

ANALISIS KADAR LOGAM SENG (Zn) PADA TANAH MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM (SSA)**Lika Okta Pristiwi**

Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia

likaoktapristiwi14@gmail.com

Keywords

zinc (zn), atomic absorption spectrophotometer (aas), soil.

Abstract

Soil plays a crucial role as one of Earth's primary environmental components, yet it is highly vulnerable to pollution, particularly from industrial activities. This research focuses on analyzing zinc (Zn) levels in contaminated soil samples from Palembang using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) method, following the standards outlined in SNI 6889-84:2019. The aim is to assess whether the zinc concentrations meet the established environmental quality standards. Soil samples were prepared through wet digestion and analyzed at a wavelength of 213.9 nm. The results revealed zinc concentrations of 1.4951 mg/L in soil A, 1.5562 mg/L in soil B, 1.5167 mg/L in soil C, 1.5219 mg/L in soil D, and 1.5801 mg/L in soil E. All samples recorded zinc levels below the environmental quality standard limit of 5 mg/L as stipulated by the Indonesian Ministry of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021. These findings indicate that, despite being collected from areas affected by industrial waste, the soil samples remain within safe limits for zinc contamination. Nevertheless, continuous monitoring is essential to prevent further accumulation of heavy metals. The application of techniques such as phytoremediation could offer effective solutions should contamination levels rise. This study underscores the importance of regular soil quality assessments to safeguard environmental health and public safety.

Kata Kunci

seng (zn), spektrofotometer serapan atom (ssa), tanah.

Abstrak

Tanah merupakan salah satu komponen utama lingkungan yang memiliki peran vital, namun sangat rentan terhadap pencemaran, khususnya akibat aktivitas industri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar logam seng (Zn) dalam sampel tanah tercemar yang diambil dari Kota Palembang. Analisis dilakukan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan acuan standar SNI 6889-84:2019. Proses preparasi sampel dilakukan melalui metode destruksi basah dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 213,9 nm. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar seng pada tanah A sebesar 1,4951 mg/L, tanah B sebesar 1,5562 mg/L, tanah C sebesar 1,5167 mg/L, tanah D sebesar 1,5219 mg/L, dan tanah E sebesar 1,5801 mg/L. Seluruh hasil tersebut berada di bawah ambang batas baku mutu 5 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam Permen LHK No. 6 Tahun 2021. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun tanah berasal dari wilayah yang terpapar limbah industri, kadar seng masih berada dalam kategori aman. Kendati demikian, pemantauan kualitas tanah secara berkala tetap diperlukan untuk mencegah akumulasi logam berat di masa mendatang. Apabila terjadi peningkatan kadar pencemar, teknik seperti fitoremediasi dapat menjadi solusi untuk memperbaiki kondisi tanah. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengawasan rutin terhadap kualitas tanah guna menjaga kesehatan lingkungan dan keselamatan masyarakat.

Corresponding Author: Lika Okta Pristiwi
E-mail: [\(Times New Roman \(Body\), Font Size 10\)](mailto:(Times New Roman (Body), Font Size 10))

**PENDAHULUAN**

Tanah adalah bagian dari alam yang menduduki sebagian besar permukaan bumi dimana salah satu yang paling banyak menerima pencemaran. Pencemaran pada tanah dapat terjadi pada berbagai lapisan tanah, tetapi biasanya terfokus pada lapisan yang paling dekat dengan permukaan

tanah, yaitu horizon A atau topsoil yang merupakan sebuah lapisan dengan kedalaman 30 cm dari permukaan (Gofar et al., 2021). Lapisan ini paling rentan terhadap pencemaran karena sering kali terkena langsung dengan polutan seperti kebocoran limbah cair, limbah pestisida, limbah bahan kimia, limbah domestik atau limbah rumah tangga (Darza, 2020). Pencemaran yang masuk ke dalam tanah dapat menyerap zat kimia beracun di berbagai lapisan tanah, sehingga dapat mempengaruhi kualitas tanah (Jumianti & Afdal, 2021). Kualitas tanah mempengaruhi banyak aspek lingkungan dan kehidupan manusia, jadi penting untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tanah melalui pembuangan limbah yang tepat.

Pembuangan limbah yang melebihi kemampuan tanah dalam menguraikan dapat mengakibatkan terjadinya degradasi tanah atau dapat menurunkan kualitas tanah (Ashar et al., 2020). Pembuangan limbah baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemari atau merusak lingkungan hidup serta membahayakan kelangsungan hidup manusia maupun makhluk hidup lainnya. Limbah Bahan Beracun Berbahaya (B3) yang mengandung logam berat seperti Pb, Cd, Cr, As, Hg, Fe, Cu, Co, dan Zn merupakan salah satu jenis limbah yang memiliki potensi tinggi untuk merusak lingkungan tanah. Seng (Zn) adalah salah satu logam berat yang dapat mencemari tanah (Kadim, 2023). Dalam penelitian ini, sampel tanah tercemar yang dianalisis diambil dari wilayah Kota Palembang. Tantangan utama dalam menganalisis kadar seng pada tanah meliputi kompleksitas matriks tanah yang dapat mempengaruhi akurasi hasil, kebutuhan metode preparasi sampel yang tepat, serta potensi interferensi dari unsur lain saat pengukuran menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Penelitian ini memberikan solusi dengan menerapkan metode destruksi basah yang mampu melarutkan logam berat secara efektif dan meningkatkan ketepatan analisis. Dengan mengetahui kadar seng secara akurat, penelitian ini berkontribusi dalam upaya pemantauan kualitas tanah dan mendukung penerapan standar baku mutu lingkungan untuk mencegah pencemaran lebih lanjut.

Seng (Zn) adalah metal yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk karet, keramik, pigmen, dan alloy seng banyak digunakan dalam industri baja membuat kuningan, kaleng tahan panas, tahan karat, dan sebagainya (Yusuf et al., 2016). Dalam bentuk apapun, seng memiliki dampak toksitas kronis yang paling sering ditemukan dan tidak berubah toksitasnya pada makhluk hidup. Toksisitas tinggi seng dapat menyebabkan gangguan sistem syaraf, gangguan fungsi organ, dan diare, yang akhirnya dapat menyebabkan kematian. Selain racun bagi manusia, logam berat dapat mempengaruhi jumlah unsur hara dalam tanaman dan mengkontaminasi tanaman(Utami et al., 2018). Perkembangan industri saat ini semakin berkembang pesat di Sumatera Selatan. Industri yang dapat menghasilkan limbah, seperti industri logam dari PT. Berkatalam Sukses yang bergerak dalam industri pengolahan logam.

Oleh karena itu, dilakukan pengujian kadar seng (Zn) pada tanah menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kontaminasi seng di tanah dan menilai apakah konsentrasi seng masih memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Permen LHK No. 6 Tahun 2021. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode destruksi basah, yang merupakan salah satu prosedur standar dalam pengujian logam berat menggunakan SSA (Saadah et al., 2014). Hasil penelitian ini bermanfaat untuk memberikan gambaran mengenai kualitas tanah di wilayah terdampak serta menjadi dasar pertimbangan dalam upaya pemantauan dan pengelolaan pencemaran logam berat. Lebih jauh, temuan ini dapat diintegrasikan dalam kebijakan pengelolaan tanah di tingkat pemerintah maupun sektor industri, seperti penerapan program monitoring berkala terhadap logam berat di tanah, pengendalian limbah industri, serta pengembangan strategi remediasi lingkungan berbasis vegetasi atau teknologi ramah lingkungan untuk menjaga keberlanjutan kualitas tanah.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam analisis kadar logam seng (Zn) pada tanah tercemar disesuaikan dengan SNI 6989-84:2019 yaitu:

1. Alat

Adapun alat yang digunakan pada studi kasus yaitu seperti Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Shimadzu type AA-7000, lampu katoda berongga khusus logam seng (Zn), seperangkat

alat ekstraksi (agitator) merk milipore, pH meter, neraca analitik merk precisia XB 320M, hot plate merk thermo scientific dan seperangkat alat gelas merk borosil dan iwaki.

2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan saat studi kasus yaitu sampel tanah yang berasal dari kota palembang, air bebas mineral, asam asetat glasial, NaOH, HNO₃ pekat merek KgaA, larutan induk logam seng (Zn) dan gas asetilen (C₂H₂).

Prosedur Kerja

Adapun prosedur kerja dalam menganalisis kadar logam seng (Zn) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) didasarkan juga pada SNI 6889-84:2019 yaitu:

1. Preparasi Sampel

Setiap sampel ditimbang sebanyak 100 gr dan 5 gr, lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia. Sampel 5 gr ditambahkan air bebas mineral 96,5 mL lalu dishacker selama 5 menit. Diukur pH, jika pH < 5 menggunakan larutan ekstraksi tipe 1, jika > 5 menggunakan larutan ekstraksi tipe 2.

2. Larutan Pengekstrak tipe 1

Dipipet 5,7mL asam asetat glasial dan 64,3 mL NaOH 1,0N dimasukkan ke dalam labu ukur 1.000 mL. Diukur pH hingga $4,93 \pm 0,05$.

3. Ekstraksi Sampel

100 gram sampel tanah ditambahkan larutan pengekstrak. Kemudian larutan sampel diekstraksi menggunakan agitator dengan kecepatan 30 rpm selama 18 jam \pm 2 jam. Setelah itu sampel disaring menggunakan penyaring vakum dan dihasilkan filtrat.

4. Larutan pencuci HNO₃ 5%

50 mL HNO₃ pekat dimasukkan ke dalam gelas piala dan ditambahkan air bebas mineral sebanyak 950 mL pada labu ukur dan dihomogenkan.

5. Larutan Pengencer HNO₃ 0,05 M

5 mL larutan baku logam Zn 1000 mg/L dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Setelah itu, ditambahkan dengan larutan pengencer hingga tanda batas tera dan dihomogenkan.

6. Larutan Baku Logam Seng (Zn) 100 mg/L

5 mL larutan baku logam Zn 1000 mg/L dimasukkan kedalam labu ukur 50 ml. Setelah itu, ditambahkan dengan larutan pengencer hingga batas tera dan dihomogenkan.

7. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dioperasikan dan dioptimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran logam Zn. Larutan standar diukur dengan instrument SSA-nyala sebagai pembuatan kurva kalibrasi dimana absorbansi untuk logam Zn yaitu pada panjang gelombang 213,9 nm.

8. Pengukuran Sampel

Larutan yang telah diekstraksi diambil sebanyak 100 mL dan dimasukkan ke dalam gelas piala 250 mL. Lalu ditambahkan HNO₃ pekat dan ditutup dengan kaca arloji. Setelah itu dipanaskan perlahan-lahan pada suhu 180°C hingga volume tersisa 10-20 mL. Sampel yang tersisa tersebut dipindahkan kedalam gelas piala 100 mL dan ditambahkan air bebas mineral sampai tanda tera dan dihomogenkan. Selanjutnya, contoh uji diukur dengan instrument SSA-nyala dengan panjang gelombang Zn yaitu 213,9 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil analisis studi kasus kadar seng pada sampel tanah tercemar dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 1. Data Hasil Analisis Studi Kasus

No	Kode Sampel	Baku Mutu	Kadar Seng (Zn)	Keterangan
1	Tanah A	5 mg/L	1,4951 mg/L	Di bawah Standar Baku Mutu
2	Tanah B	5 mg/L	1,5562 mg/L	Di bawah Standar Baku Mutu
3	Tanah C	5 mg/L	1,5167 mg/L	Di bawah Standar Baku Mutu
4	Tanah D	5 mg/L	1,5219 mg/L	Di bawah Standar Baku Mutu
5	Tanah E	5 mg/L	1,5801 mg/L	Di bawah Standar Baku Mutu

Dalam studi kasus ini, kadar seng diukur pada tanah yang tercemar. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989-84:2019, analisis dilakukan pada sampel tanah tercemar di Laboratorium UPTD Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kadar seng pada tanah yang telah tercemar baik tercemar secara alamiah maupun buatan manusia sebagai salah satu cara untuk mengetahui kualitas tanah. Sampel tanah yang akan diuji di laboratorium memiliki karakteristik yaitu memiliki aroma menyengat, berwarna abu-abu kehitaman, dan berbentuk padatan granul berair dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik Sampel Tanah

Sebelum dianalisis menggunakan SSA, sesuai dengan SNI 8808:2019 dilakukan pengecekan pH untuk menjadi acuan dalam perlakuan ekstraksi, jika didapatkan nilai $pH < 5,0$ dilakukan ekstraksi dengan larutan ekstraksi 1 yaitu larutan asam asetat glasial (HOAc) dan NaOH, tetapi jika didapatkan nilai $pH > 5,0$ dilakukan ekstraksi dengan larutan ekstraksi 2 yaitu larutan asam asetat glasial (HOAc) karena dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi dengan menyesuaikan pH larutan. Hasil yang didapatkan yaitu nilai $pH < 5,0$ dan dilakukan ekstraksi dengan larutan ekstraksi 1, dimana asam asetat glasial (HOAc) dan NaOH yang ditambahkan digunakan untuk menguraikan dan mengeluarkan logam berat dari matriks sampel (Pradana, 2014). Asam asetat glasial (HOAc) digunakan bersama dengan NaOH untuk mencapai $pH 4,93 \pm 0,05$. NaOH juga membantu mengaktifkan asam asetat glasial, sehingga dapat melarutkan logam berat dengan lebih efektif (SAFITRI, 2025). Lalu sampel tanah dilanjutkan ke tahap pelindian.

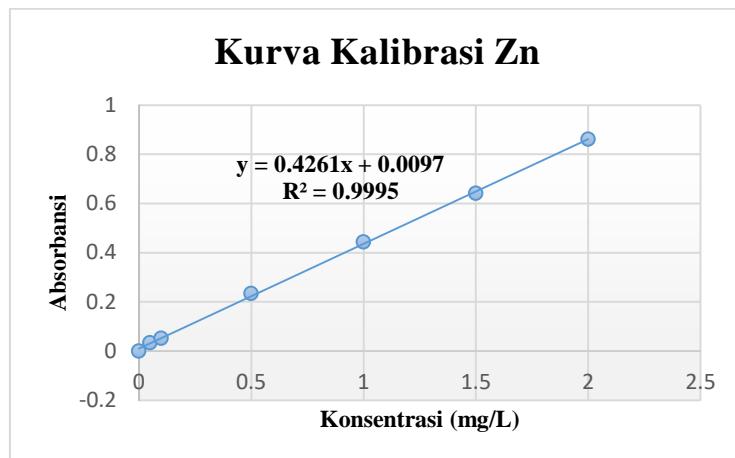
Proses pelindian dilakukan dengan bantuan alat ekstraksi yaitu *rotary agitator* yang berfungsi untuk memisahkan suatu zat kimia dari matriks padatan ke dalam bentuk larutan dengan cara mencampurkan sampel tanah pada pengekstraksi CH_3COOH (pH 2). Pengekstrak asam asetat biasanya digunakan sebagai pengatur keasaman (Gunawan et al., 2017).

Menurut Ardeniswan, proses ekstraksi yang dilakukan pada agitator apabila pH tidak mencapai 2, dikhawatirkan senyawa-senyawa yang ada pada sampel, terutama unsur logam di dalamnya tidak akan terurai secara sempurna, karena ikatan yang lebih kuat menarik senyawa logam pada pH yang bersifat asam sehingga mudah larut dalam pelarut yang bersifat asam. Setelah proses pelindian selesai, campuran tanah kemudian disaring dengan penyaringan vakum untuk mempercepat pemisahan campuran dari sisa-sisa padatan tanah.

Selanjutnya analisis dilakukan dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Prinsip instrumen ini yaitu suatu sampel yang berwujud cairan atau larutan akan melewati proses atomisasi dengan cara memasukan larutan tersebut ke dalam nyala api yang melewati gas bakar (Pane & Legasari, 2024). Banyaknya penyerapan energi radiasi akan diukur pada panjang gelombang tertentu

berdasarkan jenis logam yang akan dianalisis, contohnya seng dapat diukur pada panjang gelombang 213,9 nm.

Tahap pertama membuat larutan pencuci HNO_3 5% yang bertujuan untuk mengsterilisasi alat-alat. Selanjutnya, pembuatan larutan pengencer yang berfungsi untuk pembuatan larutan baku yang akan menghasilkan serapan berupa grafik untuk pembuatan kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam seng (Zn). Pada studi kasus ini seng kurva kalibrasi dibuat pada range kadar Zn 0,00 mg/L sampai dengan 2,00 mg/L dengan panjang gelombang 213,9 nm. Grafik kurva kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Zn

Persamaan dari kurva kalibrasi larutan standar seng Gambar 5 menunjukkan persamaan linear larutan standar seng yaitu $y = 0,4261x + 0,0097$ dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,0095$, nilai regresi ini menunjukkan hubungan langsung antara kadar konsentrasi dan absorbansi. Secara umum nilai *slope* 0,0097 merupakan kemiringan dari suatu garis dimana koefisien regresi untuk variabel x (variabel bebas), sedangkan *intercept* 0,4261 yaitu suatu titik perpotongan antara suatu garis dengan sumbu y.

Nilai koefisien dari korelasi larutan standar seng yang diperoleh menunjukkan bahwa respon yang diberikan oleh alat terhadap konsentrasi analit telah memberikan syarat sehingga persamaan yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel karena terdapat hubungan yang linear terhadap konsentrasi dengan absorbansi.

Sampel berupa larutan yang dihasilkan dari proses pelindian, dimasukkan ke dalam gelas piala dan ditambahkan HNO_3 pekat. Penambahan asam nitrat (HNO_3) disebut sebagai metode destruksi dimana salah satu syarat analisis logam dengan menggunakan SSA yaitu sampel harus berupa larutan, maka sebelum kadar logam dalam sampel dianalisis dilakukan destruksi terlebih dahulu agar dapat menghilangkan atau memisahkan kandungan ion lain sehingga kesalahan pada saat analisis dapat diminimalisir. Hasil metode destruksi ditandai dengan berupa larutan berwarna jernih yang menunjukkan bahwa semua konstituen atau zat penyusun yang ada pada suatu sampel telah larut sempurna.

Penambahan asam nitrat juga dapat mengikat logam pada sampel sehingga mempermudah saat proses pembacaan kadar logam (Jannah, 2022). Penambahan asam nitrat, sampel dapat dioksidasi dan disimpan lebih lama. Setelah menambah asam nitrat, sampel harus dipanaskan pada suhu 180°C hingga volume mencapai 10-20 mL. Tujuan penambahan asam nitrat adalah untuk mempercepat pemutusan ikatan pada sampel tanah. Kemudian sampel dipindahkan ke labu ukur 100 mL, ditambahkan air bebas mineral hingga batas tera, dan sampel kemudian diukur serapannya di DLHP menggunakan SSA.

Pada analisis studi kasus ini diperoleh nilai kadar seng pada sampel tanah A, B, C, D dan E yaitu < 5 mg/L. Berdasarkan Permen LHK No. 6 Tahun 2021 bahwa standar baku mutu (kadar maksimum) untuk seng yaitu sebesar 5 mg/L. Merujuk ke peraturan tersebut, dari data pada tabel 5 terdapat 5 sampel kadar seng yang berada di bawah ambang batas dan masih tergolong tanah yang aman.

Pembangunan, budidaya tanaman, peternakan, dan sebagainya. Besar kandungan seng pada tanah dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan lokasi tanah. Selain itu, ada kemungkinan bahwa tanah tersebut masih memiliki daya sanggah tanah dan badan air pengairan yang kuat terhadap polutan seng, yang membuatnya tetap dianggap sebagai tanah yang aman. Namun menurut Kencana & Radityaningrum (2022), jika berada di atas baku mutu 5 mg/L, dapat dilakukan melalui penanaman vegetasi pengikat logam berat. Vegetasi ini mempunyai berbagai bentuk seperti alang-alang maupun rumpun. Fitoremediasi adalah teknik perbaikan tanah yang menggunakan prinsip penanaman tanaman untuk memperbaiki tanah yang tercemar logam berat (Napitupulu & Purwanti, 2022). Tanaman bunga besi (*Jasione Montana*) ini memiliki kemampuan untuk menyerap dan mendegradasi bahan pencemar seperti logam berat dan bahan organik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada studi kasus dapat disimpulkan bahwa kandungan seng pada kelima sampel tanah A, B, C, D, dan E menunjukkan nilai 1,4951 mg/L, 1,5562 mg/L, 1,5167 mg/L, 1,5219 mg/L dan 1,5801 mg/L dimana masih memenuhi syarat baku mutu tanah tercemar sesuai dengan Permen LHK No. 6 Tahun 2021. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun tanah berasal dari wilayah dengan potensi pencemaran, kualitas tanah masih dalam kategori aman. Sebagai rekomendasi, diperlukan upaya pemantauan berkala terhadap kandungan logam berat di tanah guna mencegah terjadinya akumulasi yang membahayakan di masa depan. Selain itu, penerapan teknologi remediasi seperti fitoremediasi dengan tanaman hiperakumulator dapat dipertimbangkan sebagai langkah preventif. Edukasi kepada masyarakat dan pelaku industri tentang pengelolaan limbah berbahaya juga penting untuk menjaga kualitas lingkungan tanah secara berkelanjutan.

BIBLIOGRAFI

- Ashar, Y. K., Susilawati, S., & Agustina, D. (2020). *Analisis Kualitas (BOD, COD, DO) Air Sungai Pesanggrahan Desa Rawadenok Kelurahan Rangkepan Jaya Baru Kecamatan Mas Kota Depok*.
- Darza, S. E. (2020). Dampak pencemaran bahan kimia dari perusahaan kapal indonesia terhadap ekosistem laut. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 4(3), 1831–1852.
- Gofar, N., Permatasari, S. D. I., & Setiawati, P. (2021). *Pengantar Bercocok Tanam Agroekologis*. Bening Media Publishing.
- Gunawan, F., Suptijah, P., & Uju, U. (2017). Extraction and Characterization Gelatin of Skin Mackerel (*Scomberomorus commersonii*) From Province Bangka Belitung Island. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), 568–581.
- Jannah, K. W. (2022). *Efektivitas Jeruk Nipis Dalam Menurunkan Kandungan Logam Berat Cd Pada Kerang Kepah (Polymesoda Erosa)(Studi Di Pantai Tratas Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi)*. Fakultas Kesehatan Masyarakat.
- Jumianti, N., & Afdal, A. (2021). Identifikasi Logam Berat Pencemaran Tanah Lapisan Atas Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Zona Penggunaan Lahan Berbeda di Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 550–557. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.4.550-557.2020>
- Kadim, N. (2023). *Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Zn) Pada Tanah Dilahan Pertanian Bawang Merah= Analysis of Heavy Metal Content (Pb, Cd, Zn) in Soil in Shallot Agricultural Land*. Universitas Hasanuddin.
- Kencana, E. M., & Radityaningrum, A. D. (2022). Kombinasi filtrasi dan fitoremediasi untuk pengolahan limbah cair industri batik. *Dampak*, 19(2), 56–65.
- Napitupulu, L. S., & Purwanti, I. F. (2022). Kajian Fitostabilisasi Limbah Hasil Tambang Tembaga (Tailing). *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), F99–F104.
- Pane, E. R., & Legasari, L. (2024). Analisis Kadar Logam Tembaga (Cu) pada Tanah Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *Sains: Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 13(1), 17–21.
- Pradana, F. (2014). *Identifikasi flavonoid dengan pereaksi geser dan pengaruh ekstrak etanol 70% Umbi Binahong (Anredara Cordifolia (Ten.) Steenis) terhadap kadar glukosa darah tikus induksi aloksan*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Saadah, Z., Alahudin, M., & Susilaningsih, E. (2014). Perbandingan metode destruksi kering dan basah untuk analisis Zn dalam susu bubuk. *Indo. J. Chem. Sci*, 3(3), 188–192.

- SAFITRI, D. A. Y. U. W. (2025). *Sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Kulit Pisang Ambon Hijau (Musa Paradisiaca Var. Sapientum)*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*, 2621–7449.
- Yusuf, M., Nurtjahja, K., & Lubis, R. (2016). Analisis kandungan logam Pb, Cu, Cd dan Zn pada sayuran sawi, kangkung dan bayam di areal pertanian dan industri Desa Paya Rumput Titipapan Medan. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 3(1), 56–64.