



Riwayat Artikel:

Masuk: 30-07-2023  
Diterima: 16-10-2023  
Dipublikasi: 07-05-2024

Cara Mengutip:  
Ramadan, Viki, M. Kanedi, Priyambodo, and Tugiyono. 2024. "Studi Bioassay Fly Ash Batubara Terhadap Daphnia Magna". Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains 5 (1): 46-51. <https://doi.org/10.55448/771d6z09>.

Lisensi:

Hak Cipta (c) 2022 Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains



Artikel ini berlisensi *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*.

Artikel

## Studi Bioassay Fly Ash Batubara Terhadap Daphnia Magna

Viki Ramadan<sup>1</sup>✉, M. Kanedi, Priyambodo, Tugiyono

<sup>1</sup>Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, Jalan Prof. Dr. Sumantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung

✉ Penulis koresponden: [vikiramadan027@gmail.com](mailto:vikiramadan027@gmail.com)

**Abstrak:** Fly ash merupakan salah satu limbah hasil pembakaran batubara. Fly ash mempunyai kandungan bahan anorganik yang memiliki unsur dan logam berat. Mineral oksida fly ash dapat dimanfaatkan untuk bahan adsorben, tambahan pada industri semen dan pembenah lahan (*soil conditioner*). Namun kandungan logam berat pada fly ash tidak mampu diurai oleh lingkungan dan berpotensi terakumulasi pada organisme. Metode bioassay adalah metode yang digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu bahan terhadap organisme. Metode ini memaparkan suatu bahan secara langsung terhadap organisme uji. *Daphnia magna* merupakan salah satu organisme yang digunakan sebagai organisme standar dalam uji bioassay, memiliki siklus hidup yang relatif singkat, dan sensitivitas terhadap zat pencemar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai LC<sub>50</sub> 96 jam pemaparan fly ash terhadap hewan uji. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali uji pendahuluan dilanjutkan dengan uji sesungguhnya. Konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya berupa 14.000, 21.000, 30.000, 45.000, 65.000, 94.000, 137.000, dan 199.000 ppm. Pengujian dilakukan selama 96 jam dengan 4 kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan nilai LC<sub>50</sub> 96 jam berada pada estimasi konsentrasi 50.251 ppm dengan rentang bawah konsentrasi 36.923 ppm dan rentang atas berada pada konsentrasi 61.608 ppm. Berdasarkan kriteria toksisitas, nilai LC yang didapatkan masuk ke dalam kategori *almost non toxic*.

**Kata Kunci:** bioassay, d. magna, fly ash

**Abstract:** Please write your abstract in english here

Fly ash is one of the waste products of coal combustion. Fly ash contains inorganic materials which contain elements and heavy metals. Fly ash oxide minerals can be used as adsorbent materials, additives in the cement industry and soil conditioners. However, the heavy metal content in fly ash cannot be decomposed by the environment and has the potential to accumulate in organisms. The bioassay method is a method used to determine the effect of a material on a material. This method exposes a material directly to a material being tested. *Daphnia magna* is one of the elements used as standard elements in bioassay tests, has a relatively short life cycle, and is sensitive to contaminants. This study aims to determine the LC<sub>50</sub> value of 96 hours of fly ash exposure to test animals. In this study, 3 tests were carried out followed by the actual test. The concentrations used in the actual test were 14,000, 21,000, 30,000, 45,000, 65,000, 94,000, 137,000 and 199,000 ppm. The test was carried out for 96 hours with 4 repetitions. The results showed that the LC<sub>50</sub> value at 96 hours was at an estimated concentration of 50,251 ppm, with the lower range of concentrations of 36,923 ppm and the upper range of concentrations of 61,608 ppm. Based on the toxicity, the LC values obtained were in the category of almost non-toxic.

**Keywords:** bioassay, d. magna, fly ash

## 1 PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan esensial sebuah negara. Energi ini memenuhi kebutuhan masyarakat sehari-hari sampai kebutuhan tingkat industri. Kebutuhan

energi listrik pada tahun 2021 tercatat mencapai 1.123 kWh/kapita (KESDM, 2021). Kebutuhan tersebut dipenuhi oleh pembangkit dengan berbagai sumber bahan bakar. Salah satu sumber bahan bakar yang digunakan adalah batubara. Kementerian Energi Sumber Daya Mineral tahun

Ramadan, Viki, M. Kanedi, Priyambodo, and Tugiyono. 2024. "Studi Bioassay Fly Ash Batubara Terhadap Daphnia Magna".

2022 mencatat 50 % kebutuhan energi nasional dihasilkan dari pembakaran batubara.

Energi listrik dihasilkan dari proses pembakaran batubara. Proses ini mengkonversi energi panas yang kemudian menggerakkan turbin sehingga menghasilkan energi. Selain energi, pembakaran ini menghasilkan sebuah residu berupa abu terbang atau *fly ash*. Residu yang dihasilkan mencapai 15 % – 17 % untuk setiap ton pembakaran batubara (KLH; Safitri et al., 2009). Tahun 2022 sebanyak 140 juta ton batubara dialokasikan melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN) dalam pemenuhan energi listrik nasional, artinya sebanyak 70 juta ton *fly ash* dihasilkan pada tahun tersebut (KESDM, 2022).

Residu *fly ash* mengandung logam berat yang cukup berbahaya (Lokeshappa dan Dikshit, 2012). Logam berat bersifat non *biodegradable* dalam tanah sehingga menyebabkan perpindahan lokasi dari satu tempat ke tempat lain (Jano's et al., 2010). Akumulasi logam berat ke lingkungan juga dapat membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara absorpsi dan kombinasi (Adhani, 2017).

Selain kandungan logam berat, dalam *fly ash* juga terdapat kandungan mineral-mineral oksida. Mineral penyusun *fly ash* ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan penyerap. Asof et al. (2022), mendapatkan konsentrasi mineral tertinggi dalam *fly ash* berupa SiO<sub>2</sub> yaitu sebesar 54,320%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 31,579%, besi (III) oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar 3,658%. Ketiga oksida mineral tersebut mempunyai banyak pori dan sisi aktif yang mampu menyerap bahan pencemar. Beberapa penelitian yang memanfaatkan kelimpahan unsur kimia *fly ash* sebagai bahan penyerap diantaranya Fauzan et al. (2014), menggunakan *fly ash* sebagai adsorben logam berat Pb yang terlarut dalam air. Kemudian Wardani et al. (2021), menggunakan *fly ash* sebagai material adsorben untuk menurunkan kadar kandungan logam Fe pada limbah cair. Gobel et al. (2018), menggunakan *fly ash* dalam menetralkan Air Asam Tambang (AAT).

Pemanfaatan *fly ash* untuk berbagai keperluan juga didukung oleh pihak pemerintah. Hal ini terlihat dari pengeluaran limbah *fly ash* dari golongan limbah B3 yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan tersebut merujuk pada strategi pemerintah dalam pengelolaan guna meningkatkan nilai tambah dari *fly ash* (KLHK, 2021).

Salah satu organisme yang digunakan untuk uji bioassay yaitu *D. magna*. Organisme ini memegang peranan penting di dalam ekosistem

perairan. Organisme *D. 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., 2007). Dodson et al. (2000), menyatakan bahwa *D. magna* merupakan hewan yang sensitif terhadap berbagai zat pencemar. Organisme tersebut juga telah digunakan sebagai standar dalam uji toksisitas (USEPA 1987).

Tingginya kuantitas produksi *fly ash* serta potensi pemanfaatan dan kandungan logam berat maka perlu adanya perumusan atau kajian mengenai pengaruh dari penggunaan *fly ash*. Pengaruh tersebut dapat diujikan melalui metode bioassay. Uji ini dilakukan dengan percobaan yang menggunakan organisme hidup untuk mengetahui atau mengukur adanya pengaruh dari satu senyawa atau lebih, faktor lingkungan dan kombinasi lainnya serta reaksinya terhadap senyawa kimia (APHA 1975). Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan kajian biologi mengenai pengaruh hayati *fly ash* batubara. Pengetahuan tentang dampak ini dapat menjadi acuan dalam pengelolaan dan pemanfaatan *fly ash* batubara.

## 2 METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Maret 2023. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

### 2.2 Rancangan penelitian

Uji toksisitas yang digunakan dalam penelitian ini berupa uji hayati statis (*static bioassay*) berbasis eksperimental yang disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) factor tunggal. Faktor yang digunakan yaitu konsentrasi *fly ash*.

### 2.3 Prosedur penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu penyiapan kultur hewan uji, aklimatisasi hewan uji, pembuatan larutan uji *fly ash*, uji pendahuluan, uji sesungguhnya, pengamatan kematian hewan uji.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Uji Pendahuluan (*Exploratory Test*)

Uji pendahuluan dilakukan untuk mencari batas atas (N) dan batas bawah (n) yang digunakan dalam menentukan seri konsentrasi

pada uji sesungguhnya (Anggraini *et al.*, 2019). Pada penelitian ini dilakukan 3 kali proses uji pendahuluan, hal ini dikarenakan pada uji pendahuluan pertama dan kedua batas tertinggi konsentrasi yang digunakan belum bisa membunuh keseluruhan hewan uji.

**Tabel 1.** Uji Pendahuluan 1

Konsentrasi (ppm)	Jumlah Hewan Uji	Mortalitas	
		Total	(%)
Kontrol	40	0	0
0,1	40	0	0
1	40	0	0
10	40	0	0
100	40	0	0
1000	40	1	10
10.000	40	1	10

Hasil uji pendahuluan dengan kosentrasi larutan uji  $10^{-1}$  sampai dengan  $10^4$  menunjukkan tingkat kematian hewan uji tertinggi berada pada angka 10%. Kematian hewan uji tertinggi belum bisa digunakan sebagai batas atas (N) sehingga perlu dilakukan peningkatan konsentrasi pada uji pendahuluan berikutnya.

**Tabel 2.** Uji Pendahuluan 2

Konsentrasi (ppm)	Jumlah Hewan Uji	Mortalitas	
		Total	(%)
Kontrol	10	0	0
0,1	10	0	0
1	10	0	0
10	10	1	10
100	10	0	0
1000	10	0	0
10.000	10	0	0
20.000	10	3	30
40.000	10	6	60
60.000	10	3	30
80.000	10	5	50
100.000	10	8	80

Uji pendahuluan kedua dilakukan dengan menambahkan 5 rentang konsentrasi larutan uji. Hasil uji pendahuluan kedua didapatkan nilai batas bawah (n) sebesar 10.000 ppm dan batas atas (N) pada konsentrasi 100.000 ppm. Kematian tertinggi hewan uji berada pada angka 80%. Hasil tersebut belum menunjukkan tingkat kematian tertinggi 100% yang digunakan sebagai batas atas (N). Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan konsentrasi larutan uji pada uji pendahuluan ketiga.

**Tabel 3.** Uji Pendahuluan 3

Konsentrasi (ppm)	Jumlah Hewan Uji	Mortalitas	
		Total	(%)
Kontrol	10	0	0
0,1	10	0	0
1	10	0	0
10	10	0	0
100	10	0	0
1000	10	0	0
10.000	10	0	0
20.000	10	3	30
40.000	10	3	30
60.000	10	6	60
80.000	10	7	70
100.000	10	8	80
200.000	10	10	100
300.000	10	10	100
400.000	10	10	100
500.000	10	10	100

Uji pendahuluan ketiga ini dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi larutan uji sampai  $5 \times 10^5$ . Uji pendahuluan ketiga menunjukkan batas atas dan bawah telah terpenuhi. Batas atas (kematian 100% hewan uji) berada pada konsentrasi  $2 \times 10^5$  dan batas bawah (konsentrasi tertinggi yang menunjukkan hewan uji masih hidup 100%) berada pada konsentrasi 104. Nilai batas atas dan bawah pengujian dimasukan rumus deret konsentrasi (Finney, 1971), untuk mendapatkan seri konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya.

### 3.2 Uji Sesungguhnya (Definitive Test)

Hasil pengujian pada uji pendahuluan menunjukkan batas atas berada pada konsentrasi  $2 \times 10^5$  sedangkan batas bawah berada pada konsentrasi 104. Nilai batas atas dan bawah dimasukan ke dalam persamaan rumus deret konsentrasi (Finney, 1971).

Nilai K atau jumlah seri konsentrasi yang digunakan sebanyak 8 konsentrasi. Hal ini karena batas bawah memiliki rentang terlalu jauh dengan batas atas sehingga diperlukan jumlah konsentrasi yang lebih banyak untuk memperkecil jarak antar seri konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya. Maka didapatkan 8 seri konsentrasi yang akan digunakan pada uji sesungguhnya yaitu 14.000, 21.000, 30.000, 45.000, 65.000, 94.000, 137.000, dan 199.000 ppm.

Kedelapan seri konsentrasi ini diujikan ke hewan uji selama 96 jam untuk mendapatkan nilai Lethal Concentration (LC). Hasil uji sesungguhnya menunjukkan rata-rata kematian hewan uji yang di induksi *fly ash* selama 24, 38, 72, dan 96 jam (Tabel. 4).

**Tabel 4.** Jumlah Kematian *D. magna* dan nilai LC<sub>50</sub> pada media uji *fly ash* selama 24, 48, 72 dan 96 jam

Konsentrasi	Lama perlakuan							
	24 jam		48 jam		72 jam		96 jam	
	total	(%)	total	(%)	total	(%)	total	(%)
Kontrol	0	0	2	5	3	5	3	8
15.000	3	8	3	8	6	8	8	20
21.000	5	13	6	15	7	15	9	23
31.000	1	3	7	18	10	18	14	35
45.000	5	13	9	23	15	23	18	45
65.000	5	13	14	35	18	35	25	63
95.000	7	18	23	58	32	58	33	83
137.000	13	33	27	68	34	68	38	95
199.000	18	45	25	63	34	63	39	98
Nilai	328.650		106.131		65.737		50.251	

Keterangan: n=4 kali pengulangan *D. magna* yang digunakan sebanyak 10 ekor pada tiap konsentrasi

Hasil pengujian Probit didapatkan nilai LC<sub>50</sub> 24 jam berada pada estimasi 328.650 ppm, pada pengujian 48 jam didapatkan nilai LC<sub>50</sub> berada pada estimasi 106.131 ppm dengan batas atas pada konsentrasi 139.316 ppm dan batas bawah pada 82.915 ppm. Pada pemaparan 72 jam didapatkan nilai LC<sub>50</sub> pada estimasi 65.737 ppm dengan batas atas pada konsentrasi 80.394 ppm dan batas bawah pada konsentrasi 50.589 ppm. Pada akhir pengujian atau 96 jam pemaparan *fly ash* didapatkan nilai LC<sub>50</sub> berada pada estimasi 50.251 ppm dengan batas atas konsentrasi 61.608 ppm dan batas bawah pada konsentrasi 36.516 ppm. Hasil pengujian nilai LC<sub>50</sub> menunjukkan bahwa semakin lama pemaparan nilai LC<sub>50</sub> yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa daya bunuh dari *fly ash* yang digunakan pada pemaparan yang lebih cepat harus lebih kuat dibanding dengan lama pemaparan lebih lama. Hal ini sejalan dengan penelitian Nugroho, et al. (2018), yang menyatakan bahwa nilai LC yang semakin rendah dengan meningkatnya lama waktu pemaparan terhadap hewan uji.

Penelitian lain menguji konsentrasi efektif larutan uji *fly ash* yang membunuh 50 % hewan uji, menunjukkan nilai LC<sub>50</sub> 48 jam *fly ash* berada pada kisaran 64.980 – 70.000 ppm (Damayanti, 2018). Selain itu, studi Puslitbang Energi dan Mineral Kementrian ESDM tahun 2010 mendapatkan hasil nilai LC<sub>50</sub> 96 jam *fly ash* batubara terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

sebesar 337.000 ppm. Untung (2011), menyimpulkan nilai LC<sub>50</sub> 96 jam *fly ash* batubara berada pada 205.604 ppm. Hasil penelitian menunjukkan nilai LC<sub>50</sub> lebih kecil dibanding dengan penelitian lain. Hal ini dikarenakan lama nya proses pemaparan dan organisme yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran yang lebih kecil sehingga dosis yang dihasilkan lebih rendah untuk membunuh hewan uji.

Departemen Mineral dan Energi, Australia (1994) mengklasifikasikan toksisitas berdasarkan nilai LC<sub>50</sub> (Swan et al., 1994).

**Tabel 5.** Kriteria toksisitas berdasarkan nilai LC

Kriteria Toksisitas	Nilai (ppm)
Sangat beracun ( <i>toxic</i> )	< 1
Beracun ( <i>toxic</i> )	1-100
Daya racun sedang ( <i>moderately toxic</i> )	100-1.000
Daya racun rendah ( <i>slightly toxic</i> )	1.000-10.000
Hampir tidak beracun ( <i>almost non toxic</i> )	10.000-100.000
Tidak toksik ( <i>non toxic</i> )	>100.000

Berdasarkan kriteria toksisitas bahan di atas, daya toksisitas *fly ash* batubara berdasarkan nilai LC termasuk kedalam kategori hampir tidak toksik (*almost non toxic*).

Kematian hewan uji salah satu nya disebabkan oleh sifat toksisitas *fly ash* batubara. Sifat toksisitas *fly ash* disebabkan oleh adanya bahan pencemar berupa kandungan logam berat dalam fly ash ini berupa Mn, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Co, Hg, Se, V dan As (Kurniawan et al., 2010). Pelapasan logam berat pada media air ini menyebabkan proses pelindian (larutnya logam pada perairan). Larutnya logam berat pada perairan ini mengakibatkan akumulasi pada organisme yang hidup di dalamnya (Hutagulung, 1997). Pada kadar tinggi logam berat menyebabkan kematian pada organisme, namun pada kadar rendah logam berat membutuhkan waktu yang lama untuk terakumulasi ke dalam tubuh organisme (Pallar, 1994).

#### 4 PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, nilai LC<sub>50</sub> 96 jam larutan uji *fly ash* batubara memiliki nilai estimasi konsentrasi 50.251 ppm dengan rentang bawah konsentrasi 36.923 ppm dan rentang atas berada pada konsentrasi 61.608 ppm. Berdasarkan kriteria toksisitas suatu bahan, nilai LC yang

didapatkan masuk kedalam kategori *almost non toxic*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., Husnaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- American Public Health Association (APHA). 1975. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Association. Washington DC.
- Anggraini, D. A., Efendi, H., Kristanti, M., 2019. Uji Toksisitas Akut (LC<sub>50</sub>) Limbah Pengeboran Minyak Bumi Terhadap *Daphnia Magna*. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*. 3 (1), 272-284.
- Asof, M., Arita, S., Luthfia, Andalia, W., Naswir, M. 2022. Analisis Karakteristik, Potensi dan Pemanfaatan *Fly ash* dan Bottom Ash PLTU Industri Pupuk. *Jurnal Teknik Kimia*. 28(1), 44-50.
- Damayanti, Retno. 2018. Abu Batubara dan Pemanfaatannya: Tinjauan Teknis Karakteristik Secara Kimia dan Toksikologinya. *Jurnal Teknologi Mineral dan Barubara*. 14 (3), 213-231
- Dodson, S.I., Merritt, C.M., Shurin, J.B., Redman, K.G. 2000. *Daphnia Reproductive Bioassay for Testing Toxicity of Aqueous Sample and Presence of an Endocrine Disrupter*. United State Patent. 1-6.
- Fauzan, A., Aman, Drastinawati. 2014. Pemanfaatan *Fly ash* Batubara Sebagai Adsorben Logam Berat Ion Pb<sup>+</sup> yang Terlarut dalam Air. *Jom FTEKNIK*. 1(2), 1-6.
- Finney, D. J., 1971. *Probit Analys*. Cambridge (GB): Cambridge Univ. Press.
- Gobel, A.P., Nursanto, E., Ratminah, W.D. 2018. Efektifitas Pemanfaatan *Fly ash* Batubara Sebagai Adsorben dalam Menetralisir Air Asam Tambang Pada Settling Pond Penambangan Banko PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan*. 2(1), 1-11.
- Hutagalung, H. P. 1997. *Logam Berat dalam Lingkungan Laut*. Oseana, IX (1). LIPI. Jakarta.
- Janos, P., Varrova, J., Herzegova, L., Pilarova, V. 2010. Effects of Inorganic and Organic Amendments on the Mobility (leachability) of Heavy Metals in Contaminated Soil: a Sequential Extraction Study. *Geoderma*. 335-341.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2022. Capaian Kinerja 2021 dan Rencana 2022 Sub. Sektor Ketenagalistrikan. <https://www.gastrik.esdm.go.id/>. diakses pada 20 September 2022.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. Pengelolaan Limbah Abu Batubara Berdasarkan PP Tetap Lindungi Lingkungan. <https://www.menlhk.go.id/> . diakses pada 20 September 2022
- Kurniawan, A.R., Adenan, D. D., Untung, S. R., Hadjah, N. R., Alimano, M. 2010. *Penelitian Pemanfaatan Abu Batubara PLTU Untuk Penimbunan Pada Pra Reklamasi Tambang Batubara*. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara; Bandung
- Lokeshappa B., Dikshit, A. K. 2012. Behaviour of Metals in Coal *Fly ash* Ponds. *Procedia APCBEE*. 1, 34-39.
- Nugraha, H., Pasaribu, M., Ismail, S. 2018. Toksisitas Akut Ekstrak *Albertisia papuana* Becc. pada *Daphnia magna* dan *Danio rerio*. *Biota*. 3(3), 96-103.
- Pallar. H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Bineka Cipta. Jakarta.
- Petroleum Information Series, 1994. *Guidelines Sheet 3 and 4*. Western Australia Department of Minerals and Energy.
- Safitri, E., Djumari. 2009. Kajian Teknis dan Ekonomis Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly ash*) Pada Produksi Paving Block. *Jurnal Media Teknik Sipil*. 9(1), 36-40.
- Swan, J. M., J.M. Neff, and P.C. Young. (eds.) 1994. *Environmental Implications of Offshore Oil and Gasdevelopment in Australia - the Findings of an Independent Scientific Review*. Australian PetroleumExploration Association. Sydney. 157p.
- Tyagi, V.K., Chopra A.K., Durgapal N.C., Arvind, K. 2007. Evaluation of *Daphnia magna* as an Indicator of Toxicity and Treatment Efficacy of Municipal Sewage Treatment Plant. *Journal Applied Science Environmental Management*. 11(1), 61-67.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1987. *Procedure for Conducting Daphnia magna Toxicity Bioassay Prepare for The Office of Solid*

Ramadan, Viki, M. Kanedi, Priyambodo, and Tugiyono. 2024. "Studi Bioassay Fly Ash Batubara Terhadap Dapnia Magna".

*Waste*. United States Environmental Protection Agency. Washington DC.

Untung, S. R. 2011. Toxicology Test on Coal Ash from Asam-Asam Coal Fired Power Plant, Tanah Laut- South Kalimantan. *Indonesian Mining Journal*. 14(3), 38-32.

Wardani, A.P., Maulidz, S.D., Takwanto, A., Yulianto, E. 2021. Pemanfaatan *Fly ash* Sebagai Material Adsorben untuk Menurunkan Kadar Kandungan Logam FE pada Limbah Cair di Unit Waste Water Treatment Plant PT POMI. *Jurnal Teknologi Separasi*. 7(1), 51-57.