LAPORAN PENELITIAN DOSEN
UNIVERSITAS SAHID JAKARTA

TINGKAT TOKSISITAS LIMBAH LAUNDRY TERHADAP IKAN MAS (*Cyprinus Carpio)*

PENGUSUL :

1. Dr. Linda Noviana, M.Si NIDN: 0305116602 (Ketua)
2. Ps. Dyah Prinajati, ST.MT NIDN: 0313046803 (Anggota)

FAKULTAS TEKNIK

Februari 20

HALAMAN PENGESAHAN
HIBAH PENELITIAN UNIVERSITAS SAHID

Judul Penelitian	:	**TINGKAT TOKSISITAS LIMBAH LAUNDRY TERHADAP IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)**
	:	
Rumpun Ilmu		Ilmu Lingkungan
Peneliti (Ketua)	:	
a. Nama	:	Dr. Linda Noviana, MSi
b. NIDN	:	0305116602
c. Jabatan Fungsional	:	Lektor
d. Jabatan Struktural	:	-
e. Program Studi	:	Teknik Lingkungan
f. Alamat E-mail	:	lindanoviana@gmail.com
g. Nomor HP		+62 81284401616
Peneliti (Anggota)	:	
a. Nama	:	Ps. Dyah Prinajati, ST.MT
b. NIDN	:	0313046803
c. Jabatan Fungsional	:	Lektor
d. Jabatan Struktural	:	-
e. Program Studi	:	Teknik Lingkungan
f. Alamat E-mail	:	iinsoekandar@gmail.com
g. Nomor HP	:	+62 818813766
Biaya Total diusulkan	:	Rp. 4.400.000,00
a. Usahid	:	Rp. 4.400.000,00
b. Sumber lain	:	Rp. 0,00
Waktu Penelitian	:	6 (enam) Bulan
Lokasi Penelitian	:	Bogor
Jumlah Mahasiswa terlibat		

Jakarta, 22 – 02 – 2021

Mengetahui,
Dekan

(Dr. Ninin Gusdini, ST, MT)
NIK/NIDN: 20000415

Ketua Peneliti,

(Dr. Linda Noviana, M.Si)
NIK/NIDN: 0305116602

Menyetujui,
Kepala LPPM

(Prof. Dr. Ir. Giyatmi, M.Si)
NIK/NIDN: 19940236

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL
DAFTAR LAMPIRAN
RINGKASAN

BAB 1 PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang
1.2. Perumusan Masalah 1
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Rencana Target Capaian 4
..... 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Limbah Cair 5
2.2. Laudry 5
2.3. Kegiatan Limbah Laundry 7

BAB 3 METODE PELAKSANAAN
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian
3.2. Metode Pengumpulan Data 8
3.3. Metode Teknik Analisis 8
..... 8
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Kondisi Limbah
4.2. Toksisitas 11
..... 11
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN-LAMPIRAN 12
..... 14

DAFTAR TABEL

No. Tabel			Hal
Tabel 1	Rencana target capaian	..…	4
Tabel 2	Sumber dan jenis peralatan sampah	..…	7
Tabel 3	Skala interpretasi nilai *stress*	..…	9
Tabel 4	Kategori nilai indeks MDS	..…	10
Tabel 5	Model kuisioner MDS: Dimensi dan atribut	..…	10
Tabel 6	Data primer, sekunder, dan sumber penelitian	..…	10
Tabel 7	Angaran Biaya	..…	11
Tabel 8	Jadwal kegiatan penelitian	..…	11

RINGKASAN

Perkembangan pesat usaha *laundry* rumahan di Indonesia saat ini berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem perairan. Proses pengolahan limbah *laundry* yang belum dilakukan secara efektif dapat mengakibatkan pencemaran air. Peringatan awal (*early warning system*) mengenai potensi bahaya perlu dilakukan agar limbah *laundry* dapat diolah secara baik dan benar sehingga tidak menimbulkan pencemaran bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik limbah *laundry* "A", nilai toksisitas akut (LC50) serta menentukan bahaya dari cemaran limbah *laundry* berdasarkan ekokinetika bahan pencemar di lingkungan Desa Sasak Panjang, Bogor. Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT Sky Pacific Indonesia pada Februari hingga April 2019. Karakteristik limbah *laundry* "A" dibandingkan dengan baku mutu air limbah sesuai PERMEN LH No. 5 Tahun 2014, diperoleh hasil kandungan terbesar dalam limbah adalah surfaktan sebesar 183,10 mg/L. Parameter surfaktan, BOD_5, COD, TSS, dan pH melebihi nilai baku mutu lingkungan, sedangkan untuk parameter fosfat serta minyak dan lemak masih berada dibawah nilai baku mutu lingkungan. Uji toksisitas akut dilakukan dengan metode OECD 203 menggunakan biota uji ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan diperoleh nilai LC50-96 jam limbah *laundry* "A" sebesar 2210 mg/L. Hasil pengujian LC50-96 jam limbah *laundry* "A" yang dibandingkan terhadap 3 kategori akut yang disyaratkan oleh GHS (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)*, dinyatakan tidak berbahaya akut bagi populasi ikan di perairan. Hal ini dibuktikan belum timbul bahaya terhadap kolam budidaya ikan, tanaman, dan masyarakat sekitar Desa Sasak Panjang secara langsung.

Kata Kunci: *LC50-96 jam, limbah laundry, potensi bahaya*.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Laundry atau binatu pada dasarnya merupakan suatu kegiatan rumah tangga untuk membersihkan pakaian dan beberapa alat rumah tangga lainnya dengan menggunakan deterjen atau disebut juga mencuci. Usaha jasa *laundry* mulai berkembang di Indonesia pada tahun 1990-an, sejak adanya sistem *franchise* atau waralaba dari luar negeri (Hasanuddin, 2014). Usaha *laundry* kini mulai berkembang tidak hanya di kota-kota besar namun juga telah tersebar di pelosok desa. Kecamatan Tajurhalang yang terletak di Kabupaten Bogor menjadi salah satu daerah yang mengalami perkembangan dalam peningkatan jumlah usaha *laundry*. Berdasarkan hasil survei lapangan, terdapat sekitar 30 usaha *laundry* yang tersebar dalam 7 desa di Kecamatan Tajurhalang. Usaha *laundry* terbanyak dimiliki oleh Desa Sasak Panjang sebanyak 9 usaha, sedangkan usaha *laundry* paling sedikit dimiliki oleh Desa Nanggerang sebanyak 2 usaha.

Laundry "A" merupakan salah satu usaha yang terletak di Desa Sasak Panjang. *Laundry* "A" terletak di lokasi perumahan dan merupakan usaha *laundry* dengan kapasitas pencucian yang tergolong besar. Berdasarkan hasil wawancara penulis dengan pemilik usaha, *laundry* ini berdiri sejak tahun 2015 dan memiliki kapasitas pencucian sekitar 100-300 kg/hari dan menghasilkan sekitar 5000-6000 liter limbah per hari. *Laundry* "A" tidak memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sehingga limbah cair yang dihasilkan ini langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu dan dapat menjadi potensi pencemaran bagi perairan di sekitar kawasan Tajurhalang.

Limbah *laundry* mengandung deterjen, pewangi, pelembut, dan pemutih yang digunakan dalam pencucian. Limbah yang langsung dibuang ke perairan akan mengakibatkan pengaruh negatif terhadap kondisi fisika, kimia, dan biologi perairan baik secara langsung maupun tidak langsung. Selain itu, kandungan pencemar dalam limbah *laundry* yang terakumulasi di lingkungan sewaktu-waktu

dapat berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan pada makhluk hidup tidak terkecuali manusia.

Dampak negatif limbah *laundry* terhadap perairan dapat diketahui dengan melakukan indentifikasi terhadap karakteristik limbah yang dihasilkan dan pengujian toksisitas bahan pencemar bagi lingkungan. Identifikasi karakeristik limbah *laundry* memberikan informasi mengenai kandungan bahan pencemar yang dapat mengakibatkan kerusakan bagi lingkungan. Uji toksisitas akut digunakan untuk menetapkan potensi toksisitas limbah *laundry* yang dibuang ke perairan yang dapat menyebabkan kematian hewan uji dalam konsentrasi limbah tertentu yang dinyatakan dalam LC50. Ikan mas (*Cyprinus carpio*) digunakan sebagai hewan uji hayati karena sangat peka terhadap perubahan lingkungan dan merupakan ikan yang paling banyak diproduksi di Kecamatan Tajurhalang yaitu sebesar 529,31 ton selama tahun 2016 (Badan Pusat Statistik, 2017). Sehingga pengujian toksisitas pada *Cyprinus carpio* merupakan salah satu aspek peringatan awal (*early warning system*) mengenai potensi bahaya yang dapat ditimbulkan akibat pencemaran limbah *laundry* di lingkungan.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, potensi bahaya limbah cair *laundry* dapat diketahui dengan menguji karakteristik limbah berdasarkan PERMENLH RI No.5 Tahun 2014, dengan parameter BOD_5, COD, TSS, Minyak & Lemak, Fosfat (PO_4), Senyawa aktif biru metilen, dan pH. Kemudian pengujian toksisitas akut mengacu pada OECD (*Organization Economic Community Development*) 203 *Guidelines for Testing of Chemicals (Fish Acute Toxicity Test)*. Limbah yang diteliti berasal dari salah satu usaha *laundry* yang berada di daerah Tajur Halang, Bogor. Pembuangan limbah *laundry* dilakukan secara langsung ke drainase tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu, oleh karena itu rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

a. Berapa nilai toksisitas akut (*Lethal Concentration*/*LC50*) limbah *laundry* terhadap biota uji ikan mas (*Cyprinus carpio)*?

b. Bagaimana potensi bahaya limbah *laundry* bagi lingkungan berdasarkan ekokinetika bahan pencemar di lingkungan?

1.2. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

a. Menentukan nilai toksisitas akut *(Lethal Concentration/LC50)* limbah *laundry* terhadap biota uji *Cyprinus carpio*.
b. Menentukan potensi bahaya dari cemaran limbah *laundry* berdasarkan ekokinetika bahan pencemar di lingkungan.

1.2. Rencana Target Capaian

Kajian ini akan memiliki jenis luaran berupa jurnal. Produk hasil kajian ilmiah ini akan dipublikasikan di jurnal nasional (ber ISSN) berakreditasi Dikti. Tujuan dipublikasikannya hasil kajian ilmiah sebagai bentuk kontribusinya terhadap ilmu pengetahuan. Target capaian dari rencana kajian ini disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Rencana target capaian

No.	Jenis Luaran	Indikator Capaian
1	Publikasi ilmiah di jurnal nasional (ber ISSN)	Target: *Published*
2	Publikasi pada media masa (cetak/elektronik)	Tidak ada
3	Pemakalah dalam temu ilmiah	Tidak ada
4	Bahan ajar	Tidak ada
5	Luaran lainnya jika ada (Teknologi Tepat Guna, Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/Rekayasa Sosial)	Tidak ada

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian limbah cair

Pengertian limbah secara umum adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan. Berdasarkan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014, limbah cair atau disebut juga air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Pengertian lain menurut KEPMENKES RI No. 1204 Tahun 2004, limbah cair adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan.

Menurut Soeparman dan Soeparmin (2001), limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan. Sedangkan yang dimaksud dengan limbah cair industri adalah limbah cair yang sebagian besar terdiri dari buangan industri.

Dari beberapa defenisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa limbah cair merupakan semua air buangan baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik dan industri yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, dan radioaktif yang bebahaya bagi kesehatan.

2.1.1. Sumber Limbah Cair

Masuknya air limbah ke dalam air dapat menurunkan kualitas air tergantung beban pencemaran air limbah dan kemampuan air menerima beban tersebut. Karakteristik air limbah berbeda-beda sesuai dengan sumber limbah itu berasal. Secara umum air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik)
maupun industri. Berikut adalah klasifikasi air limbah berdasarkan PPRI No. 82 Tahun 2001 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air:

1. Air Limbah Rumah Tangga (Limbah Domestik)

Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting:

a. Tinja (*faeces*), berpotensi mengandung mikroba patogen.
b. Air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen dan Posfor, serta kemungkinan kecil mikroorganisme.
c. *Grey water*, merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Grey water* sering juga disebut dengan istilah *sullage*.

2. Air limbah industri

Berbeda dengan air limbah rumah tangga, zat-zat yang terkandung di dalam air limbah industri sangat bervariasi sesuai dengan pemakaiannya di masing-masing industri, oleh sebab itu, dampak yang diakibatkannya juga sangat bervariasi, bergantung kepada zat-zat yang terkandung didalamnya.

2.2. Laundry

Arti kata *laundry* dalam bahasa Indonesia adalah penatu, pakaian kotor, cucian. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, penatu yaitu usaha atau orang yang bergerak di bidang pencucian juga penyetrikaan pakaian. Dipandang dari konsep usaha, *laundry* adalah bagian dari kegiatan usaha untuk menggerakkan produk jasa. Jasa *laundry* merupakan salah satu contoh industri kecil rumah tangga yang menawarkan jasa cuci pakaian saja, setrika pakaian saja, cuci kering saja, sampai cuci kering setrika. Jasa *laundry* adalah suatu badan usaha yang menawarkan jasa dalam hal pencucian pakaian, dengan metode-metode khusus, usaha *laundry* kini berkembang dengan menawarkan berbagai pelayanan, fasilitas, dan manfaat dari pelayanan jasa *laundry* (Cornelia dkk., 2008).

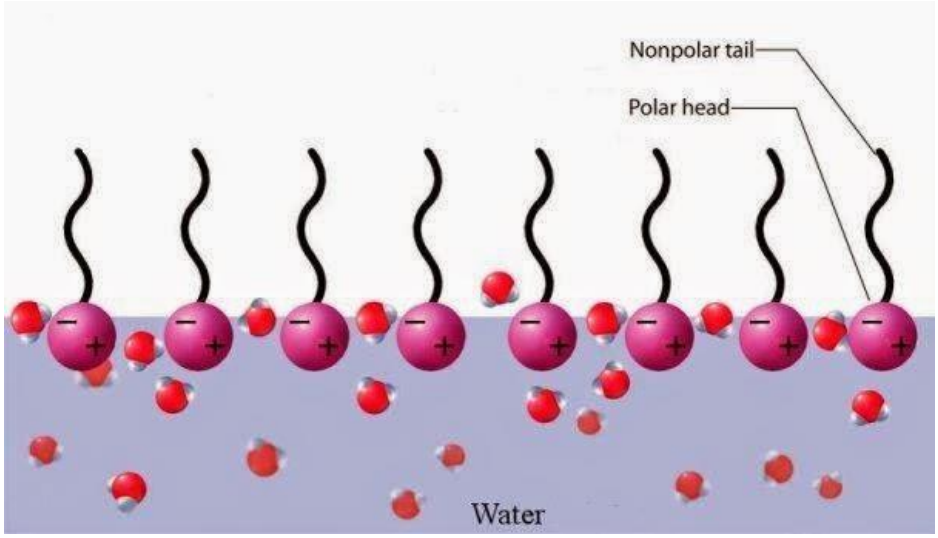
Seiring perkembangan zaman, jasa yang sesungguhnya hanya melakukan aktivitas mencuci rutin rumah tangga ini menjadi peluang usaha dengan sasaran masyarakat perkotaan yang memiliki aktivitas yang padat, mahasiswa, perhotelan, pabrik, dan sebagainya. Selain pakaian, kini usaha-usaha *laundry* menawarkan pencucian peralatan rumah tangga lain seperti karpet, selimut, sepatu, tas, *bedcover*, boneka, bantal, guling, helm, dsb. Hal ini makin memberikan kemudahan kepada konsumen karena pencucian di *laundry* dinilai cepat, mudah, dan efisien. Namun, dari segala keuntungan yang ditawarkan *laundry* terdapat masalah yang sampai saat

ini belum mendapat perhatian dari masyarakat bahkan pemerintah, yaitu timbulan limbah *laundry*. Jumlah usaha *laundry* yang terus meningkat dan tidak diimbangi dengan usaha pengendalian yang tepat menyebabkan peningkatkan jumlah limbah *laundry* yang berpotensi menyebabkan akumulasi pencemaran bagi lingkungan.

2.2.1. Air Limbah Hasil Kegiatan *Laundry*

Laundry merupakan proses kompleks dengan melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan air dan detergen untuk membersihkan kotoran yang melekat pada pakaian atau alat rumah tangga lainnya. Tahapan yang terjadi pada proses ini yaitu melepaskan kotoran yang melekat pada kain oleh larutan deterjen kemudian dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran agar kotoran tersebut tidak menempel kembali pada permukaan kain. Kemampuan membersihkan pakaian dalam kegiatan *laundry* sangat bergantung pada beberapa faktor, yaitu jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, komposisi deterjen, dan peralatan mencuci (Smulders, 2002). Diantara faktor tersebut deterjen memiliki peran yang paling penting dalam membersihkan kotoran.

Secara umum, komponen penyusun deterjen dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan, *builders*, *filler*, dan bahan aditif (Smulders, 2002). Surfaktan sebagai bahan penyusun utama deterjen dalam proses pencucian di industri *laundry* memiliki dua gugus molekul yang larut dalam air (hidrofilik) dan tidak larut dalam air (hidrofobik). Gugus ini juga bersifat polar dan nonpolar, ketika molekul surfaktan berada di dalam air, gugus hidrofiliknya berikatan kuat dengan molekul air (ikatan antar molekul polar), sedangkan gugus hirofobiknya (nonpolar) mempunyai kecenderungan untuk menjauh dari molekul air. Gugus hidrofilik surfaktan bergerak ke permukaan air dan berikatan dengan molekul udara, sehingga membuat tegangan permukaan air menurun sehingga dapat mengangkat kotoran yang ada (Hargreaves, 2003).



Gambar 2.1. Molekul Surfaktan
Sumber: Hargreaves, 2003

Pemakaian jenis surfaktan dan gugus pembentuknya menjadi salah satu penyebab timbulnya masalah akibat pemakaian deterjen. Surfaktan di dalam air menyebabkan timbulnya busa di atas permukaan air yang terus bertambah seiring banyaknya penggunaan deterjen. Fenomena ini juga dapat disebabkan oleh bentuk struktur surfaktan yang digunakan. Apabila struktur kimia surfaktan berbentuk rantai lurus, gugus surfaktan ini mudah diuraikan. Sedangkan jika strukturnya berupa rantai panjang, maka surfaktan ini akan sulit diuraikan. Selain itu, gugus pembentuk surfaktan ini juga akan mengalami hidrolisis yang menghasilkan ion fosfat (PO_4^{3-}). Fenomena ini akan memicu proses eutrofikasi pada perairan yang mengakibatkan tumbuhnya alga dan tanaman air lainnya secara liar.

Selain surfaktan, terdapat *builders* (penguat) yang berfungsi untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral-mineral yang terlatut, sehingga builders dapat meningkatkan efisiensi surfaktan. *Builders* juga membantu menciptakan keasaman yang tepat agar proses pembersihan dapat berjalan dengan baik serta membantu mendispersikan dan mensuspensikan kotoran yang telah lepas. Salah satu *builders* yang paling banyak digunakan dalam deterjen adalah fosfat. Fosfat memegang peranan penting dalam produk deterjen, yaitu sebagai *softener* (pelunak) air. Fosfat mampu menurunkan kesadahan air dengan mengikat ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) (Utami, 2010).

Bahan lain yang terkandung di dalam deterjen adalah *filler* (pengisi) yang merupakan bahan tambahan deterjen yang tidak memiliki kemampuan dalam meningkatkan daya cuci, melainkan menambah kuantitas atau dapat memadatkan dan memantapkan, contohnya sodium sulfat (Na_2SO_4). Bahan lain yang ditambahkan pada deterjen adalah aditif yang merupakan bahan tambahan, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna, yang tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. Aditif ini biasanya ditambahkan untuk komersialisasi produk (Utami, 2010).

2.2.2. Karakteristik Limbah *Laundry*

Air limbah yang dihasilkan pada kegiatan l*aundry* memiliki kandungan yang bervariasi. Hal ini disebabkan karena adanya variasi komposisi dan jumlah deterjen yang digunakan, kandungan kotoran, serta teknologi yang digunakan dalam pencucian. Pemutih, pelunak air, dan surfaktan merupakan bahan utama dalam deterjen yang digunakan pada industri *laundry*. Berikut penjabaran kandungan beberapa zat pencemar yang terdapat pada limbah *laundry*:

1. Surfaktan

   Surfaktan dalam deterjen merupakan bahan aktif permukaan yang bekerja dalam menurunkan tegangan permukaan air sehingga kotoran dapat terangkat. Molekul surfaktan pada batas antar fase udara air dapat mencegah perpindahan oksigen, pengaruh ini bertambah dengan bertambahnya panjang rantai alkil. Pada gugus alkil, jenis strukturnya banyak yang berbeda dan terdapat sejumlah informasi yang tersedia mengenai pengaruh jenis struktur ini terhadap biodegradasi (Utami, 2010). Pada umunya diketahui bahwa sifat kimia surfaktan sendiri bersifat racun bagi perairan, selain itu semakin panjang rantai alkil pada surfaktan mengakibatkan perpindahan oksigen dari udara ke perairan menjadi terhambat, sehingga oksigen terlarut dalam air turun, dan biota air pun mengalami kematian dan dapat mengganggu keseimbangan rantai makanan di perairan yang menyebabkan pencemaran air.

2. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

   Biological Oxygen Demand (BOD) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) yang diperlukan

oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf dan Edy, 2004). BOD juga diartikan sebagai jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji air limbah, efluen atau air yang tercemar (SNI 6989.72:2009). Jumlah oksigen bervariasi tergantung pada lamanya waktu dan suhu, maka pengujian BOD dapat dilakukan selama lima hari dengan suhu 20˚C. Nilai tersebut dinyatakan sebagai BOD_5 atau lima hari kebutuhan oksigen biologis (SNI 6989.72:2009).

Semakin tinggi nilai BOD menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecah bahan pencemar di perairan tersebut besar. Perairan yang mempunyai BOD tinggi umumnya akan menimbulkan bau tidak sedap, sebab apabila BOD tinggi berarti DO rendah menyebabkan penguraian senyawa organik akan berlangsung anaerob (tanpa oksigen). Proses anaerob akan menghasilka senyawa-senyawa NH_3, H_2S, CH_4 yang berbau tidak sedap yang dapat mengindikasikan kondisi perairan dalam keadaan tercemar.

3. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah ukuran bahan organik dalam air limbah dalam hal oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia (Lady, 2014 dalam Meiliasari, 2016). Pengukuran kadar COD pada air dapat dilakukan dengan melakukan refluks atau distilasi kondensasi uap antara sampel dengan agen oksidasi yang kuat dan menentukan besarnya zat pengoksidasi yang digunakan (SNI 6989.73:2009). Angka COD yang diperoleh merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik, dimana secara alami dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di air (Alaert dan Santika, 1987 dalam Meiliasari, 2016).

4. Fosfat

Fosfor terjadi secara alami dalam batuan dan mineral lainnya. Selama proses pelapukan alami, batuan secara bertahap melepaskan fosfor sebagai ion fosfat yang larut dalam air. Fosfat terdapat dalam tiga bentuk, yaitu ortofosfat,

metafosfat (polifosfat), dan fosfat organik. Keberadaan fosfat di alam memiliki peran yang sangat penting dan keberadaannya tidak dapat diperbaharui. Keberadaan fosfat di perairan memberikan manfaat bagi mikroorganisme air sebagai nutrisi dalam proses penguraian. Namun, jumlah fosfat yang cukup banyak di perairan dapat menyebabkan pengkayaan unsur hara (eutrofikasi) yang berlebihan (Devina dan Ali, 2003). Eutrofikasi akan mengakibatkan pesatnya pertumbuhan alga dan tanaman air lainnya yang merupakan makanan bakteri. Kemudian, badan air akan kekurangan oksigen akibat populasi bakteri yang berlebihan di perairan yang justru membahayakan kehidupan biota air dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, penyisihan fosfat dalam air limbah sebelum dibuang ke perairan perlu dilakukan untuk melindungi perairan dari eutrofikasi.

5. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak di dapat di dalam air limbah. Minyak dan lemak adalah bahan yang dapat terekstrak oleh n-heksana meliputi hidrokarbon, asam lemak terdiri dari minyak nabati dan minyak hewani (SNI 6989.10:2011). Minyak dan lemak termasuk senyawa organik yang relatif stabil dan sulit diuraikan oleh bakteri. Lemak dapat dirombak oleh senyawa asam yang menghasilkan asam lemak dan gliserin. Pada keadaan basa, gliserin akan dibebaskan dari asam lemak dan akan terbentuk garam basa (Manik, 2003).

Pada limbah *laundry*, minyak dan lemak berasal kotoran pakaian dan alat rumah tangga lainnya yang terangkat bersama dengan proses pencucian oleh surfaktan dalam deterjen. Karena berat jenisnya lebih kecil dari air maka minyak tersebut berbentuk lapisan tipis di permukaan air dan menutup permukaan yang mengakibatkan terbatasnya oksigen dan sinar matahari yang masuk dalam air. Pada sebagian lain minyak ini membentuk lumpur dan mengendap yang sulit diuraikan (Perdana, 2007). Akibatnya, aktivitas mikroba dalam proses penguraian anaerobik menjadi terganggu, sehingga rantai makanan dalam air menjadi tidak seimbang dan perairan pun menjadi tercemar.

6. *Total Suspended Solid* (TSS)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Selain mengandung padatan tersuspensi, air buangan juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid, misalnya protein (Fardiaz, 1992).

Pada limbah *laundr*y, TSS dapat dihasilkan akibat pengangkatan kotoran pada pakaian dan alat rumah tangga lainnya. Seperti halnya padatan terendap, konsentrasi TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis (Tarigan, 2003). Kadar TSS yang tinggi di perairan akan menyebabkan kesulitan biota air untuk hidup sehingga keseimbangan rantai makanan dapat terganggu.

2.3. Toksisitas

Toksisitas merupakan kemampuan suatu bahan yang dapat menyebabkan kerusakan organ-organ tertentu pada tubuh, baik pada bagian dalam maupun permukaan tubuh hewan. Uji toksisitas merupakan uji biota yang berguna untuk menentukan tingkat toksisitas dari suatu zat atau bahan pencemar dan digunakan untuk pemantauan rutin suatu limbah (Utami, 2010).

Toksikan atau bahan kimia asing (xenobiotik) dapat memasuki ekosistem perairan secara kebetulan atau dengan sengaja dibuang langsung ke lingkungan. Toksikan dapat membuat lingkungan perairan menjadi tidak layak bagi organisme (Tahir, 2012)

Toksisitas yang dimiliki oleh bahan buangan tergantung pada jenis hasil buangan dan jenis organisme yang terkena dampak. Jenis buangan yang mempunyai toksisitas tinggi dapat menyerang semua jenis organisme. Organisme

yang memiliki toleransi yang rendah terhadap jenis toksikan dapat memperihatkan pengaruh buruk jika mengalami keracunan dalam dosis rendah (Palar, 2012).

2.3.1. Toksisitas Akut

Organisme mengalami kontak dengan bahan kimia yang berupa pemaparan tunggal atau beberapa pemaparan. Toksisitas akut terjadi dalam jangka pendek, yang umunya dalam hitungan jam hingga hari. Kriteria paling umum digunakan pada ikan adalah kematian. Uji toksisitas dapat dilakukan dengan suatu jangka waktu pemaparan yang telah ditentukan untuk memperkirakan LC50 24 jam atau LC50 96 jam (Tahir, 2012).

LC50 (*Median Lethal Concentration*) adalah konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50% organisme uji yang dapat diestimasikan dengan grafik dan perhitungan, pada suatu pengamatan tertentu, misalnya LC50 48 jam, LC50 96 jam sampai waktu hidup hewan uji. Uji toksisitas diklasifikasikan sebagai berikut (Tahir, 2012):

1. Klasifikasi menurut waktu:
   a. Uji biota jangka pendek (*short term bioassay*)
   b. Uji biota jangka menengah (*intermediate bioassay*)
   c. Uji biota jangka panjang (*longterm bioassay*)
2. Klasifikasi menurut maksud dan tujuan penelitian:
   a. Pemantauan kualitas air limbah.
   b. Uji bahan atau satu jenis senyawa kimia.
   c. Penetuan toksisitas.
   d. Daya tahan dan pertumbuhan organisme uji.
3. Uji biota yang diklasifikasikan menurut metode penambahan larutan atau cara aliran larutan, yang terbagi menjadi tiga macam cara menurut OECD 203, antara lain:
   a. *Static Test*, adalah metode uji yang selama pengujian berlangsung tidak dilakukan penggantian larutan maupun pemindahan organisme uji.
   b. *Renewal Test*, adalah suatu metode uji yang organismenya dipaparkan ke dalam larutan uji dalam komposisi yang sama secara periodik

berulang selama uji berlangsung (dengan interval waktu pengulangan setiap 24 jam). Hal ini dilakukan dengan memindahkan organisme atau replikasi larutan serta melakukan penggantian larutan uji.

c. *Flow Through Test*, adalah suatu metode uji yang larutan ujinya diganti (mengalir) secara kontinyu selama masa pengujian berlangsung.

2.3.2. Toksisitas Subkronik

Toksisitas subkronik adalah pemaparan toksikan berdurasi sedang (satu hingga beberapa bulan) yang dilakukan pada periode kurang dari satu siklus pada organisme uji. Toksisitas subkronik pada toksikologi perairan digunakan sebagai uji stadia awal, uji telur larva, uji embrio larva atau uji stadia usia kritis. Tujuan dari uji toksisitas subkronik ialah untuk mengevaluasi dan menggolongkan segala efek senyawa apabila senyawa itu diberikan kepada hewan uji secara berulang-ulang (Tahir, 2012).

2.3.3. Toksisitas Kronik

Toksisitas kronik terjadi ketika oganisme yang terpapar pada konsentrasi rendah dari suatu bahan kimia terjadi berupa kontak yang terus menerus atau secara berkala dalam suatu periode waktu yang panjang. Uji toksisitas kronik dilakukan untuk mengevaluasi efek buruk dan bahaya dari bahan kimia. Uji toksisitas kronik dilakukan dalam kondisi uji jangka panjang dengan menggunakan konsentrasi subletal (Tahir, 2012).

2.3.4. Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Sebagai Organisme Uji

Ikan mas merupakan salah satu ikan yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Bentuk tubuh ikan mas agak memanjang dan memipih tegak (*compressed*). Mulutnya terletak di ujung tengah (terminal) dan dapat disembulkan (proktail). Bagian ujung mulut memiliki dua pasang sungut. Di ujung dalam mulut terdapat gigi kerongkongan (*pharyngeal teeth*) yang tersusun dari tiga baris gigi geraham. Secara umum, hampir seluruh tubuh ikan mas ditutupi sisik, kecuali beberapa varietas yang memiliki sedikt sisik. Sisik ikan mas yang berukuran

relative besar digolongkan ke dalam sisik tipe lingkaran (sikloid) (Khairuman dkk, 2002).

Klasifikasi ikan mas (*Cyprinus carpio*) menurut Linnaeus (1758) dalam Khairuman dkk. (2002):

Gambar 2.2. Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) sebagai Biota Uji

Sumber: Dokumentasi penulis

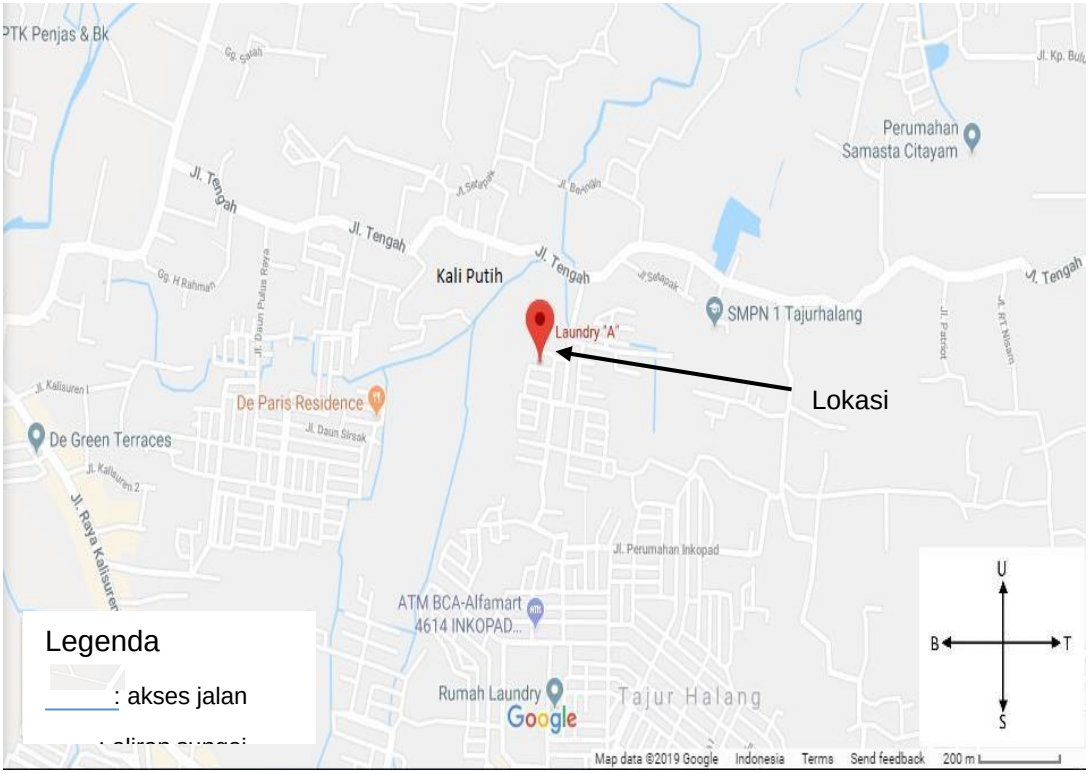
Phylum	: Chordata
Class	: Osteichthyes
Order	: Cypriniformes
Family	: Cyprinidae
Genus	: *Cyprinus*
Spesies	: *Cyprinus carpio*

Ikan mas menyukai tempat hidup (habitat) di perairan tawar yang tidak terlalu dalam dan alirannya tidak terlalu deras, misalnya di pinggiran sungai atau danau. Ikan ini dapat hidup baik di ketinggian 150-600 m di atas permukaan laut pada suhu 25-20˚C. Ikan mas juga ditemukan di perairan payau atau muara sungai. Suhu optimum untuk benih ikan mas berkisar antara 20˚C hingga 30˚C dan pH air antara 6 sampai 9. Kadar oksigen yang diperlukan ikan mas untuk kelangsungan hidupnya yaitu antara 4 hingga 5 ppm, walaupun ikan ini masih tahan hidup pada kadar oksigen 1 hingga 2 ppm. Penyebaran ikan mas meliputi berbagai negara diantaranya adalah Cina, Belanda dan Afrika (Khairuman dkk., 2002).

BAB 3. METODOLOGI

3.1.Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada usaha *Laundry* "A" di Kecamatan Tajurhalang, Kabupaten Bogor. Pengujian sampel limbah *laundry* dilakukan di laboratorium lingkungan PT Sky Pacific Indonesia yang berlangsung pada Oktober 2020 s.d. Desember 2020.



3.2. Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam penyusunan laporan adalah semua data yang diperoleh seperti data primer, data sekunder, dan data lainnya yang diperlukan.

3.2.1 Jenis Data

a. Data Primer

Pengumpulan data primer diperoleh dari hasil uji karakteristik air limbah *laundry*, pengujian toksisitas akut (LC50) limbah *laundry* terhadap biota uji ikan mas *(Cyprinus carpio)*, dan pengamatan langsung di lapangan.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari studi literatur dari pihak pengelola usaha *laundry*, penelitian terdahulu, dan jurnal dengan tema penelitian yang sejenis.

c. Variabel Penelitian

Pada pengujian toksisitas akut (LC50) secara eksperimen yang memiliki variabel independen, variabel dependen, dan variable kontrol. Variabel independen/terikat adalah konsentrasi limbah *laundry* sedangkan variabel dependen/bebas adalah persentase mortalitas ikan mas. Variabel kontrol yang digunakan adalah blanko pengujian LC50 dengan kontrol air sebagai media hidup ikan mas.

3.2.2. Sumber Data

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan pengamatan langsung ke lokasi usaha *laundry* "A" di Kecamatan Tajurhalang. Observasi meliputi pengumpulan data-data penunjang berupa tahun pendirian usaha, waktu bekerja, kapasitas pencucian dalam sehari, jenis-jenis deterjen dan bahan-bahan yang digunakan dalam proses *laundry*.

Observasi juga dilakukan dengan pengamatan langsung saluran pembuangan limbah *laundry* dan aliran drainase sebagai badan air penerima hingga pergerakannya di lingkungan.

2. Pengambilan Data

Pengambilan data diawali dengan melakukan pengambilan sampel limbah *laundry* dari 3 titik pengambilan yaitu dari outlet limbah sebelum masuk ke badan air, perairan penerima sebelum limbah *laundry* masuk ke badan air, dan perairan penerima setelah limbah *laundry* masuk ke badan air. Ketiga sampel limbah dilakukan pengujian karakteristik dengan parameter pH, BOD_5, COD, TSS, Minyak & Lemak, Fosfat, dan Senyawa Aktif Biru Metilen berdasarkan PERMEN LH No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Pengujian toksisitas akut (LC50) limbah *laundry* terhadap biota uji ikan mas (*Cyprinus carpio*) dilakukan dengan tahapan pengujian yaitu uji aklimatisasi, uji pendahuluan untuk penentuan rentang pengujian (*Finding Range Test*), dan pengujian toksisitas (*Test Definitive*). Analisis data dilakukan dengan analisa probit menggunakan software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) untuk mengetahui konsentrasi dari dosis-respon kandungan pencemar dalam limbah laundry terhadap kematian biota uji ikan mas selama 96 jam.

3. Studi Literatur

Mencari referensi dan literatur yang terkait dengan kegiatan yang akan menjadi data pelengkap dan pembanding dengan data yang ada. Studi literatur diperoleh dari penelitian terdahulu atau jurnal. Hasil yang diperoleh dari studi literatur berupa data yang sifatnya sekunder.

4. Dokumentasi

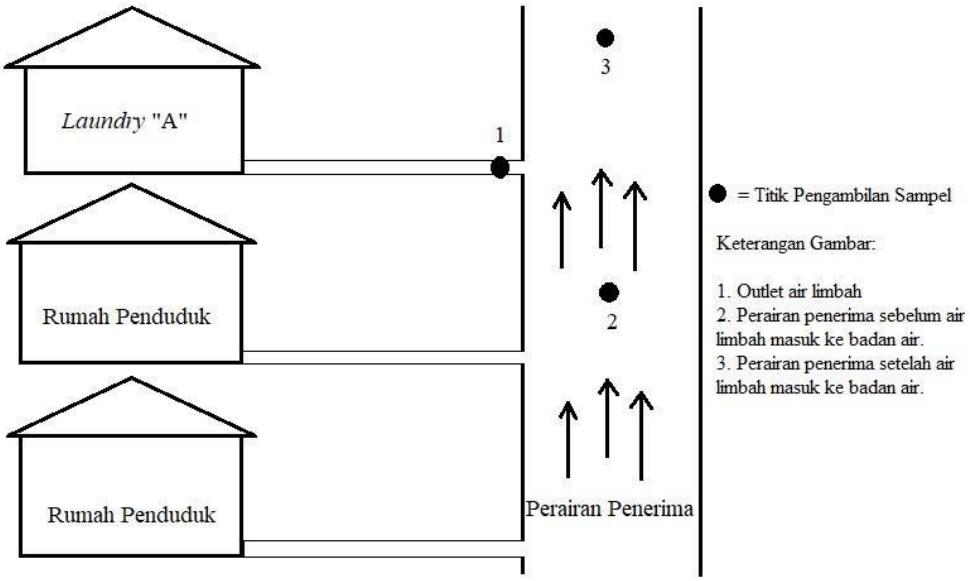
Dokumentasi yaitu dokumen-dokumen yang berasal dari usaha *laundry* di Kecamaran Tajurhalang, data-data analisa di laboratorium, dan yang berhubungan dengan penelitian seperti foto-foto maupun data lainnya.

3.3. Metoda Analisis

3.3.1. Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini pengambilan sampel dengan cara sebagai berikut:

3.3.1.1. Usaha *laundry* ini tergolong sebagai industri yang belum memiliki IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sehingga pengambilan sampel berdasarkan SNI 6989.59:2008 mengenai metode pengambilan sampel air limbah, yaitu apabila air limbah industri dengan proses kontinyu berasal dari satu saluran pembuangan yang tidak memiliki bak ekualisasi dan kualitas air limbah tidak berfluktuasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah dengan cara sesaat (*grab sampling*). Lokasi titik sampling ditunjukkan pada **Gambar 3.4.**



Gambar 3.4. Lokasi Titik Pengambilan Sampel Limbah *Laundry*

3.3.1.2. Jarak pengambilan sampel sebelum limbah masuk ke perairan (titik nomor 2 pada gambar 3.4) sekitar ± 5 m, jarak ini ditentukan dengan melihat aliran air limbah tidak mengenai titik lokasi ini. Untuk lokasi pengambilan air sampel setelah limbah masuk ke perairan (titik nomor 3 pada gambar 3.4) yaitu ± 300 m, jarak ini ditentukan berdasarkan uji homogenitas air sungai untuk mengetahui kesempurnaan pencampuran limbah di badan air penerima. Uji homogenitas dilakukan dengan cara mengambil sampel sepanjang lebar sungai, yaitu sisi kanan, kiri, dan tengah sungai. Parameter yang diuji antara lain suhu, pH, DO dan DHL (Daya Hantar Listrik). Apabila hasil pengujian parameter tersebut tidak beda nyata, yang artinya memenuhi syarat keberterimaan pada **Tabel 3.1**, maka pencampuran telah sempurna dan sampel dapat diambil di titik tersebut (Anwar Hadi, 2015).

Tabel 3.1. Batas Keberterimaan Homogenitas Air Sungai

Parameter	DHL (µS/cm)	pH	Suhu (ºC)	DO (mg/L)
Syarat	± 5%	± 0,1	± 0,2	± 10%

Sumber: Pengambilan Sampel Lingkungan (Anwar Hadi, 2015)

3.3.2. Pengujian di Laboratorium

3.3.2.1. Uji karakteristik air limbah mengacu pada PERMEN LH No. 5 tahun 2014, dengan parameter pengujian sebagai berikut:

3.3.2.1.1. *Biological Oxygen Demand* (BOD_5)

Sejumlah contoh uji ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah larutan nutrisi dan bibit mikroba, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu 20 °C ± 1 °C selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut 0 (nol) hari dan 5 (lima) hari. Bahan kontrol standar dalam uji BOD ini, digunakan larutan glukosa-asam glutamat (SNI 6989.72:2009).

3.3.2.1.2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Senyawa organik dan anorganik, terutama organik, dalam contoh uji dioksidasi oleh $Cr_2O_7^{2-}$ dalam refluks tertutup selama 2 jam menghasilkan Cr^{3+}. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) menggunakan indikator ferroin. Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) (SNI 6989.73:2009).

3.3.2.1.3. *Total Suspended Solid* (TSS)

Sampel yang telah dikocok dengan merata disaring melalui filter serat gelas standar yang telah ditimbang sebelumnya lalu residu yang tersisa dikeringkan pada suhu 103°-105°C hingga bobot tetap. Kenaikan bobot dari filter tersebut merepresentasikan padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) (APHA SM 2540 D-2012).

3.3.2.1.4. Minyak dan Lemak

Contoh uji air yang diasamkan pH lebih kecil dari 2 diekstraksi dengan n-heksana dalam corong pisah dan untuk menghilangkan air yang masih tersisa digunakan natrium sulfat anhidrat. Ekstrak minyak nabati dan minyak mineral dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. Residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak atau jumlah minyak nabati dan mineral (SNI 6989.10:2011).

3.3.2.1.5. Fosfat (PO_4)

Dalam suasana asam, amonium molibdat dan kalium antimonil tartrat bereaksi dengan ortofosfat membetuk senyawa asam fosfomolibdat kemudian direduksi oleh asam askorbat menjadi kompleks biru molibden (SNI 06-6989.31-2005).

3.3.2.1.6. Senyawa Aktif Biru Metilen

Surfaktan anionik bereaksi dengan biru metilen membentuk pasangan ion berwarna biru yang larut dalam pelarut organik. Intensitas warna biru yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm. Serapan yang terukur setara dengan kadar surfaktan anionik (SNI 06-6989.51-2005).

3.3.2.1.7. pH

Metode pengukuran pH berdasarkan pengukuran aktifitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri dengan menggunakan pH meter. Pengukuran pH atau derajat keasaman dilakukan dengan menggunakan alat pH meter dengan diawali kalibrasi alat terhadap standar buffer pH 4, 7, dan 10. Pengukuran pH sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu larutan, karena perubahan suhu akan berpengaruh pada aktifitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri (SNI 06-6989.11:2004).

3.3.2.2. Uji toksisitas akut (LC50) terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio*) mengacu pada OECD 203, dengan pengujian sebagai berikut:

3.3.2.2.1. Pemilihan Biota Uji

Persyaratan utama yaitu ikan yang mudah diperoleh, tersedia sepanjang tahun, dapat dibudidayakan, dan dalam kondisi sehat. Untuk ikan mas (*Cyprinus carpio*) seperti yang tertera di tabel OECD halaman 6 mengenai spesies ikan yang direkomendasikan untuk pengujian sendiri dapat berupa famili *Teleostei*, *Cyprinidae*, *Linnaeus* atau golongan suku ikan-ikan karper umum lainnya. Ikan mas berukuran 3,0 ± 1 cm dengan kisaran umur adalah ± 25 hari dan suhu pengujian pada 20°C - 24°C.

3.3.2.2.2. Kontrol Air

Air yang digunakan sebagai kultur media hidup ikan dapat berasal dari air alamiah ataupun air buatan. Air harus memenuhi persyaratan yaitu kadar kesadahan total $CaCO_3$ antara dibawah 10 mg/L–250 mg/L; pH air 6,0-8,5; suhu air antara 20°C-24°C ± 2°C; dilakukan proses deklorinasi pada air minimal 24 jam sebelum digunakan agar kotoran dan residu-residu garam klor terendapkan dan bagian atas air yang dapat digunakan sebagai media hidup ikan. Air suling dapat digunakan dapat digunakan apabila memiliki daya hantar listrik (DHL) ≤ 10 µS/cm.

3.3.2.2.3. Uji Aklimatisasi

Aklimatisasi hewan uji dilakukan untuk mengkondisikannya pada kultur media air tanah yang dijadikan sebagai kontrol atau memberikan waktu bagi hewan uji beradaptasi dengan lingkungan yang baru dan juga untuk melihat kondisi kesehatan hewan uji. Penggantian kultur media dilakukan apabila kondisinya sudah terlalu keruh. Selama aklimatisasi hewan uji diberi pakan pelet ataupun cacing kering.

Ikan setidaknya sudah berada di laboratorium 12 hari sebelum pengujian, ikan ditempatkan pada air yang telah memenuhi kualitas sebagai air untuk pengujian selama 7 hari sebelum pengujian dan diberi makan 3 kali seminggu atau setiap hari hingga 24 jam sebelum pengujian di mulai. Ikan harus terkena cahaya selama 12-16 jam per hari, dan konsentrasi oksigen setidaknya 80% dari nilai saturasi oksigen.

3.3.2.2.4. Pengujian Toksisitas (*Test Definitive*)

Setelah diketahui rentang pengujian, dibuat konsentrasi limbah sesuai rentang yang telah ditentukan berdasarkan faktor geometrik 2 yaitu (0% sebagai kontrol; 0,125%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 2%). Kemudian sebanyak 7 ekor ikan diletakkan pada masing-masing akuarium yang total berisi 1 liter konsentrasi pengujian. Pengujian menggunakan metode statis (air tidak mengalir) dan tidak dilakukan penggantian air selama pengujian.

Pengujian dilakukan secara duplo untuk faktor perbandingan. Pengukuran suhu, pH dan DO dilakukan setiap hari selama pengujian selama 96 jam. Kontrol media air dilakukan dengan cara menguji kesadahan total $CaCO_3$. Selama pengujian ikan tidak diberi pakan, ikan harus terkena cahaya selama 12-16 jam per hari, dan konsentrasi oksigen setidaknya 60% dari nilai saturasi oksigen. Aerasi dapat dilakukan apabila tidak mempengaruhi kondisi toksikan. Amati perubahan perilaku ikan selama masa pengujian.

3.3.2.2.5. Respon Tingkah Laku Ikan

Respon tingkah laku ikan muncul dari proses penyesuaian diri organisme terhadap perubahan lingkungan. Perubahan harus dihadapi oleh organisme untuk dapat bertahan hidup, respon yang diberikan akan bermacam-macam tergantung pada kondisi perubahan lingkungan yang dihadapi. Perubahan lingkungan yang dimaksud adalah perubahan air sebagai media hidup ikan setelah ditambahkan limbah *laundry*.

Respon yang terjadi dalam tubuh organisme akuatik sehubungan dengan adanya perubahan lingkungan dapat berupa respon biokimia, respon struktur sel, respon fisiologis, dan tingkah laku. Perubahan perilaku ikan diantaranya yaitu ikan dapat saja menjadi gelisah dan berenang cepat dan tidak teratur, ikan melompat-lompat untuk keluar dari akuarium, ikan dapat berenang lemas dan mencari udara di permukaan akuarium, hingga ikan lemas dan mati mengambang di permukaan akuarium, dan sebagainya. Dihitung jumlah kematian ikan dalam rentang waktu 2 jam, 24 jam, 48 jam, hingga 96 jam. Ikan yang mati dapat disisihkan dari akuarium uji setelah pengamatan dilakukan.

3.3.3. Analisis Data

3.3.3.1. Penentuan Kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD_5)

Kadar BOD dalam sampel dihitung berdasarkan selisih antara nilai DO (oksigen terlarut) 0 hari dan nilai DO 5 hari setelah inkubasi selama 5 hari pada suhu 20 °C ± 1 °C. Pengukuran DO dilakukan dengan menggunakan alat DO meter dalam satuan (mg/L O_2) dengan perhitungan kadar BOD sebagai berikut:

$$BOD_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{(B_1 - B_2)}{V_B}\right) V_C}{P}$$

Keterangan:

a) BOD_5 : Nilai BOD 5 hari contoh uji (mg/L);

b) A_1 : Kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0hari) (mg/L);

c) A_2 : Kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L);

d) B_1 : Kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

e) B_2 : Kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L);

f) V_B : Volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko;

g) V_c : Volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL);

h) P : Perbandingan volume contoh uji (V_1) per volume total (V_2).

CATATAN Bila contoh uji tidak ditambah bibit mikroba $V_B = 0$.

3.3.3.2. Penentuan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Nilai COD dinyatakan dalam mg/L O_2 dengan perhitungan pengujian sebagai:

3.3.3.2.1. Penentuan Molaritas Ferro Ammonium Sulfat (FAS) sebagai penitar,

$$\text{M FAS} = \frac{\text{Volume } 0{,}1\text{N } K_2Cr_2O_7 \text{ (mL)}}{\text{Volume Penitar FAS (mL)}} \times \text{Normalitas Digestion Solution}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laundry “A” mulai beroperasi sejak tahun 2015. Usaha ini melakukan pencucian terhadap pakaian dan alat-alat rumah tangga lain seperti karpet, selimut, *bedcover*, boneka, bantal, guling, tas, dsb. *Laundry* “A” memiliki 3 buah mesin cuci disertai mesin pengering dengan kapasitas masing-masing 7 kg, serta 1 buah mesin pengering pakaian sebagai cadangan. Massa pencucian dalam sehari berkisar antara 100-300 kg untuk semua jenis bahan. Frekuensi pencucian dalam sehari berkisar antara 5-7 kali dengan jumlah limbah yang dihasilkan ± 5000 Liter. *Laundry* “A” belum memiliki instalasi pengolahan limbah sehingga limbah pencucian langsung dibuang ke badan air.

Teknik pencucian pada *laundry* “A” tidak seluruhnya menggunakan mesin cuci, namun untuk karpet, boneka, *bedcover* yang memiliki ukuran yang besar akan dicuci dengan sistem penyemprotan dengan air bertekanan menggunakan campuran detergen dan pemutih. Selain itu, detergen dan pewangi yang digunakan untuk pencucian adalah detergen kemasan yang tidak diketahui komposisi bahan serta takaran maksimal penggunaan detergen sehingga sulit diidentifikasi bahaya senyawa-senyawa penyusunnya apabila terpapar ke lingkungan. **Gambar 4.1** menunjukkan detergen dan pewangi yang digunakan dalam pencucian di *laundry* “A”.

4.1. Karakteristik Limbah *Laundry*

Karakteristik limbah *laundry* "A" dianalisa di laboratorium kimia PT Sky Pacific Indonesia, Bogor. Berikut **Tabel 4.1** menunjukkan karakteristik limbah *laundry* "A" yang dibandingkan dengan Baku Mutu Lingkungan pada PERMENLH RI No. 05 Tahun 2014.

Tabel 4.1. Karakteristik Limbah *Laundry* "A"

No.	Parameter	Satuan	Hasil Limbah *Laundry* "A"	Baku Mutu (Gol.I)	Metode
1	BOD_5	mg/L	876,00	50	SNI 6989.72:2009
2	COD	mg/L	2137,63	100	SNI 6989.73:2009
3	TSS	mg/L	278,25	200	APHA SM 2540 D-2012
4	Minyak dan Lemak	mg/L	1,54	10	SNI 6989.10-2011
5	* Fosfat (PO_4)	mg/L	0,108	2*	SNI 06-6989.31-2005
6	Surfaktan Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	183,10	5	SNI 06-6989.51-2005
7	pH	-	9,18	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
Seluruh Parameter Baku Mutu Golongan I mengacu pada PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII, kecuali PO_4 (*) Mengacu pada PERMEN LH RI 5/2014 Lampiran X.					

Berdasarkan hasil analisa diperoleh kandungan surfaktan melebihi nilai baku mutu lingkungan yaitu 183,10 mg/L. Jenis surfaktan yang dianalisa menurut metode adalah anionik surfaktan. Hasil pengujian menunjukkan kandungan terbesar dalam limbah *laundry* adalah detergen. Hal ini berbanding lurus dengan pH limbah yang melebihi rentang baku mutu, yaitu sebesar 9,18 (basa) yang merupakan sifat dari surfaktan. Selain itu, diperoleh nilai TSS yang melewati baku mutu sebesar 278,25 mg/L, TSS tersebut diperkirakan berasal dari kotoran yang terangkat dari hasil pencucian. Nilai surfaktan dan TSS yang tinggi dapat menyebabkan

peningkatan kadar COD sebesar 2137,63 mg/L dan BOD_5 sebesar 876 mg/L yang melebihi nilai baku mutu lingkungan. Besarnya kadar COD dan BOD_5 dalam limbah akan menyebabkan turunnya nilai oksigen terlarut (DO) (Effendi, 2003). Parameter minyak dan lemak dan fosfat masih dalam batas aman baku mutu, namun secara keseluruhan polutan dari limbah yang terpapar dalam air akan terakumulasi dan berpotensi menyebabkan kerusakan pada ekosistem air.

Pengujian parameter lingkungan juga dilakukan di dua titik badan air penerima yaitu perairan sebelum *laundry* "A" dan perairan setelah *laundry* "A". Pengujian dimaksudkan untuk melihat kualitas perairan sebelum limbah memasuki badan air dan setelah air limbah masuk ke badan air. Uji homogenitas dilakukan terhadap air sungai setelah *laundry* sebelum sampling dilakukan, dengan menguji parameter suhu, pH, DO, dan DHL (Daya Hantar Listrik) yang dibandingkan dengan syarat homogenitas air sungai (Anwar Hadi, 2015). Berikut **Tabel 4.2** menunjukkan hasil uji homogenitas air sungai setelah *laundry* "A".

Tabel 4.2. Hasil Uji Homogenitas Air Sungai Setelah Limbah *Laundry* "A"

No	Parameter	Hasil			%RSD	Syarat	Kesimpulan
		Kiri Sungai	Tengah Sungai	Kanan Sungai			
1	DHL (µS/cm)	425	410	433	2,76	± 5%	Diterima
2	pH	7,92	7,92	7,91	0,07	± 0,1	Diterima
3	Suhu (ºC)	28,3	28,4	28,4	0,20	± 0,2	Diterima
4	DO (mg/L)	4,20	4,26	4,26	0,82	± 10%	Diterima

Uji homogenitas air sungai dengan jarak ± 300 m setelah outlet *laundry* "A" dinyatakan %RSD (*Relative Standard Deviation*) untuk seluruh parameter memenuhi persyaratan sehingga air sungai dikatakan homogen dan dapat dilakukan sampling di titik ini. Pemilihan parameter uji menyesuaikan dengan pengujian karakteristik limbah *laundry* sesuai PERMEN LH RI 5 Tahun 2014, kemudian hasil pengujian air sungai sebelum dan setelah limbah *laundry* dibandingkan dengan nilai

baku mutu air permukaan kelas II menurut PPRI No. 82 Tahun 2001. Berikut hasil pengujian sampel air sungai ditampilkan dalam **Tabel 4.3.**

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sampel Air Sungai Sebelum dan Setelah *Laundry* "A"

No.	Parameter	Satuan	Hasil		Baku Mutu Lingkugan	Metode
			Perairan Sebelum *Laundry*	Perairan Setelah *Laundry*		
1	BOD_5	mg/L	17,88	182,40	3	SNI 6989.72:2009
2	COD	mg/L	50,67	481,36	25	SNI 6989.73:2009
3	TSS	mg/L	58,90	114,10	50	APHA SM 2540 D-2012
4	Minyak dan Lemak	mg/L	< 0,92	< 0,92	1	SNI 6989.10-2011
5	Fosfat (PO_4)	mg/L	0,070	0,082	0,2	SNI 06-6989.31-2005
6	Surfaktan Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1,21	10,60	0,2	SNI 06-6989.51-2005
7	pH	-	6,70	8,05	6-9	SNI 06-6989.11-2004
Baku Mutu Lingkungan mengacu ke PPRI No. 82 Tahun 2001, baku mutu air kelas II						

Berdasarkan hasil pengujian air sungai sebelum *laundry* diperoleh kadar surfaktan sebesar 1,21 mg/L, BOD5 sebesar 17,88 mg/L, COD sebesar 50,67 mg/L, dan TSS sebesar 58,90 mg/L, hasil tersebut melebihi nilai baku mutu air permukaan. Hal ini dapat terjadi akibat sungai terpapar limbah domestik yang berasal dari drainase perumahan di sekitar Desa Sasak Panjang. Hasil pengujian air sungai setelah *laundry* menunjukkan terjadi peningkatan kadar surfaktan sebesar 88,6%, kadar BOD_5 meningkat sebesar 90,2%, kadar COD meningkat sebesar 89,5%, kadar TSS meningkat sebesar 48,4% jika dibandingkan dengan kadar hasil analisa air sungai sebelum *laundry*. Kadar fosfat dan minyak lemak masih berada

pada nilai aman di bawah baku mutu baik pada air sungai sebelum maupun setelah *laundry*. Namun, terjadi peningkatan kadar fosfat sebesar 14,6% dan terjadi peningkatan nilai pH dari 6,07 menjadi 8,05 namun hasil ini masih memenuhi nilai rentang baku mutu air permukaan.

Besarnya peningkatan pada parameter surfaktan, TSS, BOD_5, COD, dan pH berbanding lurus dengan besarnya konsentrasi parameter pada pengujian air limbah *laundry* "A". Konsentrasi surfaktan yang terakumulasi dari limbah domestik sebelum *laundry* semakin meningkat setelah limbah *laundry* dengan kandungan surfaktan yang tinggi tercampur di air sungai. Peningkatan kadar surfaktan menyebabkan partikel-partikel yang berasal dari kotoran pencucian terbawa bersama limbah *laundry* dan ikut terakumulasi bersama jenis partikel lain yang terdapat pada air sungai, hal ini mengakibatkan air sungai menjadi keruh dan pertukaran oksigen terganggu, sehingga nilai COD dan BOD_5 meningkat seiring kebutuhan oksigen dalam air semakin besar untuk mengurai senyawa tersebut. Peningkatan nilai surfaktan berbanding lurus dengan peningkatan nilai TSS dan COD, ketiga parameter tersebut dianggap mewakili kondisi limbah *laundry* (Esmiralda dkk., 2012).

Pembuangan limbah *laundry* "A" tidak menyebabkan peningkatan kadar fosfat pada air sungai, kemungkinan jenis surfaktan yang digunakan tidak mengandung fosfat yang tinggi sebagai *softener* (pelunak) kesadahan atau struktur surfaktan berantai lurus yang dalam hidrolisisnya tidak menghasilkan ion fosfat (PO_4^{3-}). Konsentrasi minyak dan lemak tidak terdeteksi dalam pengujian, pada pengamatan kondisi air sungai saat disampling tidak terlihat lapisan minyak yang biasanya terdapat di permukaan air, namun kemungkinan kadar minyak dan lemak yang kecil ini dapat terdeteksi apabila menggunakan metode pengujian lain selain gravimetri. Berikut **Gambar 4.2.** menunjukkan perubahan air sungai yang dilihat secara fisik yaitu warna air sungai sebelum limbah *laundry* dibuang dalam kondisi tidak terlalu keruh, setelah limbah *laundry* dibuang ke sungai warna air berubah menjadi agak putih dan keruh yang mengindikasikan terjadi peningkatan kadar TSS dan parameter lain di air sungai.

(a) (b)

Gambar 4.2. Kondisi Perairan Sebelum *Laundry* (a) dan Perairan Setelah *Laundry* (b)

Sumber: Dokumentasi penulis

4.2. Uji Toksisitas Akut (LC50)

Pengujian toksisitas akut (LC50) terhadap limbah *laundry* "A" digunakan untuk menetapkan potensi toksisitas limbah *laundry* yang dibuang ke sungai yang dapat menyebabkan kematian hewan uji dalam konsentrasi limbah tertentu. Rangkaian pengujian LC50 ini mengacu pada metode OECD 203 yaitu Pedoman Pengujian Bahan Kimia (Uji Toksisitas Akut pada Ikan). Berikut ini merupakan hasil dari rangkaian uji toksisitas akut (LC50) limbah *laundry* "A".

4.2.1. Organisme Uji dan Kontrol Air

Tabel 4.4. Identifikasi Organisme Uji LC50

Nama organisme	*Cyprinus carpio*
Sumber	Pasar Parung, Bogor
Ukuran	Panjang: 3 ± 1 cm
Perlakuan	Ikan tiba di laboratorium tanggal 12 Februari 2019

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa biota uji yang digunakan dalam pengujian LC50 adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang diperoleh dari Pasar Parung, Bogor. Ikan yang digunakan berukuran panjang 3±1 cm dengan kisaran umur ± 25 hari. Saat pembelian ikan ditempatkan pada wadah plastik beroksigen, kemudian saat

sampai di laboratorium ikan segera dipindahkan ke akuarium untuk dilakukan uji aklimatisasi dengan menggunakan air yang telah dikondisikan untuk memenuhi persyaratan air untuk media hidup ikan mas, seperti ditampilkan pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5. Kontrol Air Pengujian LC50

Parameter	Hasil	Syarat*
DO	8,40	-
pH	7,67	6,0 – 8,5
Suhu	24,3°C	20°C - 24°C ± 2°C
TDS	42,6 mg/L	-
DHL	92 µS/cm	-
Alkalinitas	221,28 mg/L	-
Kesadahan	1,92 mg/L	< 10 hingga 250 mg/L
*Mengacu ke OECD 203		

Air yang digunakan sebagai media hidup ikan digunakan juga sebagai air pengencer dalam pengujian LC50. Air pengencer yang digunakan memenuhi 3 persyaratan utama dalam OECD 203 yaitu pH sebesar 7,67, suhu 24,3°C yang dijaga pada rentang 20°C - 24°C, dan kesadahan total ($CaCO_3$) sebesar 1,92 mg/L yang harus berada pada rentang < 10 hingga 250 mg/L.

4.2.2. Aklimatisasi

Uji aklimatisasi bertujuan memberikan waktu bagi hewan uji beradaptasi dengan lingkungan yang baru dan juga untuk melihat kondisi kesehatan hewan uji. Uji aklimatisasi dilakukan selama 7 hari dimulai pada pada 16 Februari sampai 22 Februari 2019, hal ini berdasarkan persyaratan dari OECD 203 apabila jumlah kematian ikan selama 48 jam berkisar antara 5-10% dari jumlah awal maka aklimatisasi dilakukan ± 7 hari. Pada uji aklimatisasi ikan ditempatkan pada satu akuarium besar dan diberi oksigen dan diberi pakan pelet atau cacing kering satu hari sekali. Berikut **Tabel 4.6** menunjukkan data uji aklimatisasi.

Tabel 4.6. Hasil Uji Aklimatisasi

Parameter	24 jam	48 jam	168 jam
DO	6,85	5,87	7,00
pH	6,64	8,01	6,62
Suhu (°C)	24,8	24,9	23,8
Jumlah Ikan (Ekor)	± 150	± 142	± 130

4.2.3. Uji Pendahuluan (*Finding Range Test*)

Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui rentang konsentrasi pengujian toksisitas akut 96 jam (*test definitive*). Sampel limbah laundry diumpamakan memiliki konsentrasi yaitu 100%, kemudian dari konsentrasi ini dibuat rentang pengujian geometrik 2 sebanyak 6 konsentrasi dengan metode pengenceran yaitu 0% sebagai kontrol; 0,5%; 1%; 2%; 4% dan 8% ke dalam akuarium 1 liter. Pada masing-masing akuarium uji diisi sebanyak 7 ekor ikan mas. Pengujian menggunakan metode statis (air tidak mengalir) dan dilakukan aerasi pada masing-masing akuarium pengujian. Pengukuran suhu, pH, DO dilakukan setiap hari selama 48 jam dan dilakukan pengamatan jumlah mortalitas ikan mas pada jam ke 2, 24, dan 48. **Tabel 4.7** akan menunjukkan hasil uji pendahuluan.

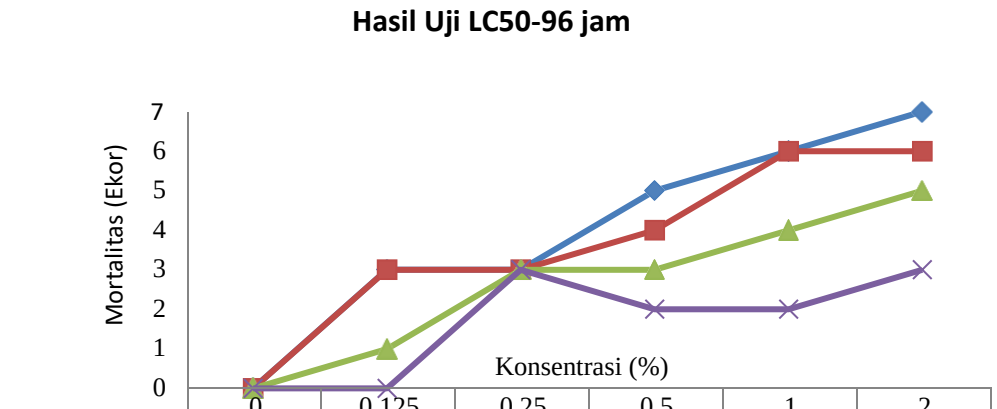
Tabel 4.7. Hasil Uji Pendahuluan (*Finding Range Test*)

Konsentrasi (%)	**Jumlah Mortalitas (Jam ke-)**		
	2	**24**	**48**
0 (Kontrol)	0	0	0
8	4	7	7
4	3	5	6
2	0	4	4
1	0	3	3
0,5	0	2	4

Pada pengamatan perilaku ikan, pada konsentrasi 8% jam ke-2 ikan terlihat gelisah, berenang cepat, dan melompat-lompat berusaha keluar dari akuarium. Pada konsentrasi ini juga terlihat buih yang banyak hingga menutupi permukaan akuarium. Pada konsentrasi 4% dan 8% jumlah kematian ikan mas sebelum 48 jam sudah melebihi 50% total populasi sehingga konsentrasi ini terlalu tinggi untuk dilanjutkan ke uji definitif. Pada konsentrasi terendah yaitu 0,5% dalam kisaran waktu 48 jam masih terjadi kematian sehingga dalam penentuan konsentrasi rendah akan diturunkan lagi konsentrasi hingga lebih kecil dari 0,5%. Berdasarkan uji pendahuluan diatas diketahui rentang konsentrasi yang akan digunakan dalam uji definitif adalah 0% (kontrol); 0,125%; 0,25%; 0,5%; 1%; dan 2%.

4.2.4. Uji Toksisitas (*Test Definitive*)

Uji definitif merupakan pengujian utama yang digunakan untuk menentukan nilai toksisitas akut (LC50) suatu bahan yang dilakukan selama 96 jam (LC50-96jam). Konsentrasi yang digunakan dalam pengujian ini diketahui berdasarkan uji pendahuluan dan harus memenuhi ketentuan rentang geometrik konsentrasi 2. Konsensentrasi yang akan diujikan yaitu 0% (kontrol); 0,125%; 0,25%; 0,5%; 1%; dan 2% dengan pengenceran ke dalam akuarium 1 liter. Pada masing-masing akuarium uji sebanyak 7 ekor ikan mas. Pengujian menggunakan metode statis (air tidak mengalir) dan dilakukan aerasi pada masing-masing akuarium pengujian. Pengamatan jumlah mortalitas ikan mas dilakukan pada jam ke 2, 24, 48, hingga 96, dan dilakukan pengukuran suhu, pH, DO setiap hari selama 96 jam. Hasil uji akan menunjukkan jumlah kematian/mortalitas ikan mas akibat paparan limbah *laundry* pada air sebagai media hidupnya. Berikut hasil pengamatan mortalitas pada uji definitif terhadap limbah laundry "A" ditunjukkan grafik pada **Gambar 4.3**.



	0	0,125	0,25	0,5	1	2
Jam ke-96	0	3	3	5	6	7
Jam ke-72	0	3	3	4	6	6
Jam ke-48	0	1	3	3	4	5
Jam ke-24	0	0	3	2	2	3

Gambar 4.3. Hasil Uji LC-50 96 jam

Gambar 4.3 menunjukkan jumlah kematian ikan mas yang diamati selama 96 jam pengujian. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa jumlah kematian ikan mas akan meningkat seiring dengan meningkatknya konsentrasi

limbah dan lamanya waktu pemaparan. Abnormalitas kematian hewan uji terjadi pada jam ke-24 di konsentrasi 0,25% dan 0,5% yaitu jumlah kematian konsentrasi 0,25% (3 individu) lebih besar dibandingkan konsentrasi 0,5% (2 individu).

Abnormalitas terhadap kelangsungan hidup ikan dapat dipengaruhi oleh faktor internal yang berasal dari dalam tubuh ikan itu sendiri seperti faktor fisiologis, genetik, dan daya tahan tubuh ikan, sedangkan faktor eksternal yang meliputi kondisi lingkungan tempat ikan hidup seperti sifat fisik, kimiawi, dan biologis perairan (Arfiati dkk., 2017). Abnormalitas pada pengujian kemungkinan terjadi karena faktor eksternal yaitu pada jam ke-24 di konsentrasi 0,25% terjadi penurunan oksigen (**Lampiran 10**). DO merupakan faktor pembatas yang mempengaruhi kelangsungan hidup ikan. Konsentrasi DO yang dapat menimbulkan kematian dalam pengamatan dipengaruhi beberapa faktor seperti kekeruhan dan densitas (Welker dkk., 2019). Penurunan oksigen mempengaruhi kondisi ikan, jika bekerja secara optimal sehingga faktor internal ikan yang lebih rentan terhadap perubahan kondisi eksternal lebih cepat mengalami kematian. Jika dilihat pada kedua konsentrasi ini di jam yang sama tidak terjadi perubahan signifikan terhadap perilaku ikan, ikan masih berenang secara normal. Setelah terdeteksi abnormalitas, aerasi pengujian diperbaiki dan tingkat kematian ikan berada pada distribusi normal.

Mortalitas pada uji definitif dapat menentukan estimasi nilai konsentrasi toksisitas akut (LC50-96 jam) limbah *laundry* terhadap organisme uji melalui Analisis Probit. Konsentrasi limbah *laundry* diplotkan pada variabel x dan jumlah mortalitas ikan mas pada jam ke-96 diplotkan sebagai variabel y, dengan total ikan uji masing-masing konsentrasi sebanyak 7 ekor. Berikut **Tabel 5.8** menunjukkan hasil uji toksisitas akut LC50-96 jam terhadap limbah *laundry* “A”.

Tabel 4.8. Hasil Uji Toksisitas Akut (LC50-96 jam) Limbah *Laundry* “A”

Nama Sampel	Hasil LC50 (Analisis Probit)		Rentang konsentrasi pada batas kepercayaan (95%)
Limbah *Laundry* “A”	0,221%	2210 mg/L	0,041% - 0,413%

Nilai LC50-96 jam limbah *laundry* “A” 2210 mg/L menunjukkan bahwa apabila di perairan tercemar limbah *laundry* sebesar konsentrasi tersebut dapat menyebabkan kematian 50% populasi organisme di perairan. Klasifikasi bahaya dari limbah ditentukan dengan membandingkan nilai LC50-96 jam dengan nilai kategori untuk bahan-bahan berbahaya bagi lingkungan air yang disyaratkan oleh GHS (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*).

Category Acute 1: *(Note 2)*	
96 hr LC_{50} (for fish)	≤ 1 mg/l and/or
48 hr EC_{50} (for crustacea)	≤ 1 mg/l and/or
72 or 96hr ErC_{50} (for algae or other aquatic plants)	≤ 1 mg/l *(Note 3)*
Category Acute 1 may be subdivided for some regulatory systems to include a lower band at $L(E)C_{50} \leq 0.1$ mg/l	
Category Acute 2:	
96 hr LC_{50} (for fish)	>1 but ≤ 10 mg/l and/or
48 hr EC_{50} (for crustacea)	>1 but ≤ 10 mg/l and/or
72 or 96hr ErC_{50} (for algae or other aquatic plants)	>1 but ≤ 10 mg/l *(Note 3)*
Category Acute 3:	
96 hr LC_{50} (for fish)	>10 but ≤ 100 mg/l and/or
48 hr EC_{50} (for crustacea)	>10 but ≤ 100 mg/l and/or
72 or 96hr ErC_{50} (for algae or other aquatic plants)	>10 but ≤ 100 mg/l *(Note 3)*
Some regulatory systems may extend this range beyond an $L(E)C_{50}$ of 100 mg/l through the introduction of another category.	

Gambar 4.4. Kategori Paparan Jangka Pendek untuk Bahan Berbahaya Bagi Perairan

Sumber: GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)

Nilai LC50-96 jam limbah *laundry* “A” sebesar 2210 mg/L, tidak termasuk ke dalam 3 kategori akut yang disyaratkan oleh GHS. Kategori 1 dengan syarat konsentrasi LC50-96 jam ≤ 1 mg/L, kategori 2 dengan syarat konsentrasi LC50-96 jam > 1 mg/L namun ≤ 10 mg/L, dan kategori 3 dengan syarat konsentrasi LC50-96 jam > 10 mg/L namun ≤ 100 mg/L. Hal ini membuktikan bahwa tingkat toksisitas limbah *laundry* “A” tidak memenuhi kategori untuk dikatakan berbahaya akut bagi populasi ikan di perairan.

Perbedaan hewan uji yang digunakan memungkinkan untuk memperoleh nilai LC50 yang berbeda. Sebagai contoh penelitian LC50 terhadap limbah deterjen di Riau dengan hewan uji ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memperoleh hasil sebesar 15,85±4,41 ppm (Megawati, 2017). Pengujian LC50 perlu dilakukan pada sampel air sungai sebelum dan setelah laundry untuk mengetahui potensi bahaya limbah *laundry* terhadap organisme di sungai. Selain itu, perlu dilakukan uji

toksisitas terhadap organisme kelas lain seperti *crustacea* atau tanaman air seperti alga untuk mengetahui potensi bahaya yang timbul pada masing-masing makhluk hidup dalam ekosistem. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa semakin besar dan berbahaya senyawa yang terkandung dalam suatu bahan pencemar bahan pencemar maka akan semakin kecil nilai LC50 yang menandakan semakin toksik bahan tersebut dan sebaliknya (Esmiralda dkk., 2012).

Kandungan terbesar pada limbah *laundry* "A" yaitu surfaktan sebesar 183,10 mg/L, kandungan surfaktan inilah yang menyebabkan kematian pada hewan uji selama waktu pemaparan hingga 96 jam. Hasil serupa juga diperoleh pada penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa nilai surfaktan dan COD yang tinggi mengindikasikan kandungan oksigen terlarut dalam limbah *laundry* menjadi rendah sehingga mengakibatkan kematian hewan uji (Esmiralda,dkk., 2012).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah penurunan kualitas air sungai akibat pembuangan limbah *laundry* adalah melakukan pengolahan terhadap limbah sebelum dibuang ke badan air. Terdapat beberapa metode pengolahan yang digunakan oleh peneliti terdahulu untuk mengurangi kadar polutan dalam air limbah *laundry* diantaranya pengolahan dengan tawas dan karbon aktif (Pratiwi, 2012), pembuatan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) metode fitoremediasi (T. Aminatun, 2016), atau kebanyakan menggunakan cara sederhana menggunakan *septictank*.

4.3. Potensi Bahaya Limbah *Laundry* "A" terhadap Lingkungan

Limbah *laundry* "A" yang dibuang ke sungai ikut mengalir bersama aliran sungai sepanjang Desa Sasak Panjang. Hasil uji karakteristik limbah *laundry* menunjukkan bahwa limbah *laundry* "A" memiliki nilai kandungan utama surfaktan sebesar 183,10 mg/L yang meningkatkan nilai parameter lain seperti BOD_5, COD, TSS, dan pH. Berdasarkan uji kualitas air sungai diperoleh hasil bahwa limbah laundry "A" yang dibuang ke Sungai Kali Putih menyebabkan penurunan terhadap kualitas sungai. Namun, nilai LC50-96 jam limbah *laundry* "A" sebesar 2210 mg/L, menurut kategori akut yang disyaratkan oleh GHS (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)* dinyatakan tidak berbahaya akut bagi populasi ikan di perairan. Walaupun demikian, potensi

bahaya yang ditimbulkan mungkin akan terjadi dalam jangka waktu yang lama seiring dengan akumulasi limbah di lingkungan.

Transportasi limbah *laundry* terjadi secara lokal dan menyebar tidak merata, bergerak ke berbagai arah dan area. Limbah *laundry* "A" dibuang ke Sungai Kali Putih melalui saluran pembuangan kemudian air sungai mengalir menuju kolam budidaya ikan warga Desa Sasak Panjang yang terletak ± 1 km dari lokasi *laundry*. Jenis ikan yang dibudidaya di kolam ini yaitu ikan mas, ikan mujair, ikan nila dan ikan lele. Air sungai terus mengalir menuju sawah milik warga desa yang terletak ± 1,1 km dari lokasi *laundry* "A" dan berjarak 100 m dari kolam budidaya ikan, air sungai kali putih juga ikut mengaliri sawah ini. Selanjutnya air sungai mengalir menuju kebun ubi jalar dan singkong warga desa yang terletak ± 1,5 km dari lokasi *laundry* "A" dan berjarak 400 m dari sawah warga desa. Diagram alir perjalanan limbah *laundry* ditunjukkan pada **Gambar 4.4**. Potensi bahaya yang dapat ditimbulkan dari paparn jangka panjang limbah surfaktan dari *laundry*, yaitu:

1. Potensi bahaya terhadap ekosistem perairan

   Pada sungai kali putih setelah limbah *laundry* tercampur di perairan, diperoleh kondisi fisik air yang berbusa putih, kemudian terjadi perubahan warna air menjadi putih keruh (**Gambar 4.2**). Berdasarkan pengamatan di lapangan, apabila musim kemarau panjang tiba, air sungai akan menimbulkan bau tidak sedap karena kondisi air tidak mengalir dengan baik dan tidak terjadi pengenceran oleh air hujan.

   Limbah yang mengandung surfaktan apabila dibuang ke lingkungan akan menyebabkan masalah pencemaran air. Ketika konsentrasi surfaktan mencapai 0,1 mg/L, kemungkinan akan timbul busa yang persisten di air (Zhu et.al., 2014). Busa akan membentuk suatu lapisan isolasi di permukaan air yang menyebabkan pertukaran udara ke air menjadi terhambat sehingga menurunkan kadar oksigen terlarut di air. Hal ini akan menyebabkan mikroorganisme di air mengalami kematian sehingga konsentrasi polutan terlarut dan tidak terlarut dalam air akan semakin tinggi akibat tidak ada agen yang bertugas untuk menguraikan senyawa beracun tersebut di perairan. Secara tidak langsung

polutan-polutan tersebut akan mengubah sifat air yang mengakibatkan pencemaran air akibat kualitas perairan semakin menurun.

2. Potensi bahaya terhadap hewan air

Wawancara yang dilakukan terhadap Bapak Misnan sebagai pengelola pada 20 Mei 2019 menyatakan bahwa produksi ikan dari kolam tersebut tidak mengalami penurunan signifikan setelah mulai beroperasinya usaha *laundry* "A" pada tahun 2015. Aliran air Sungai Kali Putih sebagai badan air penerima limbah *laundry* "A" tidak bercampur ke dalam kolam budidaya secara langsung. Pengelola memanfaatkan air hujan atau air tanah untuk air kolam, limpasan air sungai hanya mengalir pada drainase tanah di samping kolam (**Gambar 4.5**).

Toksisitas surfaktan terhadap hewan air (hewan budidaya) dapat masuk ke tubuh hewan melalui penetrasi dari kulit, pernapasan, dan oral. Ketika konsentrasi surfaktan dalam air terlalu tinggi, surfaktan dapat masuk ke insang, darah, ginjal, pankreas, empedu, dan hati yang menyebabkan dampak racun (Zhu et.al., 2014). Uji histologi dapat dilakukan sebagai pengujian lanjutan terhadap ikan yang telah terpapar limbah surfaktan untuk melihat seberapa besar kerusakan tubuh dan organ ikan akibat zat toksik detergen (Yuliani, 2015). Surfaktan pada ikan juga dapat masuk ke tubuh organisme lain termasuk manusia melalui akumulasi dari rantai makanan dan dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan.

3. Potensi bahaya terhadap tanaman

Air sungai kali putih yang ikut mengalir ke sawah belum menimbulkan potensi bahaya terhadap tanaman padi secara langsung. Air sungai tidak tercampur secara langsung ke dalam irigasi sawah, namun menurut pernyataan pengelola sawah pada 20 Mei 2019 pengairan dari air sungai akan dibuka apabila kekeringan terjadi pada musim kemarau.

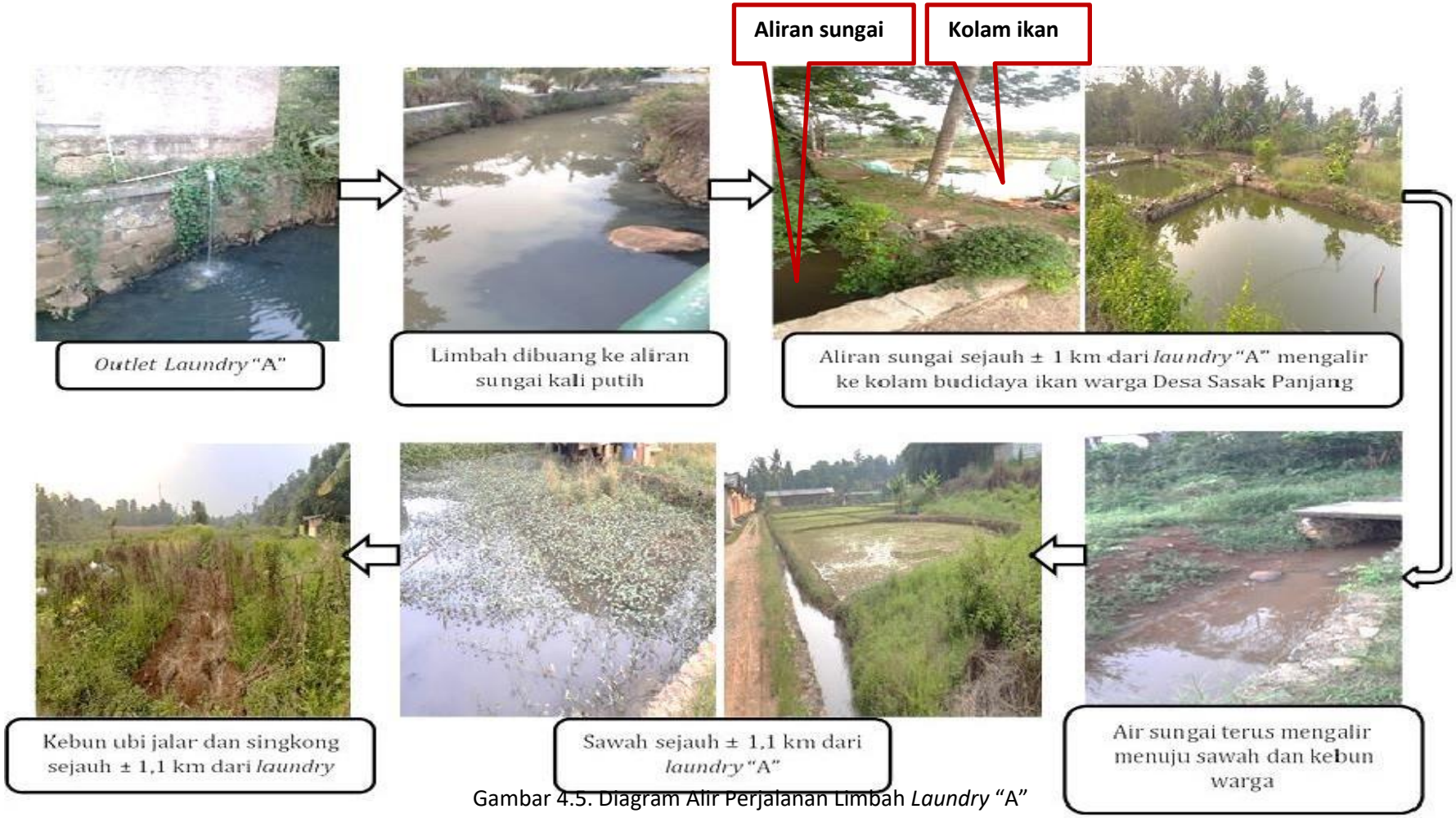
Tingkat bahaya dari surfaktan terhadap tanaman tergantung dari konsentrasinya. Tanaman secara alamiah akan menyerap unsur-unsur yang terkandung dalam tanah. Surfaktan yang terpapar pada tanah berpotensi terdegradasi atau ikut terakumulasi di tanaman. Apabila tanaman tersebut

dikonsumsi hewan atau manusia, dalam jangka waktu tertentu berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan.

4. Potensi bahaya terhadap manusia

Sejauh ini belum terdapat potensi bahaya yang merugikan masyarakat sekitar seacara langsung. Potensi bahaya yang ditimbulkan terhadap masyarakat sekitar berasal dari bau tidak sedap yang timbul dari akumulasi limbah surfaktan di sungai. Hal ini dikarenakan limbah surfaktan lebih banyak menimbulkan potensi pencemaran terhadap perairan.

Potensi bahaya surfaktan pada manusia dibagi menjadi dampak pada kulit dan dalam tubuh. Penggunaan detergen jangka panjang dapat menyebabkan iritasi kulit dan beberapa bahaya kerusakan kulit lainnya. Surfaktan dapat masuk ke tubuh manusia melalui oral. Konsumsi ikan atau tanaman yang telah terkontaminasi surfaktan akan mengakibatkan akumulasi kadar surfaktan di dalam tubuh manusia. Surfaktan memiliki toksisitas yang dapat terakumulasi dalam tubuh manusia dan sulit untuk didegradasi (Stepanets et.al., 2001). Hal ini menyebabkan beberapa produksi enzim akan terhambat yang mengakibatkan gangguan fungsi fisiologis tubuh dan penurunan sistem kekebalan tubuh (Zhu, et.al., 2014).



Gambar 4.5. Diagram Alir Perjalanan Limbah *Laundry* "A"

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisa potensi cemaran limbah cair *laundry* berdasarkan karakteristik dan uji toksisitas akut (LC50) diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Karakteristik limbah *laundry* "A" Desa Sasak Panjang yang dibandingkan dengan baku mutu air limbah sesuai PERMEN LH No. 5 Tahun 2014, diperoleh hasil kandungan terbesar dalam limbah adalah surfaktan sebesar 183,10 mg/L. Parameter surfaktan, BOD_5, COD, TSS, dan pH melebihi nilai baku mutu lingkungan, sedangkan untuk parameter fosfat dan minyak&lemak masih berada dibawah nilai baku mutu lingkungan.
2. Berdasarkan uji toksisitas akut terhadap biota uji ikan mas (*Cyprinus carpio*) diperoleh nilai LC50-96 jam limbah *laundry* "A" sebesar 2210 mg/L.
3. Beradasarkan perbandingan nilai LC50-96 jam terhadap 3 kategori akut yang disyaratkan oleh GHS (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)*, limbah *laundry* "A" dinyatakan tidak berbahaya akut bagi populasi ikan di perairan. Hal ini dibuktikan dengan kajian ekokinetika di Desa Sasak Panjang yaitu belum timbul bahaya terhadap kolam budidaya ikan, tanaman, dan masyarakat sekitar secara langsung.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian mengenai analisa potensi cemaran limbah cair laundry berdasarkan uji karakteristik dan uji toksisitas akut, hal yang dapat disarankan penulis adalah:

1. Melakukan pengujian toksisitas akut terhadap organisme jenis lain untuk mengetahui potensi bahaya yang timbul pada masing-masing makhluk hidup dalam ekosistem, serta melakukan uji histologi terhadap sampel organisme yang telah terpapar limbah *laundry* pada pengujian LC50 untuk

mengetahui potensi bahaya pada organ-organ yang terpapar bahan berbahaya.

2. Melakukan uji toksisitas akut terhadap air sungai setelah *laundry* untuk mengetahui perbandingan nilai LC50 di air sungai setelah terpapar limbah *laundry*.
3. Pengusaha-pengusaha *laundry* perlu membuat bak ekualisasi limbah untuk mempermudah kontrol kualitas air limbah, perlu dibuat suatu IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk mencegah penurunan kualitas air permukaan akibat pembuangan langsung limbah ke badan air.

DAFTAR PUSTAKA

Aminatun T., Padmaningrum R.T., Yulianti. 2016. Pemecahan Masalah Limbah Laundry di Sleman dengan Program Iptek Bagi Masyarakat (IbM). *Jurnal Inotek FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta Vol.2, No.1:29-38.*

APHA (*American Public Health Association*). 2012. *Standard methods for Total Solids Suspended*. Washington: 23rd ed. APHA, AWWA, WPCF.

Arfiati, D., Zakiah, U., dan Nabilah, I.S. 2017. Perbandingan LC50 – 96 jam terhadap mortalitas benih ikan mas, *Cyprinus carpio Linnaeus* 1758 pada limbah penyamakan kulit dan insektisida piretroid. *Jurnal Iktiologi Indonesia 18(2): 103-114.*

Badan Pusat Statistik. 2017. *Kecamatan Tajurhalang dalam Angka 2017*. Bogor: BPS Kabupaten Bogor.

Cornelia E., Veronica N., Kartika E.W., Kaihatu T.S. 2008. Analisa Pengaruh Kualitas Layanan Terhadap Loyalitas Pelanggan di *Laundry* 5asec Surabaya. *Jurnal Manajemen Perhotelan. 4(2):45-57.*

Dewi, Devina Fitrika & Masduqi, Ali. 2003. Penyisihan Fosfat dengan Proses Kristalisasi dalam Reaktor Terfluidisasi Menggunakan Media Pasir Silika. *Jurnal Purifikasi. Vol.4, No.4:151-156.*

Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

Esmiralda, Zulkarnaini, dan Rahmadona. 2012. Pengaruh COD dan Surfaktan dalam Limbah Cair Laundri Terhadap Nilai LC50. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND. 9 (1): 110-114.*

Fardiaz. S. 1992. *Polusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.

Ginting, Ir. Perdana. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri, Cetakan pertama. Bandung: Yrama Widya. Hal 37-200.

Google Inc. 2019. *Google Maps*: Peta Lokasi Penelitian *Laundry* "A" Tajur Halang. https://www.google.com/maps/ , diakses 6 Maret 2019.

Hadi, A. 2015. *Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.

Hargreaves. 2003. *Chemical Formulation : an overview surfactant-based preparation used in everyday life*. Cambridge: RSC Paperback.

Hasanuddin, R., Jushermi., dan Musfar, T.F. 2014. Analisis Pengaruh Segmentasi Gaya Hidup Terhadap Keputusan Penggunaan dan Kepuasan Konsumen Jasa Simply Fresh *Laundry* di Kota Pekanbaru. *JOM FEKON. 1(2):1-5.*

KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia). 2019. Kamus Besar Bahasa Indonesia [Online]. https://kbbi.web.id/penatu, diakses 28 Februari 2019.

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2004. Persyaratan Kesehatan Rumah Sakit. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1204/MENKES/SK/X/2004. Jakarta.

Khairuman, D., Sudenda., & Gunadi, B. 2002. Budidaya Ikan Mas Secara Intensif. *Jurnal Agromedia Pustaka. Hal 5-6.*

Manik, KES. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Djambatan.

Megawati, I.A., Zulfikar, A., dan Melani, W.R. 2017. Uji Toksisitas Deterjen terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloicus*)[Tesis]. Riau: Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Meiliasari, Ayu. 2016. Efiiensi Penyisihan COD, BOD, dan Fosfat Pada Air Limbah *Laundry* dengan *Fluidized Bed Reactor* (FBR) Menggunakan *Effective Microorganism* 4 (EM4) [Skripsi]. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia: Depok.

Metcalf dan Eddy, Inc. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th edition.* New York: Mc Graw-Hill.

OECD (*Organization Economic Community Development*). 1992. *Fish Acute Toxicity Test. OECD Guidelines for Testing of Chemichals* 203: 9p.

Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksiologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2014. Baku Mutu Air Limbah. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Jakarta.

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

Pratiwi. H.C. 2012. Pengaruh Toksisitas Air Lindi Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Fakultas Perikanan dan Kelautan. Surabaya: Universitas Airlangga.

Pratiwi, Y., Sunarsih, S., dan Windi, W.F., 2012. Uji Toksisitas Limbah Cair Laundry Sebelum dan Sesudah Diolah dengan Tawas dan Karbon Aktif Terhadap Bioindikator (*Cyprinus carpio L.*). *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III: 298-306.*

Smulders, E. 2002. *Laundry Detergents*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.

Soeparman, dan Soeparmin. 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: ECG

Standar Nasional Indonesia. 2011. Cara Uji Minyak Nabati dan Minyak Mineral secara Gravimetri pada Air dan Air Limbah. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 6989.10-2011.

Standar Nasional Indonesia. 2004. Cara Uji derajat keasaman (pH) menggunakan Alat pH Meter. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 06-6989.11-2004.

Standar Nasional Indonesia. 2005. Pengujian Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer secara Asam Askorbat. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 06-6989.31-2005.

Standar Nasional Indonesia. 2005. Pengujian Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer secara Biru Metilen. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 06-6989.51-2005.

Standar Nasional Indonesia. 2008. Metode Pengambilan Sampel Air Limbah. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 6989.59-2008.

Standar Nasional Indonesia. 2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/* BOD) dalam Air dan Air Limbah. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 6989.72-2009.

Standar Nasional Indonesia. 2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*/ COD) dengan refluks tertutup secara titrimetri pada air dan air limbah. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional SNI No. 6989.73-2009.

Stepanets OV., Solov'eva GY., Mikhailova AM., AIKulapain, J. Analy. 2001. *Chem., 2001, 56, 290.*

Tahir, A. 2012. *Ekotoksikologi dalam Perspektif Kesehatan Ekosistem Laut*.Karya Bandung: Putra Darwati.

Tarigan, M. S. dan Edward. 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (*Total Suspended Solid*) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara Sains*. vol. 7, No. 3. LIPI. Jakarta.

BIODATA PENGUSUL (ANGGOTA)

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Dr. Dra. Linda Noviana, MSi
2. Jenis Kelamin : Perempuan
3. Jabatan Fungsional : Lektor
4. NIP/NIK : 19960
5. NIDN : 0305116602
6. Tempat dan Tanggal Lahir : Ujung Pandang, 05 November 1966
7. E-Mail : lindanoviana @gmail.com
8. Nomor Telepon/HP : +62 813 1144 4875

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	**S-2**	**S-3**
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Nasional	Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor	Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
Bidang Ilmu	Biologi	Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan	Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan
Tahun Masuk – Lulus	1985 – 1990	1992 – 1994	2013 – 2018

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1.	2010	Pengaruh Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Menurunkan Kadar BOD Limbah Susu	Internal	5.000.000,-
2.	2011	Efektifitas EM4 Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, Amoniak Pada Limbah Es Krim Secara Aerob dan An aerob	Internal	5.000.000,-
3.	2012	Rancang Bangun Sistem Alih Risiko Terintegrasi Harga, Kuantitas dan Kualitas Pada Komoditi Bahan Pangan	Dikti	25.000.000,-
4.	2012	Model Pemanfaatan Sumber Daya Air Waduk Cirata Untuk Menjamin Keberlanjutan Lingkungan Fungsi Ekonomi, Sosial dan Lingkungan	Stranas	75.000.000,-
5.	2013	Pengelolaan Lingkungan Kawasan Wisata Pulau Bintan	Internal	5.000.000,-

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	Nov 2010-Maret 2011	Pemberdayaan Masyarakat Melalui	Usahid	15.000.000

		Agroindustri Aloe Vera, Tapos Cimanggis, Depok		
2	Nov 2011-Maret 2012	Pemberdayaan Masyarakat Melalui Agroindustri Aloe Vera, Tapos Cimanggis, Depok	Usahid	15.000.000
3	12 Februari 2011	Pembuatan Webblog di Internet bagi Remaja Karang Taruna di Lingkungan RT 002/03 Kelurahan Cibubur-Jakarta Timur	Usahid	1.000.000

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1.	Study of snorkeling marine tourism based on suitability area and carrying capacity in Taman Nasional Kepulauan Seribu National Park, DKI Jakarta [First Author]	International Journal of Scientific & Technology Research	Vol.7/No.8/2018 https://www.ijstr.org/final-print/aug2018/Study-Of-Snorkeling-Marine-Tourism-Based-On-Suitability-Area-And-Carrying-Capacity-In-Taman-Nasional-Kepulauan-Seribu-National-Park-Dki-Jakarta.pdf
2.	Study of Sustainable Nautical Ecotourism Management on Kepulauan Seribu Jakarta [First Author]	British Journal of Applied Science & Technology	Vol.18/No.6/2016 http://www.journalcjast.com/index.php/CJAST/article/download/9311/16592/
3.	Sedimentation and Water Pollution Control Systems Engineering to Prevent Upwelling in Cirata Reservoir West Java, Indonesia [Co Author]	Universitas Gadjah Mada	Prociding The 13th International Conference On Qir; Hal 1217 - 1225
	Model Pemanfaatan Sumberdaya Air Waduk Cirata Untuk Menjamin Keberlanjutan Fungsi Ekonomi, Sosial dan Lingkungan [Co Author]	Universitas Sahid Jakarta	Vol.00/No.0/2012
3.	Model Penanganan Sampah Di Sumber: Pendekatan Zero waste (Reduce, Reuse, Recycle & Incenerasi (sebuab Konsep Penanganan Sampan Kota Secara Tepat) [Co Author]	Universitas Sahid Jakarta	Vol.00/No.0/2008

F. Pemakalah Seminar Ilmiah 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Seminar Ilmiah Nasional Tahunan "Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia"	Model Pemanfaatan Sumber Daya Air Waduk Cirata Untuk Menjamin Keberlanjutan Lingkungan Fungsi Ekonomi, Sosial dan Lingkungan	Denpasar, 29 Juli 2012
2.	Seminar Hasil Penelitian Dosen Usahid tahun 2012	Kajian Pencemaran Sungai Ciliwung Dengan Menggunakan Metode Indeks Pencemar	Jakarta, 29 Maret 2012
3.	Seminar Nasional Pariwisata dan Kewirausahaan	Pengelolaan Lingkungan Kawasan Wisata Pulau Bintan	Jakarta, 5 Maret 2012

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

Belum Pernah.

H. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir

Belum Pernah.

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

Belum Pernah.

J. Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir

Belum Pernah.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian, biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan ***Hibah Penelitian*** Dosen Usahid.

Jakarta, 22 – 02 – 2021

Pengusul,

(Dr. Dra. Linda Noviana, M.Si)