

**PEMANFAATAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)  
SEBAGAI BIOINDIKATOR  
UNTUK MENILAI EFEKTIFITAS KINERJA IPAL  
RUMAH SAKIT PUPUK KALTIM, BONTANG**



**TESIS**

**Sugianto Hendrata**  
**N I M : L4K002037**

**Program Magister Ilmu Lingkungan  
Program Pascasarjana  
Universitas Diponegoro  
Semarang  
2004**

TESIS

PEMANFAATAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)  
SEBAGAI BIOINDIKATOR  
UNTUK MENILAI EFEKTIFITAS KINERJA IPAL  
RUMAH SAKIT PUPUK KALTIM, BONTANG

Disusun oleh

Sugianto Hendrata  
L4K002037

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 14 Juni 2004  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

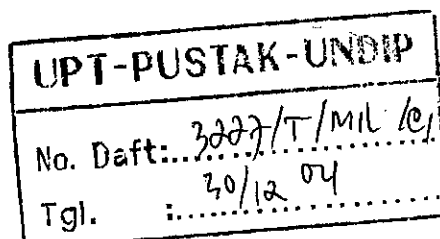
Pembimbing II

Drs. Dwi P. Sasongko M.Si.

Mengetahui,  
Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan,



Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES



LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)  
SEBAGAI BIOINDIKATOR  
UNTUK MENILAI EFEKTIFITAS KINERJA IPAL  
RUMAH SAKIT PUPUK KALTIM, BONTANG

Disusun oleh

Sugianto Hendrata  
L4K002037

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 14 Juni 2004  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,


Penguji I

  
Dr. Ir. Purwanto DEA

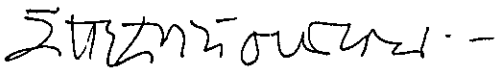
Penguji II

  
Ir. Bambang Triono Basuki M.Eng.


Pembimbing I

  
Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

Pembimbing II

  
Drs. Dwi P. Sasongko M.Si.

Mengetahui,  
Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan,

  
Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

PEMANFAATAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)  
SEBAGAI BIOINDIKATOR UNTUK MENILAI EFEKTIVITAS KINERJA IPAL  
RUMAH SAKIT PUPUK KALTIM, BONTANG

**Sugianto Hendrata<sup>1)</sup>, Sutrisno Anggoro<sup>2)</sup>, Dwi P. Sasongko<sup>3)</sup>**  
Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro  
Jl. Imam Bardjo SH. No. 3 Semarang, Telp./Fax. 024-8453635

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan ikan Nila sebagai bioindikator pada sistem pengolahan air limbah di Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang, pada bulan Februari dan Maret 2004. Penelitian ini merupakan upaya alternatif selain untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Pemerintah, juga untuk memantau kualitas air limbah secara terus menerus dengan cara sederhana namun dapat dipercaya.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memanfaatkan ikan Nila sebagai bioindikator untuk memantau kualitas air limbah yang dihasilkan oleh RS PKT sebelum dan setelah diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Metoda yang digunakan adalah dengan melakukan uji beda perlakuan terhadap 150 ekor ikan Nila yang ditempatkan pada kolam influen sebelum IPAL, kolam efluen setelah IPAL dan kolam kontrol di luar sistem pengolahan air limbah. Dari 150 ekor ikan Nila, 100 ekor diantaranya dimasukkan ke dalam 50 petak keramba di Kolam Efluen sehingga masing-masing petak berisi 2 ekor ikan Nila ( $N_{2A}$ ), 35 ekor dimasukkan ke Kolam Efluen di luar keramba ( $N_{2B}$ ), sisanya 5 ekor dimasukkan ke Kolam Kontrol ( $N_0$ ), sebanyak 10 ekor dimasukkan ke dalam Kolam Influen ( $N_1$ ).

Dari penelitian ini terbukti bahwa ikan Nila hidup dan tumbuh secara normal didalam air limbah, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa ikan Nila dapat digunakan sebagai bioindikator pada sistem pengolahan air limbah rumah sakit, khususnya di Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang. Namun demikian, pemanfaatan ikan Nila sebagai bioindikator pada sistem pengolahan air limbah rumah sakit, tidak menghapuskan kewajiban pengelola rumah sakit untuk tidak melakukan uji kualitas air limbahnya secara berkala di laboratorium.

Kata Kunci : Ikan Nila, Bioindikator, Air Limbah Rumah Sakit, Efektivitas kinerja IPAL

- 1) Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang.
- 2) Jurusan Perikanan FPIK Universitas Diponegoro
- 3) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro

THE USAGE of NILA FISH (*Oreochromis niloticus*) AS A BIOINDICATOR  
TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF  
THE INSTALATION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM  
AT PUPUK KALTIM HOSPITAL, BONTANG.

**Sugianto Hendrata<sup>1)</sup>, Sutrisno Anggoro<sup>2)</sup>, Dwi P. Sasongko<sup>3)</sup>**  
Postgraduate Department of Environmental Study of Diponegoro University  
Jl. Imam Bardjo SH. No. 3 Semarang, Telp./Fax. 024-8453635

ABSTRACT

The research on the usage of Nila fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator in waste water treatment system at Pupuk Kaltim Hospital, Bontang, has conducted on February and March 2004. The research is an alternative effort to meet requirements determined by the government as well as to monitor the quality of waste water continuously in a simple way but credible.

The research is aimed at using Nila fish as a bioindicator to monitor the quality of wastewater before and after being processed at the wastewater installation (IPAL), produced by Pupuk Kaltim Hospital.

The method used in this research is by conducting different treatment tests towards 150 Nila fish, which were put separately into *influent* pond before the wastewater installation (IPAL), *effluent* pond after the wastewater installation (IPAL), and control pond (non treated pond) of the the wastewater process system. A hundred (100) fish, taken from 150 Nila fish were put into 50-partitioned areas in *effluent* pond, so each are contained 2 Nila fish ( $N_{2A}$ ), 35 fish were put into the *effluent* pond out of the partitioned areas (keramba) ( $N_{2B}$ ). The 5 fish left were put into the *control* pond ( $N_0$ ). There were 10 fish put into the *influent* pond ( $N_1$ ).

The research has proven that Nila fish are alive and growing normally in wastewater. Therefore, that Nila fish can be used as bioindicator at the process system of wastewater produced by a hospital can be concluded that the hospital will not abolish the responsibility of hospital management from not doing the test of wastewater quality in the laboratory periodically to fulfill the Government Regulation.

Key Words : Nila fish, Bioindicator, Hospital Waste Water, The Effectivity of Waste Water Treatment System.

- 1) P.T. Pupuk Kaltim Hospital, Bontang.
- 2) Fishery Department FPIK of Diponegoro University
- 3) Physics Department FMIPA of Diponegoro University

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini dapat disusun untuk memenuhi syarat menempuh ujian tesis sebagai syarat untuk mencapai derajat S-2 pada Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis mengambil judul “ Pemanfaatan ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai bioindikator untuk menilai efektivitas kinerja IPAL Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang”. Latar belakang pemilihan judul tersebut, yaitu untuk dapat mengukur kinerja IPAL di Rumah Sakit Pupuk Kaltim dengan menggunakan ikan Nila sebagai bioindikator yang merupakan salah satu cara pemantauan lingkungan.

Limbah cair Rumah Sakit perlu diolah secara baik agar tidak mencemari lingkungan perairan di sekitarnya sehingga memenuhi baku mutu limbah cair sesuai yang dipersyaratkan. Untuk rumah sakit yang berlokasi di Provinsi Kalimantan Timur, limbah cair luarnya harus memenuhi Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur No. 26 Tahun 2002 Lampiran I No. 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit. Untuk itu perlu dilakukan pemantauan secara terus menerus dengan cara melakukan analisis secara kimia, fisika dan biologi.

Pemantauan kualitas limbah cair dengan menggunakan analisis kimia dan fisika harus dilaksanakan oleh pihak ketiga yang berkompeten untuk itu, dan hal ini tentunya membutuhkan biaya yang sangat besar, oleh karena itu diupayakan alternatif cara untuk memantau kualitas limbah cair rumah sakit yang hasilnya dapat diterima oleh semua pihak dengan biaya yang murah. Pada kesempatan ini penulis meneliti sejauh mana ikan, khususnya ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai efektivitas IPAL rumah sakit khususnya di Rumah Sakit Pupuk Kaltim, Bontang.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan tesis ini, antara lain kepada :

1. Direksi dan seluruh karyawan PT Pupuk Kalimantan Timur Tbk.
2. Rektor Universitas Diponegoro Semarang.
3. Direksi dan seluruh karyawan RS Pupuk Kaltim (Yayasan).
4. Direktur Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
5. Ketua Program S-2 Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
6. Dosen Pembimbing Tesis.

7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang kelas Bontang.

Penulis sadar bahwa tesis ini masih belum sempurna, untuk itu diharapkan untuk memberikan saran dan kritik kepada penulis, selain itu penulis mengharapkan tulisan ini dapat berguna bagi para pembaca umumnya dan khususnya bagi penulis.

Tak lupa ucapan terima kasih yang khusus penulis sampaikan kepada isteri tercinta Clara, dan kepada putri-putriku tersayang Irene, Monica, dan Lidwina, atas semua dorongan dan semangat yang diberikan kepada penulis.

Semarang, Juni 2004

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Hal</b>
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Kegunaan Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Landasan Teori .....	6
2.2. Pemanfaatan Ikan Sebagai Bioindikator IPAL.....	16
2.3. Originalitas Penelitian .....	16
2.4. Hipotesis .....	16
<b>III. METODA PENELITIAN</b>	
3.1. Rancangan Penelitian .....	17
3.2. Ruang Lingkup Penelitian .....	18
3.3. Lokasi Penelitian .....	18
3.4. Variabel Penelitian .....	18
3.4.1. Klasifikasi variabel .....	18
3.4.2. Definisi konseptual .....	19
3.4.3. Variabel operasional .....	19
3.5. Jenis dan Sumber Data .....	20
3.6. Instrumen Penelitian .....	20
3.6.1. Alat yang digunakan .....	20
3.6.2. Bahan yang digunakan .....	20
3.7. Populasi dan Perlakuan Sampel .....	21

3.7.1. Populasi .....	21
3.7.2. Perlakuan sampel .....	21
3.8. Teknik Pengumpulan Data.....	24
3.8.1. Data primer.....	24
3.8.2. Data sekunder .....	25
3.9. Teknik Analisis Data .....	25
3.9.1. Parameter air limbah .....	25
3.9.2. Parameter ikan .....	25
<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Deskripsi Kegiatan RS PKT.....	28
4.2. Kualitas Air Limbah.....	29
4.3. Pemeriksaan Ikan.....	35
4.4. Analisis Parameter.....	40
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Simpulan .....	51
5.2. Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
1. Parameter SK Gubernur Kaltim Nomor 26 Tahun 2002, Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.....	7
2. Tingkat pencemaran berdasar nilai BOD .....	9
3. Tingkat pencemaran berdasar nilai COD .....	9
4. Rancangan percobaan dengan uji beda perlakuan .....	18
5. Kriteria Indeks Ponderal .....	26
6. Informasi umum kegiatan RS PKT .....	28
7. Hasil pemeriksaan kualitas air limbah RS PKT .....	30
8. Kandungan logam berat dalam air limbah RS PKT.....	34
9. Berat/panjang ikan Nila berdasarkan usia di Kolam Kontrol .....	35
10. Berat/panjang ikan Nila berdasarkan usia di Kolam Influen .....	35
11. Indeks Ponderal dan Laju Pertumbuhan ikan di dalam dan di luar keramba ...	36
12. Kandungan logam berat dalam organ/daging ikan Nila .....	40
13. Hasil pemeriksaan kualitas air limbah RS PKT .....	41
14. Tabel 14: Uji Statistik dari Indeks Ponderal (K) .....	46
15. Tabel 15: Uji Statitik Laju Pertumbuhan (g) .....	46

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
1. Tata letak dan alur aliran perlakuan .....	17
2. Gambar histologis preparat insang ikan Nila .....	38
3. Gambar mikroskopis insang ikan Nila perbesaran 8 kali . .....	38
4. Gambar mikroskopis insang ikan Nila perbesaran 40 kali .....	38
5. Lamella insang ikan Nila perbesaran 200 kali .....	39
6. Lamella insang ikan Nila perbesaran 200 kali .....	39
7. Gambar histologis preparat insang ikan Nila perbesaran 40 kali .....	47
8. Lamella insang ikan Nila perbesaran 200 kali .....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
1. Laporan hasil uji Limbah Cair RS PKT tgl. 28 Oktober 2003 .....	55
2. Laporan hasil uji Limbah Cair RS PKT tgl. 4 Maret 2004 .....	56
3. Laporan hasil uji logam berat pada organ/daging ikan Nila tgl. 19 April 2004 .....	57
4. Hasil pengukuran berat dan panjang ikan, saat awal dan akhir penelitian .....	58
5. Laporan hasil uji logam berat pada Limbah Cair RS PKT tgl. 23 April 2004 .....	59
6. Tabel 16. Perbandingan berat/ panjang ikan Nila berdasarkan waktu/usia di Kolam Efluen/ Kolam Stabilisasi di dalam Keramba (Perlakuan $N_{2A}$ ) dan di luar Keramba (Perlakuan $N_{2B}$ ) Berat/panjang ikan Nila berdasarkan usia di Kolam Efluen di dalam dan di luar keramba.....	60
7. Gambar IPAL RS PKT .....	61

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Rumah Sakit merupakan salah satu bentuk industri dalam bidang jasa pelayanan kesehatan di mana sekelompok orang dengan berbagai disiplin ilmu dan keahlian melakukan aktifitas menangani pasien dengan berbagai penyakit sesuai dengan jenis pelayanan yang diberikan, sehingga oleh karenanya kegiatan tersebut berpotensi untuk menghasilkan limbah yang spesifik.

Adanya industri yang tidak berwawasan lingkungan dengan tidak mengoptimalkan pengolahan air limbahnya atau dengan alasan belum mampu membuat pengolahan air limbah yang memadai merupakan salah satu penyebab pencemaran lingkungan, dari pembuangan air limbah yang belum diolah tersebut berpeluang dalam mencemari dan menghancurkan ekosistem di wilayah pesisir dan lautan (Supriharyono, 2000).

Secara umum, limbah rumah sakit terdiri dari tiga kelompok yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah tersebut bisa dianggap sebagai limbah yang infeksius sehingga diperlukan pemisahan limbah secara ketat berdasarkan jenis limbahnya, namun hal ini sangat bergantung pada macam dan jenis kuman yang terkandung di dalam limbah dan jenis limbahnya.

Pada beberapa jenis limbah, kuman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik karena memang sesuai dengan kondisi ideal yang dibutuhkan oleh jenis kuman tersebut sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan kuman menggunakan berbagai cara pengolahan limbah, atau memusnahkan kuman yang ada agar tidak menyebar ke lingkungan.

Secara alamiah, sinar matahari, yang mengandung sinar ultraungu, mempunyai daya merusak sel mikroorganisme yang tidak mempunyai pigmen fotosintesa, sehingga sinar ultraungu banyak digunakan pada proses sterilisasi (Suriawiria, 2003).

Namun keberadaan sinar matahari saja, pada beberapa kondisi, tidak cukup memadai dalam mengendalikan kuman yang ada di rumah sakit, sehingga perlu dilakukan berbagai cara dan metode agar pengendalian kuman tersebut dapat dilakukan dengan cara yang lebih efektif sehingga dampak yang diakibatkan dapat ditekan seminimal mungkin.

Upaya pengendalian penyebaran kuman penyebab penyakit, biasanya dilakukan oleh suatu tim yang dinamakan Tim Pengendali Nosokomial. Tim ini melakukan upaya agar tidak terjadi *cross contamination*, *waterborne disease*, dan *airborne disease* di lingkungan rumah sakit, di mana terjadi penularan penyakit di antara sesama pasien, sesama petugas maupun antara petugas dan pasien dan bahkan masyarakat di sekitar rumah sakit.

Pengelola rumah sakit harus melakukan pengolahan limbahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan ambien sehingga memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan menurut Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur No. 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit) dan melakukan pengolahan limbah padat dengan cara membakarnya di insenerator. Untuk limbah gas, tidak dilakukan pengolahan karena jumlahnya yang relatif sedikit. Parameter kunci untuk limbah cair rumah sakit yang dipantau adalah Suhu, BOD, COD, TSS, pH, NH<sub>3</sub>N (Ammonia Bebas), Fosfat, dan Total Bakteri Koli.

Untuk mengolah air limbah, biasanya digunakan bahan kimia yang juga dapat berfungsi sebagai desinfektan sebagai zat yang membunuh kuman/bakteri patogen penyebab penyakit pada organisme (Ehler dan Steel, 1958). Desinfektan yang umum digunakan adalah Kalsium Hipoklorit/Kaporit = Ca (OCl)<sub>2</sub> yang mempunyai daya kerja sangat kuat dan cocok digunakan sebagai pemberantas kuman/bakteri patogen pada kolam budidaya. Klorin yang ada pada Kaporit merupakan bahan aktif yang dapat digunakan sebagai desinfektan pada kolam atau peralatan budidaya lainnya (Stickney, 1979). Alasan lain penggunaan klorin sebagai desinfektan adalah mudah digunakan, cepat prosesnya, dan ekonomis (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995).

Untuk memantau limbah cair Rumah Sakit Pupuk Kaltim (RS PKT), apakah telah memenuhi persyaratan baku mutu atau belum, maka digunakan berbagai cara pemantauan limbah, antara lain dengan menggunakan cara analisis kimia, fisika, organoleptik dan pemanfaatan ikan sebagai indikator biologis.

Indikator biologis yang dimaksud dalam penelitian ini adalah selain dimaksudkan sebagai petunjuk tentang kualitas air limbah yang telah diolah, juga sekaligus sebagai biokontrol dan biomonitoring terhadap efektifitas IPAL RS PKT.

Hubungan antara kondisi dan kualitas perairan, penampilan dan perilaku biota yang ada di dalamnya, bagaimana cara memantau kualitas air atau derajat pencemaran adalah:

1. Perubahan perilaku dan penampilan biota air tertentu serta kelimpahannya, dapat dijadikan petunjuk tentang kondisi kualitas air atau derajat pencemaran di suatu ekosistem perairan.
2. Kualitas air atau derajat pencemaran di suatu ekosistem perairan dapat dipantau dengan menggunakan cara analisis kimia, fisika, organoleptik, dan ikan sebagai indikator biologis.
3. Berbagai jenis nekton, khususnya ikan tertentu yang bernafas dengan insang, sangat peka terhadap perubahan atau tingkat pencemaran di dalam perairan.
4. Ikan Nila, merupakan salah satu jenis ikan yang bernafas dengan insang dan cukup peka terhadap adanya perubahan habitat/lingkungan hidupnya.

Kriteria yang digunakan untuk menentukan ikan sebagai bioindikator/biokontrol adalah:

- o Dapat hidup pada iklim yang sesuai,
- o Sensitif terhadap perubahan kondisi perairan,
- o Relatif mudah didapat, dan
- o Murah harganya.

## 1.2. PERUMUSAN MASALAH

Asumsi yang digunakan adalah apabila limbah cair RS PKT tidak diolah dengan baik sehingga mencemari lingkungan perairan maka indikator yang digunakan adalah adanya perubahan perilaku, kondisi, dan populasi ikan pada hilir aliran buangan limbah RS PKT. Adanya pembuangan limbah cair yang tidak terkendali akan menimbulkan kerugian pada sub sektor perikanan khususnya pada sub sektor budidaya (Dirjen Pengairan, 1981).

Ikan yang hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak serasi dan adanya organisme penyakit, menyebabkan ikan menjadi stres dan mekanisme pertahanan diri yang dimilikinya menjadi lemah dan akhirnya mudah terserang penyakit (Afrianto dan Liviawati, 1992).

Dalam penelitian ini, ikan yang digunakan adalah ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), karena ikan Nila sesuai dengan kondisi Kota Bontang yang beriklim tropis, tumbuh dengan cepat, cukup sensitif terhadap perubahan lingkungan, bersifat omnivora,

mampu mencerna makanan secara efisien dan tahan terhadap serangan penyakit (Suyanto, 1998), sehingga dapat dirumuskan adanya permasalahan sebagai berikut:

1. Pemantauan kualitas air limbah yang diolah IPAL RS PKT, dilakukan secara periodik 6 bulan sekali, dan pengujiannya dilakukan di Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim, menyebabkan kualitas air limbah tersebut tidak dapat diketahui sewaktu-waktu, padahal kondisi air limbah RS PKT tidak selalu stabil dari waktu ke waktu, disamping itu untuk melakukan pengujian kualitas air limbah, dibutuhkan biaya yang relatif besar.
2. Penggunaan ikan Nila untuk memantau kualitas air limbah hasil olahan IPAL RS PKT belum pernah dilakukan, sehingga belum diketahui kelayakannya.
3. Pengolahan limbah cair yang dihasilkan rumah sakit dengan memanfaatkan indikator biologis, belum dikembangkan, sehingga belum ada panduan mengenai hal ini

### 1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah:

1. Mengevaluasi kualitas air limbah yang diolah IPAL RS PKT sehingga memenuhi SK Gubernur Kaltim Nomor 26 tahun 2002 Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.
2. Menilai kemungkinan kelayakan ikan Nila sebagai bioindikator/biokontrol untuk menilai efektifitas kinerja IPAL RS PKT
3. Membuat Permodelan Pengelolaan IPAL RS dengan memanfaatkan ikan Nila sebagai bioindikator yang sederhana, dapat dipercaya, mudah didapat, dan murah harganya.

### 1.4. KEGUNAAN PENELITIAN

1. Manfaat bagi RS PKT :
  - a) Hasil penelitian dapat digunakan sebagai model Prosedur Operasi Baku (SOP) pengoperasian IPAL RS PKT.
  - b) Karena menggunakan ikan Nila sebagai indikator hidup, maka pemantauan dapat dilakukan secara lebih akurat dan terus menerus.
  - c) Dapat menghemat biaya pemantauan karena ikan Nila mudah berkembang biak, selain itu mudah didapat dan murah harganya.

2. Manfaat bagi Masyarakat di sekitar RS PKT

Dengan terpantaunya kualitas air limbah, maka dapat mencegah pencemaran dan kemungkinan terjadinya penularan penyakit di sekitar areal hilir buangan limbah RS PKT

3. Manfaat bagi Pemerintah Kota Bontang

- a) Dengan dilakukannya pengolahan air limbah RS PKT maka hal tersebut dapat dijadikan bukti kepatuhan RS PKT terhadap peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- b) Dengan diperolehnya permodelan pengolahan limbah cair RS PKT beserta cara pemantauannya dengan menggunakan ikan Nila sebagai bioindikator, maka metode dan instrumen ini dapat digunakan sebagai alat bantu pengawasan pengelolaan dan pemantauan lingkungan di Kota Bontang khususnya yang terkait dengan kegiatan rumah sakit.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. LANDASAN TEORI

#### 2.1.1. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair adalah kotoran yang dikeluarkan oleh masyarakat, rumah tangga, industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Sugiharto, 1987). Pada dasarnya, keberadaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) adalah untuk mengolah air limbah sehingga memenuhi persyaratan baku mutu air limbah.

Limbah cair RS PKT mempunyai ciri tersendiri yang berbeda dengan limbah yang dihasilkan oleh unit usaha/industri lainnya yaitu dalam hal kandungan bahan infeksius dan kandungan bahan organik yang tinggi. Adanya bahan pencemar pada perairan, tidak hanya merusak ekosistem perairan tersebut yang menyebabkan kematian organisme secara langsung, tetapi juga mengurangi atau melemahkan daya adaptasi, bertahan dan kemampuan untuk tumbuh dan berkembang biak (Anderson dan d' Appollonia, 1978).

Adanya peraturan perundangan-undangan yang mengharuskan pengolahan terlebih dahulu semua limbah cair yang akan dibuang ke badan air sehingga memenuhi syarat baku mutu yang ditetapkan, menyebabkan RS PKT membangun IPAL guna memenuhi baku mutu yang ditetapkan walaupun untuk itu dibutuhkan dana yang relatif besar, namun komitmen untuk menciptakan lingkungan yang bersih merupakan hal yang paling mendasar yang ada pada pemegang keputusan sehingga IPAL ini dapat terwujud dan dioperasikan dengan baik sampai saat ini.

Fluktuasi limbah cair yang dihasilkan, bervariasi tergantung pada berapa banyak pasien yang dirawat dan juga tergantung pada beberapa kegiatan yang dilakukan oleh para karyawan/petugas, sehingga beban IPAL ini juga menjadi bervariasi sehingga hasil akhir luarnya juga bervariasi. Oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan yang terus menerus sehingga didapatkan kondisi operasi yang paling sesuai.

Kondisi kualitas influen dan efluen limbah cair dari IPAL tersebut seharusnya dipantau secara terus menerus dan didokumentasikan, karena

pemantauan kualitas influen dan effluen tersebut harus dilakukan oleh suatu badan yang independen dan berwewenang yang mahal biayanya, maka perlu dicarikan alternatif-alternatif pemantauan secara terus menerus tetapi murah biayanya dan dapat dipercaya. Salah satu upaya pemantauan tersebut adalah menggunakan ikan sebagai bioindikator, yaitu ikan Nila sebagai alat pantau kualitas influen dan effluen yang akan dibuang ke badan air yang kemudian menyatu dengan ekosistem perairan yang ada.

Ekosistem perairan yang ideal adalah perairan yang mampu mendukung kehidupan ikan di dalam menyelesaikan daur kehidupannya (Wardoyo, 1981).

Di Provinsi Kalimantan Timur, baku mutu air limbah rumah sakit adalah seperti yang tercantum pada Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit) seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter SK Gubernur Kaltim No. 26 Thn. 2002 Lamp. I No, 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM	SATUAN	METODA ANALISIS
<b>FISIKA</b>			
Suhu	$\leq 30^0$	$^0\text{C}$	Elektrometri
<b>KIMIA</b>			
pH	6 - 9		Elektrometri
NH <sub>3</sub> N (Ammonia bebas)	0.50	mg/l	AAS
(PO <sub>4</sub> ) Phospat Total	2	mg/l	Kolorimetri
Total Suspended Solid	100	mg/l	Gravimetri
C O D	100	mg/l	Tetrimetri
B O D <sub>5</sub>	50	mg/l	Winkler
<b>MIKROBIOLOGI</b>			
MPN, Kuman Gol. Koli/100 ml	10.000	Col/unit	Pencacahan
<b>RADIOAKTIVITAS</b>			
<sup>32</sup> P	$7 \times 10^2$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>33</sup> S	$2 \times 10^3$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>43</sup> Ca	$3 \times 10^2$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>31</sup> Cr	$7 \times 10^4$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>67</sup> Ga	$1 \times 10^3$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>83</sup> Sr	$4 \times 10^3$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>99</sup> Mo	$7 \times 10^3$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>113</sup> Sn	$3 \times 10^3$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>123</sup> I	$1 \times 10^1$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>131</sup> I	$7 \times 10^1$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>192</sup> Ir	$1 \times 10^4$	Bq/l	Geiger Counter
<sup>201</sup> Ti	$1 \times 10^3$	Bq/l	Geiger Counter

Apabila kualitas air limbah yang masuk ke instalasi pengolahan air limbah tersebut telah memenuhi baku mutu, maka air limbah tersebut boleh langsung dibuang ke badan air sesuai dengan Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur No. 339 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Lingkungan.

Parameter yang diukur pada Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit) meliputi Suhu, BOD, COD, TSS, pH, NH Bebas, Fosfat, dan Total Bakteri.

a. Suhu

Suhu adalah temperatur air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit, suhu menjadi parameter yang penting karena ikan sangat peka terhadap suhu perairan. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi selain itu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misal O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan sebagainya (Haslam, 1995).

Peningkatan suhu disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi (Effendi, 2003). Suhu yang tidak sesuai, menyebabkan pertumbuhan ikan menjadi terhambat bahkan bisa menyebabkan kematian (Santoso, 1998).

Suhu air yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan ikan Nila berkisar antara 25-30 derajat C (Arie, 1999. Rukmana, 1997. Siregar, 1999. Sugiarto, 1988).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter suhu adalah maksimum 30<sup>0</sup> C

b. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan dalam air (Fardiaz, 1992) atau merupakan suatu nilai empiris yang mendekati secara global terjadinya proses penguraian bahan-bahan yang

terdapat dalam air dan sebagai hasil dari proses oksidasi tersebut akan terbentuk CO<sub>2</sub>, air dan NH<sub>3</sub> (Alaert, 1987).

BOD merupakan parameter utama dalam menentukan tingkat pencemaran perairan, dan tingkat pencemaran berdasarkan nilai BOD disajikan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Tingkat pencemaran berdasar nilai BOD

Nilai BOD (mg/l)	Tingkat Pencemaran
<200	Ringan
200 - 350	Sedang
350 - 750	Berat
>750	Sangat Berat

Sumber: Winarno dan Fardiaz, 1974

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter BOD adalah maksimum 50 mg/l.

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan (misal: Kalium Dikromat) untuk menguraikan bahan organik (Fardiaz, 1992). Uji COD sebagai alternatif uji penguraian beberapa komponen yang stabil terhadap reaksi biologi atau tidak dapat diurai/dioksidasi oleh mikroorganisme.

COD merupakan parameter utama dalam menentukan tingkat pencemaran perairan selain BOD, dan tingkat pencemaran berdasarkan nilai COD disajikan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Tingkat pencemaran berdasar nilai COD

Nilai COD (mg/l)	Tingkat Pencemaran
<400	Ringan
400 - 700	Sedang
700 - 1500	Berat
>1500	Sangat Berat

Sumber: Winarno dan Fardiaz, 1974

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter COD adalah maksimum 100 mg/l.

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran lebih besar dari 1  $\mu\text{m}$  yang tersuspensi dalam suatu kolom air (Anderson, 1961), menurut Effendi (2003) TSS adalah bahan-bahan tersuspensi dengan diameter  $> 1 \mu\text{m}$  yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$ .

Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misal: lumpur, pasir, plankton, dan mikroorganisme lainnya) (Effendi, 2003). Kekeruhan akan memperlambat pertumbuhan ikan atau dapat menyebabkan ikan mati karena insangnya tertutup partikel-partikel penyebab kekeruhan. Kematian banyak disebabkan oleh akumulasi partikel yang terjadi pada filamen insang ikan menjadikan kurang efisien pernafasan ikan walaupun konsentrasi oksigen cukup tinggi hingga 10 ppm (Klein, 1983).

Kekeruhan air juga bisa disebabkan oleh adanya plankton. Air yang kaya plankton dapat berwarna hijau kekuningan dan hijau kecokelatan karena banyak mengandung *Diatomae*, sedangkan plankton/alga biru kurang baik untuk pertumbuhan ikan. Kualitas air untuk pemeliharaan ikan Nila harus bersih, tidak terlalu keruh dan tidak tercemar bahan-bahan kimia beracun. Tingkat kecerahan air karena plankton harus dikendalikan yang dapat diukur dengan alat yang disebut piringan Secchi (*Secchi disc*). Untuk di kolam dan tambak, angka kecerahan yang baik antara 20-35 cm (Sugiarto, 1988).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter TSS adalah maksimum 100 mg/l.

e. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan suatu ukuran konsentrasi ion Hidrogen dan menuju suasana air tersebut bereaksi asam/basa (Pescod, 1973).

Ellis (1964) dalam Wardoyo (1975) menyatakan bahwa kematian ikan akibat buangan bersifat basa adalah karena pengendapan dan penggumpalan lendir pada insang, sedangkan pada keadaan asam kerusakan

dapat terjadi karena lamella insang terkena ion Hidrogen yang dilepas oleh asam tersebut.

Nilai keasaman air (pH) tempat hidup ikan Nila berkisar antara 6,0 - 8,5 sedangkan keasaman air (pH) yang optimal adalah antara 7,0 - 8,0 (Arie, 1999. Rukmana, 1997. Siregar, 1999; Sugiarto, 1988. WARINTEK-MENRISTEK, Sinjal Hengki, 2002).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter pH adalah berkisar antara 6,0 - 9,0.

f.  $\text{NH}_3\text{N}$  (ammonia bebas)

Ammonia di perairan berasal dari hasil dekomposisi nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur (Effendi, 2003).

Ammonia bebas ( $\text{NH}_3$ ) yang tidak terionisasi (unionized) bersifat toksik terhadap organisme akuatik (Effendi, 2003). Kadar ammonia bagi ikan maksimum adalah 1,2 mg/l (Mujiman, 1992), sedangkan kadar ammonia untuk *bioassay* tidak boleh melebihi 1 mg/l (Koesoemadinata dkk, 1983).

Ammonia bebas dan klorin bebas akan saling bereaksi dan membentuk hubungan yang antagonis (Warren, 1971).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter  $\text{NH}_3\text{N}$  (ammonia bebas) adalah maksimum 0,5 mg/l.

g. Fosfat

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat (Effendi, 2003).

Fosfat adalah bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972) merupakan salah satu unsur penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, manusia, binatang maupun tumbuhan walaupun dalam kadar yang berbeda satu sama lainnya, kegunaannya antara lain adalah untuk mengaktifkan bekerjanya beberapa enzim penting untuk tubuh makhluk hidup ATP (*Adenosin Triphosphate*) dan ADP (*Adenosin Diphosphate*) (Riedman,

1975). Secara alami fosfat juga diproduksi dan dikeluarkan oleh manusia/binatang dalam bentuk air seni dan tinja, sehingga fosfat juga akan terdeteksi pada air limbah yang dikeluarkan rumah sakit (Suriawiria, 2003).

Fosfor banyak digunakan sebagai pupuk, sabun atau detergen, bahan industri keramik, minyak pelumas, produk minuman dan makanan, katalis, dan sebagainya. Fosfor tidak bersifat toksik bagi manusia, hewan, dan ikan (Effendi, 2003).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter Fosfat Total adalah maksimum 2 mg/l.

#### h. Total Bakteri

Kelompok bakteri *coliform* merupakan kelompok bakteri yang dapat digunakan sebagai bakteri indikator untuk mengukur kadar pencemaran perairan karena memenuhi sebagian besar kriteria bakteri indikator yang ditetapkan oleh *National Academy of Sciences USA* (Timotius & Prasetyo, 1984 dalam Ruyitno, 1997). Bakteri *coliform* total merupakan perhitungan dari banyaknya koloni bakteri *Escherichia*, *Citobacter*, *Klebsiella*, dan *Enterobacter* yang terdapat pada membran filter setelah dibiakkan selama 18 – 24 jam di inkubator. Beberapa satuan jumlah yang digunakan untuk menentukan kuantitas bakteri adalah jumlah sel, MPN (*Most Probable Number*), dan PFU (*Plaque-Forming Unit*) (Yates, 1992).

Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter Kuman Golongan Koli adalah maksimum 10.000 koloni/ 100 ml air limbah.

#### i. Logam Berat

Rumah sakit pada umumnya menggunakan beberapa bahan yang mengandung logam berat pada beberapa unit kerja di rumah sakit sebagai bahan pemeriksaan atau bahan penunjang lainnya seperti adanya kandungan bahan Perak dan Bromium pada proses pencucian film X Ray/Röntgent, beberapa *reagent* pada pemeriksaan laboratorium klinik dan sebagai bahan tambalan gigi. Adanya kandungan logam berat pada badan air atau makanan yang dikonsumsi manusia/hewan, tidak secara langsung menyebabkan kerugian bagi manusia/hewan tersebut, karena beberapa unsur logam berat memang dibutuhkan oleh manusia/hewan untuk kesempurnaan hidupnya

seperti unsur tembaga, besi, kobalt, magnesium, mangan, dan seng (Riedman, 1975). Pada tumbuhan, termasuk algae, tembaga (Cu) berperan sebagai penyusun *plastocyanin* yang berfungsi dalam transpor elektron dalam proses fotosintesis (Boney, 1989).

Seng (Zn) termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, yakni berfungsi untuk membantu kerja enzim, selain itu seng juga diperlukan dalam proses fotosintesis sebagai agen bagi transfer hidrogen dan berperan dalam pembentukan protein. Davis dan Cornwell (1991) mengemukakan bahwa seng tidak bersifat toksik bagi manusia, akan tetapi pada kadar yang tinggi dapat menimbulkan rasa pada air.

Beberapa unsur logam berat memang harus diwaspadai keberadaannya karena memang sangat berbahaya terutama bagi manusia walaupun logam berat tidak dimasukkan sebagai parameter uji kualitas air limbah rumah sakit pada Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit).

#### 2.1.2. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Taxonomi ikan Nila adalah sebagai berikut:

Kelas	: Osteichthyes
Sub-kelas	: Acanthopterygii
Ordo	: Percomorphi
Sub-ordo	: Percoidea
Famili	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i> Linn.

Terdapat 3 jenis nila yang dikenal, yaitu: nila biasa, nila merah (nirah) dan nila albino, (Siregar, 1999; WARINTEK-MENRISTEK, 2002).

Ikan nila cocok dipelihara di dataran rendah sampai agak tinggi (500 m dpl) dengan kondisi air harus bersih, tidak terlalu keruh. Tingkat kecerahan yang baik berkisar antara 20-35 cm. Debit air untuk kolam air tenang 8-15 liter/detik/ha. Nilai keasaman air (pH) tempat hidup ikan nila berkisar antara 6-

8,5 sedangkan keasaman air (pH) yang optimal adalah antara 7-8. Suhu air yang optimal berkisar antara 25-30<sup>0</sup> C. Kadar garam air yang disukai antara 0-35 per mil (Siregar, 1999; WARINTEK-MENRISTEK, 2002; Sugiarto, 1988).

Penggunaan ikan Nila sebagai bioindikator kualitas influen dan efluen dilakukan dengan pertimbangan karena ikan Nila ini bersifat respiroregulator, osmoregulator, euryhaline dan bukan labirynthici, sehingga ikan ini termasuk dalam ikan yang mempunyai daya tahan sedang terhadap perubahan lingkungannya termasuk adanya perubahan-perubahan akibat adanya pencemaran, dan ikan ini mudah berkembang biak sehingga populasinya bisa dikendalikan. Ikan Nila dapat hidup pada iklim tropis dan subtropis sehingga sesuai dengan kondisi Kota Bontang yang beriklim tropis, bersifat omnivora, mampu mencerna makanan secara efisien dan tahan terhadap serangan penyakit (Suyanto, 1998).

#### 2.1.2.1. Morfometrik Ikan

Setelah dilakukan pengukuran berat dan panjang tubuh ikan kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan rumus sehingga didapat suatu angka yang berupa indeks yang dinamakan indeks Ponderal (K) dengan rumus (Efendie, 2003) sebagai berikut:

$$K = \frac{10^5 \cdot W}{L^3}$$

W : Berat dalam gram

L : Panjang dalam milimeter

Untuk mengetahui Laju Pertumbuhan ikan (g) dianalisis dengan menggunakan rumus:

$$g = \frac{W_t - W_0}{\Delta t}$$

g : Laju Pertumbuhan harian

W<sub>t</sub> : Berat Tubuh Ikan saat t

W<sub>0</sub> : Berat Tubuh Ikan awal

Δt : Waktu Penelitian (hari)

Pengukuran ini dilakukan sebagai upaya untuk mengukur pertumbuhan ikan pada saat dilakukan uji beda perlakuan.

#### 2.1.2.2. Pemeriksaan Insang

Pemeriksaan insang dilakukan karena insang merupakan organ tubuh yang paling lembut diantara struktur tubuh teleostei dan alat utama bagi berlangsungnya proses pernafasan (Lagler dkk, 1977). Insang terdiri dari sepasang filamen yang ditutupi oleh epitel yang tipis yang disebut lamella tempat pertukaran oksigen (Storer, 1961). Karena merupakan tempat di mana darah banyak beredar dan tempat penyaringan air yang melewati mulut, maka insang menjadi peka terhadap perubahan perairan dan pencemaran.

Klein (1983) menyatakan bahwa kematian ikan dapat disebabkan karena tertutupnya filamen/sel lamella oleh partikel sehingga pernafasan menjadi kurang efisien, walaupun konsentrasi oksigen cukup tinggi hingga 10 ppm, hal ini akan terlihat pada kondisi sel lamella insang yang mengalami peradangan dan pembengkakan akibat adanya bahan asing.

Adanya bahan pencemar lain akan mengakibatkan terjadinya nekrosis, perubahan bentuk dan warna lamella insang atau pengkerutan *chloride Cell*.

#### 2.1.2.3. Pemeriksaan Kandungan Logam Berat di Organ Tubuh

Selain insang yang merupakan organ yang paling peka terhadap perubahan perairan seperti yang telah diuraikan oleh beberapa ahli tentang insang di atas, daging merupakan tempat di mana deposit makanan ditimbun oleh ikan termasuk logam berat, jika ada. Timbunan logam berat yang terjadi dikarenakan ikan mengkonsumsi makanan yang terdapat di dalam air yang merupakan limbah dari adanya/proses pengoperasian rumah sakit selain itu kulit dan insang ikan kontak langsung dengan air limbah.

Konsumsi makanan dari hasil limbah cair dan terjadinya kontak yang terus menerus tersebut menyebabkan terjadinya efek akumulasi bahan pencemar pada organ tubuh dan daging ikan, hal mana jika air limbah yang ada mengandung logam berat, maka akan terjadi

akumulasi logam berat pada organ tubuh ikan, hal ini sebenarnya tidak menjadi masalah jika ikan yang ada tidak dikonsumsi oleh manusia. Namun untuk keutuhan mata rantai pencemaran limbah cair rumah sakit, maka dilakukan juga penelitian pada beberapa parameter terkait, termasuk kandungan logam berat pada organ tubuh ikan agar jika seandainya ikan yang ada di daerah aliran air limbah rumah sakit dikonsumsi oleh manusia maka semua akibat yang timbul dikemudian hari sudah dapat diduga sebelumnya.

## 2.2. PEMANFAATAN IKAN SEBAGAI BIOINDIKATOR IPAL

Pemanfaatan ikan sebagai bioindikator untuk memantau efektivitas kinerja IPAL memang sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, demikian pula dengan ikan yang digunakan sebagai bioindikator juga dari berbagai jenis ikan yang diperkirakan dapat memenuhi kriteria berdasarkan jenis limbahnya, namun pemanfaatan ikan Nila sebagai bioindikator untuk memantau efektifitas kinerja IPAL Rumah Sakit, belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu.

Beberapa peneliti memanfaatkan ikan Mas (*Cyprinus carpio*, Linn.) untuk memantau air limbah yang dihasilkan oleh berbagai industri namun tidak dimanfaatkan untuk air limbah Rumah Sakit.

## 2.3. ORIGINALITAS PENELITIAN

Penelitian pemantauan kualitas limbah cair di Rumah Sakit, khususnya di RS PKT Bontang dengan menggunakan ikan Nila sebagai bioindikator belum pernah dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian agar diperoleh suatu model pemanfaatan ikan sebagai bioindikator kualitas limbah cair RS PKT.

## 2.4. HIPOTESIS

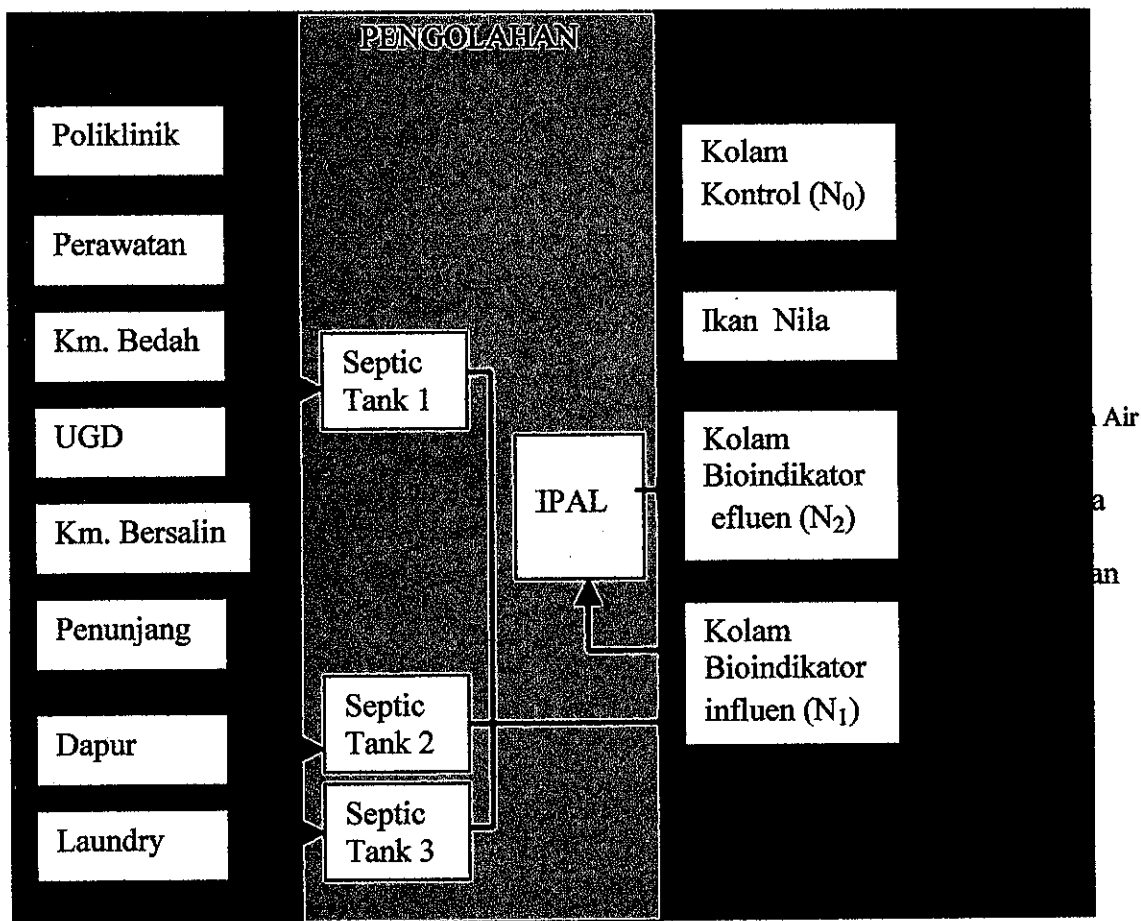
Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- $H_0$  : Ikan Nila **dapat** digunakan sebagai bioindikator untuk memantau kualitas air limbah yang dihasilkan oleh RS PKT sebelum dan sesudah diolah di IPAL.
- $H_1$  : Ikan Nila **tidak dapat** digunakan sebagai bioindikator untuk memantau kualitas air limbah yang dihasilkan oleh RS PKT sebelum dan sesudah diolah di IPAL

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1. RANCANGAN PENELITIAN

Ikan Nila diperlakukan dengan dimasukkan ke kolam influen bioindikator limbah, ke kolam efluen bioindikator limbah yang mengandung kaporit sebagai desinfektan, dan sebagian dimasukkan ke kolam kontrol, setelah dalam jangka waktu 6 minggu dilakukan pengukuran terhadap berbagai variabel yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran berbagai variabel tersebut akan dianalisis lebih lanjut signifikansi perlakuan antar dan intra perlakuan untuk menilai dapat dan tidaknya ikan tersebut digunakan sebagai bioindikator. Skema tata letak sumber air limbah, alur aliran air limbah, pengolahan air limbah, dan alur aliran perlakuan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tata Letak dan Alur Aliran Perlakuan

Sebagian ikan Nila dimasukkan ke dalam kolam kontrol ( $N_0$ ) sebagai perbandingan ikan tanpa perlakuan, sebagian lagi dimasukkan ke kolam influen sebelum diolah di IPAL ( $N_1$ ), dan sebagian lagi dimasukkan ke kolam efluen setelah diolah di IPAL dan diberi kaporit dan dipisahkan di dalam keramba ( $N_{2A}$ ) dan di luar keramba ( $N_{2B}$ ) seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan percobaan dengan uji beda perlakuan

Perlakuan	Tanpa Perlakuan (Kolam Kontrol)	Limbah sebelum diolah (influen)	Limbah dengan Kaporit (efluen)
Jenis Ikan			
Nila	$N_0$	$N_1$	$N_{2A}$ & $N_{2B}$

Rancangan percobaan ini dimaksudkan untuk melakukan uji beda Pertumbuhan masing-masing jenis kondisi lingkungan/perlakuan.

### 3.2. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup penelitian ini adalah pengujian pemanfaatan ikan Nila sebagai bioindikator untuk memantau kualitas air limbah yang dihasilkan oleh RS PKT sebelum dan sesudah diolah di IPAL.

### 3.3. LOKASI

Penelitian ini dilaksanakan di IPAL Rumah Sakit Pupuk Kaltim yang terletak di Jl. Oksigen, Komplek Pupuk Kaltim, Bontang Utara – KALTIM 75313.

### 3.4. VARIABEL PENELITIAN

#### 3.4.1. Klasifikasi variabel

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Kualitas air limbah melalui pemeriksaan di laboratorium
2. Ketahanan ikan.
3. Indeks Pertumbuhan dengan menggunakan Index Ponderal (K) dan Laju Pertumbuhan Ikan (g).
4. Kualitas hidup melalui pemeriksaan organ tubuh (insang) ikan.
5. Kandungan logam berat pada organ tubuh/ daging ikan.

#### 3.4.2. Definisi konseptual

1. Kualitas air limbah mengacu pada Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit)
2. Ketahanan ikan adalah daya tahan terhadap lingkungan sekitarnya.
3. Indeks Ponderal (K) adalah perbandingan antara berat dan panjang total ikan, Laju Pertumbuhan Ikan (g) adalah penambahan berat ikan selama penelitian.
4. Kualitas hidup ikan dilihat dari kualitas organ tubuh ikan (insang).
5. Kandungan logam berat adalah terdapatnya logam berat pada organ tubuh/ daging ikan yang merupakan akumulasi penyerapan oleh ikan .

#### 3.4.3. Definisi operasional

1. Kualitas air limbah adalah pemeriksaan air limbah di laboratorium dengan berbagai metoda analisis baku dan kemudian hasil pemeriksaannya dibandingkan dengan Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit).
2. Ketahanan ikan adalah pengamatan daya tahan ikan terhadap kondisi lingkungan perairan dengan mengukur mortalitas/kematian, pertumbuhan, dan perubahan tingkah laku.
3. Indeks Ponderal (K) adalah perbandingan antara berat dan panjang total ikan, Laju Pertumbuhan ikan diukur dengan Variabel Pertumbuhan (g) yang merupakan penambahan berat ikan selama penelitian.
4. Kualitas hidup ikan dengan memeriksa organ tubuh ikan (insang) dengan menggunakan kaca pembesar untuk pengamatan langsung dan menggunakan mikroskop untuk pemeriksaan sel lamella insang.  
Kriteria untuk menilai kondisi insang dengan mengamati:
  1. Ada/tidaknya kerusakan sel lamella insang.
  2. Ada/tidaknya nekrosis atau perubahan warna/bentuk lamella insang.
  3. Ada/tidaknya pengkerutan/penyusutan *Chloride Cell*.
5. Adanya cemaran logam berat pada air limbah dapat diukur dengan kandungan logam berat pada organ tubuh/ daging ikan.

### 3.5. JENIS DAN SUMBER DATA

Penelitian ini menggunakan sumber data primer dan sekunder.

- a) Data primer didapat dengan cara mengukur dan meneliti langsung kondisi perairan dan kondisi ikan untuk menentukan:
  1. Kualitas air limbah sebelum dan sesudah diolah di IPAL
  2. Ketahanan ikan
  3. Pertumbuhan ikan
  4. Kualitas hidup ikan
  5. Kandungan logam berat pada organ tubuh/ daging ikan
- b) Data sekunder yang digunakan adalah:
  1. Data kondisi operasi RS PKT
  2. Dimensi dan cara kerja IPAL RS PKT
  3. Berbagai jenis data yang bersumber dari RS PKT dan sumber lainnya

### 3.6. INSTRUMEN PENELITIAN

Alat yang digunakan terdiri dari :

- Botol untuk sampling ukuran 600 ml
- Drum Plastik dan Ember Plastik untuk mencampur Kaporit, kapasitas drum 1100 l, dan kapasitas ember 20 l
- *Dosing Pump* untuk injeksi Kaporit
- Keramba ikan 50 petak dengan ukuran 40 cm L x 40 cm P x 70 cm T
- Serokan Ikan
- Mistar, Jangka Sorong
- Timbangan kapasitas 3 kg dengan gradasi 1 gram
- Mikroskop/Kaca Pembesar dan Kamera Digital

Bahan yang digunakan terdiri dari :

- Kaporit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) dengan dosis injeksi 200 ml per menit
- Ikan Nila (150 ekor) dengan ukuran panjang 8 – 13 cm, usia antara 3 – 4 bulan
- Larutan NaCl fisiologis
- Formalin 10%
- Alkohol 70%

### 3.7. POPULASI DAN TEHNIK PENGAMBILAN SAMPEL

#### 3.7.1. Populasi

Penelitian ini menggunakan ikan Nila sebanyak 150 ekor dengan ukuran panjang 8 – 13 cm, usia antara 3 – 4 bulan, 100 ekor di antaranya dimasukkan ke dalam 50 petak keramba di Kolam Efluen sehingga masing-masing petak berisi 2 ekor ikan Nila ( $N_{2A}$ ), 35 ekor dimasukkan ke Kolam Efluen di luar keramba ( $N_{2B}$ ) (Lampiran 4), sisanya 5 ekor dimasukkan ke Kolam Kontrol ( $N_0$ ) (Tabel 9), sebanyak 10 ekor dimasukkan ke dalam Kolam Influen ( $N_1$ ) (Tabel 10).

#### 3.7.2. Perlakuan Sampel

##### 3.7.2.1. Sampel Air Limbah

Uji analisis kualitas air limbah dilakukan sekali dalam 6 (enam) bulan, sampel diambil dari ketiga kolam uji yaitu Kolam Influen sebelum IPAL, Kolam Efluen sesudah IPAL dan juga di Badan air.

Air sampel yang sudah dimasukkan dalam botol sampel tersebut diberi kode lokasi agar tidak tertukar satu sama lain, kemudian dikirim ke Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim atau ke Sucofindo bahkan kadang dikirim ke kedua Laboratorium tersebut untuk uji kontrol kualitas. Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim dan Laboratorium SUCOFINDO merupakan laboratorium independen yang telah bersertifikat/terakreditasi. Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim telah memperoleh sertifikat ISO 17025 dan Akreditasi KAN (Komite Akreditasi Nasional).

##### 3.7.2.2. Sampel Ikan Nila

###### A. Pemeriksaan Morfometrik

Ikan Nila, sebelum dimasukkan ke dalam petak/ kolam diukur terlebih dahulu rerata berat dan panjang ikan Nila demikian pula pada saat akhir masa penelitian, ikan diukur ulang berat dan panjangnya.

Untuk melakukan uji beda antar perlakuan, ikan Nila dipisahkan di tiga macam kolam yaitu : Kolam Kontrol ( $N_0$ ), Kolam Influen

IPAL ( $N_1$ ), dan Kolam Efluen IPAL ( $N_2$ ) yang terbagi menjadi 2 perlakuan yakni di dalam keramba ( $N_{2A}$ ) dan di luar keramba ( $N_{2B}$ ) seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Ketiga macam lokasi perlakuan tersebut adalah seperti yang tercantum pada Tabel 4, sedangkan posisi dari masing-masing lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.

- a.  $N_0$  adalah kondisi di mana Ikan Nila diperlakukan dengan cara dimasukkan ke dalam kolam yang merupakan kolam kontrol (pembanding) yang mempunyai kondisi yang ideal tanpa pencemar karena kolam tersebut diisi dengan air bersih dan air kolamnya disirkulasi dengan baik sehingga tidak mengalami kekurangan oksigen. Ikan Nila yang berada pada kolam ini tidak diberi makan, sehingga Ikan Nila harus mencari makan sendiri dengan memakan lumut yang timbul akibat air kolam yang terkena sinar matahari terus menerus sepanjang hari.
- b.  $N_1$  adalah kondisi di mana Ikan Nila diperlakukan dengan cara dimasukkan ke dalam kolam yang merupakan Bak Kontrol/ Kolam Influen IPAL tempat menampung sementara air limbah yang keluar dari septik tank sebelum masuk ke Aerator/ Bioreaktor IPAL
- c.  $N_2$  adalah kondisi di mana Ikan Nila diperlakukan dengan cara dimasukkan ke dalam kolam yang air limbahnya sudah diproses di IPAL, dan kemudian diinjeksi dengan Kaporit lalu ditampung dalam kolam stabilisasi/ Kolam Efluen IPAL yang merupakan kolam bioindikator sebelum dialirkan ke badan air. Pada Kolam Efluen IPAL ini ikan dibedakan menjadi 2 perlakuan yaitu ada yang dimasukkan ke dalam keramba ( $N_{2A}$ ) dan ada yang di luar keramba ( $N_{2B}$ ).

## B. Pemeriksaan Histologi Insang

Pemeriksaan histologis insang dilakukan dengan tahapan sebagai berikut, insang dipisahkan dari ikan dengan cara memotong langsung kemudian dibilas dengan NaCl fisiologis lalu dimasukkan dalam cairan fiksasi berupa Formalin 10% kemudian dikirim ke Laboratorium Biologi Universitas Diponegoro, Semarang untuk diproses menjadi preparat kemudian diperiksa menggunakan mikroskop yang hasilnya dapat didokumentasi dengan kamera digital.

Pemeriksaan histologis meliputi pemeriksaan struktur sel insang termasuk sel lamella mengenai:

- Ada/tidaknya kerusakan sel lamella insang.
- Ada/tidaknya nekrosis atau perubahan warna/bentuk lamella insang.
- Ada/tidaknya pengkerutan/penyusutan *Chloride Cell*.

## C. Pemeriksaan Mikroskopik Insang Langsung

Pemeriksaan jaringan/organ insang secara langsung dilakukan di Laboratorium Biologi PT Pupuk Kaltim, Bontang dengan tahapan sebagai berikut: Insang dipisahkan dari ikan dengan cara memotong langsung kemudian dibilas dengan NaCl fisiologis dan kemudian diperiksa langsung menggunakan mikroskop/kaca pembesar. Hasil pemeriksaan dapat langsung dilihat pada mikroskop dan didokumentasi menggunakan kamera digital.

Pemeriksaan mikroskopis langsung lamella atau filamen insang meliputi ada/tidaknya nekrosis atau perubahan warna, bentuk lamella.

## D. Pemeriksaan Logam Berat pada Organ Tubuh Ikan

Pemeriksaan dilakukan dengan memisahkan insang dan daging ikan kemudian didestruksi menggunakan  $H_2SO_4$  dan  $HNO_3$  dengan perbandingan 4 : 1 dalam teflon *bomb* atau erlenmeyer teflon (Hatch & Ott, 1968; Anonimous, 1978, dalam Hutagalung P.H., 1997) untuk kemudian diperiksa kandungan logam beratnya (Pb, Cu, Ni, Zn, Cd, Cr) menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*).

### 3.8. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

#### 3.8.1. Data Primer

Data primer yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data kondisi kualitas perairan tempat uji beda perlakuan dilaksanakan dan data mengenai kondisi ikan Nila yang ditempatkan pada beberapa tempat perlakuan. Ikan Nila diambil dari kolam pembibitan yang kemudian dibawa untuk dipindahkan ke kolam pemantauan menggunakan beberapa kantong plastik.

Sebelum dimasukkan ke dalam masing-masing kolam tersebut, Ikan Nila diukur panjang badannya dan ditimbang beratnya, kemudian pada interval waktu tertentu, dilakukan beberapa kali pemantauan selama jangka waktu penelitian untuk melihat perkembangan pertumbuhan dan kualitas hidup, sehingga diperoleh hasil pengukuran seperti disajikan pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 yang menggambarkan kondisi pertumbuhan Ikan Nila berdasarkan fungsi waktu/usia dan tempat.

Data primer didapat dengan cara:

- a. Pemeriksaan beberapa parameter (Suhu, Ammonia Bebas, Fosfat, pH, TSS, BOD, COD, dan Total Bakteri) pada air limbah pada kolam influen, kolam efluen, dan badan air dianalisis di laboratorium pihak ke tiga (Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim, Bontang dan SUCOFINDO).
- b. Pemeriksaan kandungan logam berat pada air limbah yang ada di kolam influen, kolam efluen dan badan air dianalisis di Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim.
- c. Pengukuran panjang ikan diukur menggunakan Mistar dan Jangka Sorong
- d. Pengukuran berat ikan diukur menggunakan Timbangan
- e. Pemeriksaan langsung insang ikan menggunakan kaca pembesar/ mikroskop, dan pemeriksaan histologi insang dengan membuat preparat insang kemudian diperiksa dengan menggunakan mikroskop
- f. Pemeriksaan kandungan logam berat pada organ tubuh/ daging ikan yang dianalisis di Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim, Bontang.

### 3.8.2. Data Sekunder dikumpulkan dari RS PKT

- a. Data kondisi operasi RS PKT
- b. Kapasitas terpasang RS PKT
- c. Kapasitas IPAL RS PKT
- d. Data kualitas air limbah dianalisis di Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim, Bontang dan SUCOFINDO.

## 3.9. TEKNIK ANALISIS DATA

### 3.9.1. Parameter Air Limbah

Parameter Air limbah dibandingkan dengan baku mutu air limbah RS PKT menurut Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit). Agar diperoleh data yang lebih akurat, dilakukan pemeriksaan kandungan logam berat pada air limbah walaupun hal tersebut tidak tercantum pada Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002, namun karena dilakukan pemeriksaan kandungan logam berat pada organ tubuh ikan, maka pemeriksaan kandungan logam berat pada air limbah merupakan suatu rangkaian mata rantai pemeriksaan air limbah yang tidak dapat dipisahkan.

Sebenarnya, Surat Keputusan Gubernur tersebut di atas masih tercantum adanya beberapa parameter air limbah yang belum dibahas pada penelitian ini, namun oleh karena beberapa parameter tersebut seluruhnya mengenai baku mutu radioaktifitas yang digunakan oleh beberapa rumah sakit dalam melakukan radioterapi dan radiodiagnostik, sedangkan RS PKT tidak memiliki sarana dimaksud, maka parameter-parameter tersebut tidak dibahas.

### 3.9.2. Parameter Ikan:

- a. Morfometrik dengan menghitung Indeks Ponderal (K) menggunakan rumus (Efendie, 2003)

$$K = \frac{10^5 \cdot W}{L^3}$$

W : Berat dalam gram  
L : Panjang dalam milimeter

Karena data yang diperoleh adalah dari hasil pengukuran berat dan panjang ikan, maka dalam pengolahan data untuk mendapatkan morfometrik, digunakan rumus tersebut.

Kriteria yang digunakan untuk mengetahui kondisi morfometrik ikan dengan menggunakan Indeks Ponderal disajikan pada Tabel 5:

Tabel 5. Kriteria Indeks Ponderal

K	Keterangan
< 0,75	Tidak Normal
0,75 – 2,00	Normal
> 2,00	Kurang Normal

b. Laju Pertumbuhan Ikan (g)

Pertumbuhan berat ikan diukur dengan menggunakan timbangan, diukur selisih berat tubuh ikan pada saat dimasukkan ke dalam kolam dan saat penelitian berakhir, dan dianalisis dengan menggunakan rumus :

$$g = \frac{W_t - W_0}{\Delta t}$$

- g : Laju Pertumbuhan harian  
W<sub>t</sub> : Berat Tubuh Ikan saat t  
W<sub>0</sub> : Berat Tubuh Ikan awal  
Δt : Waktu Penelitian (hari)

c. Kelainan Insang

Insang ikan diperiksa dengan cara langsung, selain itu diperiksa secara histologis yakni dengan membuat terlebih dahulu preparat insang kemudian diperiksa menggunakan mikroskop.

Kriteria kondisi insang ikan adalah:

- Ada/tidaknya kerusakan sel lamella insang.
- Ada/tidaknya nekrosis atau perubahan warna/bentuk lamella insang.
- Ada/tidaknya pengkerutan/penyusutan *Chloride Cell*.

d. Kandungan logam berat

Kandungan logam berat yang ada pada organ tubuh/daging ikan dianalisis di Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim untuk mengetahui sejauh mana hubungan antara kandungan cemaran logam berat yang terdapat pada air limbah dapat mengakibatkan terjadinya efek akumulasi pada organ tubuh/daging ikan.

Pemeriksaan kandungan logam berat pada organ tubuh/daging ikan dilakukan dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*).

**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. DESKRIPSI KEGIATAN RS PKT

Informasi mengenai kegiatan RS PKT disajikan pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Informasi Umum Kegiatan RS PKT

No.	Deskripsi	Besaran	Satuan	Keterangan
1.	Luas Lahan	42.000	m <sup>2</sup>	
2.	Luas Bangunan	12.409	m <sup>2</sup>	
3.	Jumlah Tempat Tidur	80	TT	Tempat Tidur
4.	B O R (Bed Occupancy Rate)	52.17	%	Juni 2003
5.	Jumlah Pasien Rawat Jalan/ Hari	342	Orang	Juni 2003
6.	Jumlah Karyawan	256	Orang	Juni 2003
7.	Konsumsi Air per Hari	216	m <sup>3</sup> /hari	Juni 2003
8.	Penggunaan Daya Listrik	3521	KWH	Rata-rata per hari
9.	Kapasitas IPAL/ Jam	30	m <sup>3</sup> /jam	
10.	Kapasitas Incenerator	1	m <sup>3</sup> /jam	

Sumber: RS PKT Bontang, Desember 2003.

Rumah Sakit Pupuk Kaltim memiliki sistem pengolahan limbah cair yang terpisah dari sistem pembuangan air hujan atau yang disebut dengan sistem segregasi terpisah, sehingga dapat diasumsikan bahwa seluruh penggunaan air bersih akan dialirkan ke IPAL melalui saluran yang tertutup dan terpisah dari air hujan, sedangkan konsumsi air rata-rata sebanyak 216 m<sup>3</sup> yang dimaksud pada Tabel 6 diatas diukur dari meteran air.

Dari data pada Tabel 6 diatas terlihat bahwa rata-rata paling sedikit ada 256 orang karyawan dan 52% dari 80 tempat tidur = 41 pasien yang melakukan aktifitas yang berhubungan dengan digunakannya 216 m<sup>3</sup> air bersih yang kemudian menjadi limbah.

Produksi 216 m<sup>3</sup> air limbah per hari hanya membebani 30% dari kapasitas terpasang IPAL RS PKT sebesar 30 m<sup>3</sup>/jam, setara dengan 720 m<sup>3</sup>/hari. Saat ini sedang dilakukan penambahan ruangan perawatan 3 sehingga diharapkan akhir tahun 2004 sudah beroperasi sehingga kapasitas jumlah tempat tidur menjadi 110 tempat tidur dari kapasitas *design* sebanyak 150 tempat tidur.

Penggunaan air sebanyak 216 m<sup>3</sup> tersebut termasuk juga air yang digunakan untuk keperluan *laundry* dan dapur, di mana dapur RS PKT dioperasikan oleh pihak ketiga (PT KMBU).

Penggunaan air untuk *laundry* dapat menyebabkan adanya kandungan *detergent* pada air limbah yang berasal dari *laundry*, ada beberapa jenis *detergent* yang mengandung *enzym*, yang dapat menimbulkan efek yang positif bagi penguraian beberapa jenis komponen protein seperti keringat yang terkandung pada kotoran yang melekat pada cucian. Meskipun unsur utama pembentuk *enzym* adalah protein, akan tetapi masih diperlukan beberapa komponen nonprotein lain seperti logam (besi, tembaga, dan magnesium), dan komponen organik lain yang dinamakan *coenzyme* agar *enzym* dapat menjalankan fungsinya (Rudolph, 1975).

Air limbah dari seluruh unit pelayanan dan unit perawatan tersebut dialirkan melalui saluran tertutup ke septik tank unit 1, air limbah dari dapur dialirkan ke septik tank unit 2, dan air limbah dari laundry dialirkan ke septik tank unit 3, yang kemudian dari ke tiga septik tank tersebut dialirkan ke bioreaktor/aerator melalui kolam influen, dan kemudian ke kolam klorinasi dan bak kontak, lalu difiltrasi, baru dialirkan ke kolam stabilisasi (kolam efluen) untuk diteruskan ke badan air (Gambar 1).

#### 4.2. KUALITAS AIR LIMBAH

Kondisi lingkungan perairan dimana Ikan Nila ditempatkan, sangat berpengaruh terhadap kehidupan ikan itu sendiri, sehingga diperlukan pengukuran beberapa parameter untuk mengetahui kondisi perairan yang ada, hal ini juga untuk memenuhi aturan yang berlaku seperti pada SK Gubernur Kaltim Nomor 26 Tahun 2002 Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.

Hasil pemeriksaan kualitas air limbah yang dilakukan pada tanggal 28 Oktober 2003 dan tanggal 4 Maret 2004 oleh Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim disajikan pada Tabel 7 pada beberapa lokasi Kolam IPAL dan dibandingkan dengan SK Gubernur Kaltim Nomor 26 Tahun 2002 Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.

Dari dua kali terakhir pemeriksaan kualitas air limbah tersebut didapat hasil yang berbeda karakteristiknya namun demikian secara keseluruhan nilai efluen IPAL yang merupakan kondisi air limbah yang ada di Kolam Stabilisasi sebelum dibuang ke badan

air, masih dalam batas yang aman dan baik jika dibandingkan dengan Surat Keputusan Gubernur Kaltim Nomor 26 tahun 200227 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.

Tabel 7. Hasil pemeriksaan kualitas Air Limbah RS PKT

Parameter	Tgl. 28-10-03		Tgl. 04-03-04			SK GUB No.26	Satuan
	Influen	Efluen	Influen	Efluen	Bdn Air		
Suhu	28.5	26.5	28.8	26.8	26.5	≤ 30	°C
pH	6.28	7.02	6.78	7.36	6.80	6 - 9	
Ammonia bbs.	4.11	9.05	7.07	8.25	5.89	0.50	mg/l
Phospat Tot.	4.39	2.48	22.36	8.99	8.76	2	mg/l
Suspend. Solid	14.40	11.70	33.60	7.10	27.90	100	mg/l
C O D	95	40	143	151	nil	100	mg/l
B O D	nil	1.4	49	18	nil	50	mg/l
Total Bakteri	104.000	192.000				10.000	Col/unit

Sumber: Data Primer, 2004

Parameter yang diperiksa pada penelitian ini meliputi:

#### 4.2.1. Suhu

Dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan tampak besarnya suhu di Kolam Influen berkisar antara 28.5 sampai 28.8 °C, pada Kolam efluen sekitar 26.5 sampai 26.8 °C sedangkan suhu di badan air sekitar 26.5 °C. Besaran suhu pada semua lokasi menunjukkan kondisi yang masih **dalam batas toleransi** yang ditetapkan yaitu untuk parameter suhu adalah maksimum 30° C.

Kondisi suhu air limbah ini merupakan suhu air yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan ikan Nila yang berkisar antara 25-30 °C (Arie, 1999. Rukmana, 1997. Siregar, 1999; Sugiarto, 1988).

#### 4.2.2. Derajat Keasaman (pH)

Dari beberapa uji laboratorium yang dilakukan diperoleh hasil Derajat Keasaman yang berkisar antara 7.02 sampai 7.36 di Kolam Efluen. Nilai ini sangat cocok untuk ikan Nila yang dapat hidup pada pH antara 6 – 8.5 dan akan optimal pada pH 7 – 8 (Arie, 1999. Rukmana, 1997. Siregar, 1999. Sugiarto, 1988. WARINTEK- MENRISTEK, Sinjal Hengki, 2002), sedangkan pH air di

Kolam Influen dan badan air berkisar antara 6.28 – 6.78, merupakan air yang masih dalam batas toleransi ikan Nila walaupun mendekati batas bawah.

Pada pemeriksaan tanggal 4 Maret 2004 tampak pH di badan air sebesar 6.80 yang masih **dalam batas toleransi** yang diperbolehkan.

#### 4.2.3. NH<sub>3</sub>N (Ammonia bebas)

Ammonia di perairan berasal dari hasil dekomposisi nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur (Effendi, 2003).

Hasil pemeriksaan kadar ammonia bebas pada Kolam Influen berkisar antara **4.11 sampai 7.07 mg/l**, kondisi ini lebih besar dari kadar yang ditetapkan, demikian juga dengan kadar ammonia bebas pada Kolam Efluen berkisar antara **8.25 sampai 9.05 mg/l**, juga di badan air yang mencapai **5.89 mg/l**.

Kadar ammonia bebas di semua kolam dan badan air **melebihi nilai yang ditetapkan** sebesar **0.5 mg/l**. Kadar ammonia yang membahayakan bagi kehidupan ikan adalah jika melebihi 1,2 mg/l (Mujiman, 1992), sedangkan kadar ammonia untuk *bioassay* tidak boleh melebihi 1 mg/l (Koesoemadinata dkk, 1983).

#### 4.2.4. Fosfat

Fosfat adalah bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972) merupakan salah satu unsur penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, manusia, binatang maupun tumbuhan walaupun dalam kadar yang berbeda satu sama lainnya (Riedman, 1975).

Fosfor banyak digunakan sebagai pupuk, sabun atau detergen, bahan industri keramik, minyak pelumas, produk minuman dan makanan, katalis, dan sebagainya. Fosfor tidak bersifat toksik bagi manusia, hewan, dan ikan (Effendi, 2003).

Secara alami fosfat juga diproduksi dan dikeluarkan oleh manusia/binatang dalam bentuk air seni dan tinja, sehingga fosfat juga akan terdeteksi pada air limbah yang dikeluarkan rumah sakit (Suriawiria, 2003). Hasil pemeriksaan kadar fosfat pada Kolam Influen berkisar antara **4.39 sampai 22.36 mg/l**, pada Kolam Efluen berkisar antara **2.48 sampai 8.99 mg/l**, dan di badan air mencapai

8.76 mg/l. Hasil pemeriksaan pada semua lokasi penelitian menunjukkan bahwa kadar fosfat berada **di atas ambang batas yang ditetapkan** maksimum sebesar 2 mg/l.

#### 4.2.5. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran lebih besar dari 1  $\mu\text{m}$  yang tersuspensi dalam suatu kolom air (Anderson, 1961), menurut Effendi (2003) TSS adalah bahan-bahan tersuspensi dengan diameter  $> 1 \mu\text{m}$  yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$ .

Kekeruhan air juga bisa disebabkan oleh adanya plankton. Air yang kaya plankton dapat berwarna hijau kekuningan dan hijau kecokelatan karena banyak mengandung *Diatomae*, sedangkan plankton/alga biru kurang baik untuk pertumbuhan ikan. Kualitas air untuk pemeliharaan ikan Nila harus bersih, tidak terlalu keruh dan tidak tercemar bahan-bahan kimia beracun. Tingkat kecerahan air karena plankton harus dikendalikan yang dapat diukur dengan alat yang disebut piringan Secchi (*Secchi disc*). Untuk di kolam dan tambak, angka kecerahan yang baik antara 20-35 cm (Sugiarto, 1988).

Padatan tersuspensi merupakan salah satu komponen yang menyebabkan kekeruhan dan akan memperlambat pertumbuhan ikan atau dapat menyebabkan ikan mati karena insangnya tertutup partikel-partikel penyebab kekeruhan walaupun konsentrasi oksigen cukup tinggi hingga 10 ppm (Klein, 1983).

Hasil pemeriksaan TSS pada Kolam Influen berkisar antara 14.40 sampai 33.60 mg/l, dan pada Kolam Efluen berkisar antara 11.70 sampai 7.10 mg/l, dan pada badan air sekitar 27.90 mg/l. Hasil pemeriksaan pada semua kolam penelitian menunjukkan bahwa kondisi TSS masih **di bawah ambang batas yang ditetapkan** yaitu maksimum sebesar 100 mg/l.

#### 4.2.6. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan (misal: Kalium Dikromat) untuk menguraikan bahan organik (Fardiaz, 1992). Uji COD sebagai alternatif uji penguraian beberapa komponen yang stabil terhadap reaksi biologi atau tidak dapat diurai/dioksidasi oleh mikroorganisme.

Hasil pemeriksaan kadar COD pada Kolam Influen berkisar antara 95 sampai 143 mg/l, dan pada Kolam Efluen berkisar antara 40 sampai 151 mg/l, dan pada badan air menunjukkan 0 (nil) mg/l.

Nilai COD hasil pemeriksaan pada tanggal 4 Maret 2004, baik pada Kolam Influen (143 mg/l) maupun pada Kolam Efluen (151 mg/l) menunjukkan hasil **di atas toleransi yang ditetapkan** yaitu sebesar 100 mg/l.

#### 4.2.7. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan buangan dalam air (Fardiaz, 1992) atau merupakan suatu nilai empiris yang mendekati secara global terjadinya proses penguraian bahan-bahan yang terdapat dalam air dan sebagai hasil dari proses oksidasi tersebut akan terbentuk CO<sub>2</sub>, air dan NH<sub>3</sub> (Alaert, 1987).

BOD merupakan variabel utama dalam menentukan tingkat pencemaran perairan, dan hasil pemeriksaan menunjukkan nilai BOD pada Kolam Influen berkisar antara 0 (nil) sampai 49 mg/l, dan pada Kolam Efluen berkisar antara 1.4 sampai 18 mg/l, sedangkan pada badan air menunjukkan sekitar 0 (nil) mg/l.

Semua hasil pemeriksaan pada kolam penelitian menunjukkan nilai yang **masih dalam batas toleransi yang ditetapkan** yaitu maksimum 50 mg/l.

#### 4.2.8. Total Bakteri

Kelompok bakteri *coliform* merupakan kelompok bakteri yang dapat digunakan sebagai bakteri indikator untuk mengukur kadar pencemaran perairan karena memenuhi sebagian besar kriteria bakteri indikator yang ditetapkan oleh *National Academy of Sciences USA* (Timotius & Prasetyo, 1984 dalam Ruyitno, 1997). Bakteri *coliform* total merupakan perhitungan dari banyaknya koloni bakteri *Escherichia*, *Citobacter*, *Klebsiella*, dan *Enterobacter* yang terdapat pada membran filter setelah dibiakkan selama 18 – 24 jam di inkubator.

Hasil pemeriksaan mikrobiologi yang dilakukan pada tanggal 28 Oktober 2003 pada air limbah pada Kolam Influen menunjukkan jumlah koloni kuman Golongan Koli adalah sebanyak 104.000 koloni sedangkan pada Kolam Efluen sebanyak 192.000 koloni. Hasil pemeriksaan pada kedua lokasi penelitian tersebut menunjukkan nilai **di atas batas toleransi yang ditetapkan** yaitu untuk

parameter Kuman Golongan Koli adalah maksimum **10.000** koloni/ 100 ml air limbah.

#### 4.2.9. Logam Berat

Rumah sakit pada umumnya menggunakan beberapa bahan yang mengandung logam berat pada beberapa unit kerja di rumah sakit sebagai bahan pemeriksaan atau bahan penunjang lainnya seperti adanya kandungan bahan Perak dan Bromium pada proses pencucian film X Ray/Röntgen, beberapa *reagent* pada pemeriksaan laboratorium klinik dan sebagai bahan tambalan gigi (amalgam).

Hasil pemeriksaan kandungan logam berat dalam air limbah yang dilakukan pada tanggal 23 April 2004 disajikan pada Tabel 8:

Tabel 8. Kandungan logam berat dalam air limbah

No.	Parameter	Hasil ukur	Satuan	Metode Analisis
1.	Cu	0.0	ppm	AAS
2.	Mn	0.2	ppm	AAS
3.	Fe total	0.7	ppm	AAS
4.	Zn	1.0	ppm	AAS
5.	Mg <sup>++</sup>	5.3	ppm	AAS
6.	Ni	0.01	ppm	AAS

Sumber: Data primer, 2004

Nilai kandungan logam berat hasil pemeriksaan tersebut tidak dapat dibandingkan dengan nilai batas toleransi yang ditetapkan karena Surat Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor 26 Tahun 2002 (Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit) tidak mengatur tentang kandungan logam berat pada limbah cair yang dikeluarkan oleh rumah sakit.

Besarnya kandungan logam berat pada limbah cair yang dihasilkan RS PKT, hanya sebagai bahan pertimbangan untuk dilakukan analisis lebih lanjut bila memang diperlukan dalam hubungannya pemanfaatan ikan yang digunakan sebagai bioindikator tersebut untuk kepentingan lainnya, semisal untuk dikembangbiakkan dan ditenakkan sebagai bahan makanan yang dikonsumsi manusia.

### 4.3. PEMERIKSAAN IKAN

#### 4.3.1. Morfometrik Ikan

Dalam penelitian ini, ikan Nila diperlakukan dengan cara membedakan kondisi lingkungannya menjadi 3 macam kondisi lingkungan yang berbeda berdasarkan aliran air limbah, sehingga dapat diamati kondisi air limbah berdasarkan kondisi ikan yang ada di masing-masing lokasi perlakuan.

Perbandingan ukuran ikan pada saat dimasukkan ke dalam kolam kontrol dengan pada saat akhir penelitian (perlakuan  $N_0$ ) disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Berat/ Panjang Ikan Nila berdasarkan waktu/ usia di Kolam Kontrol.

	Tgl. 12-02-04		Tgl. 29-03-04		Indeks Ponderal	Laju Pertumbuhan
	Berat (gr)	Panjang (cm)	Berat (gr)	Panjang (cm)		
1	19	10	48	16	1.171	0.630
2	24	11	48	17	0.976	0.521
3	21	10	49	16	1.196	0.609
4	16	9	42	14	1.530	0.565
5	17	9	44	15	1.303	0.587

Sumber: Data primer, 2004

Perbandingan ukuran ikan pada saat dimasukkan ke dalam kolam influen dengan pada saat akhir penelitian (perlakuan  $N_1$ ) disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Berat/ Panjang Ikan Nila berdasarkan waktu/ usia di Kolam Influen.

	Tgl. 12-02-04		Tgl. 13-02-04	
	Berat (gr)	Panjang (cm)	Berat (gr)	Panjang (cm)
1	32	13	(+) dlm 24 jam	13
2	21	10	(+) dlm 24 jam	10
3	19	10	(+) dlm 24 jam	10
4	29	12	(+) dlm 24 jam	12
5	27	11	(+) dlm 24 jam	11
6	25	12	(+) dlm 24 jam	12
7	24	11	(+) dlm 24 jam	11
8	29	11	(+) dlm 24 jam	11
9	23	10	(+) dlm 24 jam	10
10	22	10	(+) dlm 24 jam	10

Sumber: Data primer, 2004

Keterangan: (+) = ikan mati dalam 24 jam

Hasil pengukuran Berat/Panjang ikan yang diolah menjadi Indeks Ponderal (K) dan Laju pertumbuhan (g) disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Indeks Ponderal dan Laju Pertumbuhan ikan di Kolam Efluen

No	DI DALAM KERAMBA (N <sub>2A</sub> )				DI LUAR KERAMBA (N <sub>2B</sub> )			
	Tgl. 29-03-04		Indeks Ponderal	Laju Pertumbuhan	Tgl. 29-03-04		Indeks Ponderal	Laju Pertumbuhan
	Berat	Panjang			Berat	Panjang		
1.	48	17	0.977	0.652	286	26.5	1.537	4.934
2.	47	14.5	1.542	0.630	228	24	1.649	3.826
3.	46	17	0.936	0.609	145	21	1.566	2.500
4.	54.5	18	0.934	0.489	176	23	1.447	3.152
5.	46	15	1.363	0.609	246	24	1.780	4.804
6.	52	16	1.270	0.739	128	21	1.382	2.326
7.	54	17.5	1.007	0.565	95	18	1.629	1.630
8.	48	16	1.172	0.652	161	22	1.512	3.065
9.	56	17.5	1.004	0.717	148	20	1.850	2.739
10.	48	14	1.749	0.478	150	21.5	1.509	2.782
11.	46.5	16	1.135	0.359	74	17	1.506	1.195
12.	46	14	1.676	0.565	149	21	1.609	2.782
13.	46	16.5	1.024	0.522	156	23	1.282	2.934
14.	54	18	0.925	0.609	64	15	1.896	1.000
15.	44	15	1.303	0.522	44	15	1.304	0.608
16.	50	17	1.017	0.478	52	15	1.541	0.739
17.	48	16	1.171	0.478	43	14	1.567	0.543
18.	46	15	1.362	0.391	61	15	1.807	0.956
19.	44	15	1.303	0.348	43	14	1.567	0.543
20.	56	18	0.960	0.565	49	13.5	1.992	0.673
21.	54	16	1.318	0.609	207	22	1.944	3.413
22.	52	17	1.058	0.565	288	26	1.639	4.956
23.	48	17	0.977	0.391	62	14.5	2.034	0.956
24.	52	16	1.270	0.652	61	15	1.807	0.934
25.	53	17	1.079	0.500	65	15	1.926	1.021
26.	48	17	0.977	0.609	47	14	1.713	0.608
27.	44	17	0.896	0.522	46	14	1.676	0.586
28.	52	18	0.892	0.565	66	16	1.611	1.043
29.	48	16	1.172	0.565	39	13	1.775	0.500
30.	51	17	1.038	0.674	51	14	1.859	0.717
31.	48	16	1.172	0.652	38	13.5	1.544	0.434
32.	48	17	0.977	0.609	71	15	2.104	1.152
33.	51	15	1.511	0.717	43	14	1.567	0.584
34.	48	15	1.422	0.652	69	17	1.404	1.104
35.	49	14.5	1.607	0.673	57	15	1.689	0.848

Sumber: Data primer, 2004

Catatan : Index Ponderal (K) merupakan morfometrik dengan cara membandingkan antara berat dan panjang tubuh ikan dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{10^5 \cdot W}{L^3}$$

W : Berat dalam gram  
L : Panjang dalam millimeter

Laju Pertumbuhan (g) dengan menggunakan rumus:

$$g = \frac{W_t - W_0}{\Delta t}$$

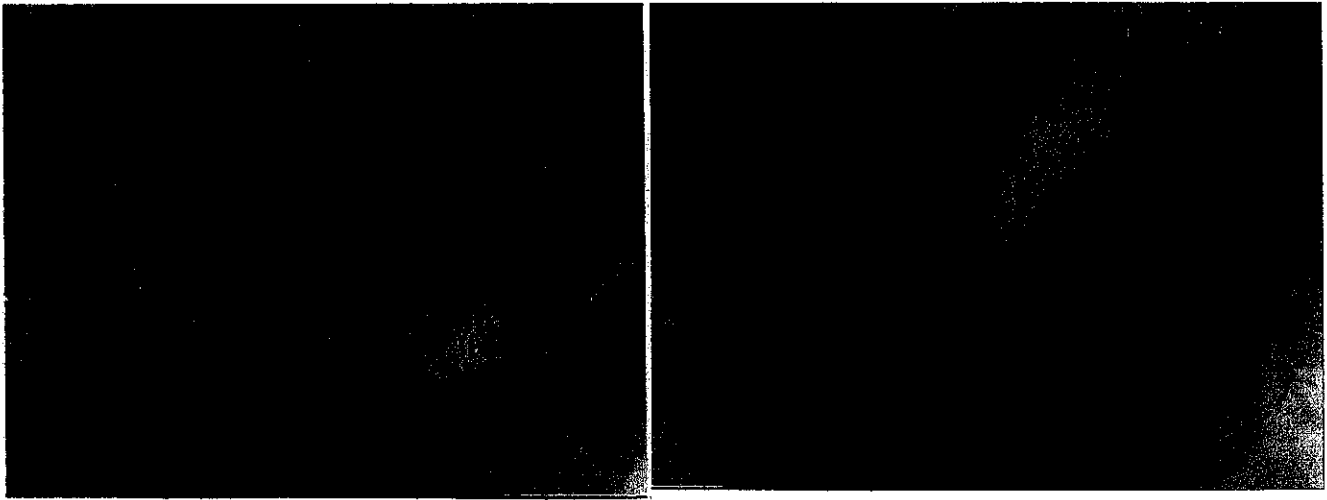
g : Laju Pertumbuhan harian  
W<sub>t</sub> : Berat Tubuh Ikan saat t  
W<sub>0</sub> : Berat Tubuh Ikan awal  
Δt : Waktu Penelitian (hari)

#### 4.3.2. Pemeriksaan Insang

Insang dipilih sebagai organ yang dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungannya karena insang merupakan organ yang paling lembut diantara struktur tubuh ikan teleostei dan merupakan alat utama bagi berlangsungnya proses pernapasan ikan di mana organ ini kontak langsung dengan air yang ada di sekitarnya. Pemeriksaan insang ikan dilakukan dengan cara pemeriksaan histologi dan pemeriksaan mikroskopis jaringan secara langsung.

##### 1. Pemeriksaan Histologi

Pemeriksaan histologis insang dilakukan dengan tahapan sebagai berikut. Insang dipisahkan dari ikan dengan cara memotong langsung kemudian dibilas dengan NaCl fisiologis lalu dimasukkan dalam cairan fiksasi berupa Formalin 10% kemudian dikirim ke Laboratorium Biologi untuk diproses menjadi preparat kemudian diperiksa menggunakan mikroskop. Hasil pemeriksaan histologis ini menunjukkan bahwa kondisi insang dalam keadaan baik atau normal dan tidak terdapat kelainan disajikan pada Gambar 2.



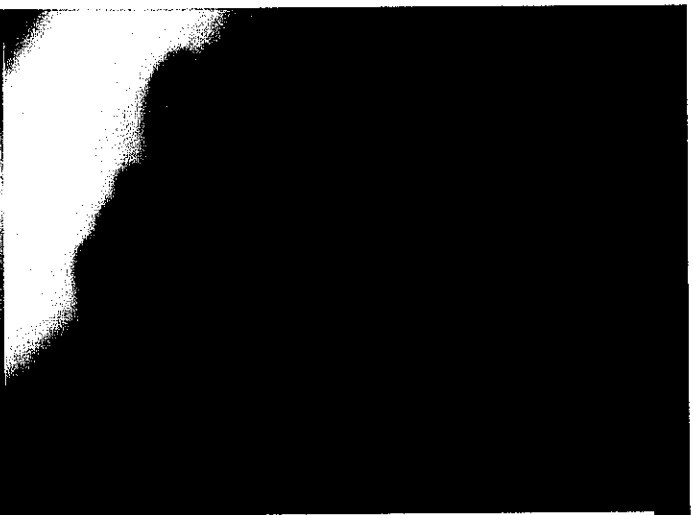
Gambar 2 : Gambar Histologis Preparat Insang Ikan Nila

## 2. Pemeriksaan Mikroskopis Langsung

Pemeriksaan mikroskopis jaringan/ organ insang secara langsung dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: Insang dipisahkan dari ikan dengan cara memotong langsung kemudian dibilas dengan NaCl fisiologis dan kemudian diperiksa langsung dengan menggunakan mikroskop dan hasil pemeriksaannya menunjukkan bahwa kondisi jaringan/ organ insang ikan yang diperiksa dalam kondisi normal (tidak terdapat kelainan) disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



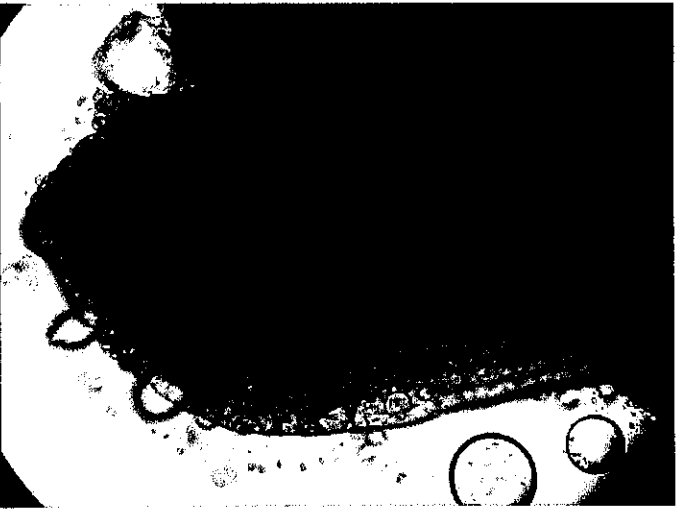
Gambar 3: Gambar Mikroskopis Insang Ikan Nila pembesaran 8 kali



Gambar 4: Gambar Mikroskopis Insang Ikan Nila pembesaran 40 kali.



Gambar 5: Lamella insang pembesaran 200 kali



Gambar 6: Lamella insang pembesaran 200 kali

#### 4.3.3. Kandungan Logam Berat

Pemeriksaan kandungan logam berat dalam ikan dilakukan untuk meneliti sampai sejauh mana kemungkinan cemaran logam berat pada air limbah RS PKT, sehingga jika ada kandungan logam berat pada tubuh ikan maka perlu diteliti lebih lanjut asal muasal dari keberadaannya. Adanya beberapa unsur logam berat dalam tubuh ikan menyebabkan ikan yang ada menjadi tidak layak/ berbahaya untuk dikonsumsi oleh manusia.

Pemeriksaan kandungan logam berat dilakukan dengan cara memeriksa kandungan logam berat pada insang dan daging ikan. Insang, dipilih karena merupakan organ tubuh yang paling banyak kontak langsung dengan air lingkungan. Selain itu, aliran darah paling banyak mengalir ke organ ini, sedangkan daging dipilih karena daging merupakan bagian tubuh dimana semua hasil pencernaan ditimbun di dalamnya sehingga daging merupakan jaringan tempat akumulasi semua masukan, termasuk logam berat, jika ada. Daging adalah bagian tubuh yang paling banyak dikonsumsi oleh manusia, sehingga bila ada pencemaran logam berat yang tertimbun pada daging ikan maka secara langsung akan mencemari manusia yang mengkonsumsi daging tersebut. Pemeriksaan ini merupakan upaya pencegahan terhadap masuknya bahan pencemar ke tubuh manusia lewat makanan yang dikonsumsi.

Pemeriksaan dilakukan dengan memisahkan insang dan daging ikan kemudian didestruksi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 4 : 1 dalam teflon *bomb* atau erlenmeyer teflon (Hatch & Ott, 1968; Anonimous, 1978, dalam Hutagalung P.H., 1997) untuk kemudian diperiksa kandungan logam beratnya (Pb, Cu, Ni, Zn, Cd, Cr) dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*). Pemeriksaan ini dilakukan pada tanggal 19 April 2004 di Unit Usaha Laboratorium Kimia Pupuk Kaltim, Bontang

Hasil pemeriksaan kandungan logam berat pada insang dan daging ikan Nila disajikan pada Tabel 13.

Tabel 12. Kandungan Logam Berat pada organ/ daging ikan

No.	Parameter	Unit	Hasil ukur	Metode Analisis
1.	Cu	ppm	0.27	AAS
2.	Pb	ppm	nil	AAS
3.	Cd	ppm	nil	AAS
4.	Zn	ppm	16.89	AAS
5.	Cr	ppm	nil	AAS
6.	Ni	ppm	nil	AAS

Sumber: Data Primer, 2004

#### 4.4. ANALISIS PARAMETER

Adanya sistem pengolahan limbah cair yang terpisah dari sistem pembuangan air hujan atau yang disebut dengan sistem segregasi terpisah menyebabkan IPAL dapat difungsikan secara efisien karena hanya mengolah limbah cair yang dihasilkan RS PKT rata-rata sebanyak 216 m<sup>3</sup> per hari yang membebani 30% dari kapasitas terpasang IPAL RS PKT, setara dengan 720 m<sup>3</sup>/hari untuk kapasitas 150 tempat tidur. Penggunaan air sebanyak 216 m<sup>3</sup> tersebut termasuk juga air yang digunakan untuk keperluan *laundry* dan dapur, di mana dapur RS PKT dioperasikan oleh pihak ketiga (PT KMBU).

Air limbah dari seluruh unit pelayanan, unit penunjang, dan unit perawatan tersebut dialirkan melalui saluran tertutup ke septik tank unit 1, air limbah dari dapur dialirkan ke septik tank unit 2, dan air limbah dari laundry dialirkan ke septik tank unit 3, yang kemudian dari ke tiga septik tank tersebut dialirkan ke bioreaktor/aerator melalui kolam influen, dan kemudian ke kolam klorinasi dan bak kontak, lalu difiltrasi, baru dialirkan ke kolam stabilisasi (kolam efluen) untuk diteruskan ke badan air (Gambar 1).

Penelitian ini menggunakan ikan Nila sebanyak 150 ekor dengan ukuran panjang 8 – 13 cm, usia antara 3 – 4 bulan, dimana pada usia tersebut ikan Nila sedang mengalami pertumbuhan sampai mencapai berat badan lebih dari 1 kg., 100 ekor di antara ikan tersebut dimasukkan ke dalam 50 petak keramba di Kolam Efluen sehingga masing-masing petak berisi 2 ekor ikan Nila ( $N_{2A}$ ), 35 ekor dimasukkan ke Kolam Efluen di luar keramba ( $N_{2B}$ ) (Lampiran 4), sisanya 5 ekor dimasukkan ke Kolam Kontrol ( $N_0$ ) (Tabel 9), sebanyak 10 ekor dimasukkan ke dalam Kolam Influen ( $N_1$ ) (Tabel 10).

#### 4.4.1. Kualitas Air Limbah olahan dari IPAL RS PKT

Hasil pemeriksaan laboratorium seperti disajikan pada Tabel 7 menunjukkan adanya beberapa parameter air limbah berada **diatas baku mutu** yang ditetapkan seperti kadar Ammonia bebas dan COD namun hal tersebut dapat dijelaskan karena pengambilan sampel air diambil dari Kolam Efluen yang merupakan kolam stabilisasi dalam sistem pengolahan air limbah RS PKT sehingga sebenarnya yang terbaik adalah melihat parameter yang merupakan hasil pemeriksaan di badan air.

Tabel 13. Hasil pemeriksaan kualitas Air Limbah RS PKT

Variabel	Tgl. 28-10-03		Tgl. 04-03-04			SK GUB No.26	Satuan
	Influen	Efluen	Influen	Efluen	Bdn Air		
Suhu	28.5	26.5	28.8	26.8	26.5	$\leq 30$	$^{\circ}\text{C}$
pH	6.28	7.02	6.78	7.36	6.80	6 - 9	
Ammonia bbs.	4.11	9.05	7.07	8.25	5.89	0.50	mg/l
Phosphat Tot.	4.39	2.48	22.36	8.99	8.76	2	mg/l
Suspend. Solid	14.40	11.70	33.60	7.10	27.90	100	mg/l
C O D	95	40	143	151	nil	100	mg/l
B O D	nil	1.4	49	18	nil	50	mg/l
Total Bakteri	104.000	192.000				10.000	Col/unit

Sumber: Data Primer, 2004

Parameter yang melebihi batas toleransi yang ditetapkan adalah:

##### 1. $\text{NH}_3\text{N}$ (Ammonia Bebas)

Hasil yang diperoleh pada Kolam Efluen 8.25 dan 9.05 mg/l, Badan Air 5.89 mg/l diatas batas toleransi sebesar 0.5 mg/l, hal ini menunjukkan masih tersisnya senyawa Nitrogen yang belum terurai oleh kuman dan oksigen dalam air, dalam badan air kadar ammonia bebas sudah turun cukup jauh namun masih diatas batas toleransi yang ditetapkan.

## 2. Fosfat

Kandungan fosfat pada Kolam Efluen sebesar **2.48** dan **8.99** mg/l, dan di Badan air sebesar **8.76** mg/l diatas batas toleransi yang ditetapkan sebesar 2 mg/l. Kadar fosfat pada Kolam Efluen pernah mencapai 2.48 mg/l sedikit diatas normal sehingga pada kesempatan mendatang diperlukan pemeriksaan banding pada dua laboratorium yang berbeda, namun dengan konsekuensi timbulnya biaya tambahan.

## 3. COD

Nilai hasil pemeriksaan COD pada Kolam Efluen tampak sangat fluktuatif yaitu 40 dan **151** mg/l sedangkan di Badan Air Nil = **0** mg/l, sedangkan batas maksimum yang diperbolehkan adalah 100 mg/l, kondisi ini sebaiknya dilakukan pemeriksaan banding pada dua laboratorium yang berbeda.

## 4. Total Bakteri

Hasil pemeriksaan Total Bakteri, baik pada Kolam Influen (**104.000** koloni) maupun Kolam Efluen (**192.000** koloni) menunjukkan nilai yang melebihi toleransi yang ditetapkan (10.000 koloni) dimana nilai pada efluen (setelah dilakukan perlakuan dengan pemberian Kaporit) lebih tinggi dari nilai influen (sebelum perlakuan) sehingga diperlukan pemeriksaan banding pada dua laboratorium yang berbeda.

## 5. Kandungan logam berat dalam air limbah

Dari hasil pemeriksaan kandungan logam berat pada air limbah, didapatkan bahwa ada beberapa jenis logam berat yang terdapat dalam air limbah (lihat Tabel 8) tempat di mana ikan Nila di tempatkan, kandungan logam berat ini perlu diukur guna mengetahui secara utuh hubungan kondisi perairan dikaitkan dengan kondisi ikan. Penelitian ini juga mengukur kandungan logam berat yang terdapat pada organ tubuh/daging ikan.

## 6. Injeksi Kaporit

Untuk mengoksidasi, dan mengendalikan kuman di air limbah, digunakan Kaporit yang diinjeksikan ke dalam kolam chlorinasi. Keberadaan chlor yang merupakan bahan desinfektan, dapat mengendalikan kuman di dalam air, namun kandungan chlor yang berlebihan, dapat menyebabkan kematian ikan, oleh karena itu kandungan chlor perlu diukur secara cermat.

Kadar chlor yang diinjeksikan ke air limbah adalah sebanyak 200 ml/ menit dengan konsentrasi 3 ppm, dimana penetapan konsentrasi ini merupakan hasil uji coba berdasarkan pengalaman di lapangan dan belum pernah diteliti secara ilmiah.

### 4.4.2. Penggunaan ikan sebagai bioindikator untuk menilai efektivitas IPAL RS PKT

#### 1. Kualitas Hidup Ikan

Memasuki awal minggu kedua (hari ke-8) dari penempatan 135 ekor ikan di Kolam Efluen (baik yang di dalam keramba maupun yang di luar keramba) terdapat 41 ekor ikan Nila yang mati. Kematian terbanyak terjadi pada 3 hari pertama setelah penempatan sebanyak 28 ekor dan sisanya 13 ekor mati sampai hari ke-8 dikarenakan terjadinya perlukaan ikan pada saat pemindahan dari kolam pembibitan ke kolam IPAL RS PKT. Pada saat itu, ikan dipindahkan menggunakan kantong plastik tanpa diberikan oksigen dan dengan kerapatan yang tinggi (menggunakan 4 kantong untuk sekitar 200 ekor) sehingga terjadi perlukaan pada beberapa ekor ikan yang kemudian mati, kematian ikan dapat pula disebabkan sifat ikan Nila yang cenderung kanibal karena ikan yang ada didalam keramba tidak diberi makan, sehingga saling memangsa satu sama lain di dalam petak yang sempit dengan ukuran 40 cm (L) x 40 cm (P) x 70 cm (T), adanya perlukaan menandakan bahwa ikan yang tidak diberi makan berusaha untuk memenuhi mencari makan dengan memangsa sesama, namun karena kedua ekor ikan didalam keramba tersebut hampir sama ukuran tubuhnya, maka mereka saling bertarung dan saling melukai.

Selain itu, kematian ikan dapat disebabkan karena terjadi perubahan kondisi air lingkungan yang sangat drastis dari kolam pembibitan yang sangat

ideal, langsung dimasukkan ke dalam Kolam Influen dan Kolam Efluen (100 ekor dalam 50 petak keramba dan sisanya diluar keramba), sehingga ikan mengalami stress karena tanpa diberikan kesempatan untuk beraklimatisasi, sedangkan Kolam Kontrol baru diisi ikan Nila sebanyak 5 ekor, enam hari setelah itu dengan mengambil ikan dari Kolam Efluen di luar keramba, dan sampai dengan akhir penelitian kondisi ikan Nila di Kolam Kontrol ini tidak ada yang mati.

Pemberian kaporit pada kolam klorinasi tidak secara langsung mematikan ikan Nila yang ditempatkan di kolam efluen karena selain kolam efluen merupakan kolam stabilisasi yang mempunyai jarak tempuh sekitar 4 jam setelah injeksi kaporit, juga konsentrasi klorin yang diinjeksikan sebesar 3 ppm masih dalam batas toleransi ikan Nila yang bersifat osmoregulator dengan kemampuan bertahan pada konsentrasi klorin 500 ppm, sehingga bisa disimpulkan bahwa kematian ikan Nila pada kolam efluen di dalam keramba lebih disebabkan oleh karena ikan belum diaklimatisasi sebelum dimasukkan

Penempatan 10 ekor ikan dari kolam pembibitan langsung dimasukkan ke dalam Kolam Influen menyebabkan semua ikan tersebut mati dalam waktu 1 x 24 jam setelah ditempatkan (Lihat Tabel. 10). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karena ikan tersebut mengalami perubahan yang sangat drastis pada kondisi lingkungannya dalam hal ini kualitas air, suhu air, besarnya kolam dan kondisi fisik ikan sewaktu dipindahkan dari kolam pembibitan ke kolam influen di RS PKT.

## 2. Kondisi Pertumbuhan

Ikan Nila yang digunakan sebagai bahan uji penelitian ini adalah ikan yang masih dalam masa pertumbuhan dengan usia 3 – 4 bulan, panjang tubuh 7 – 13 cm dan berat 16 – 31 gram.

Pengamatan kondisi pertumbuhan dan kualitas hidup ikan Nila yang berada pada ketiga kolam pantau menunjukkan adanya pengaruh yang sangat besar dari kualitas air limbah terhadap pertumbuhan dan kualitas hidup ikan seperti tampak pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 Perlakuan N<sub>2A</sub> dan N<sub>2B</sub> dimana tampak bahwa pertumbuhan dan kualitas hidup ikan Nila sangat jelek

seperti disajikan pada Tabel 9 akibat kualitas air pada Kolam Influen IPAL yang jelek seperti disajikan pada Tabel 7. Pada kondisi ini, ikan tidak dimungkinkan untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik karena semua ikan (10 ekor) (100% sampel) yang dimasukkan ke dalam Kolam Influen IPAL ini tidak bisa bertahan hidup/ mati dalam kurun waktu 24 jam setelah ikan tersebut ditempatkan namun kematian ikan tersebut dapat pula disebabkan karena kondisi ikan yang kurang sehat karena dimasukkan ke kolam Influen langsung setelah dipindahkan dari kolam pembibitan.

Kondisi kualitas air yang baik, juga mengakibatkan kondisi pertumbuhan dan kualitas hidup yang baik bagi ikan Nila, seperti yang terjadi pada Kolam Efluen IPAL pada Tabel 7 mengakibatkan kondisi pertumbuhan dan kualitas hidup ikan seperti pada Tabel 11 Perlakuan N<sub>2A</sub> dan N<sub>2B</sub>.

Ikan di Kolam Kontrol tidak ada yang mati karena sudah beradaptasi dengan lingkungan sebelumnya (di Kolam Efluen) yang kualitasnya sedikit lebih jelek, namun jika dilihat kondisi pertumbuhan ikan, maka kualitas pertumbuhan ikan yang ditempatkan di Kolam Efluen di dalam keramba sedikit lebih jelek, sedangkan bila dibandingkan dengan yang di luar keramba, maka akan tampak bedanya semakin besar dimana pertumbuhan ikan di luar keramba sangat cepat, hal ini terjadi karena ikan yang di Kolam Efluen di luar keramba dapat memakan cacing yang banyak terdapat di dasar Kolam Efluen yang berlumpur, sedangkan yang di dalam keramba tidak dapat mencapai dasar kolam karena keramba dipasang menggantung di atas dasar kolam (banyaknya cacing di dasar Kolam Efluen baru diketahui pada saat Kolam Efluen ini dikuras/ dikeringkan), dan ikan yang ada di Kolam Kontrol hanya dapat memakan lumut yang tumbuh di dasar kolam sehingga ikan di Kolam Kontrol dapat tumbuh dengan normal, namun demikian perbedaan pertumbuhan ikan dibandingkan dengan yang ada di Kolam Efluen di dalam keramba tidak mencolok seperti disajikan pada Tabel 9 dibandingkan dengan Tabel 11 Perlakuan N<sub>2A</sub>.

Perbedaan yang sangat mencolok terjadi antara ikan yang ditempatkan didalam dan diluar keramba pada Kolam Efluen seperti pada Tabel 11 Perlakuan N<sub>2A</sub> dibandingkan dengan Perlakuan N<sub>2B</sub>.

Tabel 14: Uji Statistik dari Indeks Ponderal (K) (One-Sample T Test)

	Jumlah ikan	Rerata	Std. Deviation	Std. Error Mean
Dalam Keramba	35	1.1772	.23666	.04000
Luar Keramba	35	1.6635	.20392	.03447
Kolam Kontrol	5	1.2359	.20258	.09060

Dari Tabel 14, dapat disimpulkan bahwa ikan yang paling kurus adalah ikan yang ditempatkan di Kolam Efluen dalam keramba dengan indeks Ponderal 1,1772, kemudian diikuti ikan yang ditempatkan di Kolam Kontrol dengan indeks Ponderal 1,2359, dan yang paling gemuk adalah ikan yang ditempatkan di Kolam Efluen di luar keramba dengan indeks 1,6635, namun dari semua ikan yang ditempatkan (tersisa 99 ekor) menunjukkan pertumbuhan yang normal karena indeks Ponderal-nya dalam rentang antara 0,75 – 2,00 (Efendie, 2003).

Hanya 2 ekor (2,02 %) saja yang nilai indeks Ponderalnya diatas normal yaitu 2,034 dan 2,104 yang terjadi pada ikan Nila yang ditempatkan di kolan efluen di luar keramba, hal ini menunjukkan bahwa rata-rata ikan yang ditempatkan di kolam efluen di luar keramba mempunyai bentuk tubuh yang jauh lebih gemuk dibanding yang lainnya dan 2 ekor diantaranya sangat gemuk.

Tabel 15: Uji Statitik Laju Pertumbuhan (g) (One-Sample T Test)

	Jumlah ikan	Rerata	Std. Deviation	Std. Error Mean
Dalam Keramba	35	.569486	.1001973	.0169364
Luar Keramba	35	1.788200	1.3940847	.2356433
Kolam Kontrol	5	.582400	.0420333	.0187979

Dari Tabel 15, dapat disimpulkan bahwa Laju Pertumbuhan ikan yang paling baik adalah ikan yang ditempatkan di Kolam Efluen di luar keramba, kemudian ikan yang di Kolam Kontrol dan paling lambat pertumbuhannya adalah yang di Kolam Efluen di dalam keramba.

### 3. Pemeriksaan Insang

Hasil pemeriksaan insang yang telah dilakukan pada ikan yang ditempatkan pada Kolam Efluen di dalam dan di luar keramba, baik secara histologis maupun secara mikroskopis langsung, meliputi pemeriksaan struktur sel insang termasuk sel lamella mengenai:

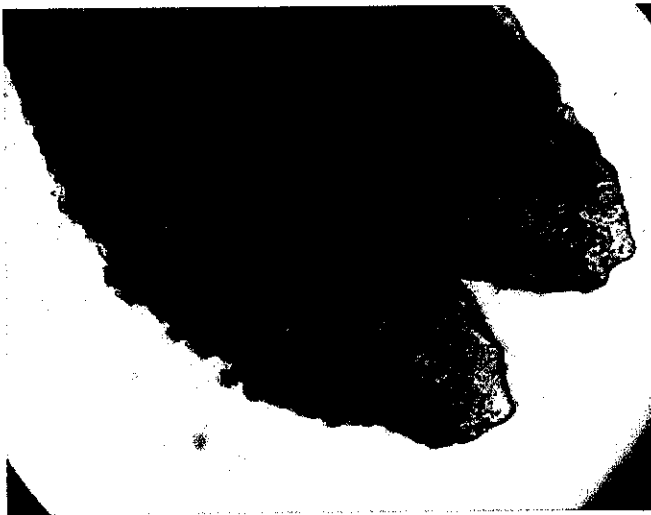
- o Ada/tidaknya kerusakan sel lamella insang.
- o Ada/tidaknya nekrosis atau perubahan warna/bentuk lamella insang.
- o Ada/tidaknya pengkerutan/penyusutan *Chloride Cell*.



Gambar 7A

Gambar 7B

Gambar 7A & 7B : Gambar Histologis Preperat Sel Lamella Insang Ikan Nila pembesaran 400 kali



Gambar 8A

Gambar 8B

Gambar 8A & 8B : Gambar Mikroskopis Pemeriksaan Langsung Lamella Insang Ikan Nila pembesaran 200 kali

Dari hasil pengamatan pada Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa ikan tersebut tidak mengalami gangguan fungsi pada organ tubuhnya dan hidup dalam keadaan sehat karena berada didalam air yang mempunyai kualitas yang baik dan mendukung kehidupannya, seperti terlihat pada hasil uji kualitas air limbah yang ada pada Tabel 7. Hasil pemeriksaan kualitas Air Limbah RS PKT.

Hasil pengamatan dari pemeriksaan histologis dan pemeriksaan mikroskopis meliputi pemeriksaan struktur sel insang termasuk lamella pada Gambar 2 sampai Gambar 8 tampak bahwa :

- Tidak terjadinya kerusakan atau kelainan pada sel lamella insang.
- Tidak adanya nekrosis atau perubahan warna/bentuk lamella insang.
- Tidak terjadinya pengkerutan/penyusutan *Chloride Cell*.

Dari hasil analisis Gambar 2 sampai Gambar 8 dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi insang ikan dalam keadaan normal, tidak mengalami kelainan yang disebabkan oleh kondisi perairan dimana ikan ditempatkan (kolam efluen).

#### 4. Kandungan Logam Berat

Hasil pemeriksaan kandungan 6 jenis logam berat yang ada di organ insang dan daging ikan menunjukkan adanya kandungan 2 jenis logam berat yang terdeteksi yaitu : Cu (Cuprum = Tembaga) sebesar 0.27 ppm dan Zn (Zink = Seng) sebesar 16.89 ppm, sedangkan logam berat lainnya tidak ditemukan.

Tabel 12. Hasil pemeriksaan kandungan logam berat pada ikan

No.	Parameter	Unit	Hasil ukur	Metode Analisis
1.	Cu	ppm	0.27	AAS
2.	Pb	ppm	nil	AAS
3.	Cd	ppm	nil	AAS
4.	Zn	ppm	16.89	AAS
5.	Cr	ppm	nil	AAS
6.	Ni	ppm	nil	AAS

Sumber: Data primer, 2004

Tidak semua logam berat yang terkandung pada organ tubuh/daging ikan tersebut merupakan zat yang berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia, keberadaan beberapa logam berat justru sangat dibutuhkan bagi berlangsungnya proses kehidupan suatu makhluk hidup. Beberapa logam berat yang sangat dibutuhkan bagi berlangsungnya proses metabolisme tubuh, diantaranya adalah Tembaga (Cu), Seng (Zn), Besi (Fe) dan Magnesium (Mg) yang merupakan elemen esensial

pembentuk/katalis berbagai enzim. Vitamin, bersama enzim melakukan proses metabolis pada organ tubuh sehingga tubuh dapat tumbuh dan berfungsi dengan sempurna. Besi juga merupakan unsur utama pembentukan sel darah merah (eritrosit) (Rudolph, 1975).

Jika dihubungkan dengan kandungan logam berat pada air limbah seperti disajikan pada Tabel 8, maka adanya kandungan logam berat Cu pada organ tubuh/daging ikan sebesar 0,27 ppm tidak dapat dihubungkan dengan tidak terdeteksinya kadar Cu pada air limbah (0,0 ppm).

Kadar tembaga pada kerak bumi sekitar 50 mg/kg, dan kadar tembaga pada perairan alami <0,02 mg/liter (Moore, 1991). Air tanah dapat mengandung tembaga sekitar 12 mg/liter. Pada perairan laut, kadar tembaga berkisar antara 0,001 – 0,025 mg/liter (McNeely dkk., 1979). Kadar tembaga maksimum dalam air minum adalah 0,1 mg/liter (Moore, 1991). Defisiensi tembaga dapat mengakibatkan anemia, namun kadar tembaga yang berlebihan dapat mengakibatkan air menjadi berasa jika diminum dan dapat mengakibatkan kerusakan hati (Effendi, 2003). Nilai LC50 tembaga bagi avertebrata air tawar dan laut biasanya <0,5 mg/liter, sedangkan terhadap ikan-ikan air tawar biasanya berkisar antara 0,02 – 1,0 mg/liter (Moore, 1991).

Kandungan Cu pada air limbah sebesar 0,0 ppm, merupakan nilai normal dalam perairan, demikian juga dengan kandungan tembaga dalam organ tubuh/daging ikan sebesar 0,27 ppm juga merupakan kondisi yang normal.

Adanya kandungan Zn pada organ tubuh/daging ikan sebesar 16.89 ppm masih berhubungan dengan kadar Zn pada air limbah sebesar 1.0 ppm. Fakta ini menunjukkan bahwa ikan Nila merupakan bioindikator yang mempunyai daya akumulasi kuat terhadap logam berat.

Kadar seng pada kerak bumi sekitar 70 mg/kg sedangkan kadar seng pada perairan alami < 0,05 mg/liter (Moore, 1991), pada perairan asam mencapai 50 mg/liter, dan pada perairan laut 0,01 mg/liter (McNeely dkk., 1979), sehingga kadar seng pada air limbah RS PKT sebesar 1.0 ppm dapat dikategorikan normal.

Dari pemeriksaan kandungan beberapa jenis logam berat yang terdapat dalam air limbah di kolam efluen dan kemudian dilakukan pemeriksaan kandungan logam berat pada organ tubuh/insang ikan Nila dapat disimpulkan bahwa hanya terjadi efek akumulasi Zn pada organ tubuh/daging ikan, sedangkan

logam berat lainnya tidak ditemukan korelasi antara kandungan logam berat pada air dengan kandungan logam berat pada organ tubuh/daging ikan.

Ditemukannya kandungan logam berat Zn dan Cu pada organ tubuh/daging ikan, bukan berarti bahwa ikan Nila yang digunakan untuk penelitian ini menjadi berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia, karena kedua unsur logam berat tersebut merupakan unsur yang esensial yang dibutuhkan tubuh, justru ketidakberadaan unsur tersebut menjadikan manusia tidak dapat tumbuh dan berkembang secara normal (Boney, 1989. Davis dan Cornwell, 1991. Rudolph, 1975).

#### 5. Model pengolahan limbah cair Rumah Sakit

Mengamati cara pengolahan limbah cair yang ada di RS PKT serta analisis hasil olahan IPAL, dan cara pemantauan kualitas dengan memanfaatkan ikan Nila sebagai bioindikator, maka dapat disimpulkan bahwa fasilitas, sarana, dan metode pengolahan limbah cair yang ada di RS PKT merupakan cara pengolahan limbah cair yang sangat ideal, sehingga layak untuk dijadikan permodelan pengolahan limbah cair Rumah Sakit pada umumnya, dan khususnya untuk kota Bontang.

**UPT-PUSTAK-UNDIP**

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. SIMPULAN**

- 5.1.1. Berdasarkan hasil uji terhadap parameter-parameter fisik, kimia dan biologi, maka secara umum efluen IPAL RS PKT telah memenuhi SK Gubernur Kaltim Nomor 26 Tahun 2002 Lampiran I Nomor 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.
- 5.1.2. Berdasarkan hasil penelitian tentang morfometrik, laju pertumbuhan, kualitas insang dan kandungan logam berat pada organ tubuh/daging ikan, maka Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dapat digunakan sebagai bioindikator untuk memantau kualitas air limbah yang dihasilkan oleh RS PKT sebelum dan sesudah diolah di IPAL.
- 5.1.3. Sebagai langkah awal pemantauan air limbah yang dihasilkan Rumah Sakit, ikan Nila terbukti dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator kualitas air limbah, sebelum Rumah Sakit memiliki IPAL sendiri.
- 5.1.4. Pemanfaatan ikan Nila sebagai bioindikator untuk mengukur kinerja IPAL Rumah Sakit, tidak melepaskan kewajiban Rumah Sakit untuk tetap melakukan pengujian kualitas air limbah secara berkala di Laboratorium Kimia yang berwenang untuk itu.

#### **5.2. SARAN/REKOMENDASI**

- 5.2.1. Pemanfaatan ikan Nila yang digunakan sebagai bioindikator untuk dikonsumsi manusia, perlu diteliti lebih lanjut, terutama tentang adanya kandungan logam berat pada perairan dalam hubungannya dengan kandungan logam berat pada organ tubuh dan daging ikan.
- 5.2.2. RS PKT secara konsisten harus mengolah limbah cair yang dihasilkannya dan memantau kualitas limbahnya secara periodik, dikombinasikan dengan pemanfaatan bioindikator ikan Nila sebagai alat pemantau hidup yang secara terus menerus dapat memantau kualitas air limbah.
- 5.2.3. Sistem pengolahan limbah cair dan pemantauan kualitas air limbah yang ada di RS PKT dapat digunakan sebagai model pengelolaan dan pemantauan limbah cair Rumah Sakit.

## KEPUSTAKAAN

- Alaert, G. dan Santika, S.S., 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Anderson, P.D., 1961. *Essential of Physiological in Chemistry*, Fourth Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Anderson, P.D. dan S. d' Appollonia. 1978. *Aquatic Animals*. In GC. Butler. *Principles of Ecotoxicology*. John Wiley & Sons, New York.
- Afrianto, E. dan E. Liviawati, 1992. *Pengendalian Hama Penyakit dan Penyakit Ikan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Arie, U., 1999. *Pembenihan dan Pembesaran Nila Gift*. Penebar Swadaya, Depok.
- Boney, A.D., 1989. *Phytoplankton. Second Edition*. Edward Arnold, London.
- Darsono, V., 1995. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Davis, H.S., 1961. *Culture and Disease of Game Fishes*. University of California Press, Berkeley.
- Davis, M.L. and Cornwell, D.A., 1991. *Introduction to Environmental Engineering. Second Edition*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Direktur Jendral Pengairan, 1981. *Penelitian Pendahuluan Pengontrolan Polusi Air Untuk Pengairan*. Direktorat Jendral Penyelidikan Masalah Air. DIRJEN Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Dugan, P.R., 1972. *Biochemical Ecology of Water Pollution*. Plenum Press, New York.
- Efendie, M.I., 2003. *Metoda Biologi Perikanan*. Y. Dewi Sri, Bogor.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta.
- Ehlers, V.M., dan E.W. Steel, 1976. *Municipal and Rural Sanitation*. Tata McGraw-Hill Publ. Co. Ltd. New Delhi
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius, Yogyakarta.
- Hadi, S.P., 2001. *Dimensi Lingkungan Perencanaan Pembangunan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Haslam, S.M. 1995. *River Pollution and Ecological Perspective*. John Wiley and Sons, Chichester, UK. 253 p.
- Hutagalung, P.H., Setiapermana, D., dan Hadi Riyono, S., 1997. *Penentuan Kadar Logam Berat, Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota Buku 2*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI Jakarta.
- Ircham, 1992. *Kesehatan Lingkungan Sanitasi Perkotaan & Pedesaan*. Penerbit Dian Nusantara, Jakarta.
- Isnansetyo, A. dan Kurniastuti, 1995. *Tehnik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton, Pakan Alami untuk Pembenuhan Organisme Laut*. Kanisius, Yogyakarta.
- Jenie, B.S.L. dan W. P. Rahayu, 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Klein, L. 1983. *River Pollution 2: Cause and Effects*. Butterworth, London.

- Koesoemadinata, S., Sutomo Wardoyo, Darmadi, Hilmi Salim, dan Endes, N.Dahlan. 1983. Pedoman Umum Pengujian Laboratorium Toksisitas Lethal Pestisida pada Ikan untuk Keperluan Pendaftaran. Departemen Pertanian, Bandung.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, R.M. Dora, Pasiono. 1977. *Itchyologi*, Second Edition. John Willey and Sons, Inc. Toronto.
- McNeely, R.N., Nelmanis V.P., dan Dwyer, L., 1979. *Water Quality Source Book, A Guide to Water Quality Parameter*. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa.
- Moore, J.W., 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag, New York.
- Mujiman, A., 1992. Makanan Ikan, Cetakan V. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pescod, M.B., 1973. *Investigation of Rational Effluen and Standard for Tropical Countries*. AIT, Bangkok.
- Riedman, S.R., 1975. *The World Book Encyclopedia*. Field Enterprises Educational Corporation, Chicago.
- Rudolph, F.B., 1975. *The World Book Encyclopedia*. Field Enterprises Educational Corporation, Chicago.
- Rudolph, P., 1993. *Fish in Ecotoxicology : Precaution Action and Risk Assessment*. In : T. Braunbeck, W. Hanke, dan H. Segner (Eds), *Fish : Ecotoxicology and Ecophysiology*, New York. Pp 1 – 6
- Rukmana, R., 1997. Ikan Nila, Budidaya dan Prospek Agribisnis. Kanisius, Yogyakarta.
- Ruyitno., 1997. Metode Analisis Bakteri Indikator Pencemar. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota Buku 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI Jakarta.
- Santoso, B., 1998. Budidaya Ikan Mas. Kanisius, Yogyakarta.
- Sinjal, Hengky, 2002 Makalah Pengantar Falsafah Sains (PPS702). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Siregar, A.D., 1999. Nila Merah. Pembenuhan & Pembesaran Secara Intensif. Kanisius, Yogyakarta.
- Stickney, R.R., 1979. *Principle of Warmwater Aquaculture*. Departement of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas.
- Sugiarto, 1988, Teknik Pembenuhan Ikan Mujair dan Nila. Penerbit CV. Simplex (Anggota IKAPI)".
- Sugiharto, 1987. Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Supriharyono, 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Surat Keputusan Gubernur Kaltim Nomor 26 Tahun 2002 Lampiran I No. 27 tentang Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.
- Suriawiria, U., 2003. Mikrobiologi Air. Alumni, Bandung
- Suyanto, S.R. 1988. Nila. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.

- Wardoyo, S.T.H.,1977. Panduan Uji Biologi Evaluasi Toksisitas Minyak dan Dispersan. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- WARINTEK- MENRISTEK, 2002. Teknologi Tepat Guna Budidaya Ikan Nila, Jakarta.
- Warren, C., 1971. *Biology and Water Pollution Control*. Departement of Fisheries and Wildlife Oregon State University. WB Saunders Company, London.
- Winarno, F.G. dan Srikandi Fardiaz, 1974. Polusi & Analisa Air. Departemen Teknologi Hasil Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Winarno, F.G., 1991. Air untuk Industri Pangan. Kanisius, Yogyakarta.
- Yates, M.V., 1992. *Biomonitoring of Environmental Contamination*. In Encyclopedia of Microbiology, Academic Press, Inc., San Diego.