

The Growth of *Lemna Minor* and *Pistia Stratiotes* in Batulayang Landfill's Leachate

Aurendyo Yuscel Perdana¹, Zulfa Zakiah^{1*}, Elvi Rusmiyanto¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia;

Article History

Received: July 02th, 2025

Revised : August 19th, 2025

Accepted : October 02th, 2025

*Corresponding Author: **Zulfa Zakiah**, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia;
Email:
zulfa.zakiah@fmipa.untan.ac.id

Abstract: *Lemna minor* and *Pistia stratiotes* are plants that can be used to degrade heavy metal pollutants iron (Fe) and lead (Pb) present in aquatic environments and can improve water quality. The purpose of this study was to determine the best combination between *L. minor* and *P. stratiotes* in improving leachate water quality. This study uses a Completely Randomized Design (CRD) with five treatment levels with 3 replications each. The data obtained were then analyzed using descriptive. The results showed that the best plant combination in improving leachate water quality and capable of absorbing heavy metals iron and lead was L1P3 with a percentage reduction of heavy metals iron and lead of 98,2% and 85 % respectively as a result *L. minor* and *P. stratiotes* after treatment on Batu Layang Landfill leachate experienced an increase in biomass and chlorophyll content, as well as being able to reduce lead and iron levels. The results of this study are in line with Minister of Environment Regulation of the Republic of Indonesia Number 59 of 2016 concerning quality standards for leachate from business premises or final disposal sites.

Keywords: Heavy metal, leachate, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes*.

Pendahuluan

Sampah merupakan residu yang tidak dapat digunakan kembali karena dapat membahayakan bagi lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Kota Pontianak menyediakan wadah pemrosesan pembuangan akhir atau yang biasa disebut (TPA) yang berlokasi di Kelurahan Batu Layang. TPA merupakan tempat penimbunan sampah yang berasal dari berbagai aktivitas manusia sehingga timbunan tersebut menghasilkan air lindi dari infiltrasi air *eksternal* ke timbunan sampah yang pada akhirnya melarutkan materi organik dan hasil dekomposisi (Aziz *et al.*, 2010).

Lokasi TPA Batu Layang berbatasan langsung dengan pemukiman penduduk, hal tersebut dapat berpotensi menimbulkan masalah kesehatan akibat air lindi yang mencemari perairan atau air tanah. Air lindi yang mencemari air tanah serta dapat berdampak buruk bagi ekosistem, lingkungan, maupun organisme akuatik ataupun organisme yang terpapar karena kehidupannya bergantung dengan kualitas air tanah. Air lindi berpotensi mengandung logam

berat yang bersifat toksik bagi lingkungan antara lain seperti besi (Fe), timbal (Pb), tembaga (Cu), kromium (Cr), dan seng (Zn). Komposisi dan konsentrasi bahan pencemar yang terdapat pada air lindi berbeda-beda antara TPA satu dengan lainnya.

Karakteristik air lindi yang terdapat pada TPA Kota Riyadh, Saudi Arabia memiliki kandungan COD, BOD, EC, dan TSS dengan konsentrasi tinggi dan air lindi pada TPA tersebut mengandung senyawa toksik seperti besi (Fe), mangan (Mn), nikel (Ni), kromium (Cr), seng (Zn), dan kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang tinggi (Al-Wabel *et al.*, 2021). Komposisi air lindi yang bervariasi disebabkan oleh proses pembentukan serta dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti komposisi sampah, mudah tidaknya penguraian, suhu, pH, kelembaban, jumlah pemadatan, umur TPA, komposisi tanah penutup, serta ketersediaan inhibitor (Purwanti, 2014).

Timbal merupakan logam yang dapat ditemukan pada lapisan kerak bumi dan salah satu pencemar yang umum ditemukan pada lingkungan. Timbal memiliki senyawa

neurotoxin yang dapat meracuni syaraf yang bersifat kumulatif dan kontinu. Paparan akut oleh timbal juga dapat menyebabkan efek kronis seperti gangguan gastrointestinal, kerusakan hati, hipertensi, dan efek neurologis serta dapat menyebabkan kematian (Giulioni *et al.*, 2023). Besi (Fe) merupakan logam berat esensial yang banyak ditemukan pada lapisan kerak bumi.

Besi dalam dosis rendah pada tubuh manusia digunakan dalam proses pembentukan eritrosit, namun apabila besi melebihi dosis yang diperlukan dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti muntah, mudah lelah, kerusakan usus, diare, penyebab jantung koroner, meningkatkan diabetes dan infeksi penyakit *systemic lupus erythematosus* (Widowati *et al.*, 2008). Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan timbal (Pb) dan besi (Fe) yang terkandung pada air lindi TPA Batu Layang serta penggunaan kombinasi tumbuhan *L. minor* dan *P. stratiotes* tersebut untuk menurunkan kandungan timbal (Pb), besi (Fe), dan pengaruhnya terhadap kadar klorofil kedua tumbuhan sebelum dan setelah perlakuan.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli hingga Oktober 2024. Pengambilan sampel air lindi dilakukan di TPA Batu Layang. Penelitian dilaksanakan di rumah kasa dan pengukuran klorofil pada tumbuhan uji dilakukan di Laboratorium Zoologi, Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Parameter logam berat berupa timbal (Pb) dan besi (Fe) pada air lindi diukur di Laboratorium Badan Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Pontianak.

Desain penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental dengan tujuan mengetahui pertumbuhan, kandungan klorofil tumbuhan uji, kadar timbal (Pb), kadar besi (Fe) dan pengaruh *L. minor* dan *P. stratiotes* terhadap kualitas air lindi TPA Batu Layang. Sampel tumbuhan yang akan digunakan dikoleksi menggunakan metode purposive sampling dengan kriteria tumbuhan *L. minor* dan *P. stratiotes* berusia antara 3-4 minggu.

Populasi dan sampel penelitian

Penelitian ini menggunakan desain percobaan rancangan acak yang terdiri dari 5 taraf perlakuan dengan masing masing terdapat 3 ulangan, sehingga total percobaan diperoleh sebanyak 15 unit dengan komposisi sebagai berikut:

- *L. minor* sebanyak 100 g pada air bersih (L)
- *P. stratiotes* sebanyak 100 g pada air bersih (P)
- *L. minor* dan *P. stratiotes* (1:1) masing masing 50 g (L1P1)
- *L. minor* dan *P. stratiotes* (3:1) dengan *L. minor* 75 g dan *P. stratiotes* 25 g (L3P1)
- *L. minor* dan *P. stratiotes* (1:3) dengan *L. minor* 25 g dan *P. stratiotes* 75 g (L1P3).

Pengambilan sampel tumbuhan dilakukan selanjutnya tumbuhan yang telah diambil diaklimatisasi pada wadah berisi air bersih selama 7 hari. Alat pada penelitian ini yaitu botol sampel, *breaker glass*, jeringan, pipet ukur, gayung plastik, gelas ukur, timbangan elektrik, pH meter, DO meter, thermometer air raksa, wadah plastik bening sebagai tempat uji dan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Bahan penelitian ini yaitu *Lemna minor* dan *Pistia stratiotes* yang berasal dari kolam Asrama Kodam XII/Tanjungpura serta air lindi TPA Batulayang sebanyak 75 L.

Prosedur penelitian

Pengambilan Sampel Air Lindi

Air lindi pada TPA Batu Layang diambil dari blok timbunan sampah yang masih aktif digunakan untuk menimbun sampah. Air lindi diambil sebanyak 45 L dan dimasukkan ke dalam jerigen dan diendapkan selama 3 hari. Pengambilan sampel air lindi berdasarkan SNI 6989.59:2008. Pengukuran kandungan besi (Fe) dan timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium BSPJI, Pontianak.

Persiapan Tanaman Uji

Tanaman yang digunakan yaitu *L. minor* dan *P. stratiotes*. Tanaman diperoleh dari kolam yang berada di asrama Kodam XII/ Tanjungpura. Tumbuhan yang telah diperoleh kemudian dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan larva serangga, kotoran dan epifit. Tumbuhan diaklimasi pada media air tawar selama 7 hari sebelum digunakan untuk penelitian.

Perlakuan Remediasi

Tumbuhan yang telah diaklimasi selanjutnya ditimbang sesuai dengan perlakuan sebelum dimasukkan ke media. Air lindi yang digunakan merupakan hasil yang telah diendapkan dan digunakan sebanyak 5 liter pada setiap perlakuan. Perlakuan dilakukan selama 30 hari. Pengamatan kondisi media dan morfologi dilakukan setiap 7 hari selama 30 hari (Safarida *et al.*, 2015).

Pengukuran Berat Basah dan Berat Kering Tumbuhan Uji

Pertumbuhan pada tumbuhan uji dapat diukur melalui biomassa. Pengukuran biomassa dilakukan sebelum dan setelah perlakuan. Pengukuran berat basah dilakukan pada saat kondisi tumbuhan dalam kondisi segar. Pengukuran berat kering dilakukan setelah tumbuhan uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu 65°C hingga tumbuhan memiliki berat yang konstan. Pengukuran biomassa menggunakan timbangan digital dan diukur setiap 2 jam hal ini bertujuan untuk mengetahui selisih berat basah sebagai berat awal dan berat kering sebagai berat akhir.

Pengukuran Kadar Timbal (Pb) dan Besi (Fe)

Pengukuran kadar timbal dan besi pada air lindi menggunakan metode *Atomoc Absorption Spectrophotometry* (ASS). Metode pengukuran ini mengacu pada SNI 6989.84:2019. Pengukuran kadar timbal dan besi menggunakan metode destruksi basah dengan HNO₃. Air lindi diambil 100 mL, kemudian ditambahkan 5 mL HNO₃ pekat dan dipanaskan hingga volume mencapai 15-20 mL. Tambahkan 5 mL HNO₃ hingga larutan uji menjadi jernih secara bertahap namun larutan tidak mendidih. Tanda larutan uji sudah jernih apabila warnanya berubah menjadi agak putih atau apabila warna hitam maka larutan uji menjadi warna kuning cerah. Larutan diasing menggunakan kertas saring serta dipindahkan ke labu ukur dan homogenkan larutan uji sebelum diukur serapannya. Pengukuran kadar timbal menggunakan panjang gelombang 283,3 nm dan kadar besi menggunakan panjang gelombang 248,3 nm.

Pengukuran Kadar Klorofil

Pengukuran kadar klorofil tumbuhan uji menggunakan metode *Atomoc Absorption Spectrophotometry* (ASS). Daun dari kedua tumbuhan uji digerus dengan mortar dan ditimbang beratnya sebanyak 1 g. Sampel daun

tumbuhan selanjutnya diekstraksi dengan 100 mL aseton 80% dan diaduk hingga klorofil larut. Ekstrak selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dan dilakukan pengukuran klorofil dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 646 nm dan 663 nm.

Analisis data

Pengukuran kadar timbal (Pb) dan besi (Fe) setelah diperoleh nilai absorbansi dihitung sebagai berikut :

$$\text{Kadar logam (mg/L)} = C \times fp \quad (1)$$

Keterangan:

C = kadar logam yang diperoleh dari hasil pengukuran (mg/L)

fp = faktor pengenceran

Pengukuran kadar klorofil yang telah diukur dengan panjang gelombang yang sesuai selanjutnya nilai absorbansi yang telah diperoleh dihitung dengan rumus berikut:

Klorofil a = $12,21 D_{-663} - 2,81 D_{-646}$ (mg/L)

Klorofil b = $20,13 D_{-646} - 5,03 D_{-663}$ (mg/L)

Klorofil total = $(17,3 \times A_{646}) + (7,18 \times A_{663})$ (mg/L) (Harborne, 1987).

Keterangan :

A 646 = absorbansi pada panjang gelombang 646 nm

A 663 = absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

Hasil yang diperoleh berupa kualitas air lindi, berat basah, berat kering, dan kadar klorofil pada *L. minor* dan *P. stratiotes* sebelum dan setelah perlakuan dianalisis secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Berat basah dan berat kering

Pengukuran berat basah dan berat kering tumbuhan dilakukan setelah tumbuhan berumur 30 hari. Hasil rerata pengukuran ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Berat basah dan berat kering tumbuhan uji

Perlakuan	Berat basah (g)	Berat kering (g)
L	56,48 ± 3,52	28,75 ± 3,96
P	178,45 ± 5,87	58,97 ± 8,34
L1P3	278,00 ± 9,64	119,5 ± 13,53
L1P1	225,5 ± 10,86	71,25 ± 10,73
L3P1	152,75 ± 10,26	55,25 ± 7,73

Berat basah dan berat kering *L. minor* dan *P. stratiotes* setelah perlakuan menunjukkan perbedaan untuk setiap perlakuan. Berat basah tertinggi pada perlakuan L1P3 masing-masing $79,75 \pm 4,03$ g untuk *L. minor* dan $198,25 \pm 5,61$ g untuk *P. stratiotes*. Berat kering tertinggi pada perlakuan L1P3 dengan berat pada *L. minor* $30,75 \pm 4,11$ g dan *P. stratiotes* $88,75 \pm 9,42$ g. Berat basah terendah pada perlakuan L3P1 dengan berat pada *L. minor* $36,50 \pm 3,41$ g dan *P. stratiotes* $116,25 \pm 6,85$ g.

Kadar Klorofil

Pengukuran kadar klorofil pada *L. minor* dan *P. stratiotes* dilakukan sebelum dan setelah perlakuan ditampilkan pada Tabel 2. Hasil pengukuran diperoleh bahwa kadar klorofil total pada *L. minor* dan *P. stratiotes* setelah umur 30 hari terlihat meningkat pada perlakuan L, P, dan L1P3, namun pada perlakuan L1P1 dan L3P1 terjadi penurunan kadar klorofil total. Kadar klorofil total tertinggi setelah perlakuan diperoleh pada perlakuan L1P3 untuk *L. minor* sebesar $7,31 \pm 0,05$ mg/L dan *P. stratiotes* sebesar $7,11 \pm 0,06$ mg/L dibandingkan dengan perlakuan lain. Hasil pengukuran kadar klorofil total pada perlakuan L1P1 dan L3P1 menunjukkan penurunan dibandingkan sebelum penanaman yaitu *L. minor* sebesar $1,08 \pm 0,03$ mg/L, *P. stratiotes* sebesar $1,13 \pm 0,04$ mg/L (L1P1), *L. minor* sebesar $4,05 \pm 0,84$ mg/L, dan *P. stratiotes* sebesar $4,11 \pm 0,04$ mg/L (L3P1).

Tabel 2. Kadar klorofil sebelum dan sesudah perlakuan

Perlakuan	Klorofil A	Klorofil B	Klorofil Total
L	$2,40 \pm 0,06$	$2,13 \pm 0,72$	$5,42 \pm 0,07$
P	$7,20 \pm 0,04$	$3,26 \pm 0,05$	$6,75 \pm 0,05$
L1P3	$14,58 \pm 0,11$	$7,28 \pm 0,90$	$14,42 \pm 0,11$
L1P1	$7,69 \pm 0,14$	$6,72 \pm 0,14$	$2,21 \pm 0,07$
L3P1	$4,16 \pm 0,85$	$2,10 \pm 0,72$	$4,16 \pm 0,88$

Kandungan Logam Berat

Pengukuran kandungan logam berat berupa kadar timbal dan besi pada air lindi yang dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil pengukuran logam berat ditampilkan pada Tabel 3. Pengukuran terhadap logam berat timbal (Pb) dan besi (Fe) pada air lindi sebelum dan setelah perlakuan mengalami penurunan. Penurunan tertinggi berada pada perlakuan L1P3 dengan penurunan timbal (Pb) dari 0,6 mg/L menjadi

<0,09 mg/L dan besi (Fe) dari 2,74 mg/L menjadi 0,05 mg/L.

Tabel 3. Penurunan kadar logam berat air lindi

Perlakuan	Timbal (Pb) (mg/L)	Besi (Fe) (mg/L)
Awal	0,6	2,74
L	<0,09	1,45
P	<0,09	1,86
L1P3	<0,09	0,05
L1P1	<0,09	0,62
L3P1	<0,09	1,49

Kadar timbal (Pb) dan besi (Fe) air lindi setelah perlakuan selanjutnya disajikan dalam bentuk persentase penurunan dan ditampilkan pada Tabel 4. Hasil pengukuran terhadap logam berat timbal dan besi pada air lindi TPA Batu Layang terdapat penurunan tertinggi pada perlakuan L1P3 dengan persentase penurunan timbal (Pb) dan besi (Fe) berturut-turut sebesar 85% dan 98,2% dibandingkan dengan perlakuan lain, namun persentase penurunan terendah berada pada perlakuan L3P1 dengan persentase penurunan pada besi (Fe) sebesar 45,6%.

Tabel 4. Persentase penurunan kadar logam berat air lindi TPA Batu Layang

Perlakuan	Timbal (Pb) (%)	Besi (Fe) (%)
Awal	0	0
L	<85	53
P	<85	68
L1P3	<85	98,2
L1P1	<85	77,3
L3P1	<85	45,6

Pembahasan

Pengukuran berat basah dan berat kering tumbuhan menunjukkan bahwa *L. minor* dan *P. stratiotes* terdapat peningkatan berat, hal ini merupakan adaptasi tumbuhan pada kondisi lingkungan yang tercekam. Peningkatan berat basah kedua tumbuhan terjadi pada perlakuan P, L1P3, dan L1P1 sedangkan pada perlakuan L dan L3P1 terjadi penurunan berat basah pada tumbuhan *L. minor*. Peningkatan berat basah pada tumbuhan uji menunjukkan bahwa kedua tumbuhan uji dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan dan jenis tumbuhan yang berbeda. Peningkatan tersebut dapat disimpulkan bahwa tumbuhan dengan kombinasi tersebut menyerap bahan pencemar, namun tidak mengganggu proses fotosintesis, hal tersebut diperkuat oleh penelitian Ayudyaningtyas (2013) bahwa

peningkatan berat basah tumbuhan pada kondisi mencekam disebabkan penyerapan nitrogen dan fosfor yang umum ditemukan pada air limbah, karena kedua senyawa tersebut berperan langsung dalam proses eutrofikasi. Santoso *et al.*, (2019) menyatakan air lindi mengandung nutrisi yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Air lindi juga dapat digunakan sebagai pupuk cair, karena mengandung beberapa unsur esensial seperti fosfor dan nitrogen yang berpengaruh penting terhadap fase pertumbuhan vegetative tanaman sehingga akan meningkatkan produksi klorofil (Triadiawarman *et al.*, 2022).

Pengukuran kandungan klorofil pada *L. minor* dan *P. stratiotes* setelah perlakuan mengalami peningkatan tertinggi pada perlakuan L1P3 dibanding kadar klorofil pada perlakuan lain, hal ini disebabkan peningkatan fotosintesis pada kedua tumbuhan sehingga berdampak pada peningkatan laju pertumbuhan. Kadar klorofil yang bertambah pada tumbuhan uji dapat membantu tumbuhan untuk menyerap energi cahaya matahari yang akan digunakan dalam proses fotosintesis untuk mengakumulasi logam berat dan menghasilkan fitokelatin untuk mengikat logam dan mengurangi tingkat toksisitas logam (Saygideger *et al.*, 2004). Penurunan klorofil terjadi pada perlakuan L1P1 dan L3P1 disebabkan oleh kondisi air lindi yang mengandung logam berat sehingga menyebabkan kurang efisiennya tumbuhan uji dalam beradaptasi pada lingkungan yang tercekam. Penelitian Ramadhania dan Rachmadiarti (2021) mengatakan bahwa akumulasi logam berat dapat mempengaruhi fisiologi tumbuhan karena merusak struktur kloroplas sehingga proses biosintesis klorofil pada tumbuhan menjadi terganggu.

Akumulasi logam berat pada *L. minor* dan *P. stratiotes* dapat dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat pada air lindi, kondisi lingkungan, serta jenis logam berat yang ada pada air lindi. Menurut Hidayati (2013) tumbuhan memiliki dua mekanisme yang mungkin dilakukan dalam menghadapi konsentrasi logam berat, yaitu toleransi dan ameliorasi. Mekanisme yang dilakukan oleh *P. stratiotes* dalam menghadapi kondisi lingkungan yang tercekam oleh logam berat dengan mekanisme toleransi, hal ini sesuai dengan pernyataan Panjaitan (2009) yang menjelaskan mekanisme toleransi pada *P. stratiotes* ditunjukkan dengan adanya perubahan secara morfologi pada bagian daun dan akar tumbuhan. Rontoknya beberapa daun pada *P. stratiotes* merupakan respon tumbuhan dalam

menghadapi kondisi lingkungan yang tercekam logam berat. Respon tersebut disebabkan oleh adanya penurunan ekspansi sel dalam organ daun tumbuhan.

Mekanisme penyerapan logam berat oleh *L. minor* dan *P. stratiotes* menyerap logam berat dan disimpan pada bagian akar. Logam berat timbal (Pb) masuk ke dalam tumbuhan dalam bentuk ion Pb^{2+} dan logam berat besi (Fe) diserap oleh tumbuhan dalam bentuk ion Fe^{2+} . Mekanisme masuknya ion logam berat pada tumbuhan dimulai dari larutnya ion tersebut bersama air dan masuk melalui jaringan korteks menuju *xylem*. Logam berat yang diserap oleh tumbuhan akan diakumulasi pada organ tanaman seperti daun, batang, dan akar. Ion logam berat pada tumbuhan akan diturunkan tingkat toksisitasnya dengan fitokelatin. *P. stratiotes* memiliki akar yang lebih luas dan panjang dibanding *L. minor* dan akar pada *P. stratiotes* memiliki bulu akar yang halus dan lebat.

Menurut Sinaga (2008) logam berat dalam air diserap oleh tumbuhan melalui akar secara absorbs. Hara tersebut diserap dalam bentuk ion bermuatan positif dan negatif yang kemudian berikatan dengan koloid. Unsur logam yang telah sampai pada permukaan akar (bulu akar) akan ditranslokasi ke jaringan pembuluh kemudian disalurkan ke daun untuk disimpan. Kedua tanaman air memiliki sifat hipertoleran terhadap akumulasi logam berat dengan konsentrasi tinggi. *P. stratiotes* dapat menyerap berbagai jenis logam berat diperaikan sehingga dapat menyerap logam berat tanpa mengganggu pertumbuhannya.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan bahwa kombinasi antara tumbuhan *L. minor* dan *P. stratiotes* pada perlakuan L1P3 dengan berat *L. minor* sebesar 25 g dan *P. stratiotes* sebesar 75 g dapat menurunkan kadar logam berat timbal dan besi. Tumbuhan tersebut dapat menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) sebesar 85% dari 0,6 mg/L menjadi <0,09 mg/L dan kadar besi (Fe) dengan persentase penurunan sebesar 98,2% dari 2,74 mg/L menjadi 0,05 mg/L. Nilai tersebut telah sesuai dengan Permen LHK Nomor 59 Tahun 2016, hal tersebut ditunjukkan dengan adanya peningkatan biomassa serta kadar klorofil pada *L. minor* dan *P. stratiotes*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak dan jajaran yang telah memberikan izin untuk mengambil dan menggunakan air lindi di TPA Batu Layang untuk keperluan penelitian serta Kepala UPT TPA Batu Layang Irwan Roesdie S.T yang telah membantu penulis sejak kuliah praktik hingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan penulis yaitu Bakti Sulisty, Fajrul Akbar Ramadhan, dan Gregorius Elrido Widratama yang membantu penulis dalam mengambil sampel air lindi di TPA Batu Layang dan menemani penulis dalam mengerjakan tugas akhir hingga penulisan artikel ini.

Referensi

- Al-Wabel, M. I., Al Yehya, W. S., AL-Farraj, A. S., dan El-Maghraby, S. E. (2011). Characteristics of landfill leachates and bio-solids of municipal solid waste (MSW) in Riyadh City, Saudi Arabia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2011.03.009>
- Ayudyaningtyas, A. T. (2013). Kajian Efektifitas Tanaman Air *L. Minor* dan *Hydrilla Verticillata* dalam Mereduksi BOD DAN COD Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 11(21). <https://doi.org/10.18860/neu.v11i2.8005>
- Aziz, S. Q., Aziz, H. A., Yusoff, M. S., Bashir, M. J. K., dan Umar, M. (2010). Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study. *Journal of Environmental Management*, 91(12). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.042>
- Giulioni, C., Maurizi, V., De Stefano, V., Polisini, G., Teoh, J. Y. C., Milanese, G., Galosi, A. B., dan Castellani, D. (2023). The influence of lead exposure on male semen parameters: A systematic review and meta-analysis. In *Reproductive Toxicology* (Vol. 118). <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2023.108387>
- Ni'am, A.C. dan Warmadewanthi, I. (2013). Efektifitas *Typha Angustifolia* dan *Eichhornia Crassipes* dalam Mengolah Leachate dengan Sistem Constructed Wetland. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII*. ISBN: 978-602-97491-7-5.
- Purwanti, H. (2014). Kajian Dampak Saluran Lindi Terhadap Lingkungan Ditinjau Dari Aspek Pengoprasian TPA Galuga. *Jurnal Teknologi*, 1(25). <https://doi.org/10.31284/j.jts.2021.v2i1.1873>
- Ramadhania, A. R., dan Rachmadiarti, F. (2021). Keanekaragaman Tumbuhan Akumulator Logam Berat Pb di Sungai Sudimoro, Mojokerto. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(3). <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n3.p329-338>
- Santoso, B., Laili, S., dan Rahayu, T. (2019). Pengaruh Air Lindi dan Bio Slurry sebagai Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Sains Alami (Known Nature)*, 1(2):7-2.
- Silviana, L., dan Rachmadiarti, F. (2023). Fitoremediasi Fosfat dari Detergen Sintetis dengan Menggunakan *L. minor* dan *Azolla microphylla* Phytoremediation of Phosphate from Synthetic Detergent Using *L. minor* and *Azolla microphylla*. *Lentera Bio*, 12(3). <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p281-189>
- Triadiawarman, D., Aryanto, D., dan Krisbiyantoro, J. (2022). Peran Unsur Hara Makro terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium cepa* L.). *Agrifor*. 21(1): 27 <https://doi.org/10.31293/agrifor.v21i1.5795>
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf, R. (2008). Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. *Penerbit Andi. Yogyakarta*.