

**UJI TOKSISITAS AKUT INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
(IPAL) KOMUNAL X KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN DAPHNIA
MAGNA (*Dhaphnia sp*) DENGAN METODE *WHOLE EFFLUENT
TOXICITY (WET)***

Vayolla Syakirah Karil¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Gunadi Priyambada²⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan ²⁾Dosen Teknik Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

E-mail: vayollasyakirah@gmail.com

ABSTRACT

X Communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Pekanbaru City is one of the solutions in processing domestic waste water so that it is safe before being discharged into waters. However, the WWTP effluent test results showed the value of COD, TSS, and Ammonia that exceed the quality standard. So there is a need for WET (Whole Effluent Toxicity) testing which is one way to monitor the performance of Wastewater Treatment Plant. This research aims to determine the value of LC50, TUa and analyze the connection between the quality of waste water and the level of toxicity in waste water. Acute toxicity tests were performed by static methods within 96 hours using Daphnia Magna test animals. Mortality of Daphnia magna were analyzed using Probit Method. The value of LC50 is 5,719% and TUa value is 17,486 with category III that means wastewater is on High Acute Toxicity. Measured COD, TSS, Ammonia, and Oil & Fat parameters affect the mortality of test animals, where the value of each of these parameters is directly proportional to the death rate of Daphnia magna.

Keywords: Toxicity Test, Communal WWTP, Daphnia magna, WET, LC50.

1. PENDAHULUAN

Air limbah domestik perlu dikelola dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini dikarenakan dari hasil uji yang telah dilakukan, limbah cair domestik memiliki karakteristik yaitu TSS 4980 mg/l, COD 13305 mg/l, minyak & lemak 1295 mg/L, dan amoniak 25,91 mg/L. Menurut Ulum (2015) apabila langsung dibuang ke badan air, limbah cair domestik akan menimbulkan gangguan terhadap

lingkungan baik dari segi estetika, kesehatan masyarakat maupun dari segi lingkungan badan air.

Uji toksisitas akut merupakan salah satu bentuk penelitian toksikologi perairan dan uji tersebut berfungsi untuk mengetahui apakah *effluent* IPAL mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi tertentu yang menyebabkan kematian hewan uji (Kusnoputranto dalam Ihsan, 2018). Uji toksisitas *effluent* IPAL perlu dilakukan karena IPAL

komunal memiliki penurunan efisiensi dalam menurunkan kadar polutan air limbah domestik. Hal ini terbukti dari hasil monitoring dan evaluasi air *effluent* IPAL Komunal X Kota Pekanbaru yang telah dilakukan. Untuk parameter TSS hasil uji yang didapat adalah 51 mg/L, sementara untuk parameter BOD dan COD nilai yang didapat adalah 71,51 mg/L dan 190,84 mg/L. Maka dari itu, diperlukan penelitian mengenai uji toksisitas air *effluent* IPAL Komunal X Kota Pekanbaru agar dapat diketahui tingkat toksisitas (LC_{50}) *effluent* IPAL tersebut dan dilakukan pencegahan dampak negatif yang ditimbulkan dari *effluent* IPAL yang dihasilkan.

Pengujian toksisitas merupakan pengujian yang membutuhkan hewan uji sebagai media pantau terhadap kualitas air limbah tersebut. Hewan uji yang digunakan yaitu *Daphnia magna*, dimana organisme *Daphnia magna* memiliki siklus hidup yang relatif singkat, mudah dikultur dalam skala laboratorium dan merupakan mata rantai dalam jaring-jaring makanan di perairan (Tyagi et al. dalam Anggraini 2019). Dodson et al. dalam Anggraini (2019) menyatakan bahwa *Daphnia magna* merupakan hewan yang sensitif terhadap berbagai zat pencemar. Organisme tersebut juga telah digunakan sebagai standar dalam uji toksisitas efluen (*whole effluent toxicity*) baik skala

industri maupun domestik (USEPA, 2002).

2. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain Kutu Air Raksasa (*Daphnia magna*) sebanyak 240 ekor, air *effluent* IPAL, dan akuades.

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium ukuran 25 x 10 x 20 cm, aerator, gelas lilin dengan volume 85 ml sebanyak 12 buah, pH meter, thermometer, DO meter, serta jerigen tertutup.

A. Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah konsentrasi air *effluent* IPAL.

Variabel Tetap

1. Akuarium yang digunakan untuk aklimatisasi 25x10x20 cm.
2. Volume gelas lilin untuk uji toksisitas 85 ml.
3. Hewan uji yang digunakan *Daphnia magna*.
4. Waktu pengamatan selama 96 jam.

Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengukuran suhu, DO, pH, COD, TSS, minyak dan lemak, dan amoniak.

B. Prosedur Penelitian

Samplng Air Limbah

Pelaksanaan sampling IPAL Komunal dilakukan pada *outlet*

pengolahan. Metode yang digunakan yaitu metode *Composite Sample*. sampling dibagi menjadi 3 (tiga) waktu yaitu pagi pukul 06.00, siang pukul 13.00, dan sore pada pukul 17.00.

Pengukuran Karakteristik Sampel

Data hasil pengujian akan dibandingkan dengan standar baku mutu Permen LHK No. 86 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang digunakan sebagai bahan evaluasi IPAL Komunal. Adapun parameter yang diuji adalah pH, Suhu, DO, COD, TSS, Minyak dan lemak, dan Amoniak.

Aklimatisasi Hewan Uji

Aklimatisasi dilakukan untuk mengkondisikan *Daphnia magna* pada media kultur agar dapat menyesuaikan dengan lingkungan yang baru. Media kultur dikondisikan pada suhu 25–30 °C. Aklimatisasi dilakukan dengan menggunakan air yang telah diaerasi selama 24 jam dan dicampur dengan air dari kultur sebelumnya, perbandingan 1:1. Selain itu, pada proses aklimatisasi dilakukan pengukuran fisik yaitu pH, temperatur dan oksigen terlarut.

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan secara duplikat terhadap 5 variasi pengenceran limbah (6,25%, 12,5%, 25%, 50%, 100%) dan 1 sebagai kontrol (0%). Setiap gelas lilin berkapasitas 85 ml dan diisi dengan volume larutan 50 ml dan 10 ekor

Daphnia magna, dengan jumlah total gelas lilin untuk satu kali percobaan sebanyak 12 buah (duplo). Uji pendahuluan ini dilakukan selama 96 jam dan menghitung jumlah kematian *Daphnia magna* (Priyanto, 2009). Selama percobaan berlangsung, parameter yang diukur adalah pH, DO, dan suhu yang merupakan parameter pendukung untuk pertumbuhan *Daphnia magna*.

Uji Toksisitas Akut

Dari uji pendahuluan, didapatkan konsentrasi yang menyebabkan kematian 50% (LC₅₀) pada hewan uji untuk dijadikan konsentrasi baru pada uji toksisitas. Selanjutnya dilakukan uji toksisitas dengan pemberian konsentrasi air limbah dengan konsentrasi baru yang didapatkan pada uji pendahuluan, serta tidak melakukan penggantian larutan maupun pemindahan organisme uji (*static test*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Karakteristik Limbah Cair Domestik dari IPAL Komunal X Terhadap Baku Mutu

Tabel 1 Perbandingan Parameter Pencemar Pada *Outlet* IPAL Komunal X Kota Pekanbaru dengan Baku Mutu

Parameter	Satuan	Konsentrasi efluen ⁽¹⁾	Baku Mutu ⁽²⁾
pH	-	7,1	6-9
COD	mg/L	218	100
TSS	mg/L	89	30
Minyak & Lemak	mg/L	4,2	5
Amoniak	mg/L	10,14	10

Sumber : (1) Hasil Uji, 2020

Aklimatisasi *Daphnia Magna* untuk Uji Pendahuluan

Aklimatisasi menggunakan air yang telah diaerasi selama 24 jam dan tahapan ini dilakukan selama 2 hari. Selama aklimatisasi, dilakukan pengukuran kandungan pH, DO (*Dissolved Oxygen*) dan suhu setiap harinya. Hasil pengukuran terhadap parameter fisik (pH, DO dan suhu) selama aklimatisasi di dalam akuarium dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengukuran Parameter Fisik Tahap Aklimatisasi pada Uji Pendahuluan

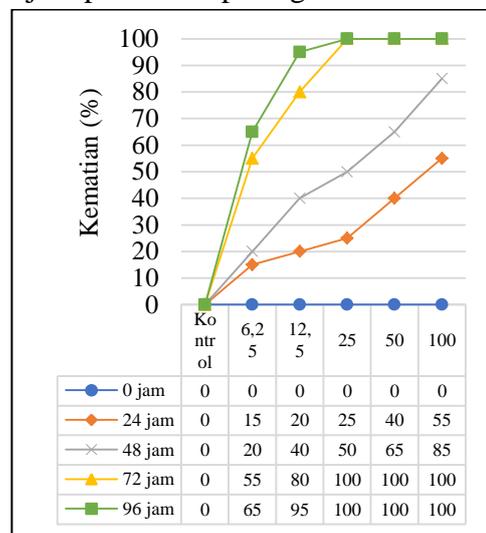
No	Hari	Parameter Fisik		
		pH	DO (mg/l)	Suhu (°C)
1.	ke-1	7,3	5,5	28,8
2.	ke-2	6,9	5,0	29,1

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar DO yang disebabkan oleh proses dekomposisi yang membutuhkan oksigen terlarut dalam air. Kadar DO selama aklimatisasi ini masih berada dalam batas toleransi untuk kehidupan *Daphnia magna* yaitu minimal 3 mg/l (Ebert, 2005). Hasil pengukuran suhu setiap harinya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu berkisar antara 28,8°C-29,1°C. Keadaan suhu ini masih dalam batas toleransi untuk kehidupan *Daphnia magna*. Menurut Clare (2002), suhu yang baik untuk pemeliharaan *Daphnia magna* berkisar dari 24°C-31°C. Hasil pengukuran pH berkisar pada 6,9-7,3

nilai pH ini masih berada dalam batas pH untuk kehidupan *Daphnia magna* yaitu 6,5-8,5 (Clare, 2002). Sehingga aklimatisasi berlangsung dalam kondisi pH, DO, dan suhu yang mendukung bagi kehidupan *Daphnia magna*.

Uji Pendahuluan

Berdasarkan hasil pengujian Persentase jumlah kematian hewan uji dapat dilihat pada grafik berikut.

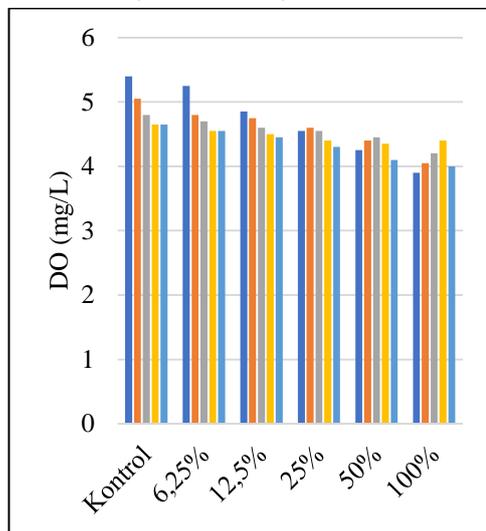


Gambar 1 Hubungan Antara Konsentrasi Limbah (%) dengan Jumlah Kematian (%) dengan Waktu Pemaparan Tertentu pada Uji Pendahuluan

Berdasarkan data diatas, semakin tinggi konsentrasi limbah semakin besar jumlah kematian pada hewan uji, semakin tinggi konsentrasi toksikan maka sel tubuh *Daphnia magna* semakin mengalami kerusakan. Hal tersebut disebabkan oleh limbah efluen IPAL yang mengandung zat-zat toksik yang dapat merusak organ tubuh *Daphnia magna*. Media uji memberikan respon mortalitas yang begitu cepat terhadap *Daphnia magna* pada awal

pemaparan, menandakan kadar toksikan yang tinggi pada limbah dengan konsentrasi tertentu (Anggraini dkk, 2019).

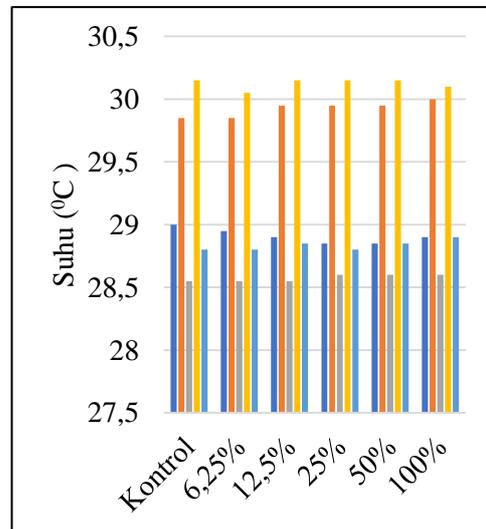
Parameter pH, DO, dan suhu merupakan parameter yang juga dapat mempengaruhi kehidupan *Daphnia magna*. Hasil pengukuran parameter fisik pada pengamatan yang dilakukan selama 96 jam untuk uji pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2 Nilai DO Rata-Rata pada Uji Pendahuluan

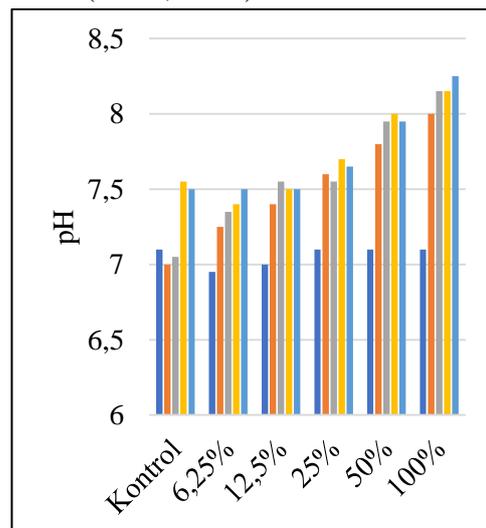
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa selama empat hari kandungan DO terlihat semakin menurun. Akan tetapi kadar DO yang diperoleh masih memenuhi kriteria untuk pertumbuhan *Daphnia magna* yaitu berkisar antara 3,9 mg/l-5,4 mg/l. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi kehidupan *Daphnia magna*. Penurunan kadar DO dapat diakibatkan oleh adanya bahan buangan organik yang banyak mengkonsumsi oksigen sewaktu

penguraian berlangsung (Effendi, 2003).



Gambar 3 Suhu Rata-Rata pada Uji Pendahuluan

Dari Gambar 3 menunjukkan suhu rata-rata tiap konsentrasi limbah selama uji pendahuluan. Suhu berkisar antara 28,55°C-30,15°C, nilai ini masih berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan untuk kehidupan *Daphnia magna* yaitu 24-31°C (Clare, 2002).



Gambar 4 Nilai pH Rata-Rata pada Uji Pendahuluan

Sedangkan untuk nilai pH rata-rata semakin hari semakin meningkat. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa nilai derajat keasaman (pH) berkisar antara 6,95-8,25. Nilai ini juga masih berada dalam batas toleransi kehidupan *Daphnia magna*.

Dari data jumlah kematian hewan uji diperoleh jumlah kematian dua atau lebih hewan uji maka nilai LC₅₀ dapat ditentukan dengan menggunakan metode probit Dimana nilai LC₅₀ akan didapat dengan memasukkan jumlah kematian pada tiap-tiap konsentrasi dan kontrol ke dalam *software Statistical Product and Service Solutions (SPSS)*, sehingga diperoleh nilai LC₅₀ sebesar 4,340%. Batas konsentrasi terendah dan tertinggi berkisar antara 0%-12,5%. Batas konsentrasi terendah dan tertinggi dari uji pendahuluan efluen IPAL inilah yang akan digunakan sebagai konsentrasi pada uji akut efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru.

Aklimatisasi *Daphnia Magna* untuk Uji Akut

Hewan uji yang digunakan pada aklimatisasi untuk uji akut adalah hewan uji baru dan bukan sisa dari aklimatisasi uji pendahuluan. Aklimatisasi hewan uji selama dua hari dilakukan sebelum uji akut. Perlakuan yang sama dilakukan seperti pada uji pendahuluan, yaitu mengukur parameter fisik pH, DO, dan suhu. Adapun data parameter

fisik selama aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 3.

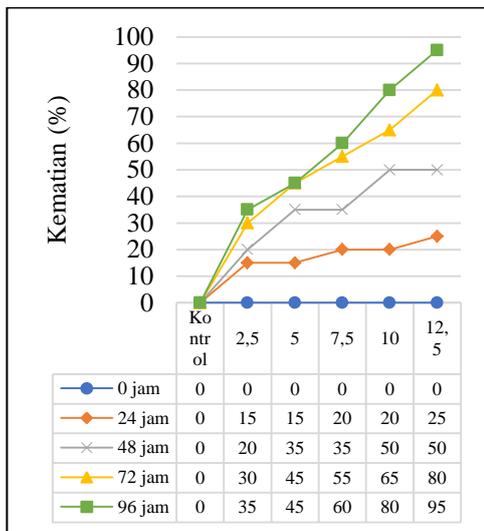
Tabel 3 Pengukuran Parameter Fisik Tahap Aklimatisasi pada Uji Akut

No	Hari	Parameter Fisik		
		pH	DO (mg/l)	Suhu (° C)
1.	ke-1	7,4	5,8	28,7
2.	ke-2	7,1	5,3	29,0

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kadar DO masih berada dalam batas toleransi kehidupan *Daphnia magna* yaitu minimal 3 mg/l (Ebert, 2005). Hasil pengukuran suhu setiap harinya tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu berarti yaitu berkisar antara 28,7°C-29,0°C. Keadaan suhu ini masih dalam batas toleransi untuk kehidupan *Daphnia magna*, dimana menurut Clare (2002), suhu yang baik untuk pemeliharaan *Daphnia magna* berkisar dari 24°C-31°C. Hasil pengukuran pH menunjukkan nilai 7,1 dan 7,4, nilai pH ini masih berada dalam batas pH untuk kehidupan *Daphnia magna* yaitu 6,5-8,5 (Clare, 2002). Sehingga aklimatisasi berlangsung dalam kondisi pH, DO, dan suhu yang mendukung bagi kehidupan *Daphnia magna*.

Uji Akut

Persentase jumlah kematian hewan uji dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

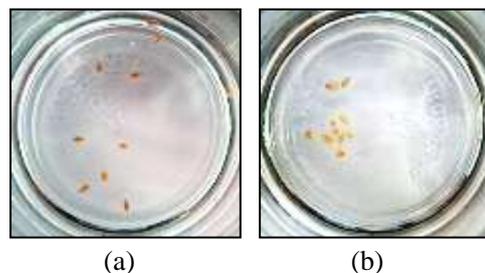


Gambar 5 Hubungan Antara Konsentrasi Limbah (%) dengan Jumlah Kematian (%) dengan Waktu Pemaparan Tertentu pada Uji Akut

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa respon mortalitas *Daphnia magna* pada masing-masing konsentrasi media uji bervariasi sejak waktu pemaparan 24 hingga 96 jam. Waktu pemaparan selama 24 jam menunjukkan bahwa media uji dengan konsentrasi limbah 12,5% menyebabkan sebanyak 25% *Daphnia magna* mati. Waktu pemaparan selama 48 jam pada konsentrasi yang sama menyebabkan mortalitas meningkat menjadi 50%. Selanjutnya dengan waktu pemaparan selama 72 jam dan 96 jam, mortalitas mencapai 80% dan 95% pada konsentrasi limbah yang sama. Berdasarkan data di atas dapat dilihat semakin tinggi konsentrasi limbah maka semakin besar jumlah kematian hewan uji. Hal ini dikarenakan terjadinya interaksi antar zat toksik yang menimbulkan

efek yang bersifat lebih toksis (interaksi kimia) dan interaksi toksikan dengan tubuh organisme (interaksi biologis), dimana interaksi dengan reseptor yang aktif akan menimbulkan respons. Interaksi ini juga sangat dipengaruhi oleh dosis yang digunakan, sehingga semakin tinggi dosis konsentrasi limbah semakin tinggi jumlah kematian hewan uji (Soemirat, 2003).

Pada perlakuan kontrol (0% limbah) tidak terlihat gejala fisik akibat keracunan dan tidak ditemukan *Daphnia magna* yang mati selama waktu pengamatan 96 jam, hal ini menunjukkan bahwa kualitas media pemeliharaan selama pengujian dalam kondisi baik, sedangkan pada sampel yang lain menunjukkan gejala fisik yaitu pada saat awal terpapar limbah hewan uji bergerak hiperaktif hingga lama kelamaan turun kedasar wadah sampai tidak ada pergerakan lagi. *Daphnia magna* yang telah mati akan berwarna krem dan tenggelam didasar wadah. Perbandingan *Daphnia magna* sebelum dan sesudah mati dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 *Daphnia magna* Sebelum Terpapar Toksikan (a) dan Setelah Terpapar Toksikan (b)

Selama uji akut juga dilakukan pengukuran pH, DO, dan suhu yang merupakan parameter yang dapat mempengaruhi kehidupan *Daphnia magna*. Dari hasil pengukuran menunjukkan nilai pH, DO, dan suhu yang masih berada dalam rentang yang sesuai untuk kehidupan *Daphnia magna*. Masing-masing nilainya yaitu: untuk pH dalam masa pengujian berada pada kisaran nilai 7,35-8,2; untuk temperatur rata-rata berada dalam suhu 29,7°C; dan nilai DO berada dalam kisaran 3,9-5,55 mg/L. Rentang nilai pH, suhu, dan DO yang demikian membuktikan bahwa kematian hewan uji disebabkan oleh nilai toksisitas air limbah tersebut.

Dari data jumlah kematian diperoleh jumlah kematian dua atau lebih kematian hewan uji, maka nilai LC₅₀ dapat ditentukan dengan menggunakan metode probit. Dimana nilai LC₅₀ didapat dengan memasukkan jumlah kematian pada tiap-tiap konsentrasi ke dalam *software Statistical Product and Service Solutions (SPSS)*, sehingga diperoleh nilai LC₅₀ efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru sebesar 5,719%. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa konsentrasi 5,719% dapat menyebabkan kematian *Daphnia magna* sebanyak 50% dalam jangka waktu 96 jam.

Nilai LC₅₀ yang didapat dari analisis probit digunakan untuk menentukan nilai TUa (*Toxicity Unit acute*) dengan mengkonversikan nilai LC₅₀ menggunakan persamaan berikut (USEPA, 2010).

$$TUa = \frac{100}{LC_{50}}$$

Sehingga didapatkan nilai TUa efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru sebesar 17,486. Adapun klasifikasi tingkat toksisitas akut dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Klasifikasi Tingkat Toksisitas

No	Kelas	Tingkat Toksisitas	Nilai TUa
1	-	Tidak toksisitas akut	< 0,4
2	I	Toksitasitas akut ringan	0,4 - 1
3	II	Toksitasitas akut	1 - 10
4	III	Toksitasitas akut tinggi	10 - 100
5	IV	Toksitasitas akut sangat tinggi	> 100

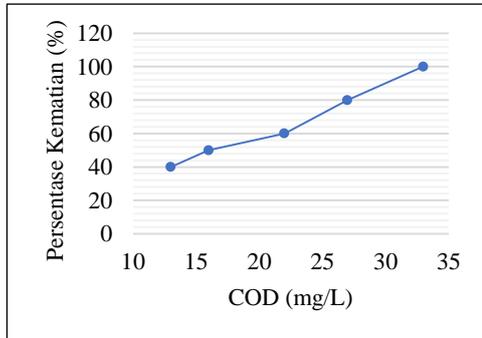
Sumber : USEPA, 2002

Berdasarkan tabel diatas nilai TUa efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru sebesar 17,486 menunjukkan bahwa efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru termasuk kedalam kelas III dengan tingkat toksisitas akut tinggi untuk hewan uji *Daphnia magna*.

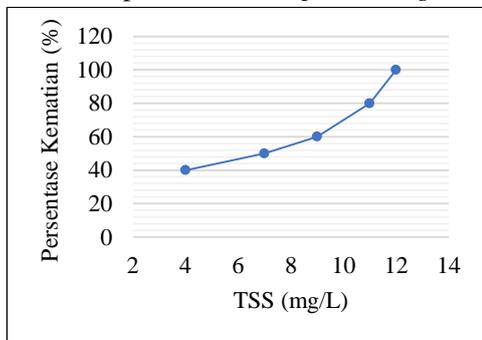
Analisis Hubungan Karakteristik Efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru terhadap Mortalitas *Daphnia magna*

Hubungan nilai COD, TSS, Minyak & Lemak, dan Amoniak dari efluen IPAL pada berbagai variasi konsentrasi terhadap kematian

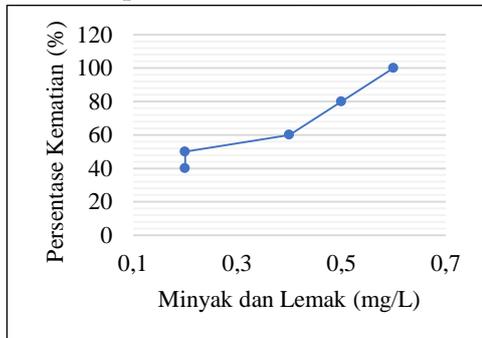
Daphnia magna dapat dilihat pada grafik berikut.



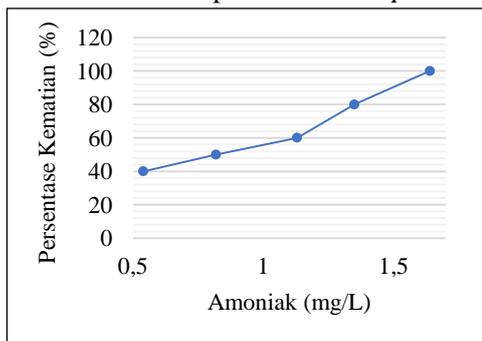
Gambar 7 Hubungan Antara COD terhadap Kematian *Daphnia Magna*



Gambar 8 Hubungan Antara TSS terhadap Kematian *Daphnia Magna*



Gambar 9 Hubungan Antara Minyak Lemak terhadap Kematian *Daphnia*



Gambar 10 Hubungan Antara Amoniak terhadap Kematian *Daphnia Magna*

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai COD, TSS, minyak lemak, dan amoniak yang terkandung di dalam limbah efluen IPAL, maka persentase kematian *Daphnia magna* juga menjadi semakin tinggi. Berdasarkan analisis pengaruh karakteristik limbah dapat dilihat bahwa kadar parameter fisik dan kimia secara umum melebihi baku mutu dan berpengaruh terhadap kematian hewan uji. Menurut Sianturi (2014), kematian hewan uji tidak selalu disebabkan oleh faktor tunggal tetapi juga disebabkan karena fenomena sinergis yaitu kombinasi dari dua zat atau lebih yang bersifat memperkuat daya racun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai LC_{50} 96 jam efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru yang didapat dengan uji toksisitas menggunakan metode *Whole Effluent Toxicity (WET)* dan *static test* adalah sebesar 5,719%.
2. Nilai TUa (*Toxicity Unit acute*) efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru adalah sebesar 17,486 menunjukkan bahwa efluen IPAL Komunal X Kota Pekanbaru termasuk kedalam kelas III dengan tingkat toksisitas akut

tinggi untuk hewan uji *Daphnia magna*.

3. Semakin besar nilai COD, TSS, minyak dan lemak, dan amoniak yang terkandung di dalam limbah efluen IPAL, maka semakin tinggi tingkat kematian *Daphnia magna*. Hal ini menunjukkan bahwa nilai dari masing-masing parameter tersebut berbanding lurus terhadap tingkat kematian *Daphnia*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, D.A., Effendi, H., dan Krisanti, M. 2019. Uji Toksisitas Akut (LC₅₀) Limbah Pengeboran Minyak Bumi Terhadap *Daphnia Magna*. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 3(1), 272-284.
- Clare, J. 2002. *Daphnia an Aquarist's Guide*. Diakses pada tanggal 5 Mei 2020, dari <http://www.caudata.org/daphnia>.
- Ebert, D. (2005). *Ecology, Epidemiology and evolution of parasitism in Daphnia*. Switzerland: University of Basel.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Ihsan, T., Edwin, T., Husni, N., dan Rukmana, W D. (2018). Uji Toksisitas Akut dalam Penentuan LC₅₀-96H Insektisida Klorpirifos Terhadap Dua Jenis Ikan Budidaya Danau Kembar, Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 98-103.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat PUPR. (2015). *Program Sanitasi Berbasis Masyarakat*. Pekanbaru: Dirjen Cipta Karya.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68. (2016). *Baku Mutu Air Limbah Domestik*.
- Priyanto, 2009. *Toksikologi Mekanisme, Terapi Antidotum dan Penilaian Resiko*. Depok : Lembaga Studi dan Konsultasi Farmakologi.
- Sianturi, P., Mulya, M.B., dan Ezraneti, R. (2014). Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu terhadap Ikan Patin. *Jurnal Aquacoastmarine*, 2(2), 85-94.
- Soemirat, J. (2003). *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ulum, G.H., Suherman, dan Syafrudin. (2015). Kinerja Pengelolaan IPAL Berbasis Masyarakat Program USRI Kelurahan Ngjo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(2), 65-71.
- USEPA United States of Environmental Protection Agency. (2002). *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Water to Freshwater and Marine Organism* (5th ed). Washington DC: EPA

USEPA United States of
Environmental Protection
Agency. (2010). *Toxic
Training Tool*. United States :
Environmental Protection
Agency.