

IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA LAHAN PERTANIAN DI SEKITAR INDUSTRI KERTAS DAN PULP KABUPATEN MALANG

**Hidayati Karamina^{1*)}, Nugroho Aji Prasetyo²⁾, Ariani Trisna Murti³⁾,
Glorianus¹⁾, dan Avelinus Tampang¹⁾**

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Tribhuwana Tungadewi

²⁾Program Studi Biologi, Universitas Tribhuwana Tungadewi

³⁾Program Studi Peternakan, Universitas Tribhuwana Tungadewi

^{*)}Email : hidayatikaramina0@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat adalah industri kertas dan pulp. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi logam berat yang berada di lahan pertanian di sekitar industri kertas dan pulp di Kabupaten Malang. Penelitian dilaksanakan dengan mengambil beberapa sampel tanah dan air di lahan pertanian di sekitar industri tersebut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2023. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa logam berat ditemukan pada sampel tanah pada lahan pertanian di sekitar industri kertas dan pulp yaitu timbal (Pb) dengan kandungan sebesar 3064 mg/liter, yang melebihi nilai ambang batas, sedangkan kandungan Cadmium (Cd) (<0,0020 mg/liter) di bawah ambang batas, kandungan Corganik sedang dan pH tanah agak masam. Pada air limbah industri kertas dan pulp juga ditemukan kandungan Pb yang melebihi ambang batas, sedangkan kandungan Cd tidak melebihi nilai ambang batas. Hasil C Organik tanah masuk dalam kategori sedang dan untuk parameter pH H₂O masuk dalam kategori agak masam.

Kata kunci: identifikasi, pertanian, logam berat, industri, kertas

ABSTRACT

One of the industries that produces liquid waste containing heavy metals is the paper and pulp industry. The aim of this research is to identify heavy metals in agricultural land around the industry in Malang Regency. The research was carried out by taking several soil and water samples on agricultural land around the industry. The research was carried out in May-June 2023. Laboratory test results showed that heavy metals were found in soil samples on agricultural land around the paper and pulp industry, namely plumbum (Pb) with a content of 3064 mg/liter, which exceeds the threshold value, while the Cadmium (Cd) (<0.0020 mg/liter) is below the threshold, the C organic content is moderate and the soil pH is slightly acidic. In wastewater from the industry, it was also found that the Pb content exceeded the threshold

value, while the Cd content did not. The soil C organic is in the medium category and the pH parameter H₂O is in the slightly acidic category.

Key words: identification, agriculture, heavy metals, industry, paper

PENDAHULUAN

Pembuangan air limbah secara langsung ke lingkungan merupakan penyebab utama terjadinya pencemaran air (Wardhana, 2015). Air dapat tercemar oleh berbagai komponen anorganik, di antaranya berbagai jenis logam berat yang berbahaya, yang banyak digunakan dalam keperluan produksi secara kontinyu dalam skala industri. Industri yang menghasilkan limbah yang mengandung logam berat tersebut harus mendapatkan pengawasan yang ketat sehingga tidak membahayakan para pekerja maupun lingkungan sekitarnya (Kristanto, 2002).

Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat adalah industri pulp dan kertas. Menurut Hardiani dan Sugesty (2019), karakteristik limbah cair (*sludge*) industri kertas berdasarkan hasil evaluasi yang mengacu kepada peraturan Kep-04/Bapedal/09/1995 menunjukkan bahwa kadar logam berat di dalam limbah cair IPAL meliputi: As, B, Cd, Cr, Cu, Co, Pb, Hg, Mo, Ni, Se, Ag dan Zn. Industri kertas di Kabupaten Malang juga menambah campuran olahan kertas dengan pupuk ZA dan urea untuk bahan baku pembuatan kertas.

Logam berat secara alamiah akan terus-menerus berada di dalam tanah yang jika tidak dilakukan usaha untuk mengurangi maka berpotensi menjadi bahan beracun dan berbahaya. Logam berat tidak dapat didegradasi oleh tubuh walaupun dalam konsentrasi yang rendah, sehingga jika masuk ke dalam tubuh akan terakumulasi (Buhani dan Nuryono, 2007).

Sementara itu penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat terjadi melalui tiga proses, yaitu: penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tubuh tanaman lainnya, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut. (Misbachul, 2010). Keberhasilan fitoremediasi dalam

mengurangi kadar logam berat dalam tanah sangat dipengaruhi oleh toleransi tanaman terhadap logam berat, kemampuan metabolisme dan imobilisasinya, dan besar biomassa tanaman untuk melakukan proses remediasi logam berat dalam tanah (Sunitha, dkk., 2013).

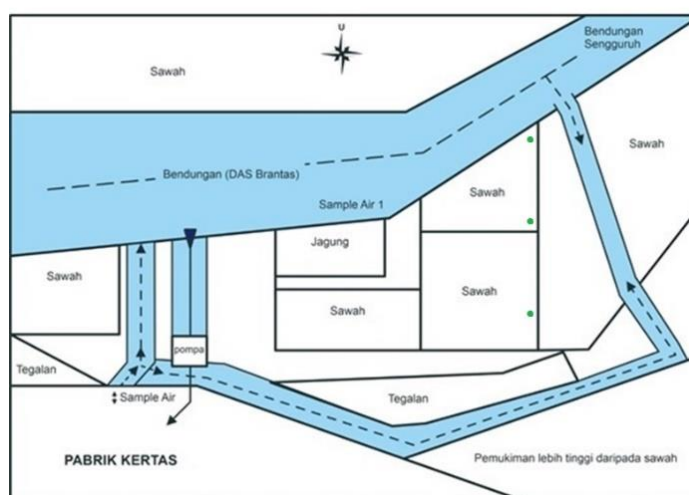
METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2023. Penelitian dilaksanakan di lahan pertanian yang berada di sekitar industri kertas dan pulp yang berlokasi di Kapanjen, Kabupaten Malang. Penelitian dilaksanakan secara kualitatif - analisis deskriptif.

Pelaksanaan Penelitian

Pada satu lokasi diambil 3 sampel berdasarkan jarak yaitu 0-100 m, 100-200 m dan 200-300 m. Sampel tanah selanjutnya dianalisa kandungan logam beratnya dengan Uji *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) yang meliputi Pb dan Cd. Air limbah industri kertas dan pulp juga diambil sampelnya sebagai pembanding sampel tanah. Selain itu dilakukan analisis baku tanah yang meliputi pH dan C Organik. Hasil analisa selanjutnya dikelompokkan dalam kategori rendah, sedang dan tinggi.



Gambar 1. Denah Lokasi Industri dan Pengambilan Sampel Air dan Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam Berat pada Lahan Pertanian di Sekitar Industri Kertas dan Pulp

Hasil analisa logam berat pada sampel tanah pada 0-100 cm yang sudah dikompositkan terdapat pada Tabel 1. Pada sampel tanah tersebut ditemukan 2 jenis logam yaitu timbal (Pb) dan cadmium (Ca). Kadar logam berat Pb melebihi nilai ambang batas yang diijinkan, sedangkan logam berat Cd berada di bawah ambang batas. Alloway (2005) dan Lacatusu (2020) menyatakan bahwa kandungan logam berat dalam tanah dapat mencapai tingkat yang menyebabkan fitotoksisitas dan gangguan fungsional terhadap komponen lingkungan lainnya jika berada di atas ambang batas. Fenomena ini dapat terjadi secara alami melalui proses geogenik dan pedogenesis maupun melalui proses antropogenik.

Tabel 1. Hasil Analisa Logam Berat pada Lahan Pertanian di Sekitar Industri Kertas dan Pulp

Parameter	Satuan	Hasil	Nilai ambang batas	Metode Analisa
Pb	mg/liter	3.064	2.0-200.0	APHA 3129B.ed 23-2017
Cd	mg/liter	<0.0020	0.1-7.0	APHA 3129B.ed 23-2017

Keterangan: Nilai ambang batas menurut Kementerian ESDM RI peraturan No 45 Tahun 2006 tentang standart baku mutu logam berat dan Pickering, 1980

Pada umumnya permasalahan yang disebabkan oleh logam kationik (elemen logam yang berada di tanah yang bermuatan positif) adalah kadmium, merkuri, timah, tembaga, nikel, seng, kromium, besi dan mangan. Senyawa anionik paling sering dijumpai (elemen yang terbentuk di tanah yang dikombinasikan dengan oksigen dan bermuatan negatif) adalah arsenik, molibdenum, selenium, dan boron (Aiyen, 2010).

Berdasarkan pengelompokan logam berat dalam tanah dapat dibagi menjadi beberapa golongan yaitu larut dalam air dan berada dalam larutan tanah, dapat dipertukarkan, terjerap pada kompleks jerapan koloid tanah, terikat secara organik, berasosiasi dengan humus yang tidak terlarutkan, terjerat (*occluded*) dalam oksida besi dan mangan, bersenyawa dengan sulfida, fosfat

dan karbonat dan terikat secara struktural dalam mineral silikat atau mineral primer (Squires, 2021).

Bentuk logam berat yang larut dalam air hanya 1-5 %. Walaupun bentuk ini paling sedikit namun menjadi sangat penting ditinjau dari aspek lingkungan karena penyerapan oleh tanaman dan pengangkutannya dalam lingkungan tergantung pada bentuk logam berat ini. Dalam tanah logam berat ditahan melalui erapan, presipitasi dan kompleksasi dan keluar dari tanah melalui pengambilan oleh tanaman dan pencucian. Beberapa logam berat seperti arsen, merkuri dan selenium dapat mengalami penguapan karena mampu membentuk persenyawaan dalam bentuk gas. Dinamika logam berat di lingkungan/tanah ditentukan oleh sifat tanah dan faktor lingkungan. Parameter penting yang selalu menjadi perhatian dalam kajian logam berat adalah ketersediaan hayati dalam tanah. Hal ini menjadi penting dalam kaitannya dengan usaha bioremediasi pada tanah tercemar logam berat (Naidu and Bolan, 2008).

Analisa Logam Berat pada Air Limbah Industri Kertas dan Pulp

Sampel air limbah diperoleh dari air yang keluar dari pembuangan limbah industri kertas dan pulp. Selanjutnya sampel air dianalisa dan digunakan sebagai pembandingan kadar logam berat pada lahan pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Ca) ditemukan pada sampel air limbah tersebut. Nilai timbal (Pb) melebihi ambang batas, sedangkan Cadmium (Cd) masih di bawah nilai ambang batas.

Tabel 2. Hasil Analisa Logam Berat pada Air Limbah Industri Kertas dan Pulp

Parameter	Satuan	Hasil	Nilai ambang batas	Metode Analisa
Pb	mg/liter	0.0065	0.0030	APHA 3129B.ed 23-2017
Cd	mg/liter	<.0020	0.0100	APHA 3129B.ed 23-2017

Keterangan: Nilai ambang batas menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

Logam berat yang ada di air dapat terjadi melalui tiga cara. Pertama berasal dari pembuangan sisa industri yang tidak terkontrol. Kedua berasal dari lumpur minyak yang kadang- kadang juga mengandung logam berat dengan konsentrasi yang tinggi. Ketiga berasal dari pembakaran minyak (hidrokarbon) dan batubara di daratan. Logam berat lepas ke atmosfer yang kemudian bercampur dengan air hujan dan jatuh ke kembali ke bumi (Hutabarat dan Evans, 2006). Selanjutnya dengan adanya proses biomagnifikasi konsentrasi merkuri, timbal yang masuk akan terus meningkat di samping penambahan yang terus-menerus dari buangan limbah industri (Palar, 2014).

Analisa C Organik dan pH Lahan Pertanian

Jenis tanah pada lahan pertanian yang diambil sampelnya adalah tanah inceptisol yang memiliki karakter sangat gembur dengan warna hitam hingga coklat gelap dan kaya kandungan unsur hara. Kandungan C Organik yang ideal untuk tanah yaitu > 3,5 sedangkan untuk pH tanah yang ideal yaitu adalah pH sekitar 7. Pada Tabel 3 menunjukkan hasil analisis C Organik dan pH H₂O pada lahan pertanian dengan kedalaman 0-100 cm di tiga titik dan dikompositkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa C Organik pada sampel tersebut termasuk dalam kategori sedang, sementara pH H₂O termasuk dalam kategori agak masam (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Analisa Tanah C-organik dan pH H₂O

Kode sampel	C Organik	Kategori	pH H ₂ O	Kategori
Sawah	2,92	sedang	6,2	Agak masam

Keberadaan logam berat berhubungan dengan kadar bahan organik di dalam tanah (Soepardi, 2013). Bahan organik dalam tanah akan menyebabkan pengkelatan kation logam. Proses yang terjadi dalam tanah sebagian besar dilakukan oleh penyusun tanah yang jumlahnya relatif sedikit yaitu liat dan humus. Pembentukan koloidal, baik liat maupun bahan organik, merupakan kegiatan penting di dalam tanah di mana terjadi reaksi pertukaran ion. Tingkat

kemasaman tanah mempengaruhi serapan unsur hara dan pertumbuhan tanaman melalui pengaruhnya terhadap ketersediaan unsur hara dan unsur-unsur beracun. Hal ini menunjukkan bahwa pH tanah merupakan faktor penting yang mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur esensial dan non esensial bagi tanaman, kation logam dalam keadaan masam sangat larut dan tersedia bagi tanaman (Brown and Stern, 2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan logam berat antara lain adalah lingkungan (pH tanah, temperatur tanah, kelembaban tanah dan intensitas cahaya matahari); persaingan antara spesies tanaman; ukuran partikel; sistem perakaran; ketersediaan logam dalam tanah; dan energi yang tersedia untuk memindahkan logam ke jaringan tanaman.

Penggunaan logam berat sangat luas dan hampir setiap industri menggunakannya, karena logam berat berperan sebagai pereaksi ataupun katalis. Walaupun penggunaan logam berat banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia, tetapi dampak yang diakibatkan akan membahayakan kehidupan manusia. Logam berat yang digunakan dalam industri dapat berakhir pada tanah dan terangkut pada jaringan tanaman yang sebagian dikonsumsi oleh manusia ataupun hewan (Jorgensen, 2018).

Tingkat kemasaman tanah perlu diketahui karena tiap tanaman memerlukan pH optimal tertentu. Ada tanaman yang toleran terhadap naik turunnya pH, tetapi ada pula yang tidak. Di samping berpengaruh langsung terhadap tanaman, pH juga mempengaruhi ketersediaan unsur hara. Kelarutan Al dan Fe juga dipengaruhi oleh pH tanah. Pada pH yang asam kelarutan unsur Al dan Fe tinggi. Akibatnya pada pH yang sangat rendah pertumbuhan tanaman akan terhambat atau tidak normal. Kelarutan beberapa unsur hara menjadi berkurang dan kemungkinan terjadi keracunan unsur Al dan Fe (Rosmarkam dan Yuwono, 2012).

Adanya pengaruh pH baik secara tidak langsung maupun langsung berpengaruh terhadap beberapa mekanisme dari logam berat. Penyerapan semua kation logam meningkat dengan meningkatnya pH, tetapi penyerapan tersebut tidak meningkat secara signifikan hingga pH lebih besar dari 7.

Kemasaman tanah merupakan parameter yang penting, secara langsung mampu mempengaruhi penyerapan, presipitasi, bentuk-bentuk kompleks, dan reaksi oksidasi-reduksi. Secara umum, penahanan maksimum dari logam kation yaitu pada selang $\text{pH} > 7$ dan penyerapan logam anion yaitu pada selang $\text{pH} < 7$ (Matsumoto, 2021).

KESIMPULAN

Logam berat ditemukan pada sampel tanah pada lahan pertanian di sekitar industri kertas dan pulp yaitu timbal (Pb) dengan kandungan sebesar 3064 mg/liter, yang melebihi nilai ambang batas, sedangkan kandungan Cadmium (Cd) ($<0,0020$ mg/liter) di bawah ambang batas, kandungan Corganik sedang dan pH tanah agak masam. Pada air limbah industri kertas dan pulp juga ditemukan kandungan Pb yang melebihi ambang batas, sedangkan kandungan Cd tidak melebihi nilai ambang batas. Hasil C Organik tanah masuk dalam kategori sedang dan untuk parameter pH H_2O masuk dalam kategori agak masam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Tribhuwana Tunggaladewi dan LPPMI UNITRI yang telah mendanai dan memberikan kesempatan melaksanakan penelitian; Fakultas Pertanian khususnya Program Studi Agroteknologi tempat penulis mengabdikan diri guna meningkatkan kapasitas diri; serta suami dan keluarga yang mendukung penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiyen. 2010. Ilmu Remediasi untuk Atasi Pencemaran Tanah di Aceh dan Sumatera Utara. *Harian Kompas* 4 Maret 2005.
- Alloway, B. J. 2005. *The Origins of Heavy Metals in Soils*. In B. J. Alloway (Ed.) *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic and Professional. pp. 38-57.

- Brown, K.H. and J.S. Stern. 2015. *Effects of Dietary Energy Density and Feeding Frequency on Total Daily Energy Intakes of Recovering Malnourished Children. Journal of Agriculture.* 62 (3) : 13-18.
- Buhani, N. dan K.E.S. Nuryono. 2012. Proses Sol-Gel dalam Pembuatan Hibrida Merkapto-Silika untuk Adsorpsi ion Cu(II) dalam Larutan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan.* 19 (3): 264-272.
- Jorgensen, S.E. 2018. *Fundamentals of Ecological Modelling. Langkaer Vaenge Copenhagen Denmark and Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam Netherlands.*
- Lacatusu, R. 2020. *Appraising Levels of Soil Contamination and Pollution with Heavy Metals. European Soil Bureau Research Report.* No. 4 pp. 393- 402.
- Matsumoto, S. 2021. *Soil Degradation and Desertification in the World, and the Challenge for Vegetative Rehabilitation. in: Prosiding Workshop Vegetation Recovery in Degraded Land Areas.* Kalgoorlie, Australia. 27 Okt-3 Nov 2001. hlm 1-10.
- Palar, H. 2014. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat.* Rineka Cipta. Jakarta.
- Rosmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2012. *Ilmu Kesuburan Tanah.* Kanisius. Yogyakarta.
- Sunitha, M.S.L., S. Prashant, S.A. Kumar, S. Rao, M.L. Narasu, and B.K. Kishor. 2013. *Cellular and Molecular Mechanisms of Heavy Metal Tolerance in Plants: a Brief Overview of Transgenic Plants Over-Expressing Phytochelatase and Metallothionein Gens. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology.* 14 (1,2): 33-48.
- Soepardi, G. 2013. *Dasar-dasar Ilmu Tanah.* IPB Press. Bogor.
- Squires, V.R. 2021. *Soil Pollution and Remediation: Issues, Progress and Prospects. in Prosiding Workshop Vegetation Recovery in Degraded Land Areas.* Kalgoorlie, Australia. 27 Okt-3 Nov 2001. 11-20p.
- Naidu, R., R and N. S. Bolan. 2008. *Contaminant Chemistry in Soils: Key Concepts and Bioavailability. in Chemical Bioavailability in Terrestrial Environment.* ed. R. Naidu. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands. pp. 9-38.
- Supriharyono, M.S. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis.* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Wardhana. 2016. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada pada Pemberian Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Interval Waktu Aplikasi Pupuk Organik Cair Super Bionic. *Jurnal Agritrop*. 14 (2): 165-187.