2.65
	75%	2	3.15	3.12	3.17	9.44	3.15
		4	3.15	3.12	3.17	9.44	3.15
		6	3.15	3.12	3.17	9.44	3.15
	50%	2	3.68	3.66	3.60	10.94	3.64
		4	3.68	3.66	3.60	10.94	3.64
		6	3.68	3.66	3.60	10.94	3.64
5	100%	0	2.63	2.61	2.64	7.88	2.62
		2	4.55	4.56	4.54	13.65	4.55
		4	4.98	4.99	5.00	14.97	4.99
		6	5.01	5.00	5.01	15.02	5.01
	75%	0	3.12	3.10	3.15	9.37	3.12
		2	5.32	5.33	5.35	16.00	5.33
		4	5.66	5.66	5.67	16.99	5.66
		6	5.85	5.85	5.84	17.54	5.85
	50%	0	3.66	3.64	3.58	10.88	3.62
		2	5.99	6.00	6.01	18.00	6.00
		4	6.21	6.22	6.21	18.64	6.21
		6	6.33	6.32	6.34	18.99	6.33
10	100%	0	2.60	2.58	2.61	7.79	2.60
		2	5.10	5.11	5.10	15.31	5.10
		4	5.37	5.38	5.38	16.13	5.38
		6	5.74	5.74	5.75	17.23	5.74
	75%	0	3.09	3.07	3.12	9.28	3.09
		2	5.98	5.99	6.00	17.97	5.99
		4	6.13	6.12	6.13	18.38	6.13
		6	6.34	6.33	6.32	18.99	6.33
	50%	0	3.64	3.62	3.55	10.81	3.60
		2	6.77	6.78	6.79	20.34	6.78
		4	6.92	6.93	6.94	20.79	6.93
		6	7.06	7.05	7.06	21.17	7.06
15	100%	0	2.58	2.57	2.59	7.74	2.58
		2	5.84	5.85	5.86	17.55	5.85
		4	5.93	5.92	5.93	17.78	5.93
		6	6.11	6.12	6.13	18.36	6.12
	75%	0	3.05	3.04	3.06	9.15	3.05
		2	6.43	6.43	6.41	19.27	6.42
		4	6.87	6.89	6.88	20.64	6.88
		6	6.96	6.95	6.94	20.85	6.95
	50%	0	3.59	3.58	3.50	10.67	3.56
		2	6.99	7.00	7.01	21.00	7.00
		4	7.19	7.20	7.18	21.57	7.19
		6	7.26	7.25	7.27	21.78	7.26

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

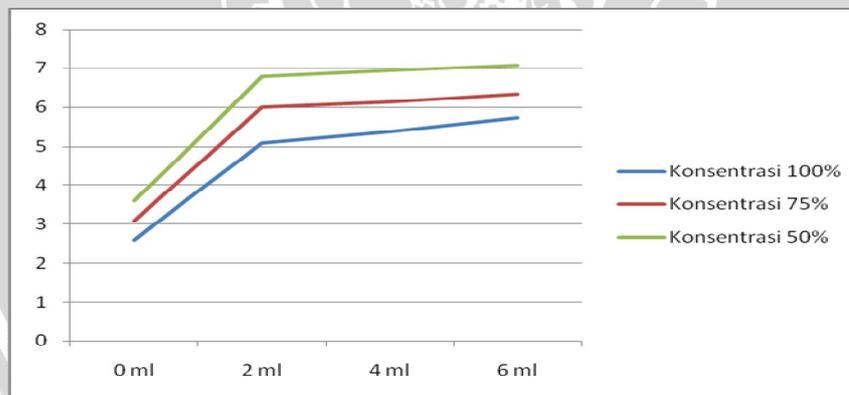
Lampiran 8. Grafik hasil uji DO



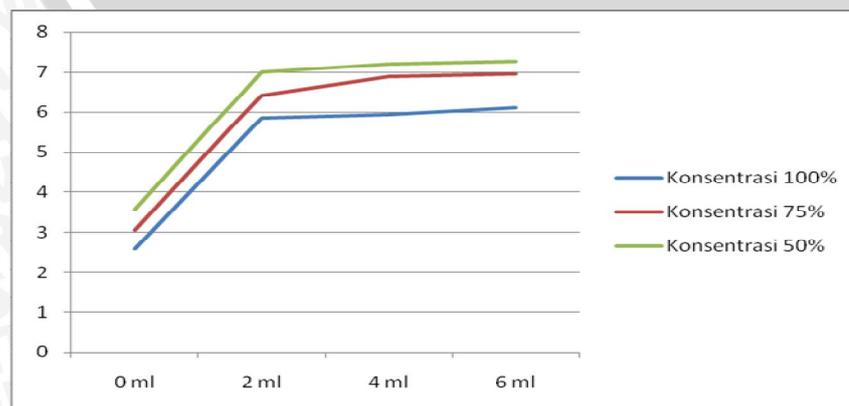
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 15

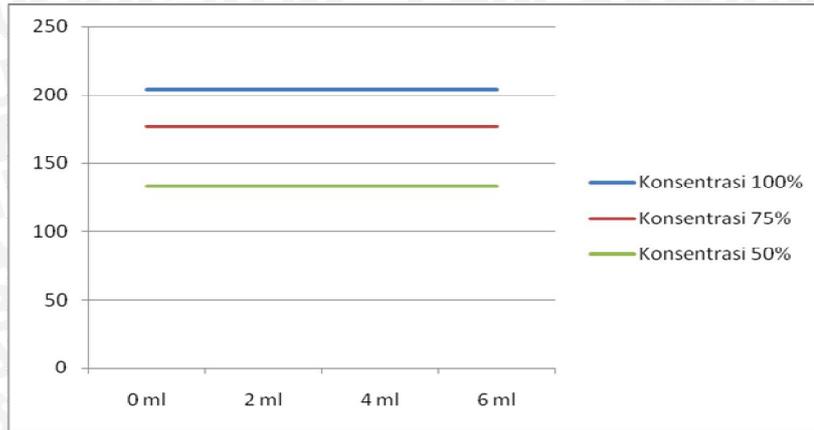


Lampiran 9. Data hasil uji minyak dan lemak

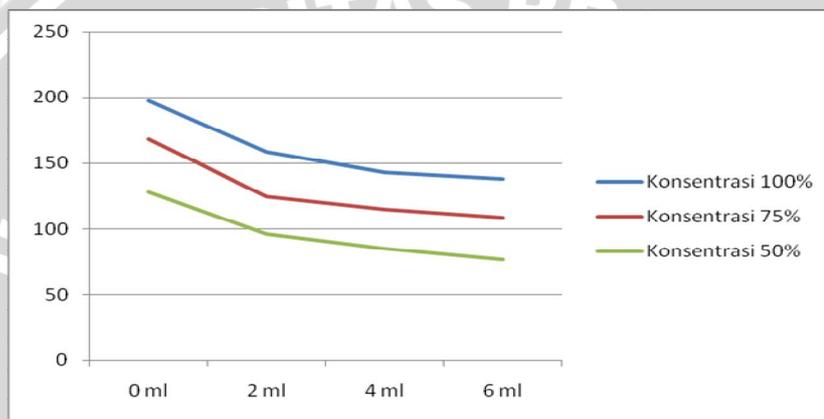
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
			I	II	III		
0 *)	100%	2	204	206	203	613	204
		4	204	206	203	613	204
		6	204	206	203	613	204
	75%	2	176	177	175	528	176
		4	176	177	175	528	176
		6	176	177	175	528	176
	50%	2	132	131	135	398	133
		4	132	131	135	398	133
		6	132	131	135	398	133
5	100%	0	196	198	197	591	197
		2	159	158	157	474	158
		4	143	144	142	429	143
		6	137	138	139	414	138
	75%	0	169	167	168	501	168
		2	126	125	124	375	125
		4	115	116	114	345	115
		6	109	109	108	326	109
	50%	0	127	128	129	384	128
		2	96	96	95	287	96
		4	85	86	84	255	85
		6	78	77	76	231	77
10	100%	0	194	195	194	583	194
		2	129	130	131	390	130
		4	116	117	118	351	117
		6	105	104	105	314	105
	75%	0	166	165	163	494	164
		2	98	97	96	291	97
		4	85	86	85	256	85
		6	73	72	71	216	72
	50%	0	125	126	124	375	125
		2	69	67	68	204	68
		4	61	62	63	186	62
		6	55	54	55	164	55
15	100%	0	189	190	189	568	189
		2	99	100	98	297	99
		4	85	84	83	252	84
		6	77	76	78	231	77
	75%	0	165	160	159	484	160
		2	62	61	60	183	61
		4	51	50	49	150	50
		6	49	48	47	144	48
	50%	0	119	120	118	357	119
		2	38	37	36	111	37
		4	29	28	27	84	28
		6	18	19	17	54	18

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

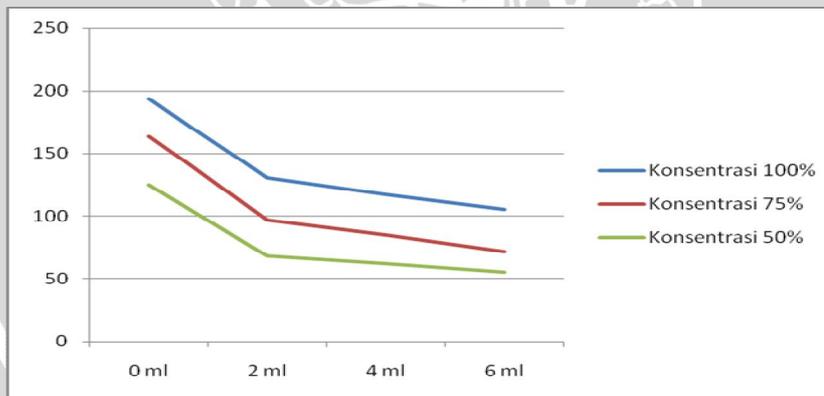
Lampiran 10. Grafik hasil uji minyak dan lemak



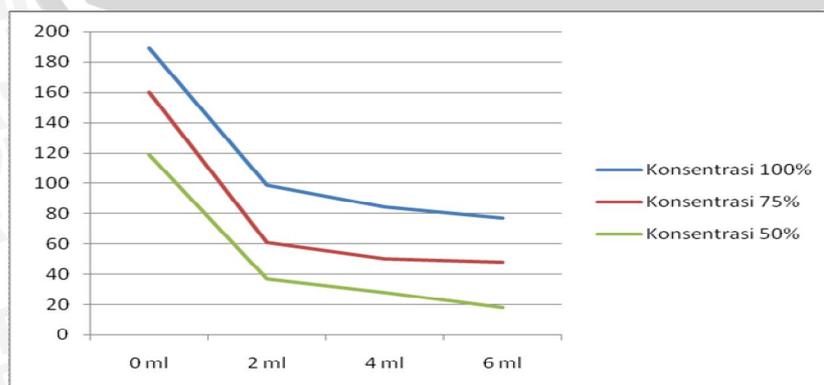
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 15

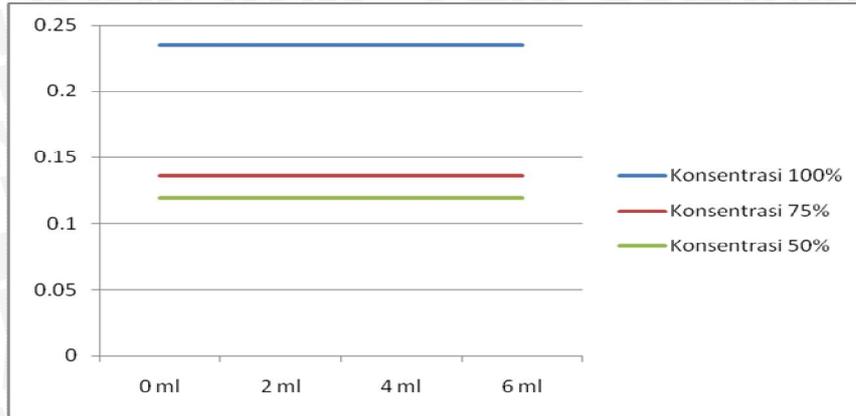


Lampiran 11. Data hasil uji nitrat

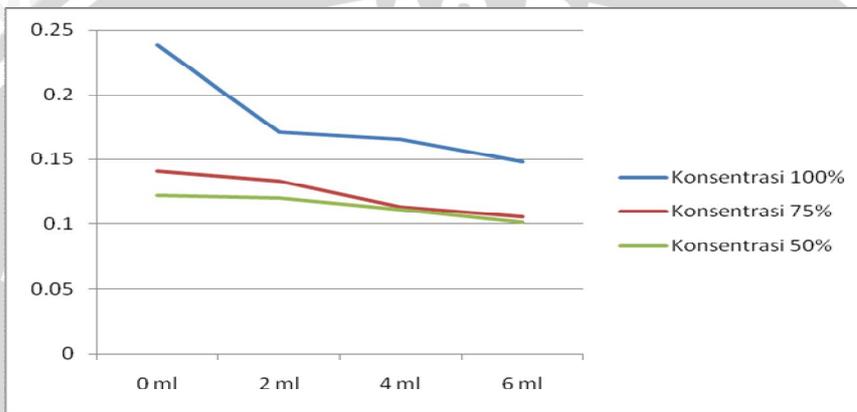
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
			I	II	III		
0 *)	100%	2	0.235	0.233	0.236	0.704	0.235
		4	0.235	0.233	0.236	0.704	0.235
		6	0.235	0.233	0.236	0.704	0.235
	75%	2	0.137	0.136	0.137	0.403	0.136
		4	0.137	0.136	0.137	0.403	0.136
		6	0.137	0.136	0.137	0.403	0.136
	50%	2	0.118	0.117	0.135	0.370	0.123
		4	0.118	0.117	0.135	0.370	0.123
		6	0.118	0.117	0.135	0.370	0.123
5	100%	0	0.240	0.237	0.239	0.716	0.239
		2	0.170	0.171	0.171	0.512	0.171
		4	0.164	0.165	0.166	0.495	0.165
		6	0.149	0.148	0.147	0.444	0.148
	75%	0	0.141	0.142	0.141	0.424	0.141
		2	0.133	0.132	0.133	0.398	0.133
		4	0.114	0.113	0.112	0.339	0.113
		6	0.105	0.104	0.106	0.315	0.105
	50%	0	0.123	0.122	0.122	0.367	0.122
		2	0.121	0.120	0.119	0.360	0.120
		4	0.111	0.111	0.112	0.334	0.111
		6	0.100	0.101	0.102	0.303	0.101
10	100%	0	0.246	0.244	0.245	0.745	0.248
		2	0.158	0.134	0.160	0.475	0.158
		4	0.145	0.127	0.143	0.432	0.144
		6	0.139	0.114	0.141	0.420	0.140
	75%	0	0.145	0.144	0.145	0.434	0.145
		2	0.123	0.107	0.125	0.372	0.124
		4	0.123	0.120	0.125	0.368	0.123
		6	0.100	0.079	0.104	0.306	0.102
	50%	0	0.126	0.125	0.125	0.376	0.125
		2	0.119	0.101	0.121	0.360	0.120
		4	0.118	0.087	0.120	0.357	0.119
		6	0.095	0.071	0.097	0.288	0.096
15	100%	0	0.250	0.249	0.250	0.749	0.250
		2	0.135	0.157	0.133	0.402	0.134
		4	0.126	0.144	0.127	0.380	0.127
		6	0.114	0.140	0.116	0.344	0.115
	75%	0	0.149	0.148	0.149	0.446	0.149
		2	0.107	0.124	0.108	0.339	0.113
		4	0.097	0.115	0.098	0.294	0.098
		6	0.077	0.102	0.078	0.234	0.078
	50%	0	0.131	0.129	0.129	0.389	0.130
		2	0.102	0.120	0.100	0.303	0.101
		4	0.086	0.119	0.085	0.258	0.086
		6	0.070	0.096	0.070	0.211	0.070

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

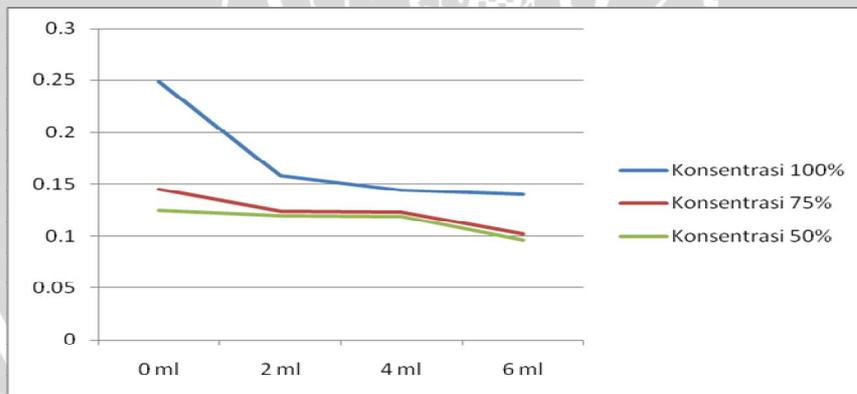
Lampiran 12. Grafik hasil uji nitrat



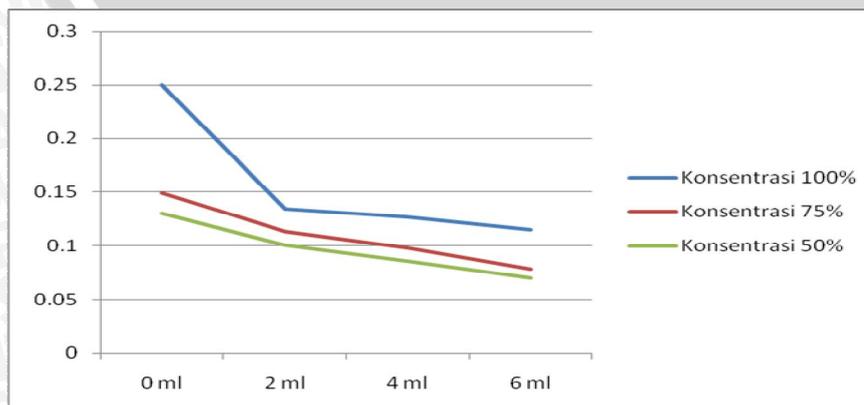
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



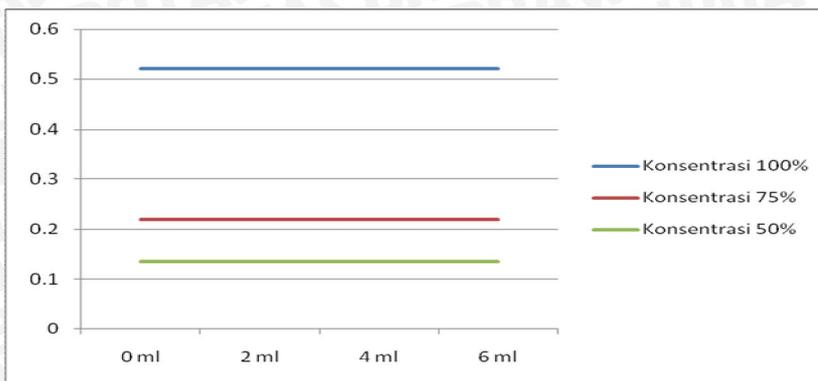
Hari ke 15

Lampiran 13. Data hasil uji nitrit

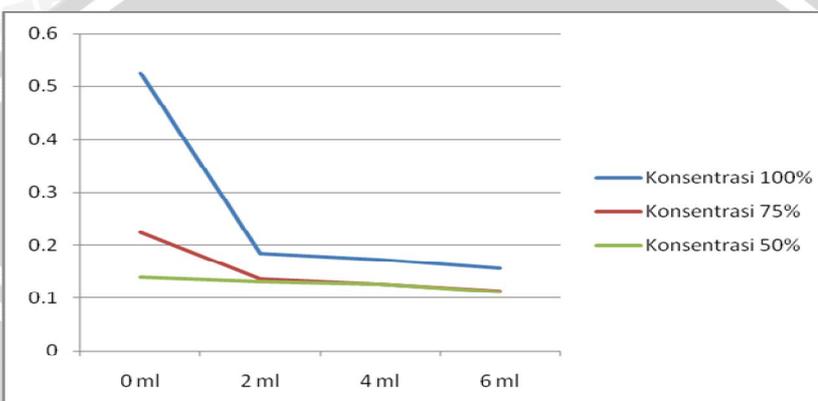
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
			I	II	III		
0 *)	100%	2	0.523	0.519	0.522	1.564	0.521
		4	0.523	0.519	0.522	1.564	0.521
		6	0.523	0.519	0.522	1.564	0.521
	75%	2	0.220	0.218	0.221	0.659	0.220
		4	0.220	0.218	0.221	0.659	0.220
		6	0.220	0.218	0.221	0.659	0.220
	50%	2	0.137	0.133	0.137	0.407	0.136
		4	0.137	0.133	0.137	0.407	0.136
		6	0.137	0.133	0.137	0.407	0.136
5	100%	0	0.527	0.524	0.525	1.576	0.525
		2	0.187	0.185	0.184	0.556	0.185
		4	0.172	0.171	0.173	0.516	0.172
		6	0.156	0.156	0.157	0.469	0.156
	75%	0	0.226	0.223	0.224	0.673	0.224
		2	0.137	0.138	0.136	0.411	0.137
		4	0.127	0.126	0.125	0.378	0.126
		6	0.112	0.113	0.115	0.340	0.113
	50%	0	0.140	0.138	0.139	0.417	0.139
		2	0.131	0.130	0.132	0.393	0.131
		4	0.127	0.125	0.126	0.378	0.126
		6	0.110	0.110	0.111	0.331	0.110
10	100%	0	0.531	0.529	0.528	1.588	0.529
		2	0.151	0.150	0.149	0.450	0.150
		4	0.138	0.132	0.133	0.402	0.134
		6	0.118	0.120	0.121	0.359	0.120
	75%	0	0.230	0.227	0.229	0.689	0.229
		2	0.136	0.135	0.131	0.402	0.134
		4	0.115	0.118	0.117	0.350	0.117
		6	0.083	0.081	0.082	0.246	0.082
	50%	0	0.114	0.141	0.142	0.424	0.141
		2	0.128	0.125	0.127	0.380	0.126
		4	0.116	0.114	0.113	0.343	0.114
		6	0.080	0.080	0.081	0.241	0.080
15	100%	0	0.536	0.523	0.534	1.593	0.531
		2	0.139	0.138	0.137	0.414	0.138
		4	0.126	0.125	0.128	0.379	0.126
		6	0.118	0.118	0.116	0.352	0.117
	75%	0	0.234	0.232	0.235	0.701	0.234
		2	0.106	0.105	0.104	0.315	0.105
		4	0.084	0.085	0.083	0.252	0.084
		6	0.059	0.058	0.056	0.173	0.058
	50%	0	0.147	0.146	0.146	0.439	0.146
		2	0.099	0.097	0.098	0.294	0.098
		4	0.075	0.076	0.074	0.225	0.075
		6	0.050	0.051	0.052	0.153	0.051

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

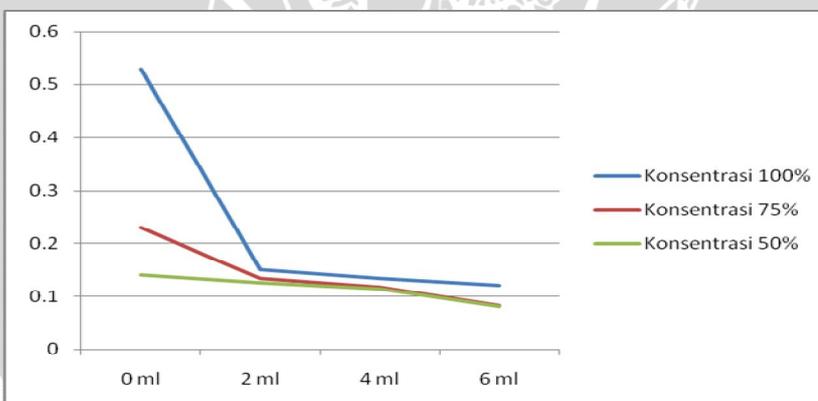
Lampiran 14. Grafik hasil uji nitrit



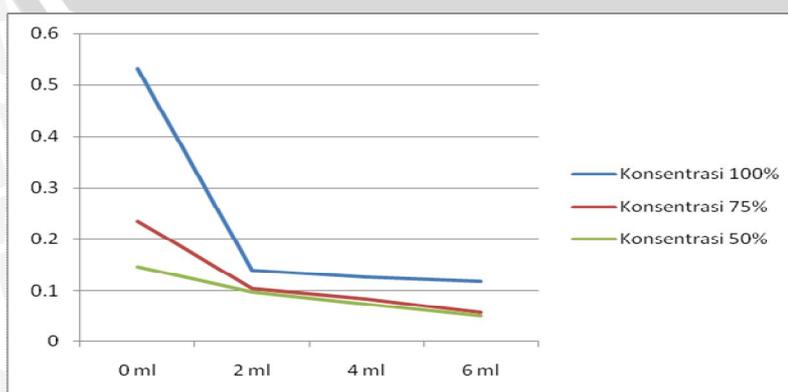
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



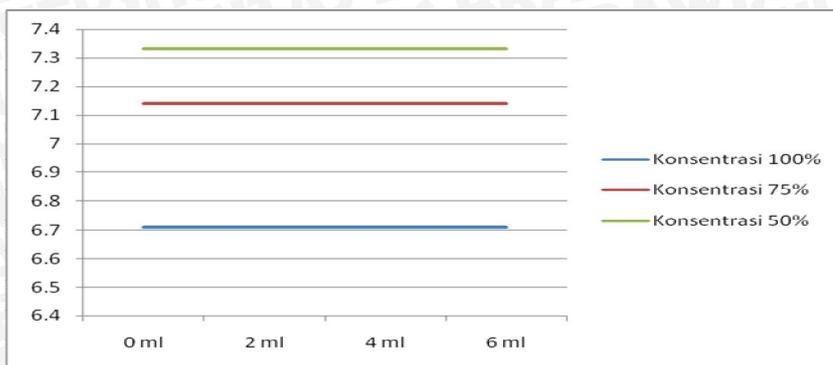
Hari ke 15

Lampiran 15. Data hasil uji pH

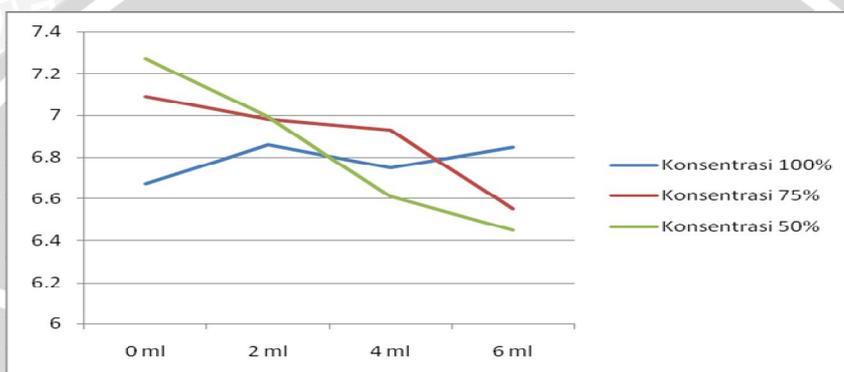
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)	
			I	II	III			
0 *)	100%	2	6.73	6.69	6.72	20.14	6.71	
		4	6.73	6.69	6.72	20.14	6.71	
		6	6.73	6.69	6.72	20.14	6.71	
	75%	2	7.15	7.17	7.10	21.42	7.14	
		4	7.15	7.17	7.10	21.42	7.14	
		6	7.15	7.17	7.10	21.42	7.14	
	50%	2	7.33	7.30	7.35	21.98	7.33	
		4	7.33	7.30	7.35	21.98	7.33	
		6	7.33	7.30	7.35	21.98	7.33	
	5	100%	0	6.66	6.65	6.69	20.00	6.67
			2	6.86	6.86	6.87	20.59	6.86
			4	6.75	6.75	6.76	20.26	6.75
6			6.84	6.85	6.85	20.54	6.85	
75%		0	7.10	7.12	7.06	21.28	7.09	
		2	6.97	6.98	6.98	20.93	6.98	
		4	6.93	6.92	6.93	20.78	6.93	
		6	6.55	6.55	6.54	19.64	6.55	
50%		0	7.28	7.25	7.29	21.82	7.27	
		2	6.99	7.00	7.00	20.99	6.99	
		4	6.62	6.61	6.61	19.84	6.61	
		6	6.46	6.45	6.45	19.36	6.45	
10	100%	0	6.63	6.64	6.64	19.91	6.64	
		2	6.76	6.77	6.75	20.28	6.76	
		4	6.83	6.83	6.84	20.50	6.83	
		6	6.84	6.84	6.85	20.53	6.84	
	75%	0	7.07	7.09	7.08	21.24	7.08	
		2	6.83	6.83	6.84	20.50	6.83	
		4	6.97	6.97	6.98	20.92	6.97	
		6	6.66	6.66	6.67	19.99	6.66	
	50%	0	7.20	7.19	7.25	21.64	7.22	
		2	6.97	6.97	6.96	20.90	6.97	
		4	6.75	6.74	6.71	20.20	6.73	
		6	6.61	6.62	6.63	19.86	6.62	
15	100%	0	6.60	6.61	6.62	19.83	6.61	
		2	6.69	6.69	6.68	20.06	6.69	
		4	6.75	6.76	6.78	20.29	6.76	
		6	6.73	6.74	6.75	20.20	6.73	
	75%	0	7.05	7.08	7.06	21.19	7.06	
		2	6.91	6.90	6.91	20.72	6.91	
		4	6.88	6.88	6.89	20.65	6.88	
		6	6.68	6.68	6.67	20.03	6.68	
	50%	0	7.18	7.17	7.23	21.58	7.19	
		2	6.99	6.98	6.98	20.95	6.98	
		4	6.85	6.84	6.82	20.51	6.84	
		6	6.63	6.63	6.61	19.87	6.62	

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

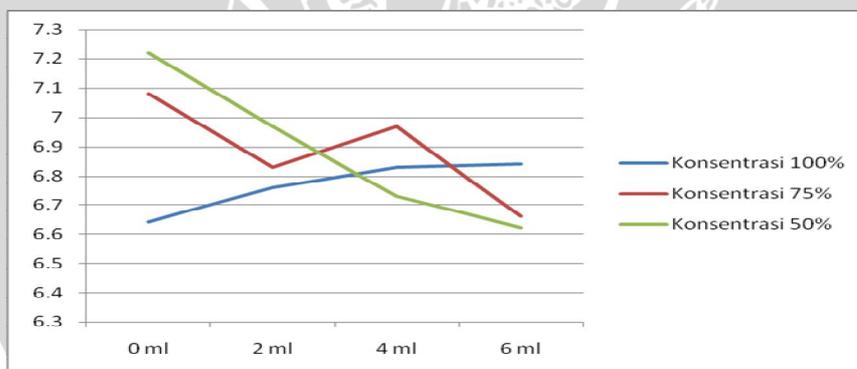
Lampiran 16. Grafik hasil uji pH



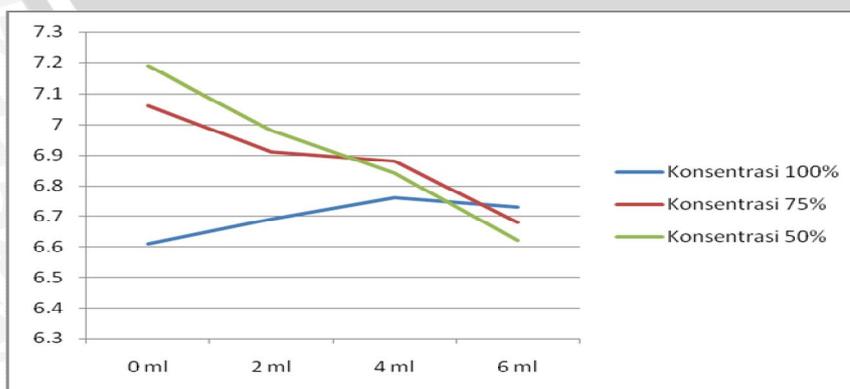
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



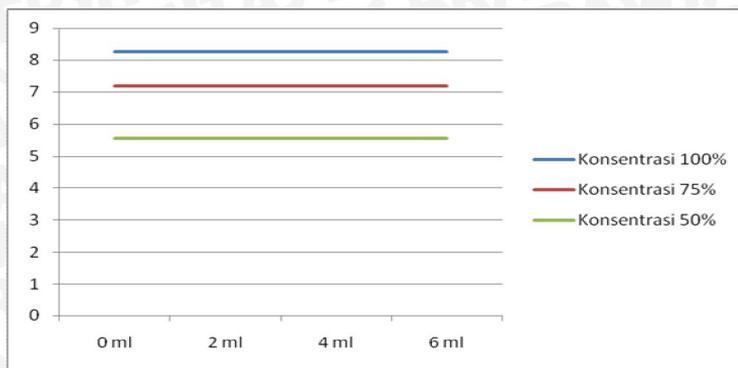
Hari ke 15

Lampiran 17. Data hasil uji protein

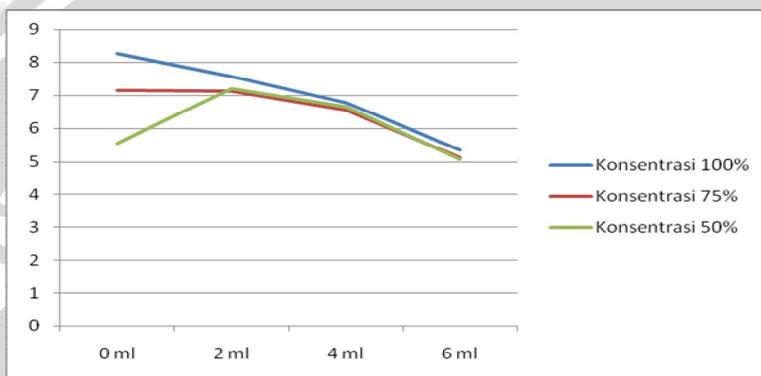
Hari ke	Konsentrasi	Jumlah Bakteri <i>Pseudomonas putida</i> (ml)	Ulangan (mg/l)			Total (mg/l)	Rata-rata (mg/l)
			I	II	III		
0 *)	100%	2	8.26	8.24	8.28	24.78	8.26
		4	8.26	8.24	8.28	24.78	8.26
		6	8.26	8.24	8.28	24.78	8.26
	75%	2	7.19	7.16	7.18	21.53	7.18
		4	7.19	7.16	7.18	21.53	7.18
		6	7.19	7.16	7.18	21.53	7.18
	50%	2	5.59	5.57	5.59	16.75	5.58
		4	5.59	5.57	5.59	16.75	5.58
		6	5.59	5.57	5.59	16.75	5.58
5	100%	0	8.25	8.23	8.25	24.73	8.24
		2	7.55	7.56	7.56	22.67	7.56
		4	6.78	6.77	6.76	20.31	6.77
		6	5.35	5.35	5.36	16.06	5.35
	75%	0	7.16	7.15	7.16	21.47	7.16
		2	7.14	7.15	7.13	21.42	7.14
		4	6.53	6.55	6.57	19.65	6.55
		6	5.12	5.11	5.10	15.33	5.11
	50%	0	5.56	5.55	5.57	16.68	5.56
		2	7.20	7.21	7.19	21.60	7.20
		4	6.66	6.67	6.65	19.98	6.66
		6	5.08	5.08	5.07	15.23	5.08
10	100%	0	8.20	8.19	8.20	24.59	8.20
		2	5.45	5.44	5.44	16.33	5.44
		4	4.63	4.64	4.63	13.90	4.63
		6	3.72	3.71	3.72	11.15	3.72
	75%	0	7.12	7.10	7.12	21.34	7.11
		2	5.27	5.27	5.28	15.82	5.27
		4	4.47	4.48	4.49	13.44	4.48
		6	3.37	3.39	3.38	10.14	3.38
	50%	0	5.51	5.49	5.50	16.50	5.50
		2	5.32	5.31	5.30	15.93	5.31
		4	4.54	4.55	4.56	13.65	4.55
		6	3.24	3.25	3.26	9.75	3.25
15	100%	0	8.22	8.21	8.22	24.65	8.22
		2	3.56	3.55	3.55	10.66	3.55
		4	2.43	2.42	2.42	7.27	2.42
		6	1.33	1.33	1.32	3.98	1.33
	75%	0	7.14	7.13	7.14	21.41	7.14
		2	3.33	3.32	3.33	9.98	3.33
		4	2.31	2.32	2.30	6.93	2.31
		6	1.25	1.26	1.25	3.76	1.25
	50%	0	5.54	5.52	5.53	16.59	5.53
		2	3.45	3.47	3.46	10.38	3.46
		4	2.39	2.38	2.37	7.14	2.38
		6	1.19	1.20	1.21	3.60	1.20

*) = Hari ke 0 diuji hanya 1 toples pada tiap konsentrasi 100%, 75%, dan 50%.

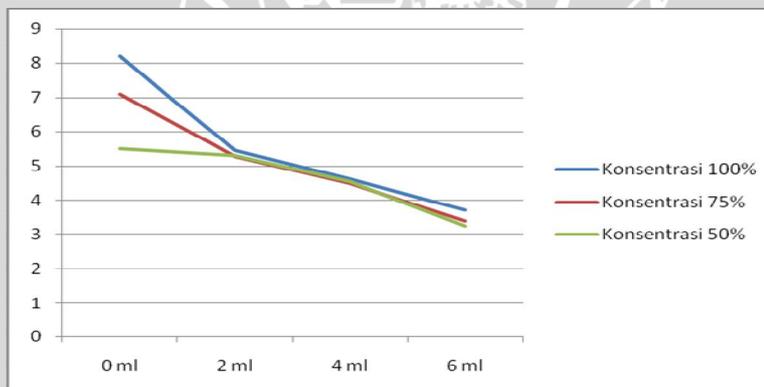
Lampiran 18. Grafik hasil uji protein



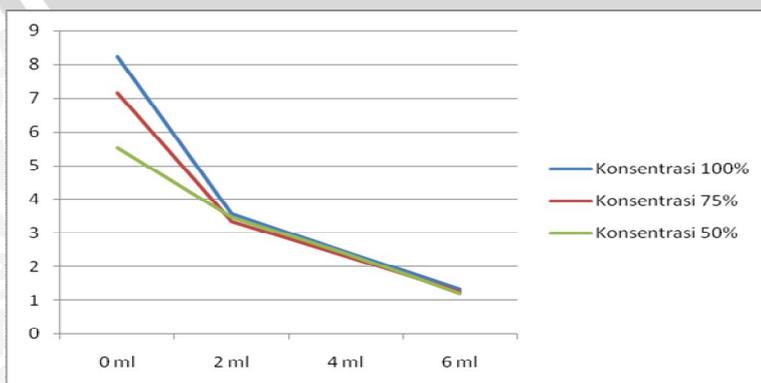
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 15