

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

Alferina Julinda Grazella¹ Mei 2018

¹ Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Alfegrazella@gmail.com

Keywords:

Leachate,
Toxicity,
Aquatic,
Cyprinus carpio.

Abstract: Special Region of Yogyakarta has the largest Landfill which located at TPST Piyungan, Bantul. 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.*

Kata Kunci:

Lindi,
Toksistas,
Akuatik,
Cyprinus carpio.

Abstrak: Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki tempat pembuangan sampah terbesar yang terletak di TPST Piyungan. 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 toksistas air lindi IPL Piyungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis toksistas lindi baik sebelum maupun setelah pengolahan di IPL Piyungan menggunakan ikan Mas *Cyprinus carpio*. Uji toksistas akut dilakukan dengan metode static non-renewal selama 96 jam. Berdasarkan hasil analisis, toksistas 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.

1. Pendahuluan

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.

2. Metode penelitian

2.1 Pengambilan Contoh Uji

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.

Tabel 2. 1 Parameter Uji Air Limbah di Lokasi Pengambilan Contoh Uji

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

2.2 Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

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 dapat dilihat pada tabel 2.2.

2.3 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).

Tabel 2. 2. Kualitas Air Media Pemeliharaan Ikan Mas

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

SNI 8296.4, (2016)

Beberapa parameter kualitas air yang diperhatikan untuk menunjang kehidupan mas (*Cyprinus carpio*) berdasarkan (SNI 8296.4, 2016) adalah 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).

2.4 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi yang tepat saat pengujian toksisitas, yaitu untuk memperoleh konsentrasi ambang atas (LC₁₀₀₋₂₄ jam) dimana konsentrasi terendah yang menyebabkan mortalitas 100% dalam waktu dedah 24 jam (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. 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).

2.5 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).

Konsentrasi yang digunakan saat pengujian toksisitas bergantung konsentrasi pada saat uji pendahuluan. Setelah didapatkan konsentrasi terendah yang menyebabkan mortalitas 100% dalam waktu dedah 24 jam, konsentrasi tersebut dikalikan faktor pengenceran untuk dijadikan konsentrasi tertinggi pengujian. Faktor pengenceran yang disarankan adalah 0,5 untuk konsentrasi uji pendahuluan (US EPA, 2000). konsentrasi selanjutnya juga dikali faktor pengenceran sehingga didapatkan kembali lima variasi konsentrasi limbah untuk pengujian.

2.6 Analisis Data

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 log₁₀ 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).

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 ekotoksitas berdasarkan urutan dalam kelas toksisitas dan skor pada setiap kelas toksisitas. Pada *TCs*, hasil diperoleh dari uji toksisitas yang diubah dalam bentuk Toxic Unit (TU) (Vaajasaari, 2005). Klasifikasi berdasarkan nilai *TU_a* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Toxic Unit (TU) adalah ukuran toksisitas pada suatu effluen sebagai penentu satuan toksisitas akut (*TU_a*) atau toksisitas kronis (*TU_c*). Semakin besar *TU*, semakin besar tingkat toksisitasnya. *Toxic Unit-acute* merupakan timbal-balik konsentrasi effluen

100 kali yang menyebabkan 50% dari organisme mati pada uji toksisitas akut.

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

TUa = Toxic Unit acute

*LC*₅₀ = Konsentrasi kematian 50% populasi (US EPA, 2010)

Tabel 3. 2 Klasifikasi Berdasarkan Penilaian Toksisitas

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

Sumber: Vaajasaari, 2005

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Aklimatisasi

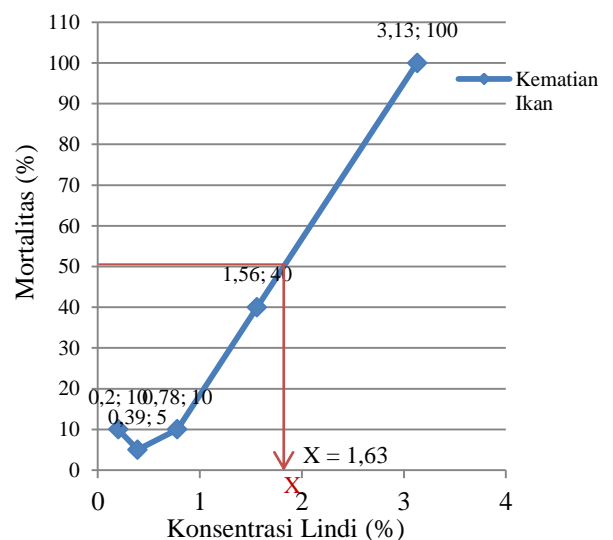
Selama proses aklimatisasi, ikan mas mati sebanyak 25 dari 450 ekor (5,56%) dan 5 dari 450 ekor (1,11%). Sedangkan menurut (US EPA, 1991) kematian mencapai 10% sebelum pengujian tidak dapat digunakan untuk uji toksisitas. Ini menunjukkan ikan yang telah diaklimatisasi dapat digunakan untuk uji toksisitas.

3.2. Uji Pendahuluan

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.

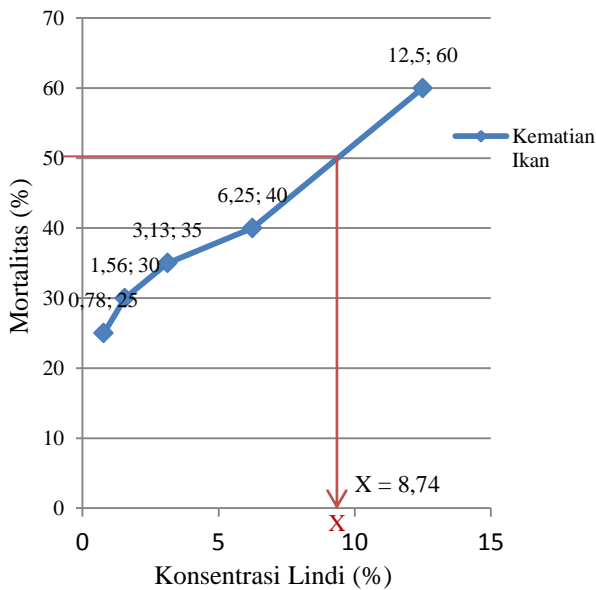
Sedangkan contoh uji efluen mampu mematikan 100% populasi ikan mas pada konsentrasi 50% lindi selama ±1 jam dan konsentrasi 25% lindi selama 24 jam serta tidak terjadi kematian pada reaktor kontrol. Konsentrasi uji yang dapat digunakan untuk uji toksisitas berkisar 0-25% lindi. Faktor pengenceran yang 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.

3.3. Uji Toksisitas



Gambar 3.1 Kematian Ikan Mas Contoh Uji Influen IPL Piyungan

Dari gambar 3.1 dan 3.2 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.



Gambar 3.2 Kematian Ikan Mas Contoh Uji Efluen IPL Piyungan

Berdasarkan tabel 2.3 tentang klasifikasi berdasarkan penilaian toksisitas, air lindi IPL Piyungan termasuk kategori *High Acute Toxicity* untuk influen dan efluen IPL.

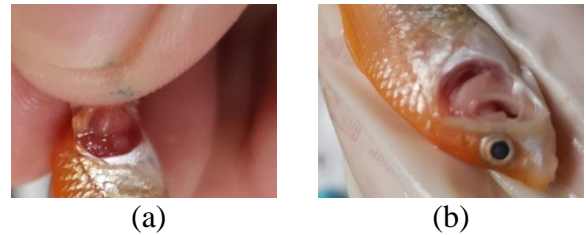


Gambar 3.3 Warna Ikan Mas (a) Sebelum dan (b) Setelah Dipaparkan Lindi Piyungan menjadi pucat

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).



Gambar 3.4. Insang Ikan Mas (a) Sebelum, dan (b) Setelah Dipaparkan Lindi Piyungan menjadi pucat

4. 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. 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 Mojosoong 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 Fsh, 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 Helath*. 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.