

MAKROFUNGI RESISTEN MERKURI (Hg)

**Cut Kandy Safiera¹, Aceng Ruyani², Sipriyadi³, Bhakti Karyadi⁴, Deni Parlindungan⁵,
Khairunnisa⁶**

^{1,2,3,4}Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun, Bengkulu 38371, Indonesia.

⁵Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun, Bengkulu 38371, Indonesia.

⁶Program Studi PGMI, STIT Al-Mathiriyah Muratara, Jalan Lintas Sumatera, Kab. Musi Rawas Utara, Sumatera Selatan, 31654, Indonesia.

Article History

Received : December 07, 2023

Revised: June 11, 2024

Accepted : June 11, 2024

Correspondence

Cut Kandy Safiera

e-mail:

cutkandysafiera8@gmail.com

ABSTRACT

*This study aims to identify types of macrofungi that are resistant to the presence of Hg in their environment. The method used is survey research by exploring mushrooms in the area around the Small Scale Gold Mining (ASGM). Tambang Sawah Village, Lebong Regency, Bengkulu Data findings were analyzed by descriptive qualitative. The results showed that the types of macrofungi that were able to survive Hg stress were *Ganoderma applanatum*, *Dacryopinax spathularia*, *Daldinia concentrica*, *Ganoderma lucidum* and *Polyporus alveolaris*. In conclusion, five types of macrofungi that are adaptive to mercury (Hg) were found. The highest Hg accumulation was found in *D. concentrica*.*

Keywords: *Accumulation, Mercury, Macrofungi, Mining, Morphology*

PENDAHULUAN

Aktivitas Pertambangan Emas Sekala Kecil (PESK) yang dilakukan oleh masyarakat berpotensi menimbulkan masalah lingkungan karena limbah yang dihasilkan mengandung merkuri (Hg) dan buang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hg digunakan untuk memisahkan kadar emas dengan kadar logam yang masih bercampur dengan logam lainnya atau material tanah agar bisa terpisah, tetapi begitu terpapar ke alam dan dengan dalam kondisi tertentu merkuri bisa bereaksi dengan metana yang berasal dari dekomposisi senyawa organik membentuk metil merkuri yang bersifat toksik (Trimiska et al., 2019).

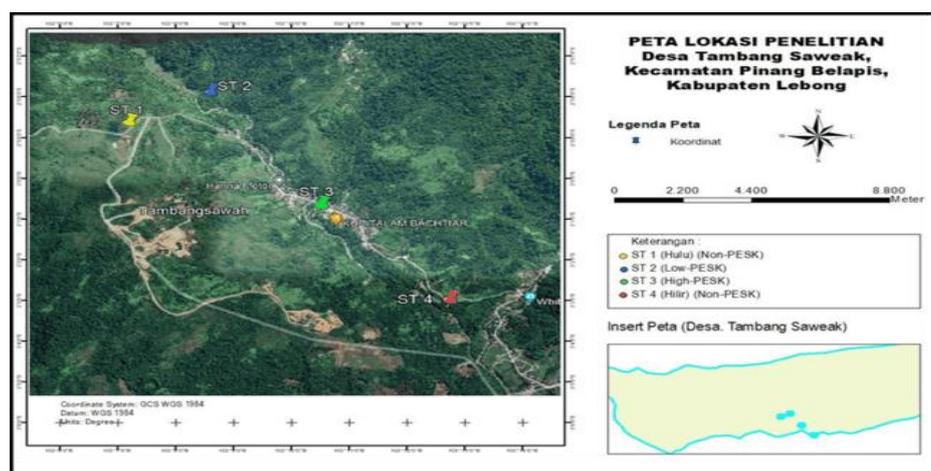
Kasus pencemaran Hg akibat PESK hingga saat ini belum tertangani dengan maksimal, sehingga berpotensi menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan. Dampak negatif tersebut dapat terjadi karena Hg bersifat toksik dan terakumulasi baik pada organ tubuh makhluk hidup maupun lingkungan. Mengacu pada peraturan Presiden Republik Indonesia secara resmi telah mengesahkan Undang-Undang No. 11 Tahun 2017 tentang Pengesahan *Minamata Convention on Mercury* (Konvensi Minamata Mengenai Merkuri), setiap negara/wilayah, maupun para pelaku usaha wajib melakukan tindakan untuk mengurangi pencemaran merkuri di lingkungan. Oleh karena itu, teknik pengolahan limbah yang dihasilkan dari aktivitas PESK perlu dieksplor lebih mendalam agar dapat membantu penanganan dan pencegahan munculnya

kerusakan akibat cemaran limbah tersebut. Teknologi tersebut harus bersifat praktis, efektif, efisien, ekonomis dan juga ramah lingkungan (Rasyid et al., 2021; Priadie, 2012; Melati, 2020).

Beberapa literatur telah membuktikan bahwa jamur, terutama makrofungi memiliki kemampuan dalam mengikat logam berat dan mampu mendegradasi polutan secara enzimatik dengan mekanisme lignolitik enzim (Hastuti & Zarkasi, 2018; Aznur et al., 2022; Rahayu & Mangkoedihardjo, 2022). Menurut Christofer et al., (2022) umumnya organisme yang memiliki kemampuan remediasi merupakan organisme yang mampu bertahan hidup/toleran terhadap suatu kondisi cekaman. Adanya potensi bioremediasi yang dimiliki oleh jamur mendorong peneliti untuk mengeksplorasi jenis-jenis jamur yang berada di sekitar area PESK sebagai langkah awal untuk menemukan spesies jamur yang memiliki tingkat toleran terhadap keberadaan Hg di habitat hidupnya. Penelitian ini juga ditujukan untuk memberikan informasi terkait kelompok jamur, khususnya makrofungi yang potensial untuk dikembangkan sebagai agen bioremediasi Hg.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survei dengan menginventarisasi jamur yang berada di area sekitar aktivitas PESK di Desa Tambang Sawah Kabupaten Lebong. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*. Lokasi sampling dilakukan di pinggir hulu sungai, pinggir badan sungai dan pinggir hilir sungai selikat desa tambang sawah kabupaten lebong pada gambar 1. Sampel yang diambil adalah beberapa jenis makrofungi yang hidup di sekitar lokasi penelitian. Data temuan jamur dianalisis secara deskriptif kualitatif. Identifikasi jamur dilakukan di Laboratorium FKIP Universitas Bengkulu dan untuk analisis merkurnya dilakukan menggunakan alat Mercury Analyzer di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.



Gambar 1. Lokasi Sampling

Identifikasi dengan cara melihat konsentrasi merkuri yang terkandung dalam sampel, menguraikan ciri-ciri dari setiap sampel fungi yang ditemukan di lokasi, dibuat tabel identifikasi berdasarkan habitat dan mengamati morfologi makrofungi. Pengamatan meliputi mulai dari jenis jamur, warna permukaan ukuran jamur, tekstur jamur, bentuk tubuh buah jamur, bentuk tudung, panjang tangkai (stipe) dan ada

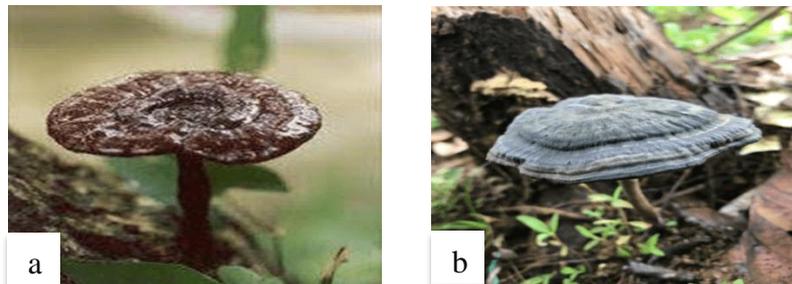
tidaknya tangkai. Identifikasi jenis jamur mengacu pada buku: Huffman et al., (2008), Desjardin et al., (2014) dan Polese (2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksplorasi yang peneliti lakukan di sekitar area PESK memperoleh beberapa jenis makrofungi yaitu *Ganoderma applanatum*, *Dacryopinax spathularia*, *Daldinia concentrica*, *Ganoderma lucidum* dan *Polyporus alveolaris*. Jenis-jenis ini ditemukan di sekitar pinggiran Sungai Selikat Desa Tambang Sawah, Kabupaten Lebong, dekat dengan aliran limbah dari aktivitas PESK yang dilakukan di desa tersebut. Karakteristik makrofungi yang ditemukan sebagai berikut:

Ganoderma applanatum

Fungi ini tumbuh di kayu lapuk. Tubuh buah berbentuk seperti piring, setengah lingkaran dan bergelombang, dengan ukuran 2,5 x 1,4 cm, tubuh buah berwarna coklat, permukaan tudung bertekstur keras, memiliki tangkai semu, aroma tidak menyengat, tumbuh saprofit dan hidup berkelompok.



Gambar 1. Morfologi *G. Applanatum* a. Jamur di daerah terpapar Hg; b. Jamur di daerah tidak terpapar Hg

Dacryopinax spathularia

Dacryopinax spathularia yang ditemukan pada ST3 (High PESK Activity) pada kayu lapuk. Tubuh buah jamur ini berbentuk silindris dengan ujung memipih, warna tubuh buah jamur ini adalah kuning, namun akan berubah menjadi oranye setelah mengering. *D. spathularia* memiliki panjang 1 cm dengan permukaan smooth dengan ukuran 4,5 x 3 cm, bentuk atas dari tudung yaitu *depressed*, permukaan tudung *smooth*, pinggir tudung *even*, warna tudung oranye, tidak memiliki pori, cincin, dan volva bertekstur lunak dan memiliki bilah yang tersusun secara *close*. Tangkai memiliki diameter 0,7 cm, berbentuk *cylindric* berwarna orans dan bertekstur *smooth*. Jenis ini memiliki aroma yang tidak menyengat, saprofit dan hidup berkelompok.

Daldinia concentrica

D. concentrica yang ditemukan pada ST3(High PESK Activity) studi ini juga tumbuh di kayu lapuk. Bentuk tubuh buah jamur ini adalah seperti bola pejal, dengan ukuran 2,9 x 1,7 cm, warna tubuh buah abu-abu, permukaan tudung *cracked*, pinggir tudung *entire*, warna tudung abu-abu, bertekstur keras dan tidak memiliki bilah. Spora berbentuk bulat, berwarna coklat tubuh buah keras seperti kayu atau arang, warnanya hitam kecoklatan, memiliki tekstur polos dan ketika dibelah akan tampak struktur konsentris berwarna abu-abu yang berlapis hitam. Tangkai jamur ini berukuran 1,1 cm dengan

diameter 0,9 cm, berbentuk *clavate*, berwarna coklat dan bertekstur *scaly*. Aroma *D. concentrica* tidak menyengat, saprofit dan hidup berkelompok.



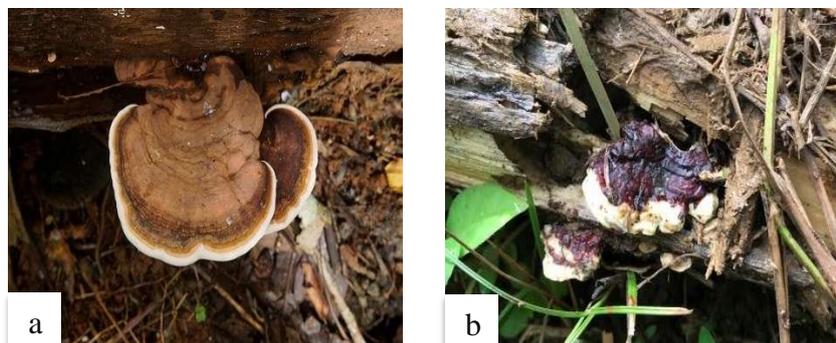
Gambar 2. Morfologi *D. spathularia*



Gambar 3. Morfologi *D. concentrica*

Ganoderma lucidum

Fungi ini ditemukan di kayu lapuk di sekitar Sungai Selikat. Tubuh buah berbentuk kipas dengan ukuran 5,5 x 3,2 cm, bergelombang, memiliki lingkaran tahunan, warna tubuh buah hitam, permukaan tudung *smooth*, pinggir tudung *indented*, warna tudung hitam dan bertekstur keras. Jamur ini memiliki aroma yang tidak menyengat, saprofit dan hidup berkelompok. Selain itu, jenis ini juga tidak memiliki bilah, tangkai, pori, cincin, dan volva.

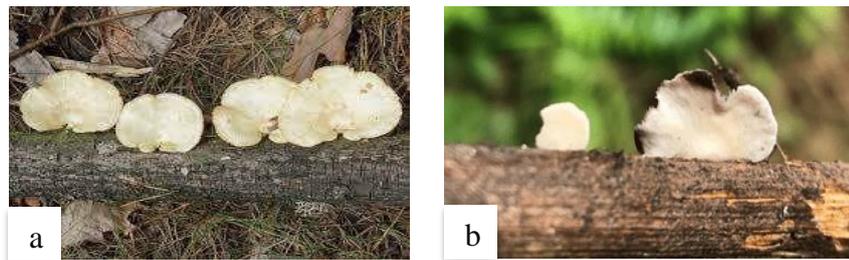


Gambar 4. Morfologi *G. Lucidum*
a. Jamur di daerah terpapar Hg; b. Jamur di daerah tidak terpapar Hg

Polyporus alveolaris

Jenis ini ditemukan hidup di kayu lapuk. Tubuh buah berbentuk kipas dengan ukuran 1,7 x 3 cm, warna tubuh buah putih pucat, permukaan tudung *smooth*, pinggir tudung *entire*, warna putih pucat, memiliki pori pada permukaan bawah, bertekstur keras, aroma tidak menyengat, saprofit dan hidup berkoloni. Makrofungi ini tidak

memiliki tangkai, bilah, cincin, dan volva. Spora berbentuk oval dan berwarna gelap. Spesies ini bertekstur keras dan akan rapuh jika dalam keadaan kering.



Gambar 5. Morfologi *P. Alveolaris*
 a. Jamur di daerah terpapar Hg; b. Jamur di daerah tidak terpapar Hg

Hasil analisis morfologi makrofungi yang ditemukan pada studi ini menunjukkan bahwa masing-masing jenis jamur memiliki karakter yang unik. Morfologi merupakan syarat dan bekal dalam mempelajari taksonomi suatu jenis melalui susunan dan bentuk luar dari jenis tersebut (Gani & Arwita, 2020). Pembelajaran terkait karakter morfologi dapat menghasilkan data awal berupa uraian ciri-ciri yang terlihat guna menentukan jenis dari suatu individu terkait informasi klasifikasinya dalam sistem taksa. Selain itu, dengan mempelajari karakter morfologi, informasi yang didapatkan juga dapat berperan dalam memberikan pengetahuan tentang upaya adaptasi suatu jenis terhadap cekaman lingkungan (Mudhor et al., 2022).

Selain menganalisis karakteristik morfologi jenis-jenis makrofungi yang ditemukan, peneliti juga mengukur konsentrasi Hg pada setiap jenis-jenis tersebut. Hasil analisis dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Hg yang Terdeteksi pada Makrofungi Sungai Selikat

Spesies	Lokasi	Konsentrasi Hg (Mg/Kg)
<i>Ganoderma applanatum</i>	ST2 (Low PESK Activity)	1,88
<i>Dacryopinax spathularia</i>	ST3 (High PESK Activity)	2,63
<i>Daldinia concentrica</i>	ST3 (High PESK Activity)	13,53
<i>Ganoderma lucidum</i>	ST3 (High PESK Activity)	0,55
<i>Polyporus alveolaris</i>	ST4 (Non PESK Activity)	0,27

Berdasarkan tabel 1, data menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis jamur yang mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang mengandung limbah Hg yang tinggi yaitu *D. spathularia*, *D. concentrica*, dan *G. lucidum*. Adapun konsentrasi Hg yang paling tinggi dalam tubuh jamur ditemukan pada *D. concentrica* yaitu 13,53 Mg/Kg. Hal tersebut bermakna bahwa jenis ini merupakan jenis yang paling toleran dan mampu menyerap Hg dibandingkan jenis-jenis yang lain.

Akumulasi logam berat dalam tubuh suatu organisme dapat terjadi melalui aktivitas penyerapan (adsorpsi). Proses penyerapan oleh suatu adsorben (agen penyerap) dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat adsorpsi antara lain yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi dan suhu. Hal tersebut bermakna bahwa setiap adsorben yang menyerap suatu zat satu dengan zat lain tidak akan mempunyai pola isotherm adsorpsi yang sama (Wijayanti et al., 2018). Terkait dengan ukuran tubuh

adsorben yang mempengaruhi daya serapnya terhadap suatu zat, secara morfologi *D. Concentrica* yang ditemukan oleh peneliti di area ST3 memiliki tingkat adsorpsi paling tinggi dibandingkan jenis makrofungi lainnya. Meskipun ukuran berupa luas permukaannya tidak sebesar genus *Ganoderma*, namun ketebalan tubuh buahnya juga memungkinkan adanya peningkatan daya adsorpsinya terhadap Hg.

Selain karakteristik morfologi, akumulasi senyawa khususnya logam berat seperti Hg dapat meningkat konsentrasinya dalam suatu organisme karena dipengaruhi oleh jarak dari sumber pencemar, semakin dekat jarak maka semakin tinggi pula konsentrasinya di lingkungan maupun di dalam tubuh organisme (Widiastuti et al., 2018). Terkait dengan tingginya kadar Hg pada *D. Concentrica*, hal ini dimungkinkan karena jenis ini berada di area sekitar aktivitas penambangan dengan intensitas dan frekuensi kegiatan berlangsung sangat tinggi atau sering (ST3). Hal inilah yang berpotensi menyebabkan *D. Concentrica* melakukan upaya adaptif dengan menyerap sebanyak-banyaknya Hg di lingkungan.

Keberadaan Hg di lingkungan tanpa penanganan yang tepat dapat menimbulkan berbagai masalah khususnya terkait kesehatan masyarakat yang tinggal di area yang tercemar tersebut. Hg memiliki sejumlah efek yang sangat berbahaya untuk kesehatan manusia, antara lain dapat mengganggu kinerja sistem syaraf pusat, sistem pencernaan, sistem pernapasan, hati, immunitas, kulit serta ginjal (Edaniati & Fitriani, 2015). Adanya kemampuan jamur dalam menyerap berbagai jenis logam berat, seperti halnya Hg pada studi ini membuktikan bahwa mikroorganisme ini dapat digolongkan sebagai salah satu agen bioremediasi atau mikosorpsi karena adanya gugus fungsi pada dinding selnya (Noman et al., 2019) yang mampu mengikat ion logam. Dinding sel jamur mengandung polisakarida dan protein dengan gugus amino, fosfat, hidroksil, sulfat, dan karboksil yang mengikat ion logam. Gugus fungsi ini menyediakan atom ligan yang diperlukan untuk membentuk kompleks dengan ion logam dan menahan logam dalam biomassa. Jamur sangat cocok untuk dikembangkan sebagai bioremediasi karena kemampuannya membentuk jaringan miselia yang tinggi; enzim kataboliknya tidak terlalu selektif, serta tidak bergantung pada jenis polutan sebagai substrat pertumbuhan (Akpassi et al., 2023).

SIMPULAN

Ada lima jenis makrofungi yang adaptif terhadap keberadaan Hg di lingkungan yaitu *G. applanatum*, *D. spathularia*, *D. concentrica*, *G. lucidum* dan *P. alveolaris*. Akumulasi Hg tertinggi terdapat pada *D. concentrica*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Dadang dan perangkat Desa Tambang Sawah Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu yang sudah membantu yang serta memfasilitasi untuk melakukan penelitian.

REFERENSI

- Akpassi, S. O., Anekwe, I. M. S., Tetteh, E. K., Amune, U. O., Shoyiga, H. O., Mahlangu, T. P., & Kiambi, S. L. (2023). Mycoremediation as a Potentially Promising Technology: Current Status and Prospects—A Review. *Applied Sciences (Switzerland)* 13(8), 1-38. <https://doi.org/10.3390/app13084978>
- Aznur, B. S., Nisa, S. K., & Septriono, W. A. (2022). Agen Biologis Potensial untuk Bioremediasi Logam Berat. *Maiyah*, 1(4), 186-198. <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/maiayah/article/download/7442/3561>

- Christofer, F., Sari, S. P., Sapulette, K., Anggayni, M., Hutagalung, E., & Irawati, W. (2022). Mikorizoremediasi: Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Meningkatkan Kemampuan Penyerapan Logam pada Tanaman Hiperakumulator di Lahan Pertambangan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 118–125. <https://doi.org/10.29122/jtl.v23i1.4584>
- Desjardin, D., Wood, M. G., & Federick, S. A. (2014). *California Mushrooms: The Comprehensive Identification Guide*. London: Timber Press, Inc
- Edaniati, E., & Fitriani, F. (2015). Analisis Perilaku Masyarakat Terhadap Dampak Merkuri Untuk Kesehatan di Gampong Cot Trap Kecamatan Teunom Kabupaten Aceh Jaya Tahun 2014. *J-Kesmas: Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat (The Indonesian Journal of Public Health)*, 2(2), 8–31. <https://doi.org/10.35308/j-kesmas.v2i2.1097>
- Gani, A. R. F., & Arwita, W. (2020). Kecenderungan Literasi Informasi Mahasiswa Baru pada Mata Kuliah Morfologi Tumbuhan. *Jurnal Pelita Pendidikan*, 8(2), 145–150. <https://doi.org/10.24114/jpp.v8i2.17704>
- Hastuti, J. H., & Zarkasi, I. R. (2018). Pemanfaatan Bonggol Jamur *Pleurotus ostreatus* dalam Bioremediasi Limbah Laboratorium Kimia. *Jurnal Mitra Pendidikan*, 2(5), 482–494. <https://e-jurnalmitrapendidikan.com/index.php/e-jmp/article/view/321>
- Huffman, D. M., Tiffany, L. H., Knaphus, G., & Healy, R. A. (2008). *Mushrooms and Other Fungi of the Midcontinental United States*. Iowa City: University Of Iowa Press
- Melati, I. (2020). Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 8(2), 272–26. <http://dx.doi.org/10.22373/pbio.v8i2.9650>
- Mudhor, M. A., Dewanti, P., Handoyo, T., & Ratnasari, T. (2022). Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi Hitam Varietas Jeliteng. *Agrikultura*, 33(3), 247–256. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i3.40361>
- Noman, E., Al-Gheethi, A., Mohamed, R. M. S. R., & Talip, B. A. (2019). Myco-Remediation of Xenobiotic Organic Compounds for a Sustainable Environment: A Critical Review. In *Topics in Current Chemistry* (Vol. 377, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s41061-019-0241-8>
- Polese, J. M. (2005). *The Pocket Guide to Mushrooms*. France: Könemann
- Priadie, B. (2012). Teknik Bioremediasi sebagai Alternatif dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 38–48. <https://doi.org/10.14710/jil.10.1.38-48>
- Rahayu, D. R., & Mangkoedihardjo, S. (2022). Kajian Bioaugmentasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Perairan Menggunakan Bakteri (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Sungai Krueng Sabee, Aceh Jaya). *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), 15–22. <https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/82791/7000>
- Rasyid, R. A., Cools, N. A., & Mardiah, M. (2021). Study Remediasi Tanah Tercemar oleh Aktivitas Industri. *Jurnal Chemurgy*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.30872/cmg.v5i1.5300>
- Trimiska, L., Wiryono, W., & Suhartoyo, H. (2019). Kajian Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti) Di Kecamatan Lebong Utara Kabupaten Lebong. *Naturalis: Jurnal Penelitian*

- Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 7(1), 41–50.
<https://doi.org/10.31186/naturalis.7.1.9259>
- Widiastuti, I. M., Hertika, A. M. S., Musa, M., & Arfiati, D. (2018). Konsentrasi Merkuri dalam Kolam Limbah Pencucian Logam. *Agromix*, 9(2), 89–98.
<https://doi.org/10.35891/agx.v9i2.1376>
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., & Sukarjo, S. (2018). Adsorpsi Logam Cr(VI) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242–248.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>