

TUGAS AKHIR
TOKSISITAS LINDI DI IPL PIYUNGAN BANTUL
MENGGUNAKAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)
DENGAN METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY*
(*WET*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**

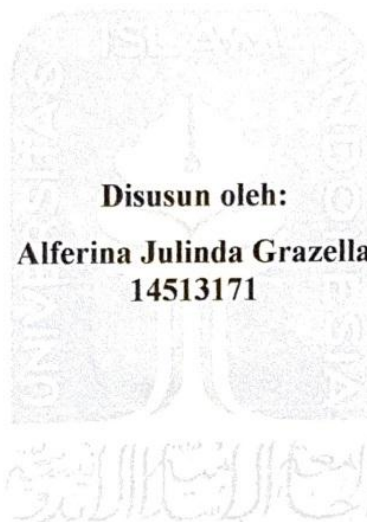


Alferina Julinda Grazella
1 4 5 1 3 1 7 1

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
TOKSISITAS LINDI DI IPL PIYUNGAN BANTUL
MENGGUNAKAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)
DENGAN METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY*
(*WET*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Disusun oleh:

Alferina Julinda Grazella
14513171

Disetujui,

Pembimbing 1

Andik Yulianto, S.T., M.T

Tanggal: 26/5/2018

Pembimbing 2

Suphia Rahmawati, Dr., S.T., M.T

Tanggal: 24/05/2018



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswono, S.T., M.Sc., M.Sc.ES, PhD

Tanggal: 28-5-2018

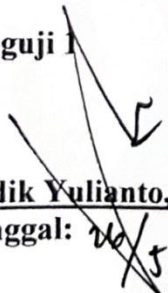
TUGAS AKHIR
TOKSISITAS LINDI DI IPL PIYUNGAN BANTUL
MENGGUNAKAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)
DENGAN METODE *WHOLE EFFLUENT TOXICITY*
(*WET*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan




Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:


Penguji 1


Andik Yulianto, S.T., M.T
Tanggal: 20/5 2018

Penguji 2


Suphia Rahmawati, Dr., S.T., M.T
Tanggal: 24-05-2018

Penguji 3


Joni Aldilla Fajri Dr., S.T., M.Eng
Tanggal: 24/5 2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun.
2. Dalam karya ini tidak terdapat pendapat orang lain, kecuali secara jelas dicantumkan nama penulis sebagai acuan dalam naskah.
3. Program komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.
5. Hasil penelitian ini dapat dipublikasikan dengan arahan atau persetujuan Dosen Pembimbing tugas akhir.

Yogyakarta, 15 April 2018

Pembuat pernya



Alferina Julinda Grazeña



PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Toksistas Lindi di IPL Piyungan Bantul Menggunakan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dengan Metode *Whole Effluent Toxicity*” ini. Salawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat beliau hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penulisan laporan ini, baik moril maupun materil. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Mama dan Ayah yang tiada hentinya mengingatkan, menasehati, mendoakan, dan mendukung baik moril maupun materil.
2. Bapak Andik Yulianto, S.T., M.T., Ibu Suphia Rahmawati, Dr., S.T., M.T., Ibu Anja Asmarany, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah mendampingi, memberikan arahan, dan bimbingan selama berlangsungnya pengerjaan Tugas Akhir ini;
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia atas bantuan dan ilmu yang telah diajarkan;
4. Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Mbak Rina, Pak Tasyono, dan Mas Budi yang telah memberikan arahan dan bantuan selama proses penelitian di Laboratorium;
5. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir Toksisitas, Ziki, Fiyya, dan Fauzi serta teman-teman sepermainan, Salli, Traju, Tifa, dan Dinda yang selalu sabar akan segala kekurangan. Terimakasih atas kerjasama, senda gurau, dan semangatnya selama ini;

6. Keluarga Besar Teknik Lingkungan FTSP UII angkatan 2014 terimakasih atas suka duka dan kebersamaannya selama menjalani perkuliahan, kepanitiaan, dan organisasi;
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu selama proses penyelesaian tugas ini yang tidak dapat disebutkan satu-satu.

dan harapan penulis, semoga laporan ini dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, untuk ke depannya dapat diperbaiki bentuk maupun ditambah isi laporan agar menjadi lebih baik lagi. Karena keterbatasan pengetahuan maupun pengalaman penulis, penulis yakin masih banyak kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Yogyakarta, April 2017

Penulis

ABSTRACT

Special Region of Yogyakarta has the largest Landfill which located at TPST Piyungan, Bantul. This TPST uses Controlled Landfill system where the garbage that has been dumped and compacted are covers with soil at least 3-5 days. Landfills produce aqueous emissions from biomass degradation by aerobic and anaerobic microorganism. Leachate monitoring and evaluation covers physical and chemical parameters only. Based on Environment and Forestry Ministerial Regulation number 59 of 2016 about leachate quality standard for landfill, parameters that need to be noticed is pH, BOD, COD, TSS, Mercury, and Cadmium. This shows that leachate toxicity has not been one of the parameters to be considered in leachate quality that will be discharged to the water source. Whereas in leachate also contains other heavy metals such as Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, and inorganic compounds such as Ca, Mg, Na, K, NH₄, Fe, Mn, HCO₃. A common misconception that Leachate Treatment Facilities (LTF) can cope all types of pollutants, regardless of their toxicity level, also exacerbates the pollution problem.

*Therefore, it's necessary to do Whole Effluent Toxicity (WET) test to determine leachate toxicity of LTF Piyungan. This study aims to analyze the toxicity of leachate both before and after treated in LTF Piyungan using *Cyprinus carpio*. Acute toxicity test was performed by non-renewal static method for 96 hours. The result is acute toxicity of leachate Piyungan are classified High Acute Toxicity Level both influen and effluent LTF Piyungan. The LC₅₀ of *Cyprinus carpio* for influen is 1,633% with Toxic Unit acute 61,24 and for efluen LTF Piyungan is 8,740% with Toxic Unit acute 11,44.*

*Keyword: Leachate, Toxicity, Aquatic, *Cyprinus carpio*.*

ABSTRAK

Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki tempat pembuangan sampah terbesar yang terletak di TPST Piyungan. TPST ini menggunakan sistem *Controlled Landfill* dimana sampah yang telah diurug dan dipadatkan di area pengurugan ditutup dengan tanah penutup paling tidak setiap 3-5 hari. *Landfill* menghasilkan emisi cair yang berasal dari degradasi biomasa oleh mikroorganisme aerobik dan/ atau anaerobik berupa lindi. Monitoring dan evaluasi air lindi yang dilakukan selama ini hanya menyangkut komponen fisik dan kimia saja. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 59 tahun 2016 tentang baku mutu air lindi bagi usaha dan/ atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah, parameter yang perlu diperhatikan diantaranya pH, BOD, COD, TSS, N Total, Merkuri, dan Kadmium. Ini menunjukkan bahwa tingkat racun yang terkandung di dalam air lindi belum dijadikan salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam kualitas air lindi yang akan dibuang ke sumber air. Padahal dalam air lindi juga mengandung logam berat lain seperti Cr, Cu, Pb, Ni, Zn dan komponen inorganik seperti Ca, Mg, Na, K, NH₄, Fe, Mn, HCO₃. Kesalahpahaman umum bahwa Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) dapat mengatasi semua jenis polutan, tidak peduli tingkat toksisitasnya, juga memperburuk masalah pencemaran. Maka dari itu, perlu dilakukan pengujian *Whole Effluent Toxicity* (WET) untuk mengetahui toksisitas air lindi IPL Piyungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis toksisitas lindi baik sebelum maupun setelah pengolahan di IPL Piyungan menggunakan ikan Mas *Cyprinus carpio*. Uji toksisitas akut dilakukan dengan metode *static non-renewal* selama 96 jam. Berdasarkan hasil analisis, toksisitas akut lindi TPST Piyungan dikategorikan *High Acute Toxicity Level* baik Influen maupun Effluen IPL Piyungan. Kematian 50% populasi ikan Mas untuk contoh uji influen IPL Piyungan sebesar 1,633% dengan *Toxic Unit acute* (TUa) sebesar 61,246. Sedangkan untuk contoh uji efluen IPL Piyungan sebesar 8,740% dengan *Toxic Unit acute* (TUa) sebesar 11,442.

Kata Kunci: Lindi, Toksisitas, Akuatik, *Cyprinus carpio*.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
PENGANTAR	iv
<i>ABSTRACT</i>	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Ruang lingkup.....	3
BAB II <u>T</u> INJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Sampah (Lindi)	4
2.2 Toksisitas	5
2.3 Whole Effluent Toxicity (WET).....	6
2.4 Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) sebagai biomonitoring	7
2.5 Penelitian Terdahulu	10
BAB III <u>M</u> ETODE PENELITIAN.....	12
3.1 Kerangka Penelitian	12
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	13
3.3 Desain Reaktor.....	13
3.4 Hewan Uji	15
3.5 Sampling Air Limbah	15

3.6	Uji Parameter	17
3.7	Aklimatisasi	17
3.8	Uji Pendahuluan.....	18
3.9	Uji Toksisitas	19
3.10	Analisis Data.....	19
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA.....		24
4.1	Karakteristik Lindi	24
4.2	Toksisitas Akut	27
4.2.1	Uji Pendahuluan	29
4.2.2	Uji Toksisitas.....	30
4.2.3	Konsentrasi Kematian (LC_{50}).....	31
4.2.4	<i>Toxic Unit acute</i> (TUa)	32
4.3	Pengaruh Kualitas Lindi terhadap Kematian Ikan	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA		38
LAMPIRAN.....		43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Lindi.....	5
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Toksisitas Lindi.....	10
Tabel 3. 1 Kualitas Air Media Pemeliharaan Ikan Mas	15
Tabel 3. 2 Parameter Uji Air Limbah di Lokasi Pengambilan Contoh Uji.....	16
Tabel 3. 3 Parameter Uji Air Limbah.....	17
Tabel 3. 4 Klasifikasi Berdasarkan Penilaian Toksisitas	23
Tabel 4. 1 Kualitas Lindi Influen dan Efluen IPL Piyungan.....	26
Tabel 4. 2 Kematian 50% Populasi Ikan Mas	32
Tabel 4. 3 Tingkat Toksisitas Berdasarkan <i>Toxic Unit acute</i>	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Cyprinus carpio</i>	9
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	12
Gambar 3. 2 Reaktor Aklimatisasi	14
Gambar 3. 3 Reaktor Uji	14
Gambar 3. 4 Pengambilan Contoh Uji	16
Gambar 3. 5 Uji Toksisitas.....	20
Gambar 3. 6 Analisis Data Kematian Ikan.....	21
Gambar 4. 1 (a) Screen dan (b) Kolam Pengendap IPL Piyungan.....	24
Gambar 4. 2 (a) Kolam Aerasi dan (b) Kolam Disinfeksi IPL Piyungan	25
Gambar 4. 3 Lindi IPL Piyungan (a) Influen dan (b) Efluen	26
Gambar 4. 4 Kualitas Air Pemeliharaan Ikan Selama Aklimatisasi (a) Influen dan (b) Efluen	28
Gambar 4. 5 Kematian Ikan Mas Contoh Uji Influen IPL Piyungan.....	30
Gambar 4. 6 Kematian Ikan Mas Contoh Uji Efluen IPL Piyungan.....	31
Gambar 4. 7 Warna Ikan Mas (a) Sebelum dan (b) Setelah Dipaparkan Lindi Piyungan menjadi pucat	33
Gambar 4. 8 Insang Ikan Mas (a) Sebelum, dan (b) Setelah Dipaparkan Lindi Piyungan menjadi pucat	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Analisis Data Kematian Ikan.....	45
Lampiran II Karakteristik Lindi IPL Piyungan.....	57
Lampiran III Aklimatisasi Hewan Uji.....	82
Lampiran IV Uji Toksisitas.....	84
Lampiran V Dokumentasi.....	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengurugan sampah ke dalam tanah merupakan salah satu cara untuk mengolah sampah. Namun yang menjadi masalahnya adalah dihasilkannya air sampah (lindi) yang memungkinkan untuk mencemari lingkungan. Menurut Yao (2013), lindi adalah cairan yang dihasilkan karena kelembaban alami dan keberadaan air dalam residu bahan organik, serta infiltrasi air di lapisan penutup dan lapisan dalam sel landfill yang menyebabkan peningkatan bahan terlarut atau tersuspensi yang berasal dari residu.

Di Daerah Istimewa Yogyakarta, tempat pembuangan sampah terbesar terletak di TPST Piyungan. TPST Piyungan memiliki kapasitas 2,7 juta meter kubik sampah yang melayani Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (350 ton per hari) serta direncanakan untuk 10 tahun dengan asumsi daur ulang 20% (Setiadi, 2015). Pada TPST ini digunakan sistem *Controlled Landfill* dimana sampah yang telah diurug dan dipadatkan di area pengurugan ditutup dengan tanah penutup paling tidak setiap 3-5 hari.

Landfill menghasilkan emisi cair yang berasal dari degradasi biomasa oleh mikroorganisme aerobik dan/ atau anaerobik berupa lindi (Manahan, 2000). Lindi yang bersifat asam berkemampuan untuk mengikat logam berat sehingga berbahaya apabila mencemari lingkungan. Lindi yang dihasilkan TPST Piyungan memiliki potensi bahaya, seperti pencemaran tanah, air permukaan, dan air tanah yang berdampak pada makhluk hidup di dalam ekosistem, apabila tidak diolah. Maka dari itu, pada TPST Piyungan terdapat IPL yang digunakan untuk mengolah lindi yang dihasilkan TPST tersebut. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa lindi yang sudah diolah di IPL Piyungan sudah tidak berdampak buruk bagi ekosistem sekitar.

Monitoring dan evaluasi air lindi yang dilakukan selama ini hanya menyangkut komponen fisik dan kimia saja. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 59 tahun 2016 tentang baku mutu air lindi bagi usaha dan/ atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah, parameter yang perlu diperhatikan diantaranya pH, BOD, COD, TSS, N Total, dan Kadmium. Ini menunjukkan bahwa tingkat racun yang terkandung di dalam air lindi belum dijadikan salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam kualitas air lindi yang akan dibuang ke sumber air. Padahal dalam air lindi juga mengandung logam berat lain seperti Cr, Cu, Pb, Ni, Zn dan komponen inorganik seperti Ca, Mg, Na, K, NH₄, Fe, Mn, HCO₃ (Yao, 2013). Kesalahpahaman umum bahwa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dapat mengatasi semua jenis polutan, tidak peduli tingkat toksisitasnya, juga memperburuk masalah pencemaran (Birry, 2016).

Maka dari itu, air lindi IPL Piyungan perlu diuji toksisitasnya baik sebelum maupun setelah pengolahan di IPL Piyungan dengan metode *Whole Effluent Toxicity (WET)*. WET dapat didefinisikan sebagai efek toksik agregat dari efluen yang diukur secara langsung melalui uji toksisitas perairan. Metode ini digunakan karena dinilai efektif untuk mengetahui tingkat bahaya dari campuran kombinasi senyawa kimia yang ada di dalam suatu air limbah.

Hewan uji yang digunakan yaitu ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang sering dikonsumsi masyarakat dan terdapat di perairan tawar Pulau Jawa mengingat dapat terdampaknya manusia melalui rantai makanan. Ikan Mas merupakan salah satu ikan air tawar yang mempunyai nilai ekonomis penting, sehingga ikan ini banyak dibudidayakan (Rudiyanti, 2009). Ikan mas telah digunakan dalam studi *biomarker* (penanda keterpaparan, penanda efek, dan penanda kerentanan) dan secara luas digunakan dalam evaluasi potensi genotoksik pada studi lingkungan (Cok, 2011)

1.2 Rumusan Masalah

Monitoring dan evaluasi air lindi yang dilakukan selama ini hanya mencakup parameter fisik dan kimia saja sehingga air lindi IPL Piyungan perlu

diuji toksisitasnya baik sebelum maupun setelah pengolahan untuk mengetahui kinerja IPL melalui parameter toksisitas.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis toksisitas lindi baik sebelum maupun setelah pengolahan di IPL Piyungan menggunakan ikan Mas *Cyprinus carpio*.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik lindi IPL Piyungan.
2. Mengetahui informasi terkait toksisitas akut lindi baik sebelum maupun setelah pengolahan di IPL Piyungan.

1.4 Ruang lingkup

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pengujian toksisitas akut dilakukan pada contoh uji lindi IPL Piyungan baik influen maupun efluen;
2. Pengujian toksistas akut dilakukan menggunakan metode uji *static non renewal* dimana contoh uji yang sama digunakan selama 96 jam.
3. Selama proses pengujian, masing masing reaktor uji dilengkapi aerator dengan satu *bubble stone air* untuk mengurangi kemungkinan kematian akibat kekurangan oksigen dalam air.
4. Contoh uji diambil pada bulan Januari-Februari (peralihan musim hujan-kemarau);
5. Air yang digunakan untuk pengenceran contoh uji pada pengujian toksisitas berasal dari air keran Laboratorium Bioteknologi Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah diaerasi selama 24 jam.
6. Organisme yang dipapar adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*) berusia 4-6 minggu dengan ukuran panjang 3-5 cm;
7. Pada proses aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji toksisitas dilakukan pengukuran pH, DO, suhu, dan kematian ikan setiap harinya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Sampah (Lindi)

Landfill menghasilkan emisi cair yang berasal dari degradasi biomasa oleh mikroorganisme aerobik dan/ atau anaerobik. Hasil dari degradasi aerobik dan anaerobik yaitu karbon dioksida (Manahan, 2000). Karbon dioksida inilah yang apabila beraksi dengan air akan menghasilkan asam. Lindi yang bersifat asam berkemampuan untuk mengikat logam berat sehingga berbahaya apabila mencemari lingkungan.

Lindi adalah cairan yang dihasilkan karena kelembaban alami dan keberadaan air dalam residu bahan organik, serta infiltrasi air di lapisan penutup dan lapisan dalam sel landfill yang menyebabkan peningkatan bahan terlarut atau tersuspensi yang berasal dari residu. Air lindi mengandung logam berat lain seperti Cr, Cu, Pb, Ni, Zn dan komponen inorganik seperti Ca, Mg, Na, K, NH₄, Fe, Mn, HCO₃ (Yao, 2013).

Kualitas lindi mencapai puncak setelah 2 hingga 3 tahun diikuti oleh penurunan bertahap pada tahun-tahun berikutnya. Umumnya, lindi dari landfill yang baru mengandung BOD dan COD tinggi dan akan mengalami penurunan bertahap selama 10 tahun (Adhikari, Dahal, & Khanal, 2014). Konsentrasi BOD dan COD lindi menurun dengan peningkatan usia landfill (Brennan, Healy, Morrison, Hynes, Norton, & Clifford, 2015). Umumnya, kekuatan lindi menurun dengan waktu karena kerusakan biologis dari komponen organik dan pengendapan unsur larut seperti logam berat (Bhalla, Saini, & Jha, 2012). Setelah lokasi landfill ditutup, landfill tersebut akan terus menghasilkan lindi dan proses ini dapat berakhir selama 30-50 tahun (Bhalla, Saini, & Jha, 2013). Beberapa peneliti menyelidiki toksisitas akut dan genetik dari lindi TPA kota. Hasilnya menunjukkan lindi dari TPA kota sama toksiknya dengan lindi dari perumahan dan limbah berbahaya (Adhikari, Dahal, & Khanal, 2014).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016, baku mutu air lindi adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/ atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam lindi yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari kegiatan TPA. Baku mutu ini merupakan acuan bagi Gubernur dalam menetapkan baku mutu lindi yang lebih ketat, pejabat pemberi izin lingkungan dalam penerbitan izin lingkungan, dan penanggung jawab usaha dan/ atau kegiatan TPA dalam merencanakan pengolahan lindi dan penyusunan dokumen lingkungan. Parameter dalam baku mutu lindi diantaranya pH, BOD, COD, N Total, Merkuri, dan Kadmium. Baku mutu air lindi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Lindi

No	Parameter (1)	Satuan (2)	Baku Mutu (3)
1	pH	-	6-9
2	BOD	mg/ L	150
3	COD	mg/ L	300
4	TSS	mg/ L	100
5	Nitrogen Total	mg/ L	60
6	Merkuri	mg/ L	0,005
7	Kadmium	mg/ L	0,1

Sumber: Peraturan Menteri LHK No 59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016

2.2 Toksisitas

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari kerusakan/ cedera pada organisme yang diakibatkan oleh suatu substansi, materi, dan/ atau energi. Sedangkan toksisitas dapat diartikan kemampuan racun (molekul) untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya (Soemirat, 2005).

Konsentrasi median adalah konsentrasi yang membagi populasi menjadi dua bagian disebut sebagai LC_{50} . *Lethal Concentration₅₀* (LC_{50}) adalah konsentrasi bahan yang menyebabkan kematian 50% organisme terpapar. Parameter ini sering

digunakan jika suatu organisme dipaparkan terhadap konsentrasi bahan tertentu dalam air atau udara yang dosisnya tidak diketahui. Dalam hal ini waktu pemaparan dan konsentrasi harus dinyatakan dengan jelas. Suatu dosis/konsentrasi untuk 50% hewan digunakan karena arah kisaran nilai pada titik tersebut paling menyempit dibanding dengan titik-titik ekstrim dari kurva dosis/konsentrasi-respon. LD₅₀ biasa digunakan untuk mengkonversi hasil bioassay pada dosis aman bagi manusia, dimana LD₅₀ pada hewan dianggap sebagai LD₁₀₀ bagi manusia (Mukono, 2005).

Uji toksisitas level I seringkali disebut sebagai uji jangka pendek. Uji toksisitas dapat dilakukan terhadap organisme akuatik atau terestrial, tergantung relevansi. Dosis uji divariasikan dengan perkiraan konsentrasi xenobiotik yang ada dalam media dan standar yang berlaku bagi xenobiotik dalam lingkungan. Uji dilaksanakan dalam 24-96 jam dan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama untuk memperkirakan rentang dosis kasar LD/ LC 50/ 100 yang dicari. Tahap kedua untuk menentukan LD/ LC dengan cara *least square* ataupun dengan metode probit (Soemirat, 2005).

2.3 Whole Effluent Toxicity (WET)

Whole Effluent Toxicity (WET) dapat didefinisikan sebagai efek toksik agregat dari efluen yang diukur secara langsung melalui uji toksisitas perairan (US EPA, 2000). Metode ini digunakan karena dinilai efektif untuk mengetahui interaksi antara campuran kontaminan kompleks yang ada di dalam suatu air limbah (Chapman, 2000). WET perlu dilakukan untuk menggabungkan pengukuran parameter fisik-kimia dengan penilaian untuk melindungi kualitas lingkungan air tawar lebih baik (Kocbas & Oral, 2015).

Metode *WET* mengukur efek racun total terlepas dari komposisi fisik dan kimianya. *WET* bersifat menyeluruh, sederhana dan murah (Chapman, 2000). Metode ini memiliki kekurangan yaitu tidak ada penilaian sifat bahan kimia tertentu seperti potensi bioakumulasi dan tidak adanya identifikasi komponen toksik spesifik. Namun, dapat diatasi dengan menggunakan *Toxic Identification Evaluations (TIE)* (Hall & Golding, 1998). Standar uji *WET* hanya mengukur efek

toksik langsung terhadap ketahanan, pertumbuhan, atau reproduksi. Uji *WET* berfungsi untuk mengidentifikasi bahaya, dengan demikian sesuai dengan tahap pertama penilaian resiko ekologis (Chapman, 2000).

Pengujian *WET* dapat dilakukan melalui 3 cara yaitu uji *static non renewal*, uji *static renewal*, dan uji *flow through*. Pada pengujian *static non renewal*, hewan uji dipaparkan pada larutan uji yang sama selama durasi pengujian. Sedangkan pada *static renewal*, hewan uji dipaparkan pada larutan baru dengan konsentrasi contoh uji yang sama setiap 24 jam (US EPA, 2002).

Manual metode *WET* menyarankan serangkaian pengenceran air limbah yaitu 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100% dan satu kontrol. Pengenceran ini dilakukan terlebih dahulu apabila hanya sedikit informasi yang diketahui terkait air limbah. Dilakukan dua kontrol apabila air yang digunakan untuk pengenceran limbah berbeda dengan air yang digunakan untuk pemeliharaan hewan uji (US EPA, 2000).

Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji. Seri pengenceran ini penting untuk dilakukan agar memperoleh hasil yang tepat dan dapat diandalkan. Serangkaian pengenceran yang tepat dapat digunakan untuk mengidentifikasi secara akurat hubungan konsentrasi-respon serta meningkatkan ketepatan perkiraan konsentrasi efek dari hubungan tersebut (US EPA, 2000).

2.4 Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) sebagai biomonitoring

Bioassay menggunakan organisme hidup dilakuakn untuk menentukan toksisitas suatu bahan kimia. Prosedur ini mengharuskan pemaparan organisme hidup pada konsentrasi yang berbeda dan mengamati efek pada perilaku dan keberlangsungan hidup organisme. Penggunaan ikan untuk penilaian toksisitas sudah sering dilakukan. Spesies seperti rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, common carp (*Cyprinus carpio*), goldfish (*Carassis auratus*), and fathead minnow (*Pimephales promelas*) sering digunakan dalam penilaian toksisitas lindi. Bioassay mendukung pengukuran dampak toksik secara utuh (Ghosh, Thakur, & Kaushik, 2017).

Biomarker merupakan perubahan pada respon biologi seperti molekul, sel, fisiologi, dan kelakuan yang dapat berhubungan dengan efek toksik dari bahan kimia lingkungan (Ghosh, Thakur, & Kaushik, 2017). Biomarker banyak digunakan dalam program pemantauan karena kepekaannya terhadap tekanan lingkungan (Santana, et al., 2018). Studi biomarker digunakan dalam evaluasi kesehatan lingkungan sebagai indikator efek beracun dari pencemar lingkungan. Perubahan tingkat biokimia merupakan respon “peringatan dini” suatu organisme terhadap perubahan lingkungan (Cok, 2011). Pendekatan biomarker ini memungkinkan penggunaan ciri riwayat hidup yang berhubungan dengan dinamika populasi (kelangsungan hidup, pertumbuhan, reproduksi, dan tingkat makan) sebagai penanda toksisitas (Santana, et al., 2018). Biomarker dapat diambil sebagai indikasi jangka pendek dari efek biologis yang akan terlihat dalam jangka panjang (Cok, 2011).

Sistem kekebalan tubuh ikan terdiri dari jaringan sel yang berkembang dengan cepat dan berbeda. Karena kemampuan imun berintegrasi secara serentak dengan beberapa polutan, menyebabkan gangguan kekebalan tubuh ikan. Kekebalan ikan diimplementasikan secara langsung pada kebugaran individu, pertumbuhan populasi, kesehatan ikan dan ekosistem. Faktanya, resiko umum kematian ikan tampaknya muncul dari keberadaan kontaminan dan patogen (Nilles, et al., 2015).

Ikan dapat mencerminkan tingkat kualitas air di tempat tertentu. Ikan juga dapat mendeteksi toksisitas air bahkan saat kontaminan tidak teridentifikasi melalui analisis kimia. Ini merupakan tingkah laku alami ikan yang akan merespon dengan cara tertentu terhadap perubahan lingkungan (Raihana, Norkhadijah, Emilia, & Praveena, 2014).

Ikan sangat berguna sebagai hewan uji karena berperan penting dalam rantai makanan. Sebagai rantai terakhir dalam lingkaran makanan di perairan, ikan dapat menjadi langkah awal untuk menunjukkan potensi resiko bahan kimia (Budi, Suliasih, Othman, Heng, & Surif, 2016). Sebagai spesies penanda, *Cyprinus carpio* dipilih karena distribusi yang luas di lingkungan air tawar, tersedia sepanjang musim, dan kepentingan komersial sehingga menjadikannya sebagai

hewan uji yang sangat baik untuk indikator biologi pada kualitas air (Meraj, et al., 2017).

Ikan mas merupakan salah satu ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomi sehingga banyak dibudidayakan. Untuk mengetahui ikan yang digunakan sehat, perlu dilakukan uji respon. Ikan yang sehat akan bergerak/ berenang melawan arus, responsif terhadap pemberian pakan, dan bergerak menyebar dengan cepat bila ada gangguan (SNI 01-6136, 1999).



Gambar 2. 1 *Cyprinus carpio*
(<http://www.google.com/image>)

Pembuahan telur ikan mas bervariasi antara 48-72 jam. Sejak menetas hingga 3-5 hari pasca menetas ikan disebut embrio. Pada fase ini, sistem pencernaan belum berkembang, sehingga sumber nutrisi sepenuhnya dari kantung kuning telur. Karena insang belum terbentuk, pertukaran gas terjadi melalui pembuluh darah dari kantung kuning telur dan sirip ekor. Saat 3-5 hari pasca menetas, kantung kuning telur sepenuhnya diserap serta beberapa organ terbentuk dan berfungsi. Pada fase ini, ikan disebut larva. Larva mengandalkan makanan yang berasal dari luar dan pernapasan dibantu oleh insang. (Ronsmans, 2014)

Sekitar 2-3 minggu pasca-menetas, larva mulai seperti bentuk dewasanya dan tidak lagi transparan. Ketika proses metamorfosis lengkap, ikan dapat disebut remaja. Ikan kemudian memiliki sirip berpasangan dan kematangan organ sudah selesai. (Ronsmans, 2014)

Sekitar 35 hari pasca-menetas, ikan disebut bibit. Bibit sudah sepenuhnya berkembang, dipenuhi sisik dan memiliki penampilan seperti ikan dewasa. Meskipun penampilannya dewasa, sistem imun bibit belum sepenuhnya matang dan berfungsi. Pada ikan mas, kompetensi imun adaptif terjadi lebih kurang 2 bulan setelah penetasan. (Ronsmans, 2014)

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk menguji toksisitas air sampah (lindi):

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Toksisitas Lindi

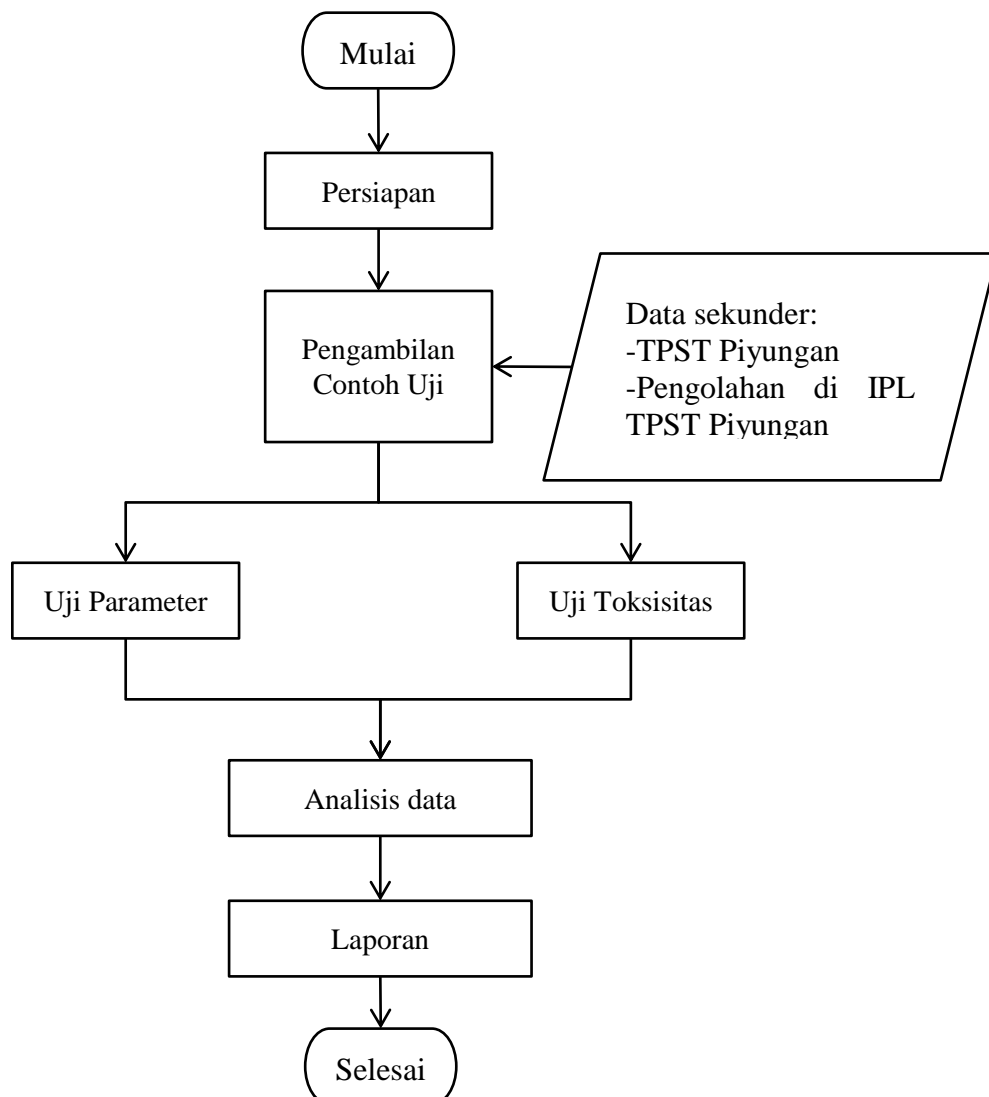
No	Penulis	Hasil
	(2)	(3)
1	Astuti, Sarto, & Irvati, (2009)	Penurunan toksisitas pada air lindi yang diperlakukan dengan PAC terhadap ikan nila merah berdasarkan LC ₅₀ 24-96 jam sebesar 25,99 - 64,38 %. LC 50 tanpa perlakuan PAC adalah 14,97% dan dengan perlakuan PAC sebesar 40,96%
2	Faradisha, Elysha, & Yenie, (2015)	Nilai LC ₅₀ pada <i>effluent</i> pengolahan lindi TPA Muara Fajar adalah 3,595 % dan nilai TUa (<i>Toxicity Unit area</i>) sebesar 27,81. Hal ini menunjukkan bahwa <i>effluent</i> Unit Pengolahan Lindi TPA Muara Fajar masuk dalam klasifikasi besar yang menyebabkan toksisitas akut.
3	Pratiwi, (2014)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi 0,5% air lindi TPA Ngipik dapat menyebabkan mortalitas 67,5% dan konsentrasi 2,5 % air lindi dapat menyebabkan mortalitas 100 % selama 96 jam.
4	Alkassasbeh, Heng, & Surif, (2009)	LC ₅₀ 96 jam untuk lindi tiga landfill menggunakan <i>Cyprinus carpio</i> sebesar 1,132; 2,0; dan 3,822%.
5	Fauziah, Izzati, & Agamuthu, (2013)	Lindi dari landfill yang aktif dan tidak aktif toksik terhadap <i>A. testudineus</i> pada konsentrasi 5,1% dan 4,71%.
6	Wong, (1989)	LC50 untuk lindi yang belum diolah pada bulan Maret dan Juli adalah 1,4% dan 12%. LC50 setelah diolah menggunakan alum meningkat menjadi 2,2% dan 31,4%.

Berdasarkan tabel 2.2 diketahui bahwa LC_{50} untuk lindi yang belum diolah berkisar 0,5-14,97% dengan kategori *significant acute toxicity* hingga *very high toxicity level*. Sedangkan untuk lindi yang telah diolah berkisar 2,2-40,96% dan dikategorikan, *significant acute toxicity* hingga *high toxicity level*. Dari data tersebut diketahui bahwa LC_{50} mengalami kenaikan setelah dilakukan pengolahan yang berarti terjadi penurunan tingkat toksisitas.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa ST[tahapan, dapat dilihat pada gambar 3.1 Kerangka Penelitian, sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan kajian pustaka lalu pengambilan contoh uji. Pengambilan contoh uji mengacu pada SNI 6989.59-2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Contoh uji kemudian diuji parameter fisik-kimianya seperti pH, T, DO, BOD, COD, TSS, Nitrogen Total, dan Kadmium serta toksisitas. Data yang didapatkan kemudian dianalisis. Uji toksisitas dan analisis data dijelaskan lebih detail pada gambar 3.5 dan 3.6.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

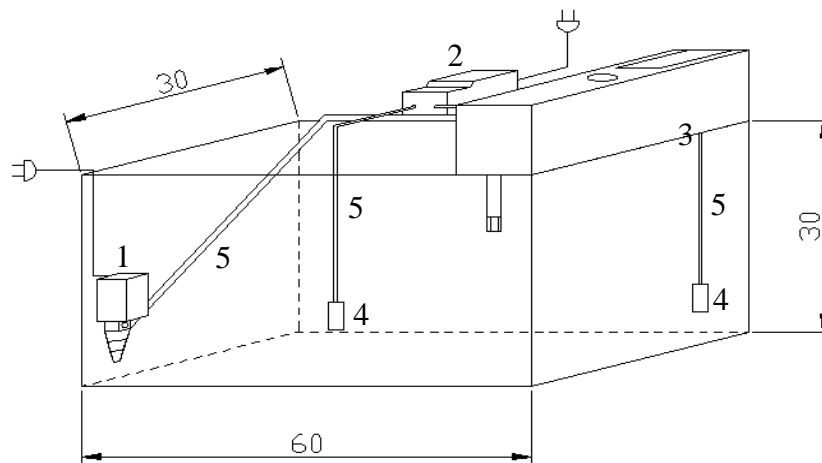
Penelitian dilakukan skala laboratorium di Laboratorium Bioteknologi dan Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km 14,5, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta Kode Pos 55584. Proses pengujian akan dilakukan dari bulan Januari 2018 hingga Maret 2018.

3.3 Desain Reaktor

Pada proses aklimatisasi, ikan diadaptasi dalam reaktor aklimatisasi dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm dengan tebal kaca 5 mm. Reaktor aklimatisasi dilengkapi dengan aerator dan pompa filter air. Desain reaktor aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 3.2. Bahan yang digunakan untuk wadah pemaparan, pemeliharaan, dan lain-lain yang bersentuhan dengan air limbah dan pengenceran harus dipilih dengan cermat. Kaca borosilikat atau plastik non toksik harus digunakan sebisa mungkin untuk meminimalkan serapan dan pelepasan bahan beracun, dan dapat digunakan kembali setelah dibersihkan (US EPA, 2002). Air yang digunakan pada proses aklimatisasi adalah 20 liter (Alkassasbeh, Heng, & Surif, 2009).

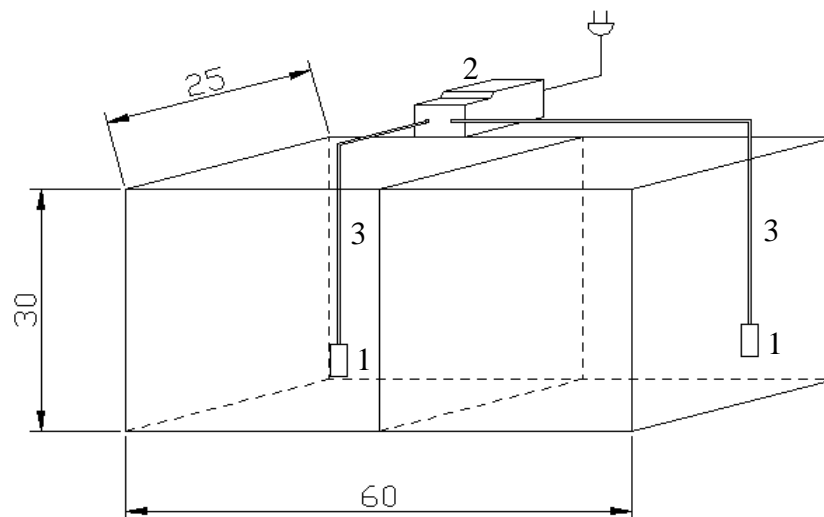
Sedangkan pada proses pengujian, ikan dimasukkan ke dalam reaktor uji berukuran panjang 30 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 30 cm (volume 22,5 L) dengan tebal kaca 5 mm dan dilengkapi dengan aerator. Desain reaktor uji dapat dilihat pada gambar 3.3. Ikan dengan usia 30-60 hari diletakkan dalam wadah uji berukuran 5 liter untuk 10 ekor ikan (US EPA, 2002). Hewan uji yang digunakan pada setiap konsentrasi uji minimal 20 ekor (US EPA, 2002). Contoh uji yang

digunakan berasal dari inlet dan outlet IPL Piyungan. Pada proses pengujian dilakukan lima variasi konsentrasi pengenceran yaitu 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100% serta satu kontrol. Maka dari itu, digunakan reaktor uji sebanyak 12 buah. Reaktor disusun dengan dilengkapi aerator pada masing-masingnya.



Keterangan: 1. Pompa
 2. Aerator
 3. Filter aquarium
 4. Batu gelembung udara
 5. Selang

Gambar 3. 2 Reaktor Aklimatisasi



Keterangan: 1. Batu gelembung udara
 2. Aerator
 3. Selang

Gambar 3. 3 Reaktor Uji

3.4 Hewan Uji

Sekitar 35 hari pasca-menetas, ikan mas disebut bibit. Bibit sudah sepenuhnya berkembang, dipenuhi sisik dan memiliki penampilan seperti ikan dewasa. Meskipun penampilannya dewasa, sistem imun bibit belum sepenuhnya matang dan berfungsi. Pada ikan mas, kompetensi imun adaptif terjadi lebih kurang 2 bulan setelah penetasan (Ronsmans, 2014). Ukuran bibit pada tahap ini berkisar 3-5 cm (SNI 01-6136, 1999). Usia dan ukuran ikan inilah yang digunakan untuk pengujian. Selama pemeliharaan, ikan diberi pakan setiap hari 3 % dari berat badan (Hedayati, 2014).

Berdasarkan (SNI 8296.4, 2016) tentang Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). Bagian 4: Produksi benih, kualitas air media pemeliharaan ikan sebagai berikut:

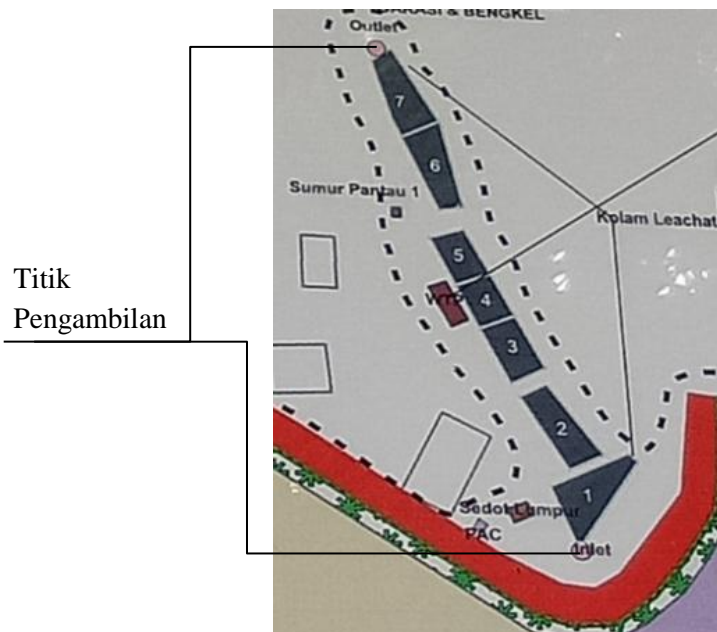
Tabel 3. 1 Kualitas Air Media Pemeliharaan Ikan Mas

No	Parameter (1)	Satuan (2)	Nilai (3)
1	Suhu	°C	25-30
2	pH	-	6,5-8,5
3	Oksigen	mg/ L	Minimal 5

Sumber: SNI 8296.4 (2016).

3.5 Sampling Air Limbah

Sampling air lindi mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI 6989.59, 2008) tentang Air dan Air Limbah, Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Contoh uji diambil pada lokasi sebelum dan setelah IPL. Pengambilan contoh uji IPL inlet dilakukan pada titik pada aliran bertubulensi tinggi agar terjadi pencampuran dengan baik, yaitu pada titik dimana limbah mengalir pada akhir proses produksi menuju ke IPL. Sedangkan pengambilan contoh uji outlet IPL dilakukan pada lokasi setelah IPL atau titik dimana air limbah yang mengalir sebelum memasuki badan air penerima (sungai).



Gambar 3. 4 Pengambilan Contoh Uji
Sumber: Denah TPST Piyungan

Pada saat pengambilan contoh uji juga dilakukan pengukuran untuk parameter suhu, derajat keasaman, dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan (SNI 6989.59, 2008). Parameter uji di lokasi pengambilan contoh uji dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Parameter Uji Air Limbah di Lokasi Pengambilan Contoh Uji

No	Parameter	Satuan	Metode	Acuan
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	pH	-	pH-meter	SNI 06-6989.11-2004
2	Temperatur	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005
3	DO	mg/ L	<i>Membrane electrode method</i>	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005 (4500-O G)</i>

Wadah yang digunakan untuk menyimpan contoh uji harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu terbuat dari bahan gelas atau plastik poli etilen (PE) atau poli propilen (PP) atau teflon (*Poli Tetra Fluoro Etilen*, PTFE), dapat ditutup dengan kuat dan rapat, bersih dan bebas kontaminan, tidak mudah pecah, dan tidak berinteraksi dengan contoh (SNI 6989.59, 2008). Contoh uji untuk toksisitas disimpan tidak lebih dari 36 jam (US EPA, 2002).

3.6 Uji Parameter

Beberapa parameter yang diuji mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, yaitu pH, BOD, COD, TSS, N Total, dan Kadmium. Parameter fisik-kimia tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Parameter Uji Air Limbah

No	Parameter (1)	Satuan (2)	Metode (3)	Acuan (4)
1	BOD	mg/ L	Titration secara Iodometri (Modifikasi Azida)	SNI 6989.72-2009
2	COD	mg/ L	Refluks Tertutup secara Titrimetri	SNI 06-6989.2-2004
3	TSS	mg/ L	Gravimetri	SNI 6989.72-2009
4	N Total	mg/ L	Spektrofotometer secara Makro Kjeldahl	SK SNI M-47-1990-03
5	Kadmium	mg/ L	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala	SNI 6989.16-2009

3.7 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses penyesuaian atau adaptasi ikan terhadap lingkungan baru selama 7 hari (Mulyani, 2014). Air yang digunakan tidak boleh lebih dari 14 hari karena memungkinkan adanya pertumbuhan bakteri, jamur, atau alga (Fleming, 2004). Sebelum pengujian, ikan diberi pakan 3 % dari berat badan

setiap harinya (Hedayati, 2014). Ikan tidak digunakan untuk uji apabila tidak sehat, berubah warna, atau bentuk stres lainnya, atau kematian mencapai 10% sebelum pengujian. Jika ikan termasuk kriteria tersebut, maka ikan-ikan tidak dapat digunakan dan harus diganti ikan baru (US EPA, 1991).

Beberapa parameter kualitas air yang diperhatikan untuk menunjang kehidupan mas (*Cyprinus carpio*) berdasarkan (SNI 8296.4, 2016) dapat dilihat pada tabel 3.1 diantaranya temperatur air 25-30 °C, derajat keasaman 6,5-8,5 dan kandungan oksigen terlarut minimal 5 mg/ L. Selama aklimatisasi dilakukan proses aerasi. Hewan uji harus diberi pakan selama proses persiapan (Fleming, 2004).

3.8 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi yang tepat saat pengujian toksisitas (Mulyani, 2014). Setelah ikan melalui proses aklimatisasi, ikan kemudian dipindahkan ke reaktor toksisitas dengan konsentrasi lindi bervariasi, diantaranya 6,25 %; 12,5 %; 25 %; 50 %; dan 100 % (US EPA, 2000), baik influen maupun effluen IPL Piyungan. Dilakukan pula pengujian pada konsentrasi 0% sebagai konsentrasi kontrol (Fleming, 2004).

Digunakan 20 ekor ikan dalam satu reaktor uji (US EPA, 2002). Reaktor uji diisi 10 L air dengan konsentrasi yang bervariasi. Faktor padat penebaran 1 ekor/L dan 2 ekor/L tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup benih ikan mas, hal ini disebabkan pada kepadatan 1–2 ekor/L benih mas masih dapat bertahan dalam memenuhi kebutuhan nutrisi maupun ruang (Beauty, 2012).

Konsentrasi DO yang rendah mungkin berdampak pada hasil uji. Maka dapat dilakukan proses aerasi pada semua pengujian dan kontrol (Fleming, 2004). Hasil pengujian dapat diterima apabila pada reaktor kontrol ikan yang bertahan \geq 90% populasi (US EPA, 1991).

3.9 Uji Toksisitas

Durasi tes dapat bervariasi dari 24 jam hingga 96 jam bergantung pada objektivitas tes dan kewajiban dari pembuat aturan. Hasil uji dapat diterima jika ketahanan ikan pada reaktor kontrol sedikitnya 90%. Jika pengujian ketahanan pada reaktor kontrol kurang dari 90% maka harus dilakukan pengujian ulang (US EPA, 1991).

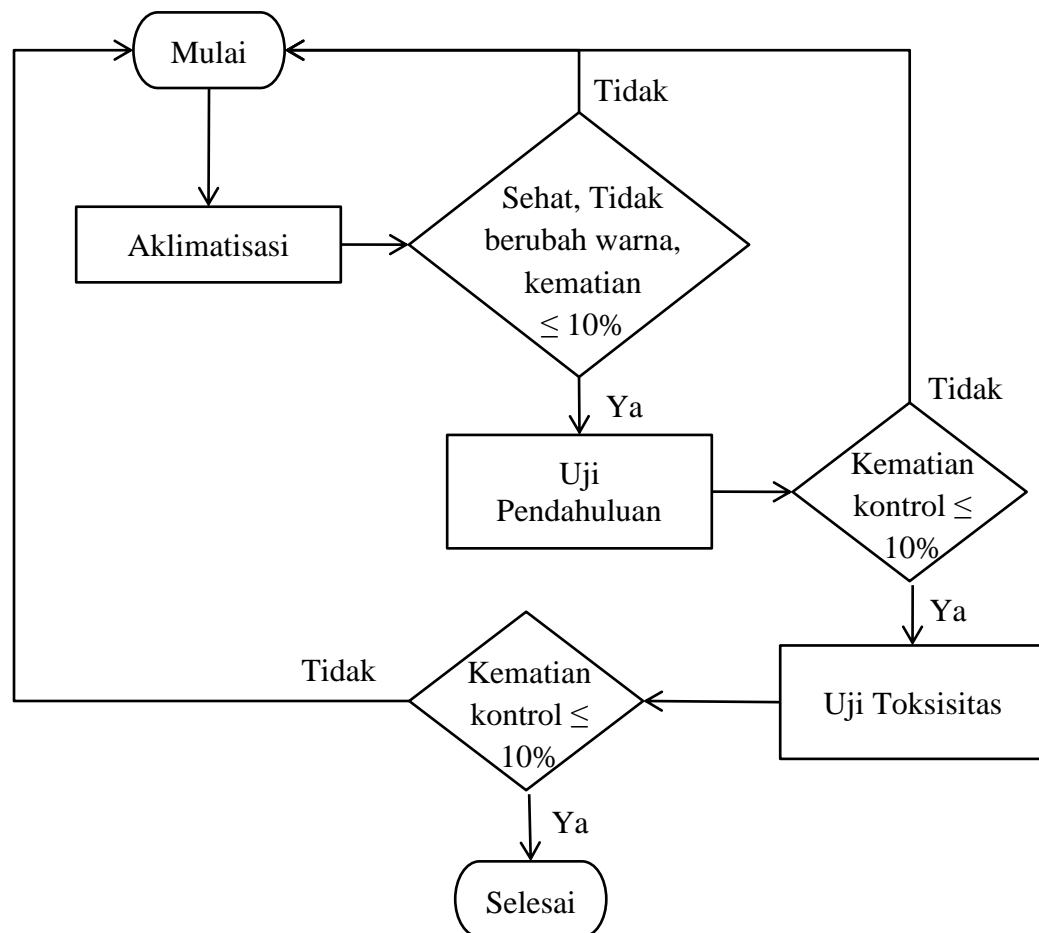
Konsentrasi DO yang rendah mungkin berdampak pada hasil uji. Maka dapat dilakukan proses aerasi pada semua pengujian dan kontrol (Fleming, 2004). DO, pH, dan suhu diukur pada reaktor kontrol dan semua reaktor variasi konsentrasi lindi pada awal pengujian, setiap harinya, dan akhir pengujian (US EPA, 2002).

Konsentrasi yang digunakan saat pengujian toksisitas bergantung konsentrasi pada saat uji pendahuluan. Jika dalam 1 jam sejak uji dimulai, 100% kematian terjadi pada konsentrasi tertinggi (seperti 100% dan 50%) maka penambahan variasi konsentrasi seperti 3,1%, 1,6%, dan 0,8% dilakukan (US EPA, 2002). Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji (US EPA, 2000). Diagram alir aklimatisasi, uji pendahuluan, dan uji toksisitas dapat dilihat pada gambar 3.5.

3.10 Analisis Data

Metode yang digunakan adalah *Whole Effluent Toxicity* yaitu efek toksik agregat dari efluen diukur secara langsung melalui uji toksisitas akuatik. Konsep konsentrasi-respon merupakan dasar untuk menentukan titik perkiraan LC50 pada uji WET. Respon biologis seperti kematian, hambatan pertumbuhan, gangguan reproduksi dan lain-lain diukur pada rentang konsentrasi limbah tertentu. Kurva yang dihasilkan berbentuk s (sigmoid), kemudian dilinear oleh variasi transformasi data (transform probit) untuk membantu dalam penggambaran kesimpulan hubungan. Hasil dari kurva konsentrasi-respon linear dapat menghitung prakiraan titik konsentrasi efek. Pada uji WET, konsentrasi efek seperti LC₅₀ digunakan untuk melaporkan hasil uji WET (US EPA, 2000). Hasil

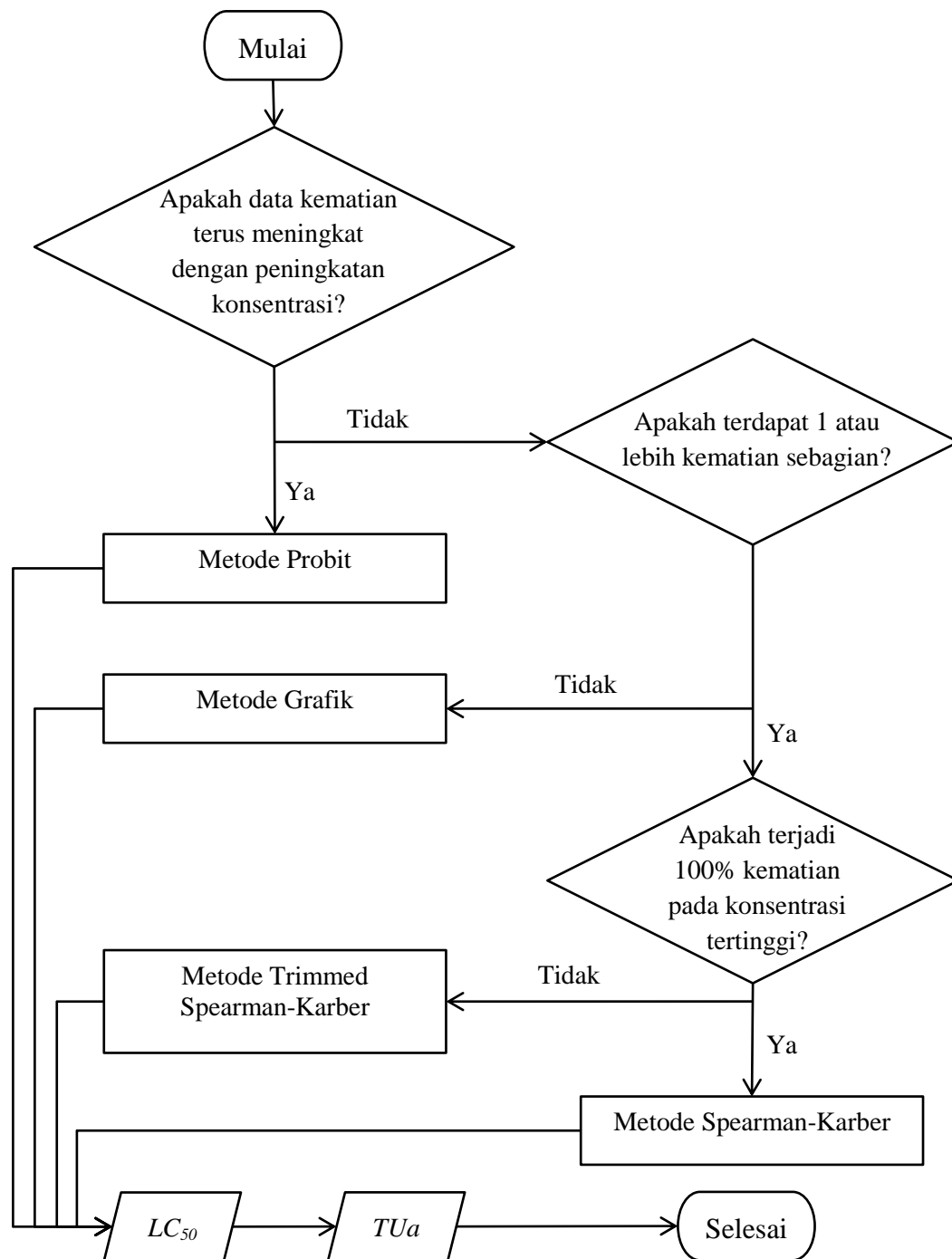
pengujian dapat diterima jika kematian kontrol saat pengujian $<10\%$. (Bejgarn, 2015).



Gambar 3. 5 Uji Toksisitas

Terdapat empat metode untuk menentukan LC50, diantaranya Metode Grafik, Spearman-Karber, Trimmed Spearman-Karber, atau Probit. Metode probit digunakan apabila data kematian terus meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi limbah. Hubungan konsentrasi-respon digambarkan melalui Metode Least Square antara \log_{10} konsentrasi limbah (x) dan nilai probit (y). Data direkomendasikan untuk dianalisis menggunakan program komputer (*software*

komputer *EPA Probit Analysis Program Used for Calculating LC/ EC Values Version 1.5*) (US EPA, 2002).



Gambar 3. 6 Analisis Data Kematian Ikan

Metode Spearman-Karber digunakan ketika data tidak meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi limbah namun terjadi kematian sebagian pada larutan uji. Metode ini merapikan/ menyesuaikan data yang menurun sehingga data menjadi konstan (US EPA, 2002). Metode Trimmed Spearman-Karber hanya digunakan ketika syarat untuk Metode Probit dan Spearman-Karber tidak terpenuhi. Sedangkan Metode Grafik digunakan ketika data hanya terdiri dari 0% dan 100% kematian (tidak ada kematian sebagian) (US EPA, 2002).

Toxicity Classification system (TCs) suatu limbah pertama kali dikenalkan oleh Persoone (1999) dan digunakan untuk klasifikasi ekotoksistas berdasarkan urutan dalam kelas toksistas dan skor pada setiap kelas toksistas. Pada *TCs*, hasil diperoleh dari uji toksistas yang diubah dalam bentuk Toxic Unit (TU) (Vaajasaari, 2005). Klasifikasi berdasarkan nilai *TUa* dapat dilihat pada tabel 3.4.

Setelah didapatkan LC_{50} , dapat dihitung *TUa*-nya. *Toxic Unit (TU)* adalah ukuran toksistas pada suatu effluen sebagai penentu satuan toksistas akut (*TUa*) atau toksistas kronis (*TUc*). Semakin besar *TU*, semakin besar tingkat toksistasnya. *Toxic Unit-acute* merupakan timbal-balik konsentrasi effluen 100 kali yang menyebabkan 50% dari organisme mati pada uji toksistas akut (US EPA, 2010). Diagram alir analisis data kematian ikan dapat dilihat pada gambar 3.6.

$$TUa = 100/ LC_{50}..... Persamaan (1)$$

TUa = Toxic Unit acute

LC_{50} = Konsentrasi kematian 50% populasi
(US EPA, 2010)

Nilai *TUa* yang didapatkan kemudian digunakan untuk mengonversi tingkat toksistasnya. Gambar 3.6 menunjukkan diagram alir analisis data kematian ikan.

Tabel 3. 4 Klasifikasi Berdasarkan Penilaian Toksisitas

No	Kelas (1)	Tingkat Toksisitas (2)	<i>Toxic Unit</i> (3)	<i>Test Score</i> (4)
1	Class I	No acute toxicity	<1	1
2	Class II	Significant acute toxicity	1-10	2
3	Class III	High acute toxicity	10-100	3
4	Class IV	Very high acute toxicity	>100	4

Sumber: Vaajasaari, 2005

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Karakteristik Lindi

IPL Piyungan Bantul memiliki 7 kolam pengolahan yaitu 2 kolam pengendapan, 3 kolam aerasi, dan 2 kolam disinfeksi seperti gambar 3.4. Sebelum mengalir ke kolam pengendapan, lindi dari inlet terlebih dahulu melewati screen dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada saat dilakukan pengambilan contoh uji tanggal 31 Januari 2018 dan 14 Februari 2018, kolam pengendapan dipenuhi sampah akibat banjir dan belum dilakukan pembersihan sampah dalam kolam dikarenakan keterbatasan alat berat. Alat berat yang ada masih difokuskan pada zona landfill.



Gambar 4. 1 (a) Screen dan (b) Kolam Pengendap IPL Piyungan

Lindi dari kolam pengendapan dialirkan ke kolam aerasi. Mulanya kolam 3, 4, dan 5 merupakan kolam koagulasi yang berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan dalam air lindi (Susanto, Ganefati, Muryani, & Istiqomah, 2004), kemudian diganti menjadi kolam aerasi menggunakan diffuser. Lindi yang telah diaerasi kemudian dialirkan ke kolam 7 dan 8. Kolam ini mulanya berfungsi

sebagai kolam aerasi namun sekarang direncanakan sebagai kolam disinfeksi dan belum beroperasi.



Gambar 4. 2 (a) Kolam Aerasi dan (b) Kolam Disinfeksi IPL Piyungan

Lindi influen IPL Piyungan berwarna coklat tua sedangkan efluennya berwarna hijau tua. Tingginya konsentrasi warna pada lindi disebabkan karena keberadaan organik yang tinggi. Umumnya, lindi yang stabil diproduksi dari landfill yang sudah lama. Lindi yang stabil mengandung zat organik yang tinggi berupa komponen humic dan fluvic yang diindikasikan oleh warna lindi. Keberadaan zat humic memberikan warna gelap pada lindi. Zat humic merupakan bahan organik natural yang terbentuk dari struktur kompleks dari asam polimer organik, asam karboksilik, dan karbohidrat (Bhalla, Saini, & Jha, 2013). Warna lindi IPL Piyungan dapat dilihat pada gambar 4.3.

Lindi IPL Piyungan berbau busuk yang menyengat dikarenakan keberadaan asam organik. Asam organik berasal dari tingginya konsentrasi bahan organik ketika didekomposisi (Bhalla, Saini, & Jha, 2013). Lindi landfill umumnya berwarna gelap dengan bau yang kuat. Hal ini menunjukkan tingginya beban organik dan inorganik dalam lindi (Yao, 2013). Hasil pengujian parameter fisik-kimia lindi IPL Piyungan disajikan dalam tabel 4.1.



Gambar 4. 3 Lindi IPL Piyungan (a) Influen dan (b) Efluen

Pengujian parameter fisik-kimia dilakukan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah untuk mengetahui kualitas lindi yang akan digunakan pada pengujian toksisitas. Parameter fisik kimia tersebut diantaranya derajat keasaman (pH), kandungan oksigen biokimia (*BOD*), kandungan oksigen kimia (*COD*), padatan tersuspensi total (*TSS*), Nitrogen Total, dan Kadmium (*Cd*).

Tabel 4. 1 Kualitas Lindi Influen dan Efluen IPL Piyungan

No	Parameter	Satuan	Influen IPL Piyungan		Efluen IPL Piyungan		Baku Mutu
			A	B	A	B	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	pH	-	6,4	6,5	6,5	6,4	6-9
2.	BOD	mg/ L	253,93	55,77	15,01	28,96	150
3.	COD	mg/ L	2274,29	2115,00	550,71	524,58	300
4.	TSS	mg/ L	1138,00	568,33	120,00	466,67	100
5.	N Total	mg/ L	1828,26	3068,48	1119,57	1828,26	60
6.	Kadmium	mg/ L	0,2229	0,2180	0,1747	0,1615	0,1

A = contoh uji yang diambil pada 31 Januari 2018

B = contoh uji yang diambil pada 14 Januari 2018

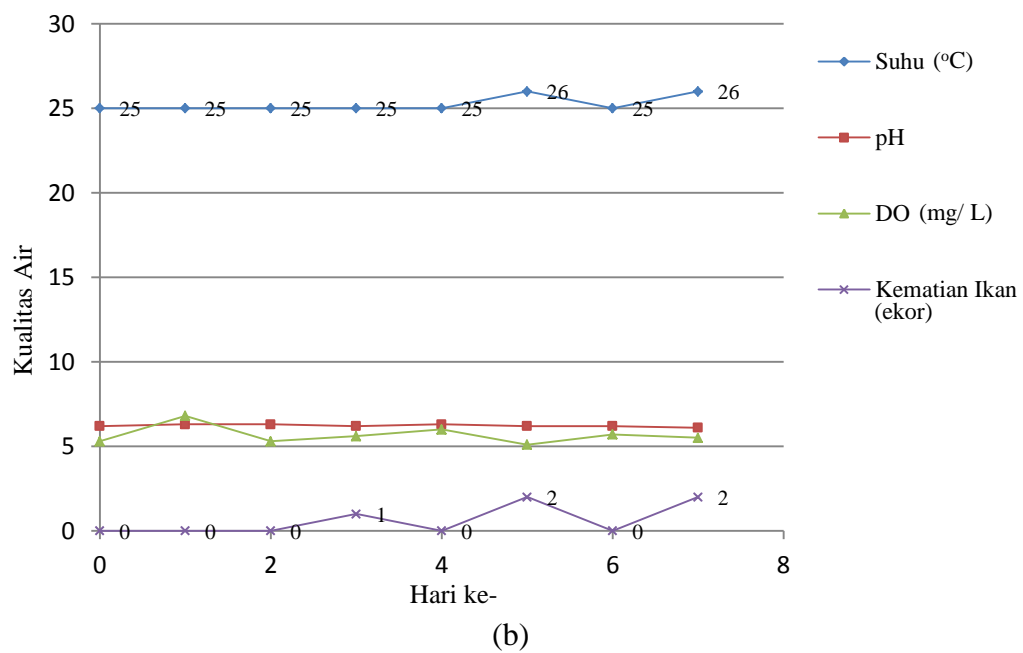
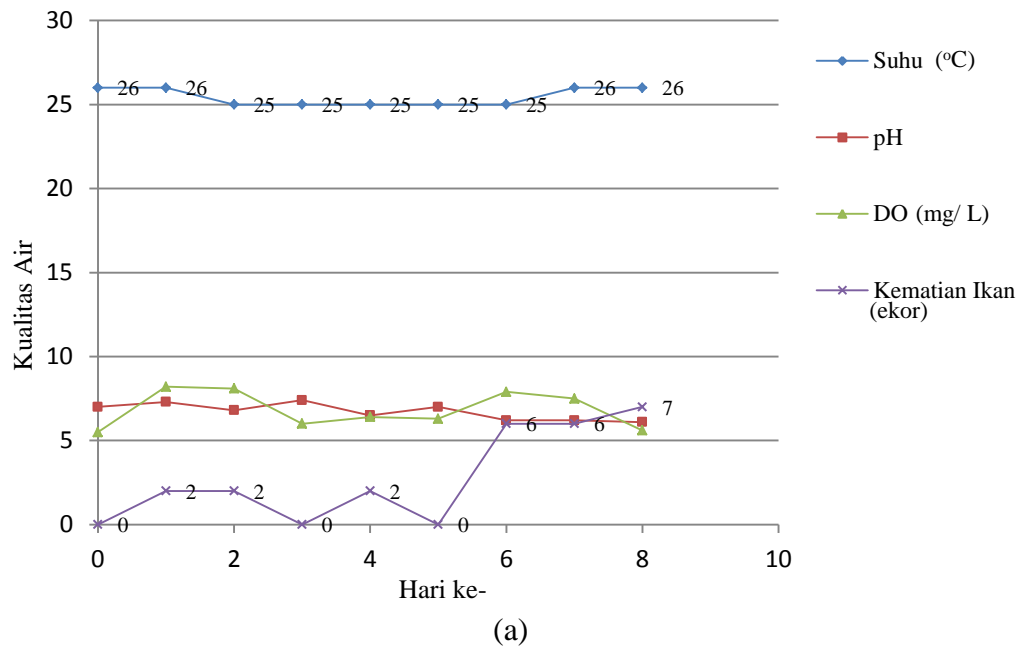
Derajat keasaman (pH) lindi diukur ketika dilakukan pengambilan contoh uji di IPL Piyungan, Bantul. Diketahui bahwa pH lindi baik Influen maupun

Efluen IPL Piyungan berkisar 6,4-6,5. Ini menunjukkan bahwa pH lindi IPL Piyungan memenuhi Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah yaitu 6-9. pH optimal untuk keberlangsungan hidup ikan mas berkisar 6,5-8,5 (SNI 8296.4, 2016). pH yang lebih dari 10,8 dan kurang dari 5,0 dapat berakibat fatal pada ikan mas. Sebagai bentuk pertahanan terhadap efek pH air yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, ikan dapat menghasilkan peningkatan lendir pada kulit dan sisi dalam penutup insang. Lendir yang diproduksi secara berlebihan dan terus-menerus menyebabkan pendarahan pada insang dan bagian bawah tubuh. Lendir yang dihasilkan sering mengandung darah, dibuktikan dengan lendir yang berwarna kusam (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993).

Parameter selain pH diuji di laboratorium. Setelah dilakukan pengujian, diketahui bahwa parameter fisik kimia lindi TPST Piyungan mengalami penurunan setelah diolah di IPL Piyungan. Namun bila dibandingkan dengan baku mutu dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 59 tahun 2016, kualitas lindi baik sebelum maupun setelah pengolahan di IPL Piyungan masih melebihi baku mutu kecuali kandungan oksigen biokimia pada contoh uji Influen B, dan Efluen A dan B.

4.2 Toksisitas Akut

Pengujian toksistas akut dilakukan selama 96 jam. Sebelum dilakukan pengujian, ikan diaklimatisasi terlebih dahulu. Proses aklimatisasi ini dilakukan untuk memastikan hewan uji yang akan digunakan memenuhi kriteria. Selama proses aklimatisasi beberapa parameter diukur setiap hari, diantaranya derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), dan suhu air.



Gambar 4. 4 Kualitas Air Pemeliharaan Ikan Selama Aklimatisasi (a) Influen dan (b) Efluen

pH air berkisar 6,1-7,4; DO air berkisar 5,1-8,2 mg/L; dan suhu air berkisar 25-26°C. Sedangkan menurut (SNI 8296.4, 2016), ikan mas dapat hidup pada pH

air 6,5-8,5; DO air minimal 5 mg/L; dan suhu air berkisar 25-30°C. Kualitas air dan kematian ikan selama pemeliharaan pada proses aklimatisasi ditunjukkan pada gambar 4.4.

Selama proses aklimatisasi, ikan mas mati sebanyak 25 dari 450 ekor (5,56%) dan 5 dari 450 ekor (1,11%). Sedangkan menurut (US EPA, 1991) kematian mencapai 10% sebelum pengujian tidak dapat digunakan untuk uji toksisitas. Ini menunjukkan ikan yang telah diaklimatisasi dapat digunakan untuk uji toksisitas.

4.2.1 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan selama 24 jam untuk menentukan konsentrasi yang akan digunakan pada uji toksisitas. Pada proses ini, variasi konsentrasi lindi yang digunakan baik contoh uji influen maupun efluen yaitu 0%; 6,25%; 12,5%; 25%; dan 50% (US EPA, 2000). Beberapa parameter diukur yaitu pH, suhu, dan DO.

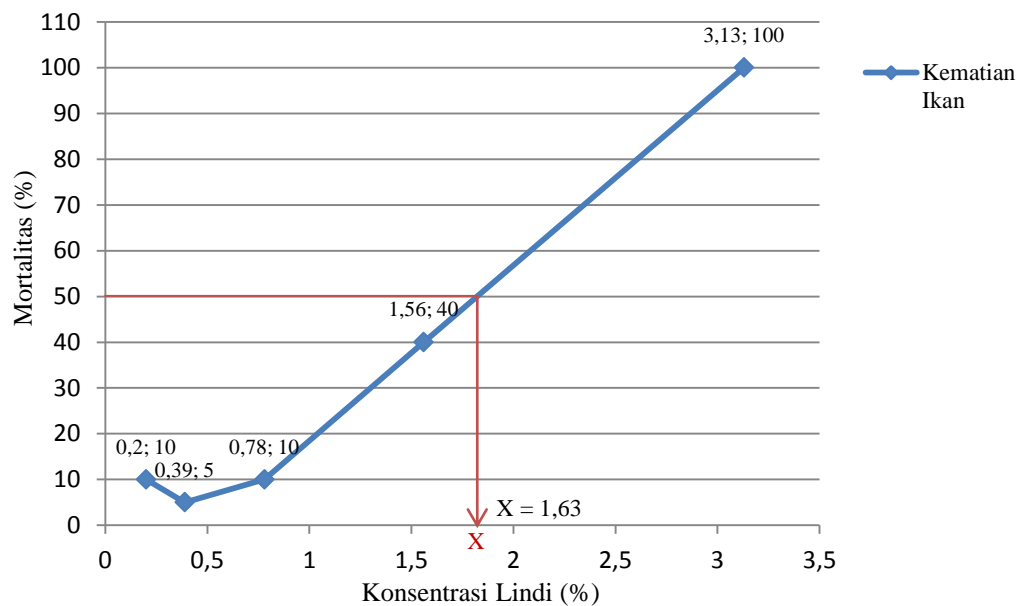
Contoh uji influen mampu mematikan 100% populasi ikan mas hingga konsentrasi terkecil yaitu 6,25% lindi. Kematian ini terjadi selama ± 1 jam sejak ikan dipaparkan lindi. Sedangkan pada reaktor kontrol tidak terjadi kematian pada hewan uji. Konsentrasi uji yang dapat digunakan untuk uji toksisitas berkisar 0-6,25% lindi. Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji (US EPA, 2000) sehingga variasi konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu 0%; 0,2%; 0,39%; 0,78%; 1,56%; dan 3,13% lindi.

Sedangkan contoh uji efluen mampu mematikan 100% populasi ikan mas pada konsentrasi 50% lindi selama ± 1 jam dan konsentrasi 25% lindi selama 24 jam serta tidak terjadi kematian pada reaktor kontrol. Konsentrasi uji yang dapat digunakan untuk uji toksisitas berkisar 0-25% lindi. Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji (US EPA, 2000) sehingga variasi konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu 0%; 0,78%; 1,56%; 3,13%; 6,25%; dan 12,5% lindi.

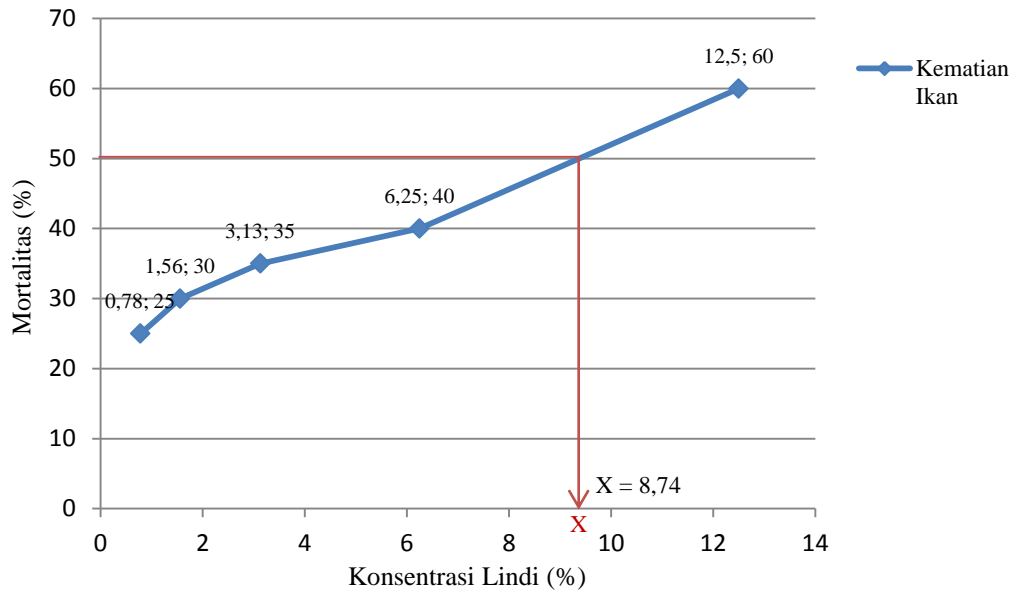
4.2.2 Uji Toksisitas

Pada pengujian toksisitas akut, kematian ikan setiap 24 jam dicatat. Pada 24 jam pertama, konsentrasi lindi influen IPL sebesar 3,13% mampu menyebabkan kematian 100% populasi ikan mas. Selanjutnya untuk konsentrasi lindi sebesar 1,56% baru mematikan 2 ekor ikan mas pada 24 jam pertama. Sedangkan konsentrasi lain dibawahnya baru menyebabkan kematian ikan mas pada 48 jam. Grafik kematian hewan uji dengan contoh uji influen dan efluen IPL Piyungan dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6.

Pada pengujian contoh uji efluen IPL Piyungan, konsentrasi lindi tertinggi sebesar 12,5% mulai menyebabkan kematian 4 ekor ikan mas pada 24 jam pertama dan total kematian selama pengujian sebanyak 23 ekor. Begitu pula dengan konsentrasi dibawahnya, kematian ikan dimulai pada 24 jam pertama.



Gambar 4. 5 Kematian Ikan Mas Contoh Uji Influen IPL Piyungan



Gambar 4. 6 Kematian Ikan Mas Contoh Uji Efluen IPL Piyungan

Dari gambar 4.5 dan 4.6 diketahui semakin tinggi konsentrasi lindi maka semakin tinggi kematian yang terjadi pada ikan mas. Data ini juga menunjukkan bahwa kematian ikan mas lebih banyak pada contoh uji influen IPL Piyungan dengan konsentrasi yang lebih rendah daripada contoh uji efluen. Hal ini mungkin terjadi karena efluen IPL Piyungan telah mengalami proses pengolahan sehingga kandungan racun di dalamnya sudah tereduksi.

4.2.3 Konsentrasi Kematian (LC_{50})

Nilai LC_{50} untuk contoh uji influen dan efluen IPL Piyungan dihitung menggunakan Metode Probit. Data direkomendasikan untuk dianalisis menggunakan program komputer (US EPA, 2002).

Berdasarkan *software EPA Probit Analysis Program Used For Calculating LC/ EC Value Version 1.5*, diketahui bahwa data untuk contoh uji influen IPL Piyungan tidak cocok dengan model probit sehingga data dihitung menggunakan metode Spearman-Kärber. Sedangkan contoh uji efluen IPL Piyungan cocok dengan metode probit.

Tabel 4. 2 Kematian 50% Populasi Ikan Mas

No	Contoh Uji (1)	LC_{50}	
		Probit (2)	Spearman-Karber (3)
1.	Influen	1,398	1,633
2.	Efluen	8,740	-

Contoh uji influen IPL Piyungan dapat menyebabkan kematian 50% populasi ikan mas pada konsentrasi lindi 1,633%. Sedangkan untuk contoh uji efluen dapat menyebabkan kematian ikan mas pada konsentrasi lindi 10,174%. Ini menunjukkan bahwa influen IPL Piyungan lebih toksik dibandingkan efluennya karena hanya dengan 1,633% kandungan lindi di dalam reaktor pengujian sudah mampu mematikan 50% populasi ikan mas.

4.2.4 Toxic Unit acute (TUa)

Konsentrasi yang menyebabkan kematian 50% populasi ikan mas selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan *toxic unit acute*. Untuk mengetahui nilai TUa lindi, dapat digunakan persamaan (1). Semakin rendah LC_{50} maka semakin besar nilai TUa nya. Begitu pula sebaliknya, semakin besar LC_{50} akan semakin kecil nilai TUa nya. Ini berarti semakin kecil konsentrasi lindi yang mampu menyebabkan kematian 50% populasi semakin toksik pula lindi tersebut.

Tabel 4. 3 Tingkat Toksisitas Berdasarkan Toxic Unit acute

No	Contoh Uji (1)	LC_{50} (2)	TUa (3)	Kategori (4)
1	Influen	1,633	61,246	<i>High acute toxicity</i>
2	Efluen	8,740	11,442	<i>High acute toxicity</i>

Berdasarkan tabel 3.4 tentang klasifikasi berdasarkan penilaian toksisitas, air lindi IPL Piyungan termasuk kategori *High Acute Toxicity* untuk influen dan efluen IPL.

4.3 Pengaruh Kualitas Lindi terhadap Kematian Ikan

Ikan yang telah dipaparkan lindi mengalami perubahan warna pada insangnya. Insang ikan berubah warna menjadi pucat. Perubahan warna pada insang disebabkan karena terhentinya peredaran darah dari insang ikan. Terhentinya peredaran darah ini dapat disebabkan karena produksi lendir berlebih, kekurangan oksigen, dan penyumbatan insang oleh partikel tersuspensi (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993).

Selain itu, ikan yang mati berlumuran lendir yang tebal dan warna tubuh yang memucat. Produksi lendir yang berlebih dan perubahan warna ikan menunjukkan ikan keracunan amonia dan logam berat (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993). Insang ikan dan warna ikan baik sebelum maupun setelah dipapar lindi Piyungan dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8.

Faktor yang menyebabkan penurunan signifikan oksigen terlarut adalah keberadaan zat organik dalam air. Kurangnya oksigen menyebabkan sesak napas hingga kematian pada ikan. Ikan yang kekurangan oksigen dalam air tidak akan mengambil makanan, berkumpul di dekat permukaan untuk menghirup udara, kehilangan kemampuan untuk melarikan diri kemudian mati (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993). Zat organik dalam air diukur melalui parameter BOD dan COD.



(a)



(b)

Gambar 4. 7 Warna Ikan Mas (a) Sebelum dan (b) Setelah Dipaparkan Lindi Piyungan menjadi pucat



Gambar 4. 8 Insang Ikan Mas (a) Sebelum, dan (b) Setelah Dipaparkan Lindi Piyungan menjadi pucat

Bakteri mengurai bahan organik menggunakan oksigen terlarut sehingga mengurangi keberadaan oksigen terlarut bagi ikan. Tingginya kadar BOD akan mempercepat pertumbuhan bakteri (GEPD, 2001). Semakin besar nilai BOD akan semakin kecil kadar oksigen terlarut sehingga dapat menyebabkan gangguan pada keberlangsungan hidup ikan. Batas BOD yang sesuai untuk ikan mas di kolam atau perairan adalah 8-15 mg/ L (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993).

Kandungan oksigen kimia (COD) adalah uji standar air untuk konsumsi oksigen dalam bentuk *Potassium Dichromate* selama degradasi senyawa organik dan kimia anorganik seperti amonia dan nitrit (Samudro & Mangkoedihardjo, 2010). Data diatas menunjukkan semakin tinggi nilai COD akan semakin rendah LC_{50} nya. Hal ini berarti semakin tinggi nilai COD akan semakin toksik contoh uji tersebut (Esmiralda, Zulkarnain, & Rahmadona, 2012). Rentang maksimal COD untuk ikan mas adalah 20-30 mg/ L (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993). Banyak senyawa organik dapat dimetabolisme dan didetoksifikasi di hati ikan. Residu dapat diekresikan dalam urin atau empedu melalui usus. Namun, kapasitas mekanisme tersebut terbatas (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993).

Salah satu faktor lingkungan yang berbahaya bagi ikan air hangat dan dingin dan meningkatkan kerentanan mereka terhadap penyakit tertentu yaitu keberadaan

padatan tersuspensi pada 200-300 mg/ L (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993). Beragam pengaruh padatan tersuspensi bergantung pada sifat alamiah bahan tersuspensi tersebut, terutama adanya bahan toksik (Connel & Miller, 2006). Pada prinsipnya, insang ikan mengalami penyumbatan oleh partikel. Umumnya padatan tersuspensi memengaruhi tingkat kekeruhan atau kecerahan suatu perairan (Tarigan & Edward, 2003). Ini dapat menghambat proses fotosintesis dalam air sehingga turut mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dalam air.

Nitrogen dalam air tidak memberikan efek langsung terhadap kelangsungan hidup ikan mas. Namun nitrogen dapat memberikan efek secara tidak langsung berupa penurunan kadar oksigen terlarut dalam air. Nitrogen di perairan merupakan polutan yang berpotensi menyebabkan penyuburan sehingga sistem perairan terganggu. Terganggunya keseimbangan sistem perairan dapat menyebabkan komponen biologis di dalamnya mengalami perubahan dan mengancam fungsi ekologi (Lestari, 2013). Amonia merupakan produk akhir dari metabolisme nitrogen pada ikan mas dan sebagian besar diekskresikan melalui insang ke dalam air. Jika tingkat difusi berkurang (pH air tinggi, defisit oksigen, insang yang rusak, dll), tingkat amonia dalam darah akan terus meningkat, menyebabkan kondisi yang dikenal sebagai *autointoxication*, yang dapat menyebabkan nekrosis insang pada ikan mas (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993).

Kadmium diklasifikasikan sebagai logam paling berbahaya kedua di lingkungan. Kadmium secara biologi sangat reaktif dan bersifat racun yang akut dan kronis (Patnalk, Howrella, Mathews, & Selvanayagam, 2011). Kadmium dapat menyebabkan gangguan pernapasan, merusak hati, jantung, dan otak ikan. Hanya kadmium dalam bentuk terlarut yang beracun bagi ikan (EIFAC FAO, 1977). Konsentrasi kadmium maksimum yang dapat diterima dalam air adalah 0,001 mg/ L untuk ikan mas (Svobodova, Lloyd, Machova, & Vykusova, 1993).

Logam masuk ke tubuh makhluk hidup dapat melalui tiga cara, yaitu (1) dari air melalui permukaan pernapasan; (2) penyerapan air melalui permukaan tubuh; dan (3) dari air, makanan, dan/ atau partikel yang dicerna melalui sistem

pencernaan. Pada kepekatan yang tinggi dan waktu kontak yang pendek, logam akan merusak permukaan alat pernapasan secara letal. Sedang pada kepekatan rendah dan waktu kontak yang lama, pengaruh letal timbul dengan adanya akumulasi dalam organ dalam. (Connel & Miller, 2006).

Kandungan lindi yang bervariasi menjadikan faktor fisik-kimia saling bersinergi merusak jaringan tubuh ikan terutama pada sistem pernapasan. Nitrogen, logam berat, dan komponen organik dapat secara individu atau dalam bentuk kombinasi, toksik bagi organisme. Komponen toksik dalam lindi memberikan efek terhadap ikan yang merupakan rantai terakhir dari lingkaran makanan dalam ekosistem akuatik, serta menyebabkan hewan lain dan manusia yang mengonsumsi ikan terkena efek racun yang sama (Alkassasbeh, Heng, & Surif, 2009).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Toksisitas lindi TPST Piyungan dikategorikan *High Acute Toxicity Level* baik influen maupun efluen IPL Piyungan. Kematian 50% populasi ikan mas untuk contoh uji influen IPL Piyungan sebesar 1,633% dengan *Toxic Unit acute (TUa)* sebesar 61,246. Sedangkan untuk contoh uji efluen IPL Piyungan sebesar 8,740% dengan *Toxic Unit acute (TUa)* sebesar 11,442.

5.2 Saran

Beberapa saran dari penelitian ini yang dapat diajukan sebagai berikut:

1. Parameter fisik-kimia seperti Total Dissolved Solid (TDS), Seng (Zn), Besi (Fe), Krom Total (Cr), Tembaga (Cu), Timbal (Pb) dapat diuji dengan mengacu pada Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah.
2. Pengujian toksisitas dapat dilakukan pada inlet dan outlet setiap unit pengolahan di IPL Piyungan maupun badan air penerima.
3. Pengujian toksisitas dapat dilakukan dengan menggunakan hewan uji lain.
4. Evaluasi parameter toksisitas dapat dilakukan menggunakan metode *Toxicity Identification Evaluation (TIE)*.
5. Perlu dilakukan prakiraan dari hasil uji toksisitas lindi terhadap dampaknya pada manusia.
6. Efisiensi kinerja IPL Piyungan pada parameter toksisitas dapat ditingkatkan dengan penambahan unit pengolahan fisik-kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B., Dahal, K. R., & Khanal, S. N. (2014). A Review of Factors Affecting The Composition of Municipal Solid Waste Landfill Leachate. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 273-281.
- Alkassasbeh, J. Y., Heng, L. Y., & Surif, S. (2009). Toxicity Testing and the Effect of Landfill Leachate in Malaysia on Behavior of Common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758; Pisces; Cyprinidae. *American Journal of Environmental Sciences*, 209-217.
- Astuti, D., Sarto, & Irvati, S. (2009). Penurunan Toksisitas Leachate (Air Lindi) dari TPAS Putri Cempo Mojosoongo Surakarta dengan PAC (Poly Aluminium Chloride). *Manusia dan Lingkungan*, 11-25.
- Beauty, G. Y. (2012). Pengaruh Dosis Mikroorganisme Probiotik pada Media Pemeliharaan terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*) dengan Padat Penebaran berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3), 1-6.
- Bejgarn, S. M. (2015). Toxicity of Leachate from Weathering Plastics: An Exploratory Screening Study with *Nitocra spinipes*. *Elsevier: Chemosphere*, 132, 114-119.
- Bhalla, B., Saini, M. S., & Jha, M. K. (2012). Characterization of Leachate from Municipal Solid Waste (MSW) Landfilling Sites of Ludhiana, India: A Comparative Study. *International Journal of Engineering Research and Application*, 732-745.
- Bhalla, B., Saini, M. S., & Jha, M. K. (2013). Effect of Age and Seasonal Variations on Leachate Characteristics of Municipal Solid Waste Landfill. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 223-232.
- Birry, A. A. (2016, April -). Valuasi Kerugian Ekonomi Akibat Pencemaran Industri. *Konsekuensi Tersembunyi*, hal. 2-23.

- Brennan, R. B., Healy, M. G., Morrison, L., Hynes, S., Norton, D., & Clifford, E. (2015). Management of Landfill Leachate: The Legacy of European Union Directives. *Elsevier: Waste Management*, 1-9.
- Budi, S., Suliasih, B. A., Othman, M. S., Heng, L. Y., & Surif, S. (2016). Toxicity Identification Evaluation of Landfill Leachate Using Fsih, Prawn, and Seed Plant. *Elsevier: Waste Management*, 231-237.
- Chapman, P. M. (2000). Whole Effluent Toxicity Testing-Usefulness, Level of Protection, and Risk Assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 3-13.
- Cok, I. U. (2011). Evaluation of DNA Damage in Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) by Comet Assay for Determination of Possible Pollution in Lake Mogan (Ankara). *TheScientificWorld Journal*, 1455-1461.
- Connel, D. W., & Miller, G. J. (2006). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran (terjemah oleh Yanti Koestoer)*. Jakarta: UI Press.
- EIFAC FAO. (1977). *Water Quality Criteria For European Freshwater Fish: Report on Cadmium and Freshwater Fish*. Rome: European Inland Fisheries Advisory Commission.
- Esmiralda, Zulkarnain, & Rahmadona. (2012). Pengaruh COD dan Surfaktan dalam Limbah Cair Laundry Terhadap Nilai LC50. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 110-114.
- Faradisha, N., Elysha, S., & Yenie, E. (2015). Uji Toksisitas Akut Effluent Pengolahan Lindi TPA Muara Fajar terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dengan Metode Renewal Test. *JOM FTEKNIK*, 1-4.
- Fauziah, S., Izzati, M. N., & Agamuthu, P. (2013). Toxicity on *Anabas testudineus*: A Case Study of Sanitary Landfill Leachate. *Science Direct: Procedia Environmental Sciences*, 14-19.
- Fleming, K. (2004). *Aquatic Life Toxicity Testing Methods Manual*. Washington DC: Bureau of Watershed Management.
- GEPD. (2001). *A Guidebook for Local Governments for Developing Regional Watershed Protection Plans*. Northeast Georgia: Water Resources Management Program.

- Ghosh, P., Thakur, I. S., & Kaushik, A. (2017). Bioassays for Toxicological Risk Assessment of Landfill Leachate: A Review. *Elsevier: Ecotoxicology and Environmental Safety*, 259-270.
- Hall, J. A., & Golding, L. (1998). *Standard Methods for Whole Effluent Toxicity Testing: Development and Application*. New Zealand: NIWA Client.
- Hedayati, A. V. (2014). Acute Toxicity Test of Pesticide Abamectin on Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Coastal Life Medicine*, 841-844.
- Kocbas, F., & Oral, R. (2015). *Daphnia magna* as A Test for Toxicity Evaluation of Municipal Wastewater Treatment Plant Effluents on Freshwater Cladoceran in Turkey. *Turkish Journal and Aquatic Sciences*, 619-624.
- Lestari, F. (2013). Sebaran Nitrogen Anorganik Terlarut di Perairan Pesisir Tanjungpinang, Kepulauan Riau. *Dinamika Maritim*, 88-96.
- Manahan, S. E. (2000). *Environmental Chemistry*. London: CRC Press LLC.
- Meraj, M., Nizam, M., Wani, S., Maqbool, F., Ali, M. N., Ganai, B. A., et al. (2017). Alteration in Hematology of *Cyprinus carpio* Under The Stress of Pollution of Water Bodies of Kashmir Valley. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 176-179.
- Mukono, H. (2005). *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mulyani, F. W. (2014). Uji Toksisitas dan Perubahan Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Nila Larasati (*Oreochromis niloticus*) yang Dipapar Timbah Asetat. *Jurnal MIPA*, 1-6.
- Nilles, A. B., Jolly, S., Lamand, F., Geffard, A., Gagnaire, B., Turies, C., et al. (2015). Involvement of Fish Immunomarkers in Environmental Biomonitoring Approach: Urban and Agri-viticultural Context. *Elsevier: Ecotoxicology and Environmental Safety*, 35-40.
- Patnalk, B. B., Howrella, H., Mathews, T., & Selvanayagam. (2011). Histopathology of gill, liver, muscle, and brain of *Cyprinus carpio communis* L. Exposed to Sublethal Concentration of Lead and Cadmium. *African Journal of Biotechnology*, 12218-12223.
- Pratiwi, H. C. (2014). *Pengaruh Toksisitas Air Lindi terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio)*. Surabaya: Perpustakaan Universitas Airlangga.

- Raihana, U., Norkhadijah, S., Emilia, & Praveena. (2014). Landfill Leachate Toxicity Analysis with *Oreochromis mossambicus* (Mozambique Tilapia): A Review. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 198-216.
- Ronsmans, M. B. (2014). Sensitivity and Permissivity of *Cyprinus carpio* to Cyprinid herpesvirus 3 during The Early Stage of Its Development. *BioMed Central*, 100-111.
- Rudiyanti, S. E. (2009). Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0,3 G. *Jurnal Saintek Perikanan*, 49-54.
- Saman, R. A. (2015). Mortalitas Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus* Trewavas) dengan Pemberian Air Lindi dari Tempat Pembuangan Akhir Piyungan Bantul Yogyakarta. *Jurnal Penelitian*, 1-8.
- Samudro, G., & Mangkoedihardjo, S. (2010). Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio: A Triangle Zone for Toxic, Biodegradable, and Stable Levels. *International Journal of Academic Research*, 235-239.
- Santana, M. S., Yamamoto, F. Y., Sandrini, L. N., Neto, F. F., Machado, C. F., Ribeiro, C. A., et al. (2018). Diffuse Source of Contamination in Freshwater Fish: Detecting Effects Through Active Biomonitoring and Multi-Biomarker Approaches. *Elsevier: Ecotoxicology and Environmental Safety*, 173-181.
- Setiadi, A. (2015). Studi Pengelolaan Sampah Berbasis Komunitas pada Kawasa Permukiman Perkotaan di Yogyakarta. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 27-38.
- SNI 01-6136. (1999). *Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio Linnaeus) Strain Sinyonya Kelas Benih Sebar*. Indonesia: BSN.
- SNI 6989.59. (2008). *Air dan Air Limbah- Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Indonesia: BSN.
- SNI 8296.4. (2016). *Ikan Mas (Cyprinus carpio Linnaeus, 1758) Bagian 4: Produksi Benih*. Indonesia, Indonesia: BSN.
- Soemirat. (2005). *Prinsip Dasar Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Susanto, J. P., Ganefati, S. P., Muryani, S., & Istiqomah, S. H. (2004). Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA dengan Sistem Koagulasi-Biofilter Anaerobik. *Jurnal Teknik Lingkungan BPPT*, 167-173.
- Svobodova, Z., Lloyd, R., Machova, J., & Vykusova, B. (1993). *Water Quality and Fish Health*. Rome: FAO United Nations.
- Tarigan, M., & Edward. (2003). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara, Sains*, 109-119.
- US EPA. (1991). *Methods for Measuring The Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism: 4th Edition*. United States: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2000). *Method Guidance and Recommendations for Whole Effluent Toxicity (WET) Testing*. United States: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2002). *Methods for Masuring The Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism*. Washington DC: Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2010). *Toxic Training Tool*. United States: Environmental Protection Agency.
- Vaajasaari, J. (2005). *Leaching and Ecotoxicity Tests as Methods for Classification and Assessment of Environmental Hazard of Solid Waste*. Jukaisu: Tampere University of Technology.
- Wang, L. K., Hung, Y.-T., Lo, H. H., & Yapijakis, C. (2004). *Hazardous Industrial Waste Treatment*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Wong, M. (1989). Toxicity Test of Landfill Leachate Using Sarotherodon mossambicus (Freshwater Fish). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 149-156.
- Yao, P. (2013). Perspectives on Technology for Landfill Leachate Treatment. *Elsevier: Arabian Journal of Chemistry*, 2567-2574.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. P.59/Menlh/Setjen/Kum.1/7/2016. *Baku Mutu Air Lindi Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah*.

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Konsentrasi dan Nilai Probit Lindi Influen IPL Piyungan.....	50
Tabel I. 2 Persamaan Linear Lindi Influen Metode Probit	50
Tabel I. 3 Konsentrasi dan Nilai Probit Lindi Efluen IPL Piyungan	52
Tabel I. 4 Persamaan Linear Lindi Efluen Metode Probit	52
Tabel I. 5 Penyesuaian % Kematian Ikan	54
Tabel I. 6 Perhitungan LC50.....	55
Tabel I. 7 Perhitungan Batas Atas dan Batas Bawah LC50.....	55
Tabel II. 1 Volume Titration Blanko.....	57
Tabel II. 2 Volume Titration Contoh Uji.....	59
Tabel II. 3 Kandungan Oksigen Biokimia dan Perbedaan Nilai Replikasi Contoh Uji.....	60
Tabel II. 4 Standar KHP COD	62
Tabel II. 5 Kandungan Oksigen Kimia dan Perbedaan Nilai Replikasi Contoh Uji	64
Tabel II. 6 Standar KHP COD	66
Tabel II. 7 Kandungan Oksigen Kimia dan Perbedaan Nilai Replikasi Contoh Uji	67
Tabel II. 8 Berat Kertas Saring	69
Tabel II. 9 Padatan Tersuspensi Total dan Nilai Replikasi.....	70
Tabel II. 10 Berat Kertas Saring	71
Tabel II. 11 Padatan Tersuspensi Total dan Nilai Replikasi.....	72
Tabel II. 12 Standar N Total	74
Tabel II. 13 Standar Kadmium.....	78
Tabel II. 14 Kadar Kadmium Contoh Uji dan Nilai Replikasinya.....	79
Tabel III. 1 Kualitas Air dan Kematian Selama Aklimatisasi Hewan Uji.....	82
Tabel III. 2 Kualitas Air Media dan Kematian Hewan Uji Selama Proses Aklimatisasi	83
Tabel IV. 1 Uji Pendahuluan Influen IPL Piyungan.....	84
Tabel IV. 2 Uji Pendahuluan Efluen IPL Piyungan.....	85
Tabel IV. 3 Kualitas Air Reaktor Selama Pengujian Toksisitas Lindi Influen IPL Piyungan.....	86
Tabel IV. 4 Kualitas Air Selama Pengujian Toksisitas Lindi Efluen IPL Piyungan	87
Tabel IV. 5 Kematian Hewan Uji pada Pengujian Influen Lindi.....	88

Tabel IV. 6 Kematian Hewan Uji pada Pengujian Efluen Lindi.....	89
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Hubungan Konsentrasi Respon Lindi Influen IPL Piyungan.....	51
Gambar I. 2 Hubungan Log Konsentrasi Lindi Efluen terhadap Nilai Probit	53
Gambar II. 1 Kurva Kalibrasi Standar KHP COD.....	63
Gambar II. 2 Kurva Kalibrasi Standar KHP COD	67
Gambar II. 3 Kurva Standar N Total.....	75
Gambar II. 4 Kurva Standar Kadmium	79

Lampiran I Analisis Data Kematian Ikan

A. Metode Probit

Untuk memperkirakan LC50 dan batas atas-batas bawah interval keyakinan 95% dapat digunakan metode probit. Data direkomendasikan untuk dianalisis menggunakan program komputer. (US EPA, 2002)

1. Influen IPL Piyungan

EPA PROBIT ANALYSIS PROGRAM USED FOR CALCULATING LC/EC VALUES Version 1.5					
Influen Lindi IPL Piyungan					
Conc.	Number Exposed	Number Resp.	Observed Proportion Responding	Responding Adjusted for Controls	Proportion Predicted Proportion Responding
0.2000	20	2	0.1000	0.1000	0.0132
0.3900	20	1	0.0500	0.0500	0.0725
0.7800	20	2	0.1000	0.1000	0.2526
1.5600	20	8	0.4000	0.4000	0.5499
3.1300	20	20	1.0000	1.0000	0.8213
Chi - Square for Heterogeneity (calculated)				=	20.361
Chi - Square for Heterogeneity (tabular value at 0.05 level)				=	7.815

* WARNING *					
* The tabular chi-square value exceeds the calculated *					
* chi-square value for heterogeneity. This is evidence that *					
* the probit model may not be appropriate for these data. *					
* The results reported for this data set may not be valid, *					
* and should be interpreted with appropriate caution. *					

* NOTE *					

```

*
* Slope not significantly different from zero.
* LC/EC fiducial limits cannot be computed.
*****
Mu = 0.145470
Sigma = 0.380320

Parameter Estimate Std. Err. 95% Confidence Limits
-----
Intercept 4.617505 0.417020 (3.290548, 5.944462)
Slope 2.629366 1.220887 (-1.255496, 6.514227)

Theoretical Spontaneous Response Rate = 0.0000

Influen Lindi IPL Piyungan

Estimated LC/EC Values and Confidence Limits

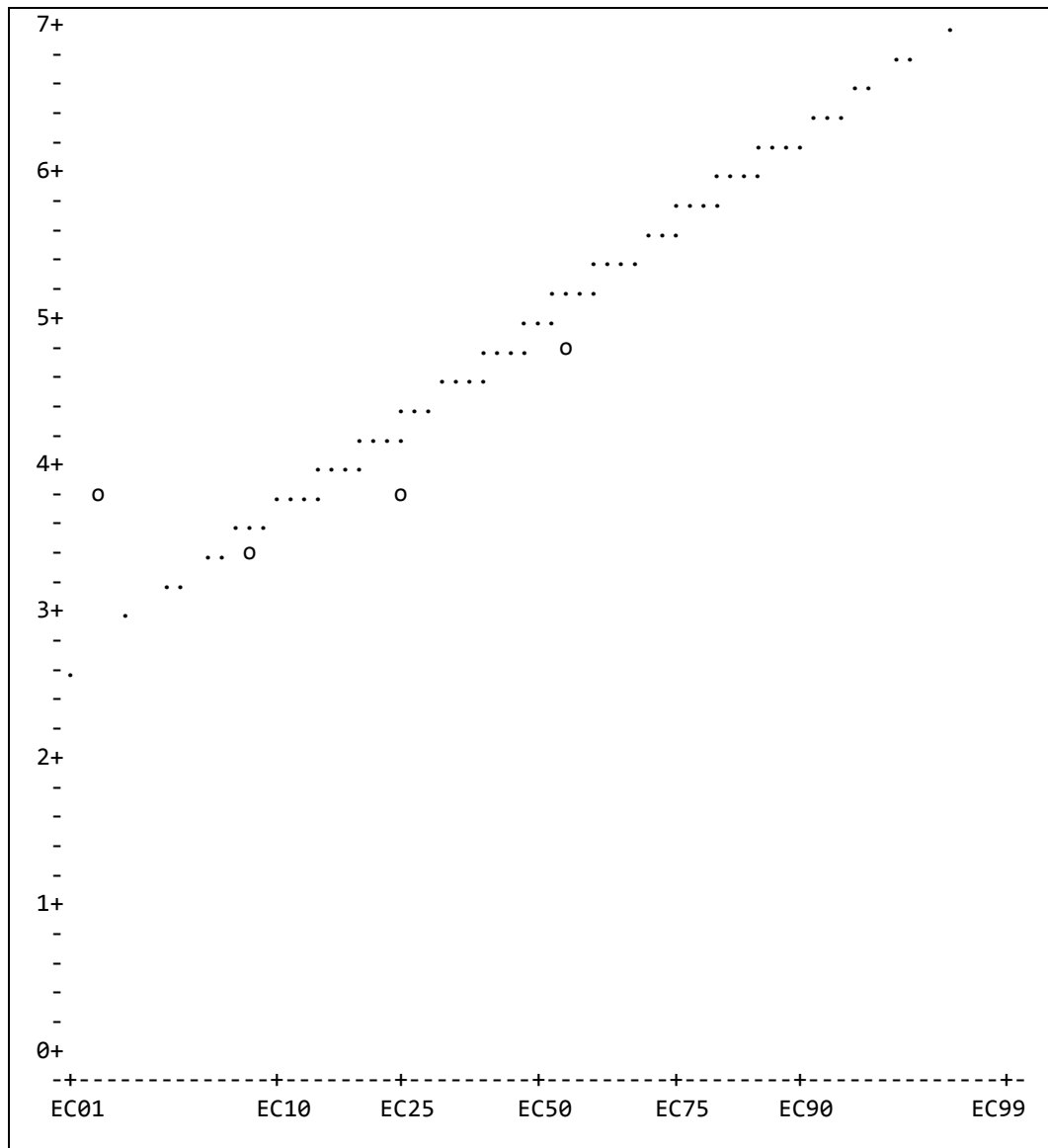
Point Exposure 95% Confidence Limits
Conc. Lower Upper
LC/EC 1.00 0.182
LC/EC 5.00 0.331
LC/EC 10.00 0.455
LC/EC 15.00 0.564
LC/EC 50.00 1.398
LC/EC 85.00 3.464
LC/EC 90.00 4.294
LC/EC 95.00 5.903
LC/EC 99.00 10.720

Influen Lindi IPL Piyungan

PLOT OF ADJUSTED PROBITS AND PREDICTED REGRESSION LINE

Probit
10+ o
-
-
-
-
9+
-
-
-
-
8+
-
-
-
-

```



2. Efluen IPL Piyungan

EPA PROBIT ANALYSIS PROGRAM USED FOR CALCULATING LC/EC VALUES Version 1.5					
Effluen Lindi IPL Piyungan					
Conc.	Number Exposed	Number Resp.	Observed Proportion Responding	Responding Adjusted for Controls	Proportion Predicted Proportion Responding
0.7800	20	5	0.2500	0.2500	0.2270
1.5600	20	6	0.3000	0.3000	0.2967
3.1300	20	7	0.3500	0.3500	0.3752
6.2500	20	8	0.4000	0.4000	0.4586
12.5000	20	12	0.6000	0.6000	0.5442
Chi - Square for Heterogeneity (calculated)					= 0.644
Chi - Square for Heterogeneity (tabular value at 0.05 level)					= 7.815
Mu	=	0.941501			
Sigma	=	1.401340			
Parameter	Estimate	Std. Err.	95% Confidence Limits		
Intercept	4.328143	0.207395	(3.921648, 4.734637)		
Slope	0.713602	0.308634	(0.108680, 1.318525)		
Theoretical Spontaneous Response Rate = 0.0000					
Effluen Lindi IPL Piyungan					
Estimated LC/EC Values and Confidence Limits					
Point	Exposure Conc.	95% Confidence Limits			
		Lower	Upper		
LC/EC 1.00	0.005	0.000	0.103		
LC/EC 5.00	0.043	0.000	0.348		
LC/EC 10.00	0.140	0.000	0.679		
LC/EC 15.00	0.308	0.000	1.085		
LC/EC 50.00	8.740	3.819	2700.157		
LC/EC 85.00	247.657	31.352	%6908050145280.000		
LC/EC 90.00	546.335	48.797	% 122845513.594E+07		

LC/EC 95.00	1764.272	93.372	% 266632366.882E+10
LC/EC 99.00	15901.547	311.973	% 10000002.004E+12

NOTE - Upper limits greater than or equal to 1.E20 are really infinite

Effluen Lindi IPL Piyungan

PLOT OF ADJUSTED PROBITS AND PREDICTED REGRESSION LINE

Probit

10+

-

-

-

-

9+

-

-

-

-

8+

-

-

-

-

7+

-

-

-

-

6+

-

-

-

-

5+

-

-

-

-

4+

-

-

-

-

3+

-

-

-

2+

-

-

-

-

-

-

-

-

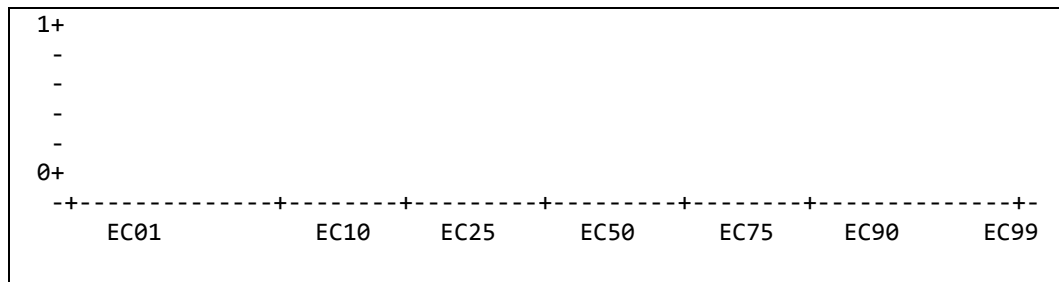
-

-

-

-

-



Metode Probit dapat dihitung dengan menggunakan regresi least square (tanpa program komputer).

1. INFLUEN IPL PIYUNGAN

Tabel I. 1 Konsentrasi dan Nilai Probit Lindi Influen IPL Piyungan

No	Konsentrasi Lindi (%)	Jumlah Populasi (ekor)	Kematian (ekor)	Kematian (%)	Log Konsentrasi Lindi (X)	Nilai Probit (Y)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0,20	20	2	10,0	-0,699	3,72
2	0,39	20	1	5,0	-0,409	3,36
3	0,78	20	2	10,0	-0,108	3,72
4	1,56	20	8	40,0	0,193	4,76
5	3,13	20	20	100	0,496	8,09

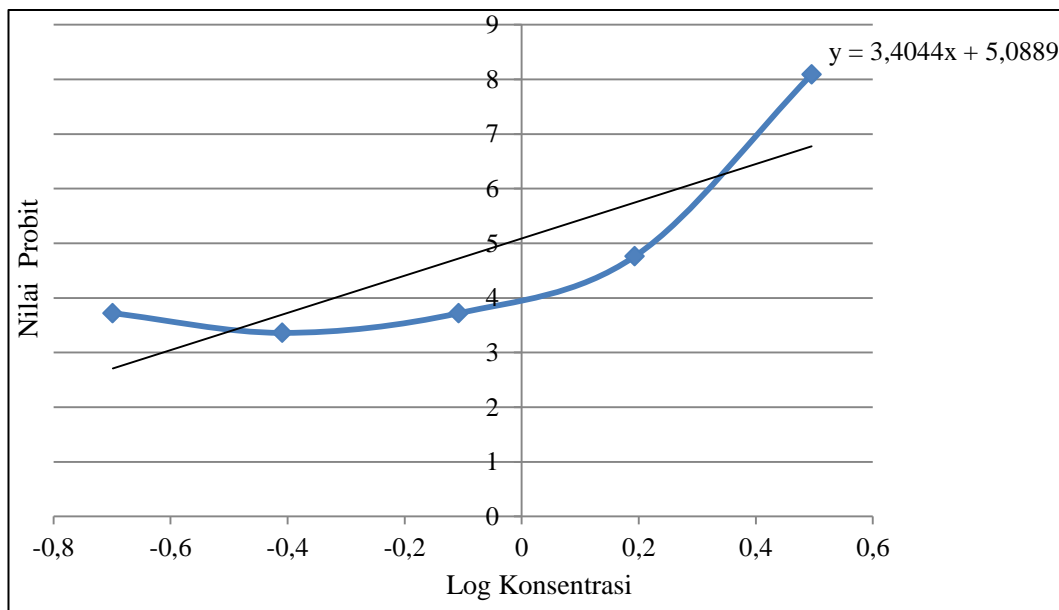
Tabel I. 2 Persamaan Linear Lindi Influen Metode Probit

No	Konsentrasi Lindi (%)	Log Konsentrasi Lindi (X)	Nilai Probit (Y)	XY	X ²
1.	0,20	-0,699	3,72	-2,6002	0,48866
2.	0,39	-0,409	3,36	-1,374	0,16728
3.	0,78	-0,108	3,72	-0,4014	0,01166
4.	1,56	0,193	4,76	0,91868	0,03725
5.	3,13	0,496	8,09	4,00895	0,24602
Total		-0,527	23,65	0,55203	0,95029

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(23,65)(0,950) - (-0,527)(0,552)}{5(0,950) - (-0,527)^2} \\
 &= 5,08878
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{5(0,552) - (-0,527)(23,65)}{5(0,950) - (-0,527)^2} \\
 &= 3,40399
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= bX + a \\
 &= 3,40399X + 5,08878
 \end{aligned}$$



Gambar I. 1 Hubungan Konsentrasi Respon Lindi Influen IPL Piyungan

$$\begin{aligned}
 Y &= bX + a \\
 &= 3,40399X + 5,08878
 \end{aligned}$$

Y untuk 50% kematian populasi adalah 5

$$5 = 3,40399X + 5,08878$$

$$X = \frac{5-5,08878}{3,40399}$$

$$= -0,02608$$

$$LC_{50} = 10^{-0,0214}$$

$$= 0,9417$$

$$TUa = 100/LC50$$

$$= 100/0,9417$$

$$= 106,189 \text{ (Very High Acute Toxicity)}$$

2. EFLUEN IPL PIYUNGAN

Tabel I. 3 Konsentrasi dan Nilai Probit Lindi Efluen IPL Piyungan

No	Konsentrasi Lindi (%)	Jumlah Populasi (ekor)	Kematian (ekor)	Kematian (%)	Log Konsentrasi Lindi (X)	Nilai Probit (Y)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0,78	20	5	25,0	-0,108	4,33
2	1,56	20	6	30,0	0,193	4,48
3	3,13	20	7	35,0	0,496	4,61
4	6,25	20	8	35,0	0,796	4,75
5	12,5	20	12	60,0	1,097	5,25

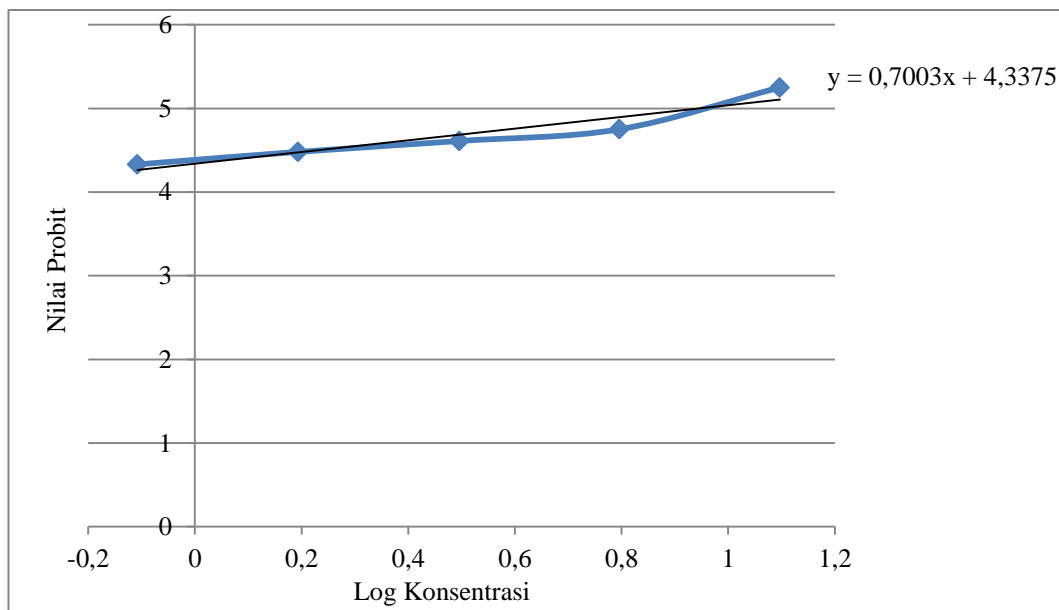
Tabel I. 4 Persamaan Linear Lindi Efluen Metode Probit

No	Konsentrasi Lindi (%)	Log Konsentrasi Lindi (X)	Nilai Probit (Y)	XY	X ²
1.	0,78	-0,108	4,33	-0,46723	0,012
2.	1,56	0,193	4,48	0,86519	0,037
3.	3,13	0,496	4,61	2,28446	0,246
4.	6,25	0,796	4,75	3,781	0,633
5.	12,5	1,097	5,25	5,75878	1,203
Total		2,4736	23,42	12,2222	2,131

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(23,42)(2,131) - (2,4736)(12,2222)}{5(2,131) - (2,4736)^2} \\
 &= 4,3373
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{5(12,2222) - (2,474)(23,42)}{5(2,131) - (2,474)^2} \\
 &= 0,6991
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= bX + a \\
 &= 0,6991X + 4,3373
 \end{aligned}$$



Gambar I. 2 Hubungan Log Konsentrasi Lindi Efluen terhadap Nilai Probit

$$Y = 0,6991X + 4,3373$$

$$5 = 0,6991X + 4,3373$$

$$X = \frac{5 - 4,3373}{0,6991}$$

$$= 0,9479$$

$$LC_{50} = 10^{0,9479}$$

$$= 8,870$$

$$TUa = 100 / LC_{50}$$

$$= 100 / 8,870$$

$$= 11,274 \text{ (High Acute Toxicity)}$$

B. Metode Spearman-Kärber

Data kematian ikan menurun dirapikan dengan menyesuaikan kematian ikan pada konsentrasi dibawahnya.

Tabel I. 5 Penyesuaian % Kematian Ikan

No	Konsentrasi Lindi (xi)	Log Konsentrasi Lindi $\log_{10}(xi)$	Populasi Hewan Uji Terpapar (ni)	Kematian Hewan Uji (ri)	% Kematian (pi)	% Kematian yang disesuaikan (p'i)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	0,20 %	-0,69897	20	2	0,10	0,075
2.	0,39 %	-0,40894	20	1	0,05	0,075
3.	0,78 %	-0,10791	20	2	0,10	0,100
4.	1,56 %	0,19313	20	8	0,40	0,400
5.	3,13 %	0,49554	20	20	1,00	1,000

- a. Karena pi_2 lebih kecil dari pi_1 , maka perlu dilakukan penyesuaian nilai pi .

$$p'i_1 = p'i_2 = \frac{pi_2 + pi_1}{2}$$

$$p'i_1 = p'i_2 = \frac{0,05 + 0,1}{2}$$

$$= 0,075$$

- b. Log 10 untuk LC50 diperkirakan menggunakan persamaan berikut:

$$m = \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(p'_{i+1} - p'_i)(X_i + X_{i+1})}{2}$$

Tabel I. 6 Perhitungan LC50

No	p'_i	x'_i	$(P'_{i+1} - p'_i)$	$x'_i + x'_{i+1}$	$\frac{(4) x (5)}{2}$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0,075	-0,69897			
2	0,075	-0,40894	0	-1,10791	0
3	0,100	-0,10791	0,025	-0,51684	-0,00646
5	0,400	0,19313	0,300	0,08522	0,01278
6	1,000	0,49554	0,600	0,688669	0,20660
				m	0,21292

c. Variasi estimasi dihitung sebagai berikut:

$$V_m = \sum_{i=2}^{k-1} \frac{p'_i(1-p'_i)(x_{i+1}-x_{i-1})^2}{4(n_i-1)}$$

Tabel I. 7 Perhitungan Batas Atas dan Batas Bawah LC50

No	p'_i	x'_i	$p'_i(1 - p'_i)$	$(x_{i+1} - x_{i-1})^2$	$4(n_i - 1)$	$\frac{(3)x(4)}{(5)}$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0,075	-0,69897	0,069375	0,08412	76	$7,68 \times 10^{-5}$
2	0,075	-0,40894	0,069375	0,09062	76	$8,27 \times 10^{-3}$
3	0,100	-0,10791	0,900000	0,09062	76	0,000107
4	0,400	0,19313	0,240000	0,09146	76	0,000289
5	1,000	0,49554			76	0
					Vm	0,000556

d. Interval keyakinan 95%

$$\begin{aligned} I &= m \pm 2,0 \sqrt{V_m} \\ &= 0,21292 \pm 2,0 \sqrt{0,000556} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LC50 &= 10^{0,21292} \\ &= 1,6328\% \end{aligned}$$

Batas atas interval kepercayaan 95%

$$\begin{aligned} LC50+ &= 10^{0,26192} \\ &= 1,8278\% \end{aligned}$$

Batas bawah interval kepercayaan 95%

$$\begin{aligned} \text{LC50-} &= 10^{0,163923} \\ &= 1,4586\% \\ \text{LC}_{50} &= 1,633\% \\ \text{TUa} &= 100/\text{LC50} \\ &= 100/1,633 \\ &= 61,24 \text{ (High Toxicity)} \end{aligned}$$

Lampiran II Karakteristik Lindi IPL Piyungan

A. Perhitungan Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

Standarisasi Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$)

Normalitas $K_2Cr_2O_7$ sebesar 0,025 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL sebanyak 10 mL. Volume titrasi $Na_2S_2O_3$ didapatkan sebesar 9,4 mL. Maka Normalitas $Na_2S_2O_7$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_{Na_2S_2O_7} \times N_{Na_2S_2O_7} = V_{K_2Cr_2O_7} \times N_{K_2Cr_2O_7}$$

$$9,4 \text{ mL} \times N_{Na_2S_2O_7} = 10 \text{ mL} \times 0,025 \text{ N}$$

$$N_{Na_2S_2O_7} = \frac{0,25 \text{ N mL}}{9,4 \text{ mL}}$$

$$N_{Na_2S_2O_7} = 0,0266 \text{ N}$$

Tabel II. 1 Volume Titrasi Blanko

No	Contoh Uji	$N_{Na_2S_2O_7}$	F	Volume titrasi 0 hari	Volume titrasi 5 hari
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Blanko A1	0,0266	1,0081	0,88	0,8
2.	Blanko A2	0,0266	1,0081	0,88	0,82
3.	Blanko B1	0,0266	1,0081	1,54	1,48
4.	Blanko B2	0,0266	1,0081	1,52	1,46

Dari data diatas dapat dihitung oksigen terlarut 0 hari dan 5 hari sebagai berikut:

$$DO = \frac{V \times N \times F \times 8000}{50}$$

V = Volume titrasi $Na_2S_2O_7$ (mL)

N = Normalitas $Na_2S_2O_7$ (N)

F = faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi MnSO₄ dan alkali iodida azida)

Blanko A1

$$\begin{aligned} DO_0 &= \frac{0,88 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 3,775 \text{ mg/ L} \\ DO_5 &= \frac{0,8 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 3,432 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Blanko A2

$$\begin{aligned} DO_0 &= \frac{0,88 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 3,775 \text{ mg/ L} \\ DO_5 &= \frac{0,82 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 3,518 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Blanko B1

$$\begin{aligned} DO_0 &= \frac{1,54 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 6,606 \text{ mg/ L} \\ DO_5 &= \frac{1,48 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 6,349 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Blanko B2

$$\begin{aligned} DO_0 &= \frac{1,52 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 6,520 \text{ mg/ L} \\ DO_5 &= \frac{1,46 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 6,263 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Setelah diketahui oksigen terlarut blanko pada hari ke 0 dan ke 5, dapat dihitung penurunan kandungan oksigen terlarutnya, sebagai berikut:

Penurunan Blanko A1

$$\begin{aligned} &= \frac{(DO_0 - DO_5)}{P} \\ &= \frac{(3,775 - 3,432)}{1} \\ &= 0,343 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Penurunan Blanko A2

$$\begin{aligned} &= \frac{(DO_0 - DO_5)}{P} \\ &= \frac{(3,775 - 3,518)}{1} \\ &= 0,257 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Penurunan Blanko B1

$$\begin{aligned} &= \frac{(DO_0 - DO_5)}{P} \\ &= \frac{(6,606 - 6,349)}{1} \\ &= 0,257 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Penurunan Blanko B2

$$\begin{aligned} &= \frac{(DO_0 - DO_5)}{P} \\ &= \frac{(6,520 - 6,263)}{1} \\ &= 0,257 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

P = Faktor pengenceran

Air bebas mineral digunakan sebagai kontrol dengan penurunan oksigen terlarut maksimum < 0,4 mg/ L setelah 5 hari. Blanko A1, A2, B1 dan B2 mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0,343 mg/ L, 0,257 mg/ L, 0,257 mg/ L, dan 0,257 mg/ L sehingga memenuhi persyaratan SNI 6989.72-2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*BOD*).

Tabel II. 2 Volume Titration Example Test

No	Contoh Uji	N _{Na₂S₂O₇}	F	Volume titrasi 0 hari	Volume titrasi 5 hari
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Influen A1	0,0266	1,0081	0,80	0,20
2.	Influen A2	0,0266	1,0081	0,70	0,20
3.	Influen B1	0,0266	1,0081	1,40	1,28
4.	Influen B2	0,0266	1,0081	1,38	1,24
5.	Efluen A1	0,0266	1,0081	0,80	0
6.	Efluen A2	0,0266	1,0081	0,60	0
7.	Efluen B1	0,0266	1,0081	1,38	0
8.	Efluen B2	0,0266	1,0081	1,32	0

Selanjutnya dapat dihitung oksigen terlarut lindi pada 0 hari dan 5 hari menggunakan persamaan yang sama, sebagai berikut:

$$DO = \frac{V \times N \times F \times 8000}{50}$$

DO = Oksigen terlarut (mg/L)

V = Volume titrasi Na₂S₂O₇ (mL)

N = Normalitas Na₂S₂O₇ (N)

F = faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi MnSO₄ dan alkali iodida azida)

Influen A1

$$DO_0 = \frac{0,8 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 3,432 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{0,2 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 0,858 \text{ mg/L}$$

Influen A2

$$DO_0 = \frac{0,7 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 3,003 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{0,2 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 0,858 \text{ mg/L}$$

Influen B1

$$DO_0 = \frac{1,4 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 6,005 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{1,28 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 5,491 \text{ mg/L}$$

Influen B2

$$DO_0 = \frac{1,38 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 5,919 \text{ mg/L}$$

$$DO_5 = \frac{1,24 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}}$$

$$= 5,319 \text{ mg/L}$$

Efluen A1

$$\begin{aligned} \text{DO}_0 &= \frac{0,8 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 3,432 \text{ mg/ L} \\ \text{DO}_5 &= \frac{0 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 0 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen A2

$$\begin{aligned} \text{DO}_0 &= \frac{0,6 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 2,574 \text{ mg/ L} \\ \text{DO}_5 &= \frac{0 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 0 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen B1

$$\begin{aligned} \text{DO}_0 &= \frac{1,38 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 5,919 \text{ mg/ L} \\ \text{DO}_5 &= \frac{0 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 0 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen B2

$$\begin{aligned} \text{DO}_0 &= \frac{1,32 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 5,662 \text{ mg/ L} \\ \text{DO}_5 &= \frac{0 \text{ mL} \times 0,0266 \text{ N} \times 1,0081 \times 8000}{50 \text{ mL}} \\ &= 0 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Tabel II. 3 Kandungan Oksigen Biokimia dan Perbedaan Nilai Replikasi Contoh Uji

No	Contoh Uji (1)	DO ₀ (mg/ L) (2)	DO ₅ (mg/ L) (3)	BOD (mg/L) (4)	RPD (%) (5)
1.	Influen A1	3,432	0,858	257,38	18,2
2.	Influen A2	3,003	0,858	214,48	
3.	Influen B1	6,005	5,491	51,48	15,4
4.	Influen B2	5,919	5,319	60,05	
5.	Efluen A1	3,432	0	17,16	28,6
6.	Efluen A2	2,574	0	12,87	
7.	Efluen B1	5,919	0	29,60	4,4
8.	Efluen B2	5,662	0	28,31	

Pada pengujian blanko tidak diberikan penambahan mikroba. Sedangkan pada pengujian contoh uji, pengenceran dilakukan dengan menambahkan lindi dengan larutan pengencer yang mengandung mikroba sebanyak 1 mL setiap liter nya.

Kandungan Oksigen Biokimia dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\text{BOD} = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right) \times V_c}{P}$$

A₁ = oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/ L)

A₂ = oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/ L)

B₁ = oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/ L)

B₂ = oksigen terlarut blanko uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/ L)

V_b = volume suspensi mikroba dalam dalam botol DO blanko (mL)

V_c = volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL)

P = Perbandingan volume contoh uji (V₁) per volume total (V₂)

Influen A1

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(3,432-0,858) - \left(\frac{3,775-3,432}{0}\right) \times 1}{\frac{10 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 257,38 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Influen A2

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(3,003-0,858) - \left(\frac{3,775-3,432}{0}\right) \times 1}{\frac{10 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 214,48 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Influen B1

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(6,005-5,491) - \left(\frac{6,606-6,349}{0}\right) \times 1}{\frac{10 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 51,48 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Influen B1

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(5,919-5,319) - \left(\frac{6,606-6,349}{0}\right) \times 1}{\frac{10 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 60,05 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen A1

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(3,432-0) - \left(\frac{3,775-3,432}{0}\right) \times 1}{\frac{200 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 17,16 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen A2

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(2,574-0) - \left(\frac{3,775-3,432}{0}\right) \times 1}{\frac{200 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 12,87 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen B1

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(5,919-0) - \left(\frac{6,606-6,349}{0}\right) \times 1}{\frac{200 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 29,60 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen B1

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb}\right) \times Vc}{P} \\ &= \frac{(5,662-0) - \left(\frac{6,606-6,349}{0}\right) \times 1}{\frac{200 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}} \\ &= 28,31 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

SNI 6989.72-2009

Pengujian dilakukan duplo. Perbedaan antar nilai replikasinya tidak lebih dari 30% dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPD} = \left| \frac{x1-x2}{(x1+x2)/2} \right| \times 100\%$$

x1 = hasil pengukuran

x2 = duplikat pengukuran

Influen A

$$\text{RPD} = \left| \frac{x1-x2}{(x1+x2)/2} \right| \times 100\%$$

Influen B

$$\text{RPD} = \left| \frac{x1-x2}{(x1+x2)/2} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{257,38-214,48}{(257,38+214,48)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 18,2 \%$$

$$= \left| \frac{51,48-60,05}{(51,48+60,05)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 15,4 \%$$

Efluen A

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1-x_2}{(x_1+x_2)/2} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{17,16-12,87}{(17,16+12,87)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 28,6 \%$$

Efluen B

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1-x_2}{(x_1+x_2)/2} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{29,60-28,31}{(29,60-28,31)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 4,4 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui perbedaan nilai replikasi pada pengujian untuk contoh uji influen A, influen B, efluen A dan efluen B IPL Piyungan berturut-turut sebesar 18,2 %, 15,4 %, 28,6 %, 4,4 % atau <30% (sesuai SNI 6989.72-2009)

B. Perhitungan Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

Kebutuhan oksigen kimia dalam air diukur menggunakan spektrofotometer. Perhitungan terhadap contoh uji dapat dilakukan setelah kurva kalibrasi.

Tabel II. 4 Standar KHP COD

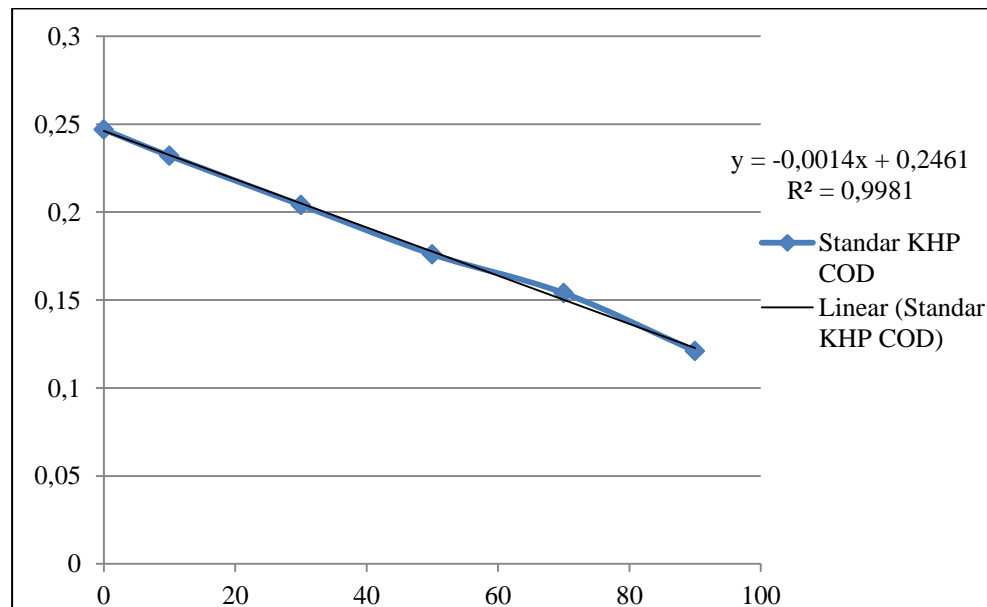
No	Konsentrasi Standar KHP (mg/L) (X)	Absorbansi (A) (Y)	(XY)	(X ²)
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	90	0,121	10,89	0,014641
2	70	0,154	10,78	0,023716
3	50	0,176	8,8	0,030976
4	30	0,204	6,12	0,041616
5	10	0,232	2,32	0,053824
6	0	0,247	0	0,061009
Total	250	1,134	38,91	0,225782

Dari data pada tabel diatas dapat dihitung nilai a dan b sehingga didapatkan persamaan untuk mengetahui kandungan oksigen kimia contoh uji.

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\ &= \frac{(1,134)(0,226) - (250)(38,91)}{6(0,226) - (250)^2} \\ &= 0,24612 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\ &= \frac{6(38,91) - (250)(1,134)}{6(0,226) - (250)^2} \\ &= -0,00137 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= bX + a \\ &= -0,00137x + 0,24612 \end{aligned}$$



Gambar II. 1 Kurva Kalibrasi Standar KHP COD

Kurva kalibrasi dapat diterima apabila linieritasnya lebih besar atau sama dengan 0,995. Dari gambar diatas diketahui linieritas standar KHP

sebesar 0,9981 sehingga kurva kalibrasi dapat diterima sesuai SNI 06-6989.2-2004.

Tabel II. 5 Kandungan Oksigen Kimia dan Perbedaan Nilai Replikasi Contoh Uji

No	Contoh Uji	Pengenceran (kali)	Absorbansi (A)	COD (mg/L)	RPD (%)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Influen 1	40	0,166	2339,27	1,256
2	Influen 2	40	0,167	2310,07	
3	Efluen 1	10	0,167	577,52	5,187
4	Efluen 2	10	0,171	548,32	

$$Y = bX + a$$

$$= -0,00137x + 0,24612$$

Influen A1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,24612}{-0,00137}$$

$$= \frac{0,166-0,24612}{-0,00137}$$

$$= 58,48 \text{ mg/ L}$$

Influen A2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,24612}{-0,00137}$$

$$= \frac{0,167-0,24612}{-0,00137}$$

$$= 57,75 \text{ mg/ L}$$

Efluen A1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,24612}{-0,00137}$$

$$= \frac{0,167-0,24612}{-0,00137}$$

$$= 57,75 \text{ mg/ L}$$

Efluen A2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,24612}{-0,00137}$$

$$= \frac{0,171-0,24612}{-0,00137}$$

$$= 54,83 \text{ mg/ L}$$

Contoh uji baik influen maupun efluen sebelum direfluks diencerkan. Untuk contoh uji influen dilakukan pengenceran 40 kali sedangkan contoh uji efluen diencerkan 10 kali.

$$\text{COD} = X \times \text{Pengenceran}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Influen A1} \\
 &\text{COD} = X \times \text{Pengenceran} \\
 &= 58,48 \text{ mg/L} \times 40 \\
 &= 2339,27 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Influen A2} \\
 &\text{COD} = X \times \text{Pengenceran} \\
 &= 57,75 \text{ mg/L} \times 40 \\
 &= 2310,07 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Efluen A1} \\
 &\text{COD} = X \times \text{Pengenceran} \\
 &= 57,75 \text{ mg/L} \times 10 \\
 &= 577,52 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Efluen A2} \\
 &\text{COD} = X \times \text{Pengenceran} \\
 &= 54,83 \text{ mg/L} \times 10 \\
 &= 548,32 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Pengujian dilakukan duplo. Perbedaan antar nilai replikasinya tidak lebih dari 5% dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

x_1 = hasil pengukuran

x_2 = duplikat pengukuran

$$\begin{aligned}
 &\text{Influen A} \\
 &\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{2339,27 - 2310,07}{(2339,27 + 2310,07)/2} \right| \times 100\% \\
 &= 1,256\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Efluen A} \\
 &\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{577,52 - 548,32}{(577,52 + 548,32)/2} \right| \times 100\% \\
 &= 5,187\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui perbedaan nilai replikasi pada pengujian untuk contoh uji influen A, dan efluen A IPL Piyungan berturut-turut sebesar 1,256% dan 5,187% atau <5 % (sesuai SNI 06-6989.2-2004)

Pengukuran COD dilakukan dua kali dengan contoh uji yang berbeda dari contoh uji sebelumnya (pengambilan contoh uji dilakukan dua kali karena keterbatasan reaktor uji toksisitas).

Tabel II. 6 Standar KHP COD

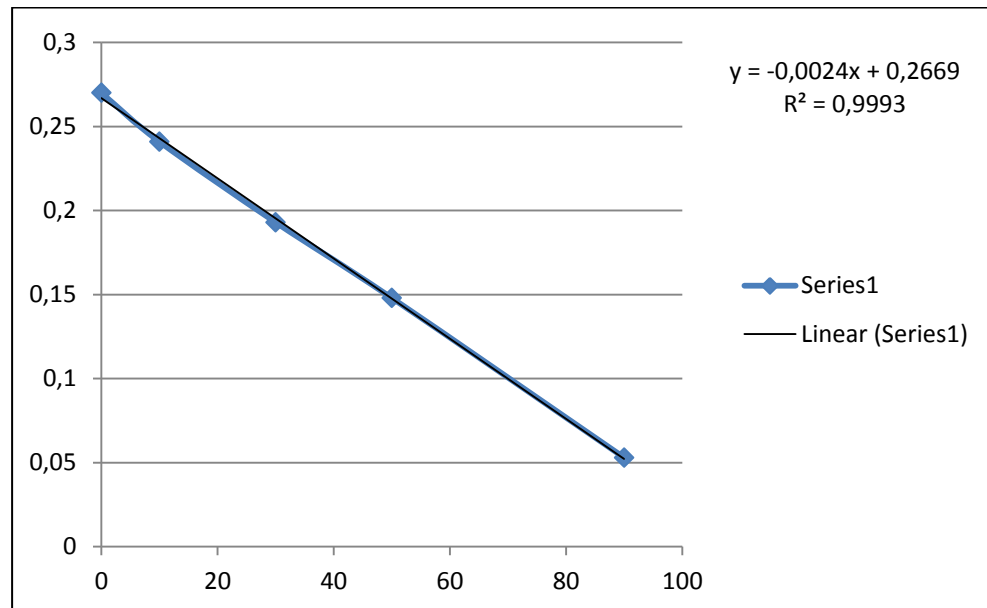
No	Konsentrasi Standar KHP (mg/L) (X)	Absorbansi (A) (Y)	(XY)	(X ²)
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	90	0,053	4,77	8100
2	50	0,148	7,40	2500
3	30	0,193	5,79	900
4	10	0,241	2,41	100
5	0	0,270	0	0
Total	180	0,905	20,37	11600

Dari data pada tabel diatas dapat dihitung nilai a dan b sehingga didapatkan persamaan untuk mengetahui kandungan oksigen kimia contoh uji.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(1,905)(11600) - (180)(20,37)}{5(11600) - (180)^2} \\
 &= 0,26685
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{6(38,91) - (250)(1,134)}{6(0,226) - (250)^2} \\
 &= -0,002385
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= bX + a \\
 &= -0,002385x + 0,26685
 \end{aligned}$$



Gambar II. 2 Kurva Kalibrasi Standar KHP COD

Kurva kalibrasi dapat diterima apabila linieritasnya lebih besar atau sama dengan 0,995. Dari gambar diatas diketahui linieritas standar KHP sebesar 0,9993 sehingga kurva kalibrasi dapat diterima sesuai SNI 06-6989.2-2004.

Tabel II. 7 Kandungan Oksigen Kimia dan Perbedaan Nilai Replikasi Contoh Uji

No	Contoh Uji	Pengenceran (kali)	Absorbansi (A)	COD (mg/L)	RPD (%)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Influen 1	40	0,138	2148,33	3,152
2	Influen 2	40	0,142	2081,67	
3	Efluen 1	10	0,141	524,58	0
4	Efluen 2	10	0,141	524,58	

$$Y = aX + b$$

$$X = \frac{Y-b}{a}$$

$$Y = bX + a$$

$$= -0,002385x + 0,26685$$

Influen A1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,26685}{-0,002385}$$

$$= \frac{0,138-0,26685}{-0,002385}$$

$$= 53,71 \text{ mg/ L}$$

Influen A2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,26685}{-0,002385}$$

$$= \frac{0,142-0,26685}{-0,002385}$$

$$= 52,04 \text{ mg/ L}$$

Efluen A1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,26685}{-0,002385}$$

$$= \frac{0,141-0,26685}{-0,002385}$$

$$= 52,46 \text{ mg/ L}$$

Efluen A2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,26685}{-0,002385}$$

$$= \frac{0,141-0,26685}{-0,002385}$$

$$= 52,46 \text{ mg/ L}$$

Contoh uji baik influen maupun efluen sebelum direfluks diencerkan. Untuk contoh uji influen dilakukan pengenceran 40 kali sedangkan contoh uji efluen diencerkan 10 kali.

$$\text{COD} = X \times \text{Pengenceran}$$

Influen B1

$$\text{COD} = X \times \text{Pengenceran}$$

$$= 53,71 \text{ mg/ L} \times 40$$

$$= 2148,33 \text{ mg/L}$$

Influen B2

$$\text{COD} = X \times \text{Pengenceran}$$

$$= 52,04 \text{ mg/ L} \times 40$$

$$= 2081,67 \text{ mg/L}$$

Efluen B1

$$\text{COD} = X \times \text{Pengenceran}$$

$$= 52,46 \text{ mg/ L} \times 10$$

$$= 524,58 \text{ mg/L}$$

Efluen B2

$$\text{COD} = X \times \text{Pengenceran}$$

$$= 52,46 \text{ mg/ L} \times 10$$

$$= 524,58 \text{ mg/L}$$

Pengujian dilakukan duplo. Perbedaan antar nilai replikasinya tidak lebih dari 5% dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPD = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

x1 = hasil pengukuran

x2 = duplikat pengukuran

Influen B

$$\begin{aligned} RPD &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{2148,33 - 2081,67}{(2148,33 + 2081,67)/2} \right| \times 100\% \\ &= 3,152\% \end{aligned}$$

Efluen B

$$\begin{aligned} RPD &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{524,46 - 524,46}{(524,46 + 524,46)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui perbedaan nilai replikasi pada pengujian untuk contoh uji influen A dan efluen A IPL Piyungan berturut-turut sebesar 3,152% dan 0% atau <5 % (sesuai SNI 06-6989.2-2004)

C. Perhitungan Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Kertas saring disiapkan sesuai SNI 06-6989.3-2004 tentang cara uji padatan tersuspensi total (TSS) secara gravimetri. Lalu ditimbang hingga mendapatkan hasil berat konstan (perubahan berat <4% terhadap penimbangan sebelumnya atau <0,5 mg).

Tabel II. 8 Berat Kertas Saring

No	Contoh Uji	B	A1	A2	A3
		gram	gram	gram	gram
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Blanko A1	1,2250	1,2251	1,2255	-
2.	Blanko A2	1,2057	1,2077	1,2062	-
3.	Influen A1	1,2253	1,2603	1,2601	1,2596
4.	Influen A2	1,1980	1,2432	1,2315	1,2320
5.	Efluen A1	1,2233	1,2286	1,2269	1,2266
6.	Efluen A2	1,2297	1,2336	1,2329	1,2333

B = Berat kertas saring kosong

A1 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 1

- A2 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 2
 A3 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 3

Tabel II. 9 Padatan Tersuspensi Total dan Nilai Replikasi

No	Contoh Uji	B	A	PTT	PTT	RPD (5%)
		gram	gram	mg/mL	mg/ L	%
		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Blanko A1	1,2250	1,2255	0,0167	16,67	0
2.	Blanko A2	1,2057	1,2062	0,0167	16,67	0
3.	Influen A1	1,2253	1,2596	1,143	1143,00	0,878
4.	Influen A2	1,1980	1,2320	1,133	1133,00	0,878
5.	Efluen A1	1,2233	1,2266	0,12	120,00	0
6.	Efluen A2	1,2297	1,2333	0,12	120,00	0

Padatan Tersuspensi Total (TSS) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{TSS (mg/ L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

A = Berat kertas saring + residun (mg)

B = Berat kertas saring (mg)

V = Volume contoh uji (L)

Blanko A1

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2255-1,2250) \times 1000}{0,030 \text{ mL}} \\ &= 16,67 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Blanko A2

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2062-1,2057) \times 1000}{0,030 \text{ mL}} \\ &= 16,67 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Influen A1

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2596-1,2253) \times 1000}{0,030 \text{ mL}} \\ &= 1143 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Influen A2

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2320-1,1980) \times 1000}{0,030 \text{ mL}} \\ &= 1133 \text{ mg/ L} \end{aligned}$$

Efluen A1

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2266-1,2233) \times 1000}{0,030 \text{ mL}} \end{aligned}$$

Efluen A2

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1,2233-1,2297) \times 1000}{0,030 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$= 120 \text{ mg/L}$$

$$= 120 \text{ mg/L}$$

Pengujian dilakukan duplo sebagai kontrol ketelitian analisis. Perbedaan pengukuran dengan duplikat pengukuran adalah dibawah 5% dengan persamaan sebagai berikut

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

x_1 = hasil pengukuran

x_2 = duplikat pengukuran

Blanko

$$\begin{aligned} \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{16,67 - 16,67}{(16,67 + 16,67)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Influen

$$\begin{aligned} \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{1143 - 1133}{(1143 + 1133)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0,878\% \end{aligned}$$

Efluen

$$\begin{aligned} \text{RPD} &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{120 - 120}{(120 + 120)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui perbedaan nilai replikasi pada pengujian untuk contoh uji influen A dan efluen A IPL Piyungan berturut-turut sebesar 0,878% dan 0% atau <5 % (sesuai SNI 06-6989.3-2004).

Pengukuran TSS dilakukan dua kali dengan contoh uji yang berbeda karena pengambilan contoh uji dilakukan dua kali.

Tabel II. 10 Berat Kertas Saring

No	Contoh Uji	B	A1	A2	A3	A4	A5	A6
		gram	gram	gram	gram			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			
1.	Blanko B1	1,2250	1,2251	1,2255	-			
2.	Blanko B2	1,2057	1,2077	1,2062	-			

No	Contoh Uji	B	A1	A2	A3	A4	A5	A6
		gram	gram	gram	gram			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			
3.	Influen B1	1,2282	1,2955	1,2432	1,2450	1,2453	1,2456	1,2453
4.	Influen B2	1,2099	1,2600	1,2231	1,2259	1,2271	1,2267	1,2269
5.	Efluen B1	1,2181	1,2567	1,2222	1,2266	1,2290	1,2321	1,2318
6.	Efluen B2	1,2418	1,2896	1,2501	1,252	1,254	1,2598	1,2561

B = Berat kertas saring kosong

A1 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 1

A2 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 2

A3 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 3

A4 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 4

A5 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 5

A6 = Berat kertas saring dan residu pengovenan 6

Tabel II. 11 Padatan Tersuspensi Total dan Nilai Replikasi

No	Contoh Uji	B	A	PTT	PTT	RPD (5%)
		gram	gram	mg/mL	mg/ L	%
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Blanko A1	1,2250	1,2255	0,0167	16,67	0
2.	Blanko A2	1,2057	1,2062	0,0167	16,67	
3.	Influen A1	1,2282	1,2453	0,57	570	0,587
4.	Influen A2	1,2099	1,2269	0,566667	566,6667	
5.	Efluen A1	1,2181	1,2318	0,456667	456,6667	4,286
6.	Efluen A2	1,2418	1,2561	0,476667	476,6667	

Padatan Tersuspensi Total (TSS) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{TSS (mg/ L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

A = Berat kertas saring + residun (mg)

B = Berat kertas saring (mg)

V = Volume contoh uji (L)

$$\text{Blanko A1} \\ \text{TSS} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$\text{Blanko A2} \\ \text{TSS} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(1,2255-1,2250) \times 1000}{0,030 \text{ mL}}$$

$$= 16,67 \text{ mg/ L}$$

$$= \frac{(1,2062-1,2057) \times 1000}{0,030 \text{ mL}}$$

$$= 16,67 \text{ mg/ L}$$

Influen A1

$$\text{TSS} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(1,2453-1,2282) \times 1000}{0,030 \text{ mL}}$$

$$= 570,00 \text{ mg/ L}$$

Influen A2

$$\text{TSS} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(1,2269-1,2099) \times 1000}{0,030 \text{ mL}}$$

$$= 566,67 \text{ mg/ L}$$

Efluen A1

$$\text{TSS} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(1,2318-1,2181) \times 1000}{0,030 \text{ mL}}$$

$$= 456,67 \text{ mg/ L}$$

Efluen A2

$$\text{TSS} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{(1,2561-1,2418) \times 1000}{0,030 \text{ mL}}$$

$$= 476,67 \text{ mg/ L}$$

Pengujian dilakukan duplo sebagai kontrol ketelitian analisis. Perbedaan pengukuran dengan duplikat pengukuran adalah dibawah 5% dengan persamaan sebagai berikut

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

x1 = hasil pengukuran

x2 = duplikat pengukuran

Blanko

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{16,67 - 16,67}{(16,67 + 16,67)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 0\%$$

Influen

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{570 - 566,67}{(570 + 566,67)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 0,587 \%$$

Efluen

$$\text{RPD} = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{456,67 - 476,67}{(456,67 + 476,67)/2} \right| \times 100\%$$

$$= 4,286 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui perbedaan nilai replikasi pada pengujian untuk contoh uji influen A dan efluen A IPL Piyungan berturut-turut sebesar 0,587% dan 4,286% atau <5 % (sesuai SNI 06-6989.3-2004).

D. Perhitungan N Total

Pada proses pengujian Nitrogen Total dilakukan dua kali penyulingan. Penyulingan pertama dilakukan untuk menyisahkan Nitrogen Anorganik dari contoh uji. Residunya yang berada di dalam tabung destilasi kemudian dilebur dengan penambahan larutan pelebur. Setelah didinginkan, residu kemudian ditambahkan indikator dan larutan campuran hidroksohidrosulfat. Lalu kembali disuling. Hasil dari penyulingan kedua berupa Nitrogen Organik.

Tabel II. 12 Standar N Total

No	Konsentrasi Standar KHP (mg/L) (X)	Absorbansi (A) (Y)	(XY)	(X ²)
	(1)	(2)	(3)	(4)
1.	0	0,002	0	0
2.	0,5	0,003	0,0015	0,25
3.	1,0	0,005	0,0050	1,00
4.	2,5	0,009	0,0225	6,25
5.	5,0	0,016	0,0800	25,00
Total	9,0	0,035	0,1090	32,50

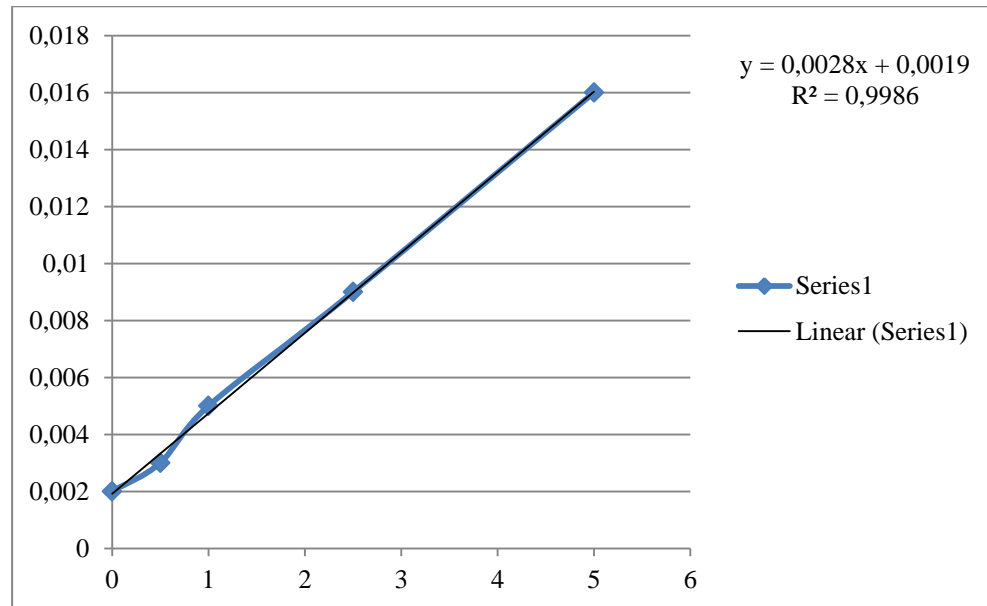
Dari data pada tabel diatas dapat dihitung nilai a dan b sehingga didapatkan persamaan untuk mengetahui kandungan N Total contoh uji.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(0,035)(32,50) - (9,0)(0,1090)}{5(32,50) - (9,0)^2} \\
 &= 0,00192
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{5(0,1090) - (9,0)(0,035)}{5(32,50) - (9,0)^2} \\
 &= 0,002822
 \end{aligned}$$

$$Y = bX + a$$

$$= 0,002822 X + 0,00192$$



Gambar II. 3 Kurva Standar N Total

$$Y = aX + b$$

$$X = \frac{Y-b}{a}$$

$$Y = bX + a$$

$$= 0,002822 X + 0,00192$$

No	Contoh Uji	Absorbansi	X	Peng ence ran	Kadar Nitrogen	N Total
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Influen AA1	0,007	1,80000	1000	1800	1828,26
	Influen AO1	0,002	0,02826	1000	28,26	
	Influen AA2	0,007	1,80000	1000	1800	1828,26
	Influen AO2	0,002	0,02826	1000	28,26	
	Efluen AA1	0,004	0,73696	1000	736,96	1119,57
	Efluen AO1	0,003	0,38261	1000	382,61	
	Efluen AA2	0,004	0,73696	1000	736,96	1119,57
	Efluen AO2	0,003	0,38261	1000	382,61	
	Influen BA1	0,005	1,09130	1000	1091,3	2891,3

No	Contoh Uji	Absorbansi	X	Peng ence ran	Kadar Nitrogen	N Total
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Influen BO1	0,007	1,80000	1000	1800	
	Influen BA2	0,006	1,44565	1000	1445,65	3245,65
	Influen BO2	0,007	1,80000	1000	1800	
	Efluen BA1	0,005	1,09130	1000	1091,3	1828,26
	Efluen BO1	0,004	0,73696	1000	736,96	
	Efluen BA2	0,004	0,73696	1000	736,96	1828,26
	Efluen BO2	0,005	1,09130	1000	1091,3	

Influen= contoh uji influen; A/B= pengambilan contoh uji pertama/kedua; A/O= nitrogen Anorganik/ Organik

Influen AA1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,007-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,8000 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Influen AO1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,002-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,0283 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Influen AA2

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,007-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,8000 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Influen AO2

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,002-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,0283 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Influen BA1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,005-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,0913 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Influen BO1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,007-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,8000 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Influen BA2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

Influen BO2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,006-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,4457 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,007-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,8000 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen AA1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,004-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,7369 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen AO1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,003-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,3826 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen AA2

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,004-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,7369 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen AO2

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,003-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,3826 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen BA1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,005-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,0913 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen BO1

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,004-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,7369 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen BA2

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,004-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 0,7369 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Efluen BO2

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{Y-a}{b} \\
 &= \frac{Y-0,00192}{-0,002822} \\
 &= \frac{0,005-0,00192}{-0,002822} \\
 &= 1,0913 \text{ mg/ L}
 \end{aligned}$$

Kadar nitrogen baik organik maupun anorganik dapat dihitung dengan mengalikan nilai X dengan 1000 (contoh uji diencerkan 1000 kali sebelum dilakukan proses penyulingan). Nitrogen Total dapat diketahui dengan menjumlahkan kadar nitrogen anorganik dengan nitrogen organik.

E. Perhitungan Kadmium

Penentuan kadar kadmium dilakukan dengan metode Spektrofotometer berdasarkan SNI 6989.16-2009. Berikut hasil pengukuran standar kadmium:

Tabel II. 13 Standar Kadmium

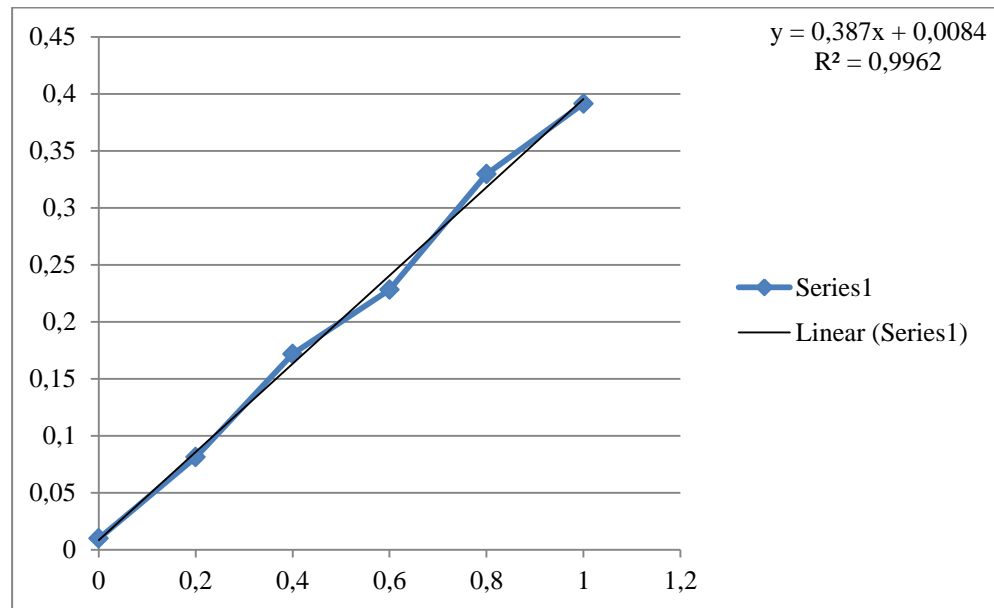
No	Standar	Konsentrasi (mg/L) (X)	Absorbansi (A) (Y)	XY	X ²
	(1)	(2)	(3)		
1.	Blanko	--	0,0098	0	0
2.	STD 1	0,2	0,0812	0,01624	0,04
3.	STD 2	0,4	0,1718	0,06872	0,16
4.	STD 3	0,6	0,2280	0,13680	0,36
5.	STD 4	0,8	0,3295	0,26360	0,64
6.	STD 5	1,0	0,3914	0,39140	1,00
Total		3,0	1,2117	0,87676	2,20

Dari data pada tabel diatas dapat dihitung nilai a dan b sehingga didapatkan persamaan untuk mengetahui kadar kadmium dalam contoh uji.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(1,2117)(2,2) - (3)(0,87676)}{5(2,2) - (3)^2} \\
 &= 0,008443
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{6(0,87676) - (3)(1,2117)}{6(2,2) - (3)^2} \\
 &= 0,387014
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= bX + a \\
 &= 0,387014 X + 0,008443
 \end{aligned}$$



Gambar II. 4 Kurva Standar Kadmium

$$Y = aX + b$$

$$X = \frac{Y-b}{a}$$

$$Y = bX + a$$

$$= 0,387014 X + 0,008443$$

Tabel II. 14 Kadar Kadmium Contoh Uji dan Nilai Replikasinya

No	Contoh Uji	Absorbansi (A)	Kadmium (mg/L)	RPD (%)
	(1)	(2)	(3)	
1.	Influen A1	0,0956	0,22520	2,087
2.	Influen A2	0,0938	0,22055	
3.	Efluen A1	0,0768	0,17663	2,219
4.	Efluen A2	0,0753	0,17275	
5.	Influen B1	0,0930	0,21849	0,474
6.	Influen B2	0,0926	0,21745	
7.	Efluen B1	0,0722	0,16474	4,000
8.	Efluen B2	0,0697	0,15828	

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$Y = bX + a$$

$$= 0,387014 X + 0,008443$$

Influen A1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0956-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,22520 \text{ mg/ L}$$

Influen A2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0938-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,22055 \text{ mg/ L}$$

Efluen A1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0768-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,17663 \text{ mg/ L}$$

Efluen A2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0753-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,17275 \text{ mg/ L}$$

Influen B1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0930-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,21849 \text{ mg/ L}$$

Influen B2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0926-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,21745 \text{ mg/ L}$$

Efluen B1

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0722-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,16474 \text{ mg/ L}$$

Efluen B2

$$X = \frac{Y-a}{b}$$

$$= \frac{Y-0,00843}{3,87014}$$

$$= \frac{0,0697-0,00843}{3,87014}$$

$$= 0,15828 \text{ mg/ L}$$

Pengujian dilakukan duplo. Perbedaan antar nilai replikasinya tidak lebih dari 5%-10% dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPD = \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\%$$

x_1 = hasil pengukuran

x_2 = duplikat pengukuran

Influen A

$$\begin{aligned} RPD &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0,22520 - 0,22055}{(0,22520 + 0,22055)/2} \right| \times 100\% \\ &= 2,087 \% \end{aligned}$$

Efluen A

$$\begin{aligned} RPD &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0,17663 - 0,17275}{(0,17663 + 0,17275)/2} \right| \times 100\% \\ &= 2,219 \% \end{aligned}$$

Influen B

$$\begin{aligned} RPD &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0,21849 - 0,21745}{(0,21849 + 0,21745)/2} \right| \times 100\% \\ &= 0,474 \% \end{aligned}$$

Efluen B

$$\begin{aligned} RPD &= \left| \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2)/2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0,16474 - 0,15828}{(0,16474 - 0,15828)/2} \right| \times 100\% \\ &= 4,000 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui perbedaan nilai replikasi pada pengujian untuk contoh uji influen A, efluen A, influen B, dan efluen B IPL Piyungan berturut-turut sebesar 2,087%; 2,219%; 0,474%; 4% atau <5 % (sesuai SNI 6989.16-2009)

Lampiran III Aklimatisasi Hewan Uji

Hewan uji dipelihara selama 7 hari. Kualitas air seperti derajat keasaman air, temperatur, dan oksigen terlarut dalam air diukur setiap hari. Selain itu, kematian hewan uji selama tahap ini juga dicatat agar dapat diketahui populasi hewan uji sehat atau perlu dilakukan pergantian populasi, sebagai berikut:

Tabel III. 1 Kualitas Air dan Kematian Selama Aklimatisasi Hewan Uji

No	Waktu (hari)	T (°C)	pH	DO (mg/ L)	Kematian (ekor)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0	26	7,0	5,5	0
2	1	26	7,3	8,2	2
3	2	25	6,8	8,1	2
4	3	25	7,4	6,0	0
5	4	25	6,5	6,4	2
6	5	25	7,0	6,3	0
7	6	25	6,2	7,9	6
8	7	26	6,2	7,5	6
9	8	26	6,1	5,6	7
	Rata-rata	25,4	6,72	6,83	1,5

Kualitas air pada parameter suhu diketahui berkisar 25-26°C sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016) yaitu 25-30°C. Begitu pula dengan kandungan oksigen terlarut dalam air, pada pengukuran didapatkan DO berkisar 5,5-8,2 mg/ L dengan (SNI 8296.4, 2016) yaitu minimal 5. Sedangkan derajat keasaman menurut (SNI 8296.4, 2016) berkisar 6,5-8,5 dan pada pengukuran, derajat keasaman berkisar 6,1-7,4. Derajat keasaman dibawah 6,5 terjadi pada hari ke 6, 7, dan 8.

Pada proses aklimatisasi, hewan uji mati sebanyak 25 ekor dari total populasi 450 ekor.

$$\% \text{ Kematian} = \frac{25 \text{ ekor}}{450 \text{ ekor}} \times 100\%$$

= 5,56 % (Ikan mampu bertahan $\geq 90\%$ populasi sehingga dapat dikategorikan sehat dan digunakan pada proses pengujian.)

Proses aklimatisasi hewan uji dilakukan dua kali. Berikut tabel kualitas air dan kematian pada proses aklimatisasi:

Tabel III. 2 Kualitas Air Media dan Kematian Hewan Uji Selama Proses Aklimatisasi

No	Waktu (hari)	T (°C)	pH	DO (mg/ L)	Kematian (ekor)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0	25	6,2	5,3	0
2	1	25	6,3	6,8	0
3	2	25	6,3	5,3	0
4	3	25	6,2	5,6	1
5	4	25	6,3	6,0	0
6	5	26	6,2	5,1	2
7	6	25	6,2	5,7	0
8	7	26	6,1	5,5	2
	Rata-rata	25,3	6,23	5,6	0,36

Kualitas air pada parameter suhu diketahui berkisar 25-26°C sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016) yaitu 25-30°C. Begitu pula dengan kandungan oksigen terlarut dalam air, pada pengukuran didapatkan DO berkisar 5,1-6,8 mg/ L dengan (SNI 8296.4, 2016) yaitu minimal 5. Sedangkan derajat keasaman menurut (SNI 8296.4, 2016) berkisar 6,5-8,5 dan pada pengukuran, derajat keasaman berkisar 6,1-6,3.

Pada proses aklimatisasi, hewan uji mati sebanyak 5 ekor dari total populasi 450 ekor.

$$\% \text{ Kematian} = \frac{5 \text{ ekor}}{450 \text{ ekor}} \times 100\%$$

= 1,11 % (Ikan mampu bertahan $\geq 90\%$ populasi sehingga dapat dikategorikan sehat dan digunakan pada proses pengujian.)

Lampiran IV Uji Toksisitas

A. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan selama 24 jam untuk menentukan konsentrasi yang akan digunakan pada uji toksisitas. Pada proses ini, variasi konsentrasi lindi yang digunakan baik contoh uji influen maupun efluen yaitu 0%; 6,25%; 12,5%; 25%; dan 50% (US EPA, 2000). Beberapa parameter diukur yaitu pH, suhu, dan DO.

Tabel IV. 1 Uji Pendahuluan Influen IPL Piyungan

No	Konsentrasi Lindi	Waktu (jam)		T	pH			DO			Total Kematian Ikan
	(%)	0	24	oC				mg/L			ekor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	50,00	20	0	26	6,2	6,2	6,2	5,0	5,2	5,3	20
2	50,00	20	0	26	6,2	6,3	6,2	5,0	5,1	6,1	20
3	25,00	20	0	26	6,2	6,3	6,3	5,9	6,0	6,0	20
4	25,00	20	0	26	6,2	6,3	6,3	5,7	5,7	6,3	20
5	12,50	20	0	26	6,3	6,3	6,3	6,6	6,7	6,3	20
6	12,50	20	0	26	6,3	6,2	6,3	6,6	6,6	6,6	20
7	6,25	20	0	26	6,2	6,2	6,2	6,5	6,9	6,8	20
8	6,25	20	0	26	6,3	6,3	6,3	6,6	6,5	6,5	20
9	0	0	0	26	6,0	6,0	6,1	6,3	6,5	6,4	0
10	0	0	0	26	6,1	6,2	6,2	6,2	6,8	6,5	0

Tabel IV. 2 Uji Pendahuluan Efluen IPL Piyungan

No	Konsentrasi Lindi	Waktu (jam)	T	pH			DO			Total Kematian Ikan
	(%)	0	oC				mg/L			Ekor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	50,00	20	25	6,9	6,8	6,9	6,5	6,5	6,6	20
2	50,00	20	25	6,9	6,9	6,9	6,1	6,4	6,1	20
3	25,00	0	25	6,8	6,8	6,7	6,4	6,4	6,5	0
4	25,00	0	25	6,8	6,8	6,7	6,9	7,0	6,7	0
5	12,50	0	25	6,5	6,5	6,5	6,5	6,6	6,6	0
6	12,50	0	25	6,5	6,5	6,4	6,6	6,5	6,6	0
7	6,25	0	25	6,8	6,5	6,5	6,5	6,7	6,7	0
8	6,25	0	25	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,5	0
9	0,00	0	25	6,3	6,3	6,3	6,7	6,8	6,7	0
10	0,00	0	25	6,2	6,3	6,3	6,7	6,7	6,7	0
No	Konsentrasi Lindi	Waktu (jam)	T	pH			DO			Total Kematian Ikan
	(%)	24	oC				mg/L			ekor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	50,00	0	25	6,9	6,8	6,9	6,5	6,5	6,6	20
2	50,00	0	25	6,9	6,9	6,9	6,1	6,4	6,1	20
3	25,00	20	25	6,8	6,8	6,7	6,4	6,4	6,5	20
4	25,00	20	25	6,8	6,8	6,7	6,9	7,0	6,7	20
5	12,50	4	25	6,5	6,5	6,5	6,5	6,6	6,6	4
6	12,50	4	25	6,5	6,5	6,4	6,6	6,5	6,6	4
7	6,25	0	25	6,8	6,5	6,5	6,5	6,7	6,7	0
8	6,25	0	25	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,5	0
9	0	0	25	6,3	6,3	6,3	6,7	6,8	6,7	0
10	0	0	25	6,2	6,3	6,3	6,7	6,7	6,7	0

B. Uji Toksisitas

Uji toksisitas dilakukan pada contoh uji Influen dan Efluen IPL Piyungan menggunakan ikan mas. Selama pengujian, dilakukan pengukuran beberapa parameter yang mendukung kehidupan ikan mas diantaranya suhu (T), derajat keasaman (pH), dan kandungan oksigen terlarut (DO).

Suhu air selama pengujian influen IPL Piyungan berkisar 25-26°C. Suhu ini sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016), ikan mas dapat hidup pada suhu air 25-30°C. Begitu pula dengan oksigen terlarut dalam air selama pengujian influen berkisar 6,0-8,4 mg/L sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016) minimal 5 mg/ L. Sedangkan pH air selama pengujian influen berkisar 6,0-6,5. Berdasarkan (SNI 8296.4, 2016) pH air untuk pemeliharaan ikan mas berkisar 6,5-8,5. Ini menunjukkan pH air selama pengujian tidak sesuai dengan pH air dalam (SNI 8296.4, 2016).

Tabel IV. 3 Kualitas Air Reaktor Selama Pengujian Toksisitas Lindi Influen IPL Piyungan

No	Konsentrasi Lindi (%)	0			24			48		
		T (°C)	pH	DO (mg/L)	T (°C)	pH	DO (mg/L)	T (°C)	pH	DO (mg/L)
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	3,13 a	26	6,3	7,3	25	6,4	6,6			
	3,13 b	26	6,3	7,2	25	6,4	6,6			
2	1,56 a	26	6,2	7,7	25	6,3	7,1	25	6,5	7,5
	1,56 b	26	6,2	6,7	25	6,3	6,5	25	6,4	6,0
3	0,78 a	26	6,2	6,5	25	6,3	7,1	25	6,4	6,7
	0,78 b	26	6,2	6,5	25	6,3	6,4	25	6,4	6,5
4	0,39 a	26	6,2	6,8	25	6,3	6,4	25	6,4	6,2
	0,39 b	26	6,2	6,3	25	6,2	6,1	25	6,3	5,9
5	0,20 a	26	6,1	7,5	25	6,2	6,2	25	6,3	6,2
	0,20 b	26	6,1	6,7	25	6,2	6,4	25	6,3	6,3
6	0 a	26	6,0	6,4	25	6,1	7,3	25	6,2	8,4
	0 b	26	6,2	6,5	25	6,2	6,7	25	6,2	8,2
No	Konsentrasi Lindi (%)	72			96					
		T (°c)	pH	DO (mg/L)	T (°c)	pH	DO (mg/L)			
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		
1	3,13 a									
	3,13 b									
2	1,56 a	25	6,5	7,0	25	6,5	6,4			
	1,56 b	25	6,5	7,0	25	6,5	6,2			
3	0,78 a	25	6,5	7,3	25	6,5	6,5			
	0,78 b	25	6,4	6,4	25	6,5	6,7			
4	0,39 a	25	6,4	6,3	25	6,4	6,6			
	0,39 b	25	6,4	6,0	25	6,4	6,4			
5	0,20 a	25	6,4	6,5	25	6,4	6,6			
	0,20 b	25	6,4	6,4	25	6,4	6,4			

No	Konsentrasi Lindi (%)	0			24			48		
		T (°C)	pH	DO (mg/L)	T (°C)	pH	DO (mg/L)	T (°C)	pH	DO (mg/L)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
6	0 a	25	6,4	6,7	25	6,4	6,5			
	0 b	25	6,4	6,2	25	6,4	6,0			

Data diatas menunjukkan suhu air setiap konsentrasinya konstan. Sedangkan untuk pH air relatif turun seiring dengan penurunan konsentrasi dan DO air fluktuatif.

Suhu air selama pengujian contoh uji efluen IPL Piyungan berkisar 25-26°C. Suhu ini sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016), ikan mas dapat hidup pada suhu air 25-30°C. Begitu pula dengan oksigen terlarut dalam air selama pengujian berkisar 5,7-8,0 mg/L sesuai dengan (SNI 8296.4, 2016) minimal 5 mg/ L. Sedangkan pH air selama pengujian berkisar 6,0-8,4. Berdasarkan (SNI 8296.4, 2016) pH air untuk pemeliharaan ikan mas berkisar 6,5-8,5. Ini menunjukkan pH air selama pengujian tidak sesuai dengan pH air dalam (SNI 8296.4, 2016).

Tabel IV. 4 Kualitas Air Selama Pengujian Toksisitas Lindi Efluen IPL Piyungan

No	Konsentrasi Lindi (%)	0			24			48		
		T (°C)	pH	DO (mg/L)	T (°C)	pH	DO (mg/L)	T (°C)	pH	DO (mg/L)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	12,5 a	25	7	5,9	25	8,3	6,6	25	8,3	6,3
	12,5 b	25	7	5,7	25	8,3	6,3	25	8,3	6,3
2	6,25 a	25	7	6,0	25	8,3	6,1	25	8,3	6,1
	6,25 b	25	7	6,2	25	8,3	6,0	25	8,3	6,1
3	3,13 a	25	7	6,0	25	8,2	6,0	25	8,3	6,4
	3,13 b	25	7	6,0	25	8,3	6,1	25	8,3	6,3
4	1,56 a	25	7	6,0	25	8,2	6,0	25	8,2	6,4
	1,56 b	25	7	6,0	25	8,2	6,1	25	8,2	6,4
5	0,78 a	25	6	6,0	25	8,2	6,2	25	8,3	6,4
	0,78 b	25	6	6,0	25	8,2	6,3	25	8,3	6,3
6	0 a	25	6	6,5	25	8,2	8,0	25	8,3	6,6
	0 b	25	6	6,1	25	8,1	7,5	25	8,3	6,5

No	Konsentrasi Lindi (%)	72			96		
		T (°c)	pH	DO (mg/L)	T (°c)	pH	DO (mg/L)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	12,5 a	26	8,2	6,6	26	8,2	6,3
	12,5 b	26	8,2	6,6	26	8,2	6,4
2	6,25 a	26	8,2	6,6	26	8,2	6,4
	6,25 b	26	8,2	6,8	26	8,2	6,3
3	3,13 a	26	8,1	6,8	26	8,3	6,2
	3,13 b	26	8,3	6,8	26	8,3	6,5
4	1,56 a	26	8,2	6,5	26	8,3	6,8
	1,56 b	26	8,2	6,5	26	8,3	6,4
5	0,78 a	26	8,2	6,6	26	8,4	7,1
	0,78 b	26	8,2	6,5	26	8,3	6,9
6	0 a	26	8,2	7,1	26	8,3	7,1
	0 b	26	8,3	6,8	26	8,3	7,5

Kematian hewan uji diukur setiap harinya. Dari tabel IV. 5 dan IV. 6 diketahui semakin tinggi konsentrasi lindi maka semakin tinggi kematian yang terjadi pada ikan mas.

Tabel IV. 5 Kematian Hewan Uji pada Pengujian Influen Lindi

No	Konsentrasi Lindi (%)	Jumlah Populasi terpapar (ekor)	Kematian Hewan Uji (ekor)					Total (ekor)
			0	24	48	72	96	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	3,13 a	20	19	1				20
	3,13 b	20	18	2				20
2	1,56 a	20	0	2	2	4	0	8
	1,56 b	20	0	2	3	2	0	7
3	0,78 a	20	0	0	0	0	0	0
	0,78 b	20	0	0	3	0	1	4
4	0,39 a	20	0	0	0	1	0	1
	0,39 b	20	0	0	0	1	0	1
5	0,20 a	20	0	0	0	1	0	1
	0,20 b	20	0	0	1	1	1	3
6	0 a	20	0	0	0	0	0	0
	0 b	20	0	0	0	0	0	0

Data kematian pada tabel IV. 5 dan IV. 6 juga menunjukkan bahwa kematian ikan mas lebih banyak pada contoh uji influen IPL Piyungan dengan konsentrasi yang lebih rendah daripada contoh uji efluen. Hal ini mungkin terjadi karena efluen IPL Piyungan telah mengalami proses pengolahan sehingga kandungan racun di dalamnya sudah tereduksi.

Tabel IV. 6 Kematian Hewan Uji pada Pengujian Efluen Lindi

No	Konsentrasi Lindi (%)	Jumlah Populasi terpapar (ekor)	Kematian Hewan Uji (ekor)					Total (ekor)
			0	24	48	72	96	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	12,5 a	20	0	4	6	2	0	12
	12,5 b	20	0	3	5	2	1	11
2	6,25 a	20	0	2	2	5	0	9
	6,25 b	20	0	0	5	2	0	7
3	3,13 a	20	0	0	5	2	0	7
	3,13 b	20	0	1	2	1	2	6
4	1,56 a	20	0	1	1	2	1	5
	1,56 b	20	0	0	3	3	0	6
5	0,78 a	20	0	0	1	1	2	4
	0,78 b	20	0	1	3	2	0	6
6	0 a	20	0	0	0	0	0	0
	0 b	20	0	0	0	0	0	0

Lampiran V Dokumentasi



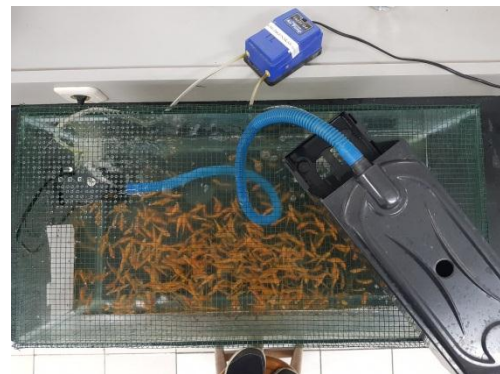
Inlet IPL Piyungan



Outlet IPL Piyungan



Aklimatisasi 1



Aklimatisasi 2



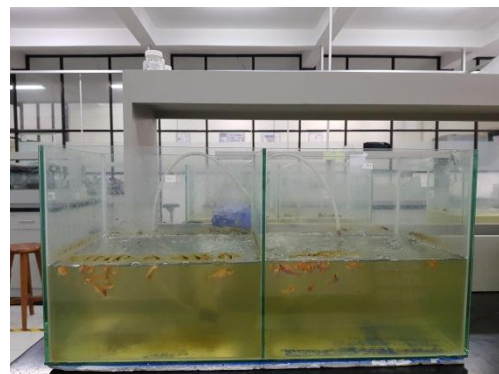
Uji Pendahuluan Influen conc 6,25%



Uji Pendahuluan Efluen conc 6,25%



Uji Toksisitas Influen conc 3,13%



Uji Toksisitas Efluen conc 3,13%



Insang Ikan Mati Saat Aklimatisasi



Warna Ikan Mati Saat Aklimatisasi



Insang Ikan Mati Setelah Dipapar
Lindi 24 jam (Uji Pendahuluan) conc
50%



Warna Ikan Mati Setelah Dipapar
Lindi 24 jam (Uji Pendahuluan)



Insang Ikan Mati Setelah Dipapar
Lindi 96 jam (Uji Toksisitas)



Warna Ikan Mati Setelah Dipapar
Lindi 96 jam (Uji Toksisitas)



Warna Ikan Hidup Sebelum Dipapar
Lindi



Warna Ikan Hidup Setelah Dipapar
Lindi 96 jam (Uji Toksisitas)

