

## KOMPLEKSITAS PENGARUH LOGAM BERAT PADA TANAMAN PADI DI DAERAH INDUSTRI LIMBAH KERTAS DI KECAMATAN PAGAK

Oldiana Umbu Lado<sup>1)</sup>, Sutoyo<sup>1)</sup>, Hidayati Karamina<sup>1\*)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Agroteknologi, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

<sup>\*)</sup>Email korespondensi: [hidayati.karamina@unitri.ac.id](mailto:hidayati.karamina@unitri.ac.id)

### ABSTRAK

Industri kertas merupakan salah satu industri penting di Indonesia yang cukup besar kontribusinya terhadap pendapatan negara. Industri kertas menghasilkan limbah yang disebut sebagai *sludge*. *Sludge* dapat dikategorikan sebagai limbah organik karena berasal dari kayu dan bubur kertas (*pulp*) yang diolah untuk menjadi kertas. Akan tetapi limbah tersebut terindikasi mengandung logam berat yang diperlukan sebagai bahan baku dan katalis. Pencemaran logam berat pada lahan pertanian dapat berlanjut pada tercemarnya organ tanaman seperti akar, daun, batang dan gabah yang dihasilkan. Hal ini berbahaya bagi kesehatan lingkungan dan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji unsur cuaca selama pertanaman padi dan kandungan logam berat (Hg, Cd dan Pb) pada tanaman padi (akar, batang, daun dan bulir) di kawasan industri limbah kertas di Kabupaten Malang. Penelitian dilaksanakan dengan mengkaji data cuaca dari BMKG Karangploso dan menguji organ tanaman padi di lahan pertanian di sekitar industri tersebut. Penelitian dilaksanakan Februari-Maret 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur rata-rata tertinggi dan temperatur maksimum tertinggi serta lama penyinaran terpanjang dan radiasi matahari tertinggi terjadi pada Oktober 2023 berturut-turut adalah 25.6°C; 32.3°C; 92% dan 445 gr Kal/cm<sup>2</sup>, sedangkan temperatur minimum tertinggi 21.1°C pada November 2023. Curah hujan tertinggi sebesar 496 mm pada September 2022. Uji laboratorium menunjukkan bahwa logam berat Hg, Cd, dan Pb yang ditemukan pada organ tanaman padi (akar, batang, daun dan bulir) pada lahan pertanian lokasi atas, tengah dan bawah di sekitar industri kertas semuanya berada di atas ambang batas yang diijinkan.

Kata kunci: padi, merkuri, kadmium, timbal, industri kertas

### ABSTRACT

*Paper industry is one of the key industries in Indonesia, significantly contributing to state income. This industry produces waste known as sludge, which can be categorized as organic waste because it comes from wood and pulp processed to make paper. However, this sludge is indicated to contain heavy metals which are needed as raw materials and catalysts. Heavy metal pollution on agricultural land can lead to contamination of plant organs such as roots, leaves, stems and grain produced. This is dangerous for the environment and human health. The aim of this research is to examine weather elements during rice planting and heavy metal content (Hg, Cd and Pb) in rice plants (roots, stems, leaves and grains) in the waste paper industrial area in Malang Regency.*

*The research was carried out by reviewing weather data from BMKG Karangploso and testing rice plant organs on agricultural land around the industry. The research took place in February-March 2024. The results showed that the highest average temperature, highest maximum temperature, longest exposure time, and the highest solar radiation occurred in October 2023, with values of 25.6°C; 32.3°C; 92% and 445 gr Cal/cm<sup>2</sup>, respectively. Meanwhile, the highest minimum temperature was 21.1°C in November 2023. The highest rainfall was 496 mm in September 2022. Laboratory tests showed that the heavy metals Hg, Cd, and Pb were found in the rice plant organs (roots, stems, leaves and grain) on agricultural land in the upper, middle and lower locations around the paper industry, all exceeding the permitted threshold.*

*Key words: rice, mercury, cadmium, plumbum, paper industry*

## **PENDAHULUAN**

Industri kertas menghasilkan limbah yang disebut sebagai *sludge*. *Sludge* dapat dikategorikan sebagai limbah organik karena berasal dari kayu dan bubur kertas (pulp) yang diolah untuk menjadi kertas. *Sludge* industri kertas berpotensi meningkatkan bahan organik karena mengandung serat selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan kadar air lebih dari 40% (Boshoff, *et al.*, 2016; Kusumarini, *et al.*, 2022; He, *et al.*, 2021).

Limbah hasil aktivitas industri terindikasi mengandung logam berat seperti timbal, kadmium, dan merkuri di mana senyawa logam tersebut dibutuhkan sebagai bahan baku dan katalis. Unsur logam berat secara alamiah terbentuk di dalam tanah tetapi tidak dapat terdegradasi sehingga tetap menetap dalam waktu yang lama dan terus meningkat setiap waktu (Govindasamy, *et al.*, 2011). Pencemaran logam berat pada lahan pertanian misalnya sawah, maka logam tersebut tidak hanya terkonsentrasi dalam tanah, akar, daun, tetapi juga pada gabah yang dihasilkan dan hal ini sangat berbahaya bila terdistribusi dan dikonsumsi oleh masyarakat (Satpathy, *et al.*, 2014).

Tanah mengandung unsur-unsur mikro esensial bagi seluruh jenis tanaman contohnya Boron (B), Chlor (Cl), Tembaga (Cu), zat besi (Fe), Mangan (Mn), Molibdinum (Mo), Nikel (Ni), dan Seng (Zn). Unsur mikro lainnya adalah unsur mikro yang penting bagi tanaman tertentu atau bagi tanaman yang tumbuh pada kondisi tertentu, seperti Kobalt (Co) merupakan unsur yang penting bagi

tanaman legum pada fiksasi nitrogen. Natrium (Na) diperlukan tanaman yang memiliki jalur fotosintesis C<sub>4</sub> dan CAM (Welch, 1995). Tanah juga dapat mengandung logam berat seperti kadmium (Cd) dan timbal (Pb). Unsur tersebut digunakan pada pabrik industri kertas dan pulp yang dapat mencemari udara dan tanah di sekitarnya.

Curah hujan yang tinggi mampu menurunkan nilai temperatur tanah dan meningkatkan kelembapan tanah yang lambat laun berdampak pada terbawanya unsur-unsur mikro dalam tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya temperatur tanah di antaranya adalah faktor luar yang meliputi radiasi matahari, awan, curah hujan, kecepatan angin dan kelembapan udara. Sedangkan faktor dalam adalah faktor tanah yang meliputi struktur tanah, kadar air tanah, kandungan bahan organik, pH tanah dan warna tanah (Ardhana dan Gede, 2012).

Lama penyinaran matahari dipengaruhi kelembapan udara. Menurut Rifai, *et al.* (2014) dataran rendah menyebabkan kelembapan udara menjadi rendah, sehingga muatan air dalam udara yang berpotensi menyerap radiasi matahari turun. Akibatnya intensitas radiasi matahari yang diterima lebih besar. Sebaliknya jika kelembapan udara tinggi, muatan air dalam udara yang berpotensi menyerap radiasi matahari meningkat sehingga jumlah intensitas radiasi matahari yang diterima lebih kecil.

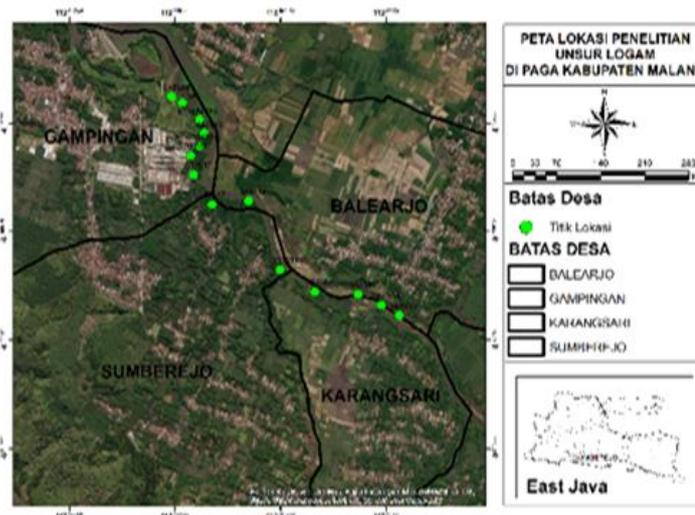
## **METODE**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan secara deskriptif kualitatif - analisis deskriptif pada bulan Februari-Maret 2024. Penelitian dilaksanakan pada lahan pertanian di sekitar industri kertas di Kecamatan Pagak Kabupaten Malang. Pengambilan data klimatologi dilaksanakan di BMKG Karangploso. Penelitian dilaksanakan

### **Pelaksanaan Penelitian dan Analisa Data**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 5 sampel yang diperoleh dari sawah atas, sawah bawah dan sawah tengah. Sampel tanah selanjutnya dianalisa kandungan Pb, Hg dan Cd. Selain itu dilakukan analisis baku tanah berupa C-Organik. Data cuaca diperoleh dari BMKG stasiun Klimatologi Kelas II di Karangploso berupa curah hujan, temperatur dan lama penyinaran. Sampel tanaman diperoleh dengan mencabut tanaman padi, kemudian dikeringkan dengan oven dan dihaluskan. Selanjutnya data yang diolah dan dianalisis sederhana secara deskriptif.

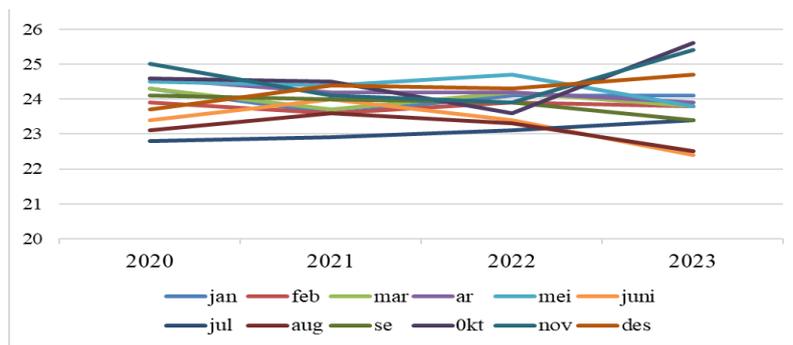


Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

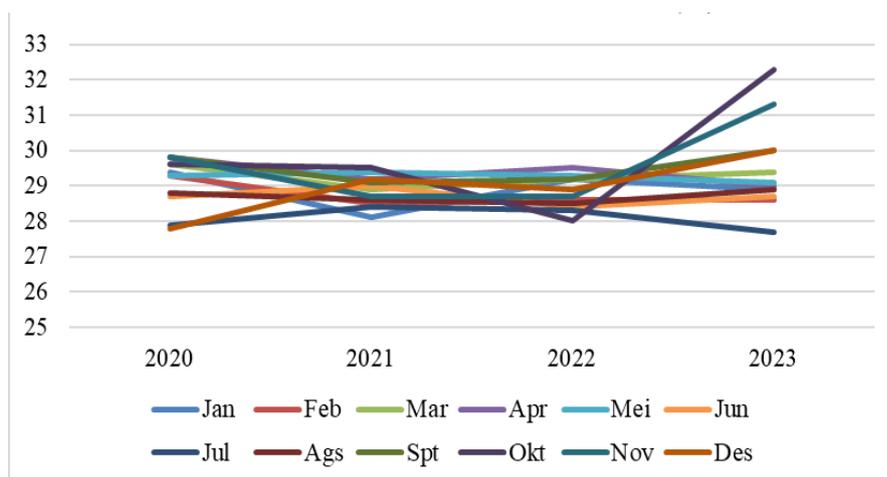
### Temperatur

Data dari Stasiun BMKG Klimatologi di desa Ngijo, Kecamatan Karangploso kabupaten Malang Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 2-7. Temperatur rata-rata pada 2020-2024 bervariasi. Temperatur paling tinggi yaitu 25.6 °C terjadi pada Oktober 2023 dan yang paling rendah yaitu 22.4 °C pada Juli tahun 2023 (Gambar 2). Sementara temperatur maksimum paling tinggi terjadi pada Oktober 2023 sebesar 32.3 °C dan paling rendah sebesar 27.8 °C terjadi pada Desember 2020 (Gambar 3). Temperatur minimum yang paling tinggi sebesar 21.1°C pada November 2023 dan yang paling rendah sebesar 17.5 °C pada Agustus 2023 (Gambar 4).



Gambar 2. Temperatur Bulanan (°C)

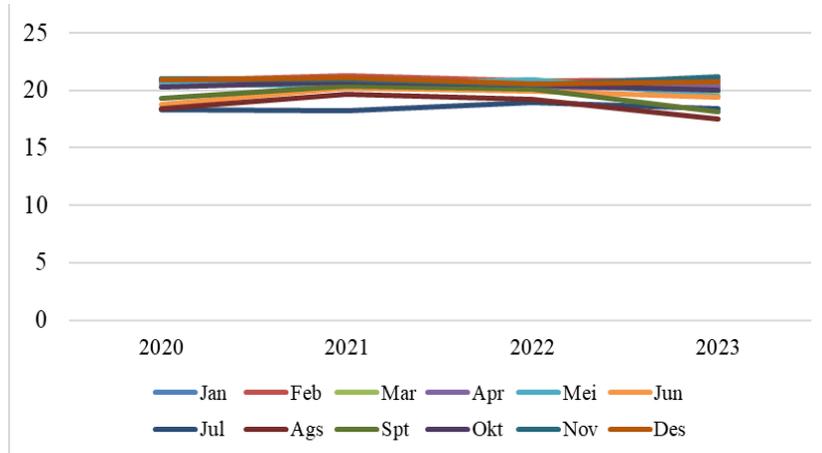
Pengaruh perubahan suhu, radiasi matahari, dan lama penyinaran terhadap kandungan logam berat (Cd, Hg dan Pb) adalah sebagai berikut. Suhu yang meningkat akan mengakibatkan kelarutan logam berat semakin tinggi. Penurunan suhu air menyebabkan penurunan akumulasi logam berat seperti Cd, Cu dan Zn. Sementara itu peningkatan konsentrasi NaCl menurunkan konsentrasi Cd dan Zn (Warren & Zimmerman, 1994). Sukoasih, *et al.* (2016) menyatakan hal yang serupa, yaitu bahwa suhu juga mempengaruhi konsentrasi logam berat di kolom air atau sedimen. Suhu yang tinggi akan meningkatkan kelarutan senyawa logam berat dalam air.



Gambar 3. Temperatur Maksimum Bulanan (°C)

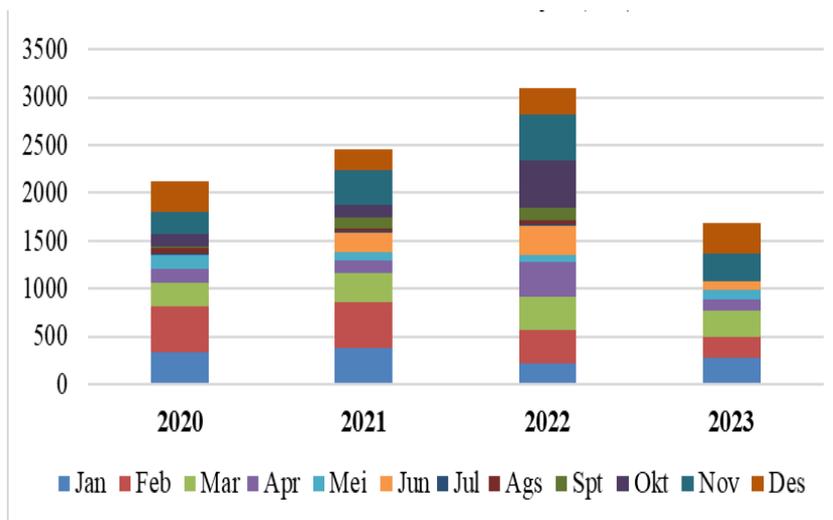
Menurut Gunarsih, dkk. (2016) suhu rendah dapat menghambat pertumbuhan bibit dan anakan, menyebabkan diskolorasi daun, memperlambat

waktu pembungaan, menyebabkan ekskresi malai tidak normal, pematangan malai tidak normal dan menurunkan hasil gabah.



Gambar 4. Temperatur Minimum Bulanan (°C)

### Curah Hujan



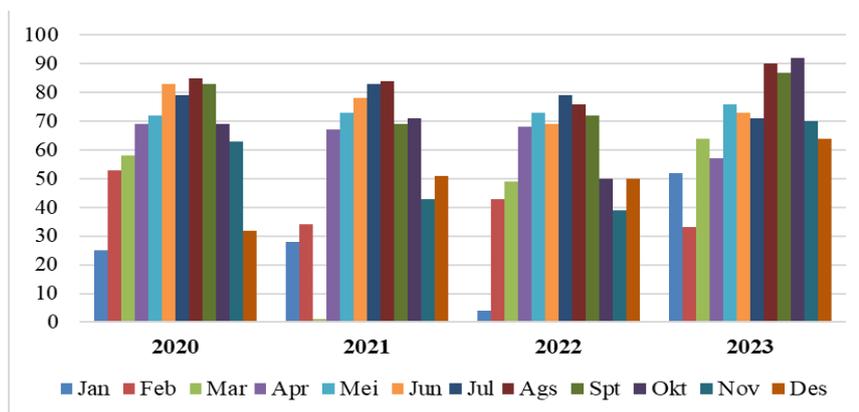
Gambar 5. Data Curah Hujan Bulanan (mm)

Gambar 5 menunjukkan bahwa curah hujan pada setiap tahun dan bulan selalu berbeda. Curah hujan paling tinggi sebesar 496 mm terjadi pada September 2022 dan curah hujan paling rendah sebesar 0 mm terjadi pada September 2023. Curah hujan yang makin tinggi akan meningkatkan debit air hujan. Mulyaningsih, dkk. (2012) menyatakan bahwa distribusi logam berat dalam sedimen berfluktuasi tergantung lokasi sampling, tetapi konsentrasi

tertinggi untuk logam Zn, Sb, Co, Cr, As, Ni, Cu, Pb dan Cd ditemukan di daerah muara dan industri di Kragilan-Serang di mana terdapat industri pulp, kertas, tekstil dan kimia. Kualitas DAS Ciujung bagian hulu masih bagus tidak terkontaminasi/tercemar, sedangkan daerah industri dan muara sudah terkontaminasi oleh logam Cd yang bersumber dari kegiatan manusia (antropogenik). Daerah muara dan industri memiliki nilai indeks beban pencemaran hampir mendekati ambang batas yang diijinkan.

Biaggi (2022) menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan antara curah hujan dengan konsentrasi logam Pb dalam sedimen. Hubungan tersebut dapat terjadi apabila perhitungan konsentrasi logam Pb dilakukan di kolom air. Meningkatnya curah hujan meningkatkan debit yang berpengaruh dengan menurunnya konsentrasi logam berat dalam kolom air. Akan tetapi Fernandes, *et al.* (2023) mengatakan bahwa logam Pb lebih cenderung mengendap dalam sedimen dibandingkan dengan terlarut dalam air. Debit air hanya akan memecah sedimen secara fisika, sehingga tidak mempengaruhi kandungan logam Pb yang ada pada sedimen.

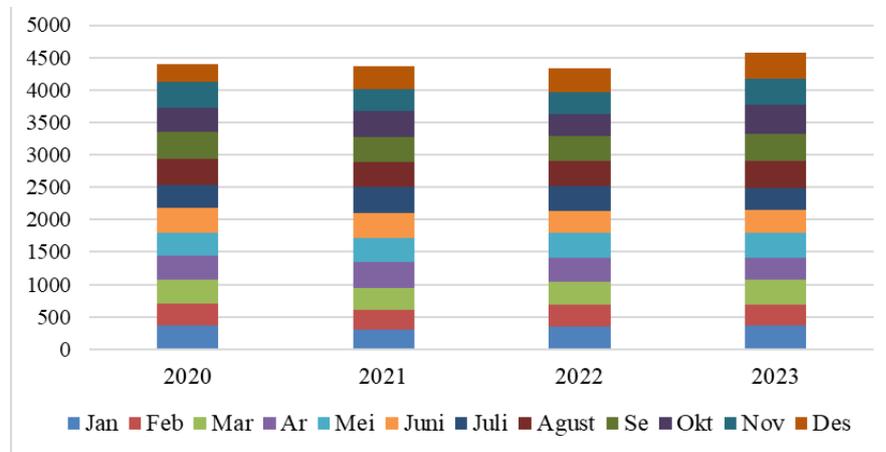
### Lama Penyinaran Matahari (%)



Gambar 6. Lama Penyinaran Matahari Bulanan (%)

Lama penyinaran matahari paling rendah terjadi pada Januari 2021 sebesar 28%, sedangkan yang paling tinggi terjadi pada Oktober tahun 2023 sebesar 92% (Gambar 6). Menurut Pramasani dan Soelistyono (2018) intensitas

cahaya dan lama penyinaran dalam fotosintesis dapat berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif dan generatif di daerah tropis. Semakin lama penyinaran maka sinar matahari yang diserap oleh tanaman padi akan semakin banyak.



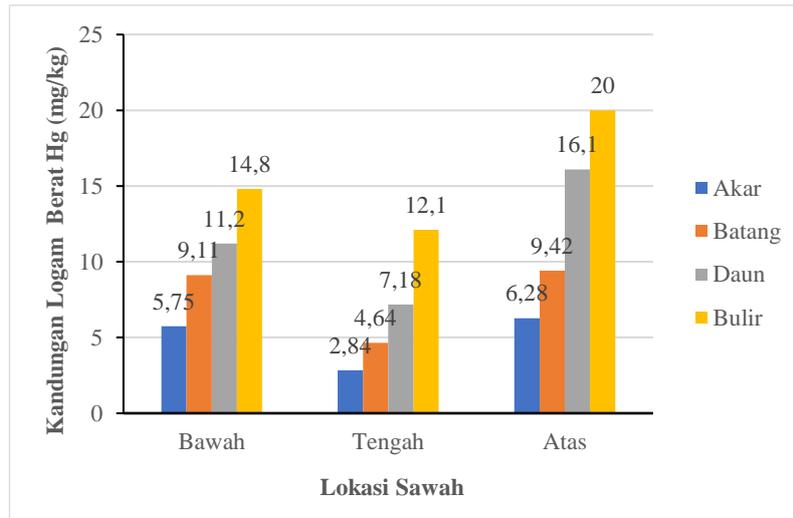
Gambar 7. Radiasi Matahari Bulanan (gKal/cm<sup>2</sup>)

Gambar 7 menunjukkan bahwa radiasi matahari paling tinggi terjadi pada Oktober 2023 sebesar 445 gKal/cm<sup>2</sup> dan yang radiasi paling rendah terjadi pada bulan Desember 2023 sebesar 271 gKal/cm<sup>2</sup>.

## Logam Berat pada Tanaman Padi

### Merkuri (Hg)

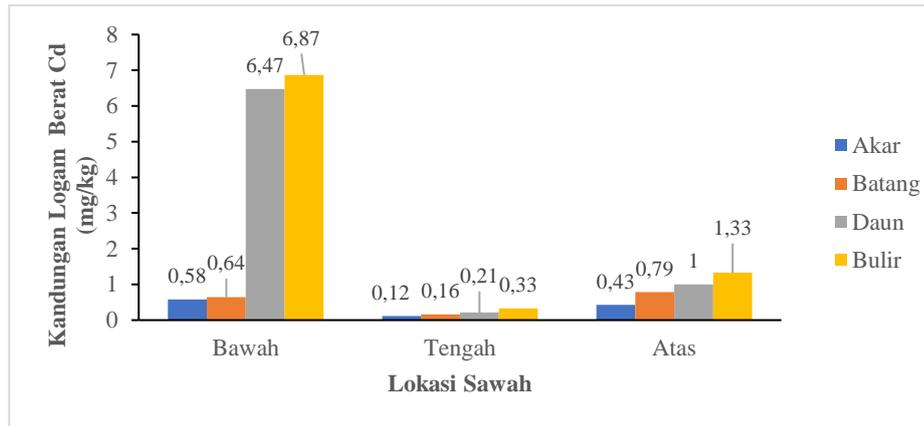
Hasil uji kandungan merkuri (Hg) pada sampel tanaman padi dapat dilihat pada Gambar 8. Secara umum kandungan Hg terendah terdapat pada bagian akar (2.84-6.28 mg/kg), diikuti yang terdapat pada batang, daun dan yang tertinggi pada bulir padi (12.1-20.0 mg/kg). Kandungan Hg pada masing-masing bagian tanaman padi yang paling tinggi diperoleh dari lokasi sawah bagian atas dan bawah, kemudian diikuti pada sawah bagian tengah. Nilai ambang batas Hg pada bahan pangan yang diijinkan menurut peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) nomor 5 Tahun 2018 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan adalah sebesar 0.03 mg/kg. Dengan acuan tersebut, maka kandungan Pb pada bulir padi dan semua bagian tanaman padi di semua lokasi sawah yang diteliti adalah melebihi ambang batas yang diijinkan oleh BPOM.



Gambar 8. Kandungan Merkuri (Hg) pada Tanaman Padi (mg/kg)

### Kadmium (Cd)

Hasil uji kandungan kadmium yang paling rendah terdapat pada akar padi (0.12-0.58 mg/kg); diikuti pada bagian batang (0.16-0.79 mg/kg); daun (0.21-6.47 mg/kg) dan yang paling tinggi pada bulir padi (0.33-6.87 mg/kg). Nilai ambang batas kadmium pada padi/beras menurut Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 53/Permentan/KR.040/12/2018 tentang keamanan dan mutu pangan segar asal tumbuhan adalah sebesar 0.1 mg/kg. Mencermati hasil uji Kadmium pada penelitian ini, maka Kadmium yang terdapat setiap bagian tanaman padi di semua Lokasi adalah melebihi ambang batas yang diijinkan. Kadmium yang terdapat pada batang padi di lokasi penelitian 1.6-7.9 kali lipat dari ambang batas yang diijinkan, sedangkan yang terdapat pada daun padi sebesar 2.1-64.7 kali lipat dari ambang batas yang diijinkan. Yang paling tinggi yaitu kadmium yang terdapat pada bulir padi di lokasi penelitian 3.3-68.7 kali lipat dari ambang batas yang diijinkan.



Gambar 9. Kandungan Kadmium (Cd) pada Tanaman Padi (mg/kg)

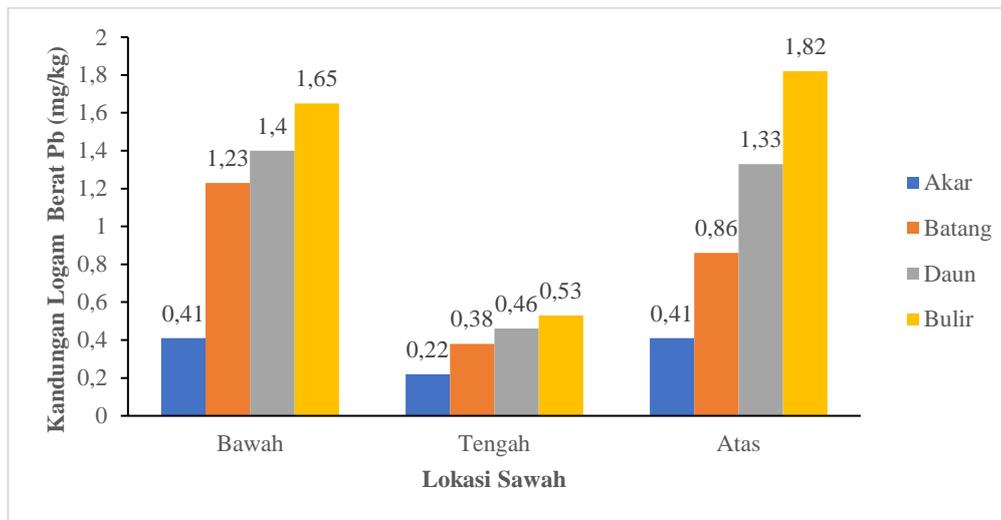
Penggunaan logam berat sangat luas dan hampir setiap industri menggunakannya, karena logam berat berperan sebagai pereaksi ataupun katalis. Walaupun penggunaan logam berat banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia, tetapi dampak yang diakibatkan membahayakan kehidupan manusia. Logam berat yang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

### **Timbal (Pb)**

Serupa dengan hasil uji kadmium, hasil uji kandungan timbal (Pb) yang paling rendah terdapat pada akar padi (0.22-0.41 mg/kg); diikuti pada bagian batang (0.38-1.23 mg/kg); daun (0.46-1.40 mg/kg) dan yang paling tinggi pada bulir padi (0.53-1.82 mg/kg). Nilai ambang batas timbal pada padi/beras menurut Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 53/Permentan/KR.040/12/2018 tentang keamanan dan mutu pangan segar asal tumbuhan adalah sebesar 0.2 mg/kg. Mencermati hasil uji timbal pada penelitian ini, maka timbal yang terdapat setiap bagian tanaman padi di semua lokasi penelitian ini melebihi ambang batas yang diijinkan. Timbal yang terdapat pada batang padi di lokasi penelitian 1.9-6.2 kali lipat dari ambang batas yang diijinkan, sedangkan yang terdapat pada daun padi sebesar 2.3-7.0 kali lipat dari ambang batas yang diijinkan. Kandungan timbal paling tinggi terdapat pada

bulir padi di lokasi penelitian yaitu 2.7-9.1 kali lipat dari ambang batas yang diijinkan.

Tanaman dapat menyerap timbal pada saat kondisi kesuburan dan kandungan bahan organik lingkungan rendah, namun pada konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan pengaruh toksik terhadap proses fotosintesis sehingga pertumbuhan akan terhambat (Yuliana dan Sujarwanta, 2021).



Gambar 10. Kandungan Timbal (Pb) pada Tanaman Padi (mg/kg)

Logam berat yang 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 kadmium (Cd) ( $<0.0020$  mg/liter) di bawah ambang batas, kandungan C-organik sedang dan pH tanah agak masam (Karamina, dkk., 2023).

## KESIMPULAN

Temperatur rata-rata tertinggi dan temperatur maksimum tertinggi serta lama penyinaran terpanjang dan radiasi matahari tertinggi terjadi pada Oktober 2023 berturut-turut adalah  $25.6^{\circ}\text{C}$ ;  $32.3^{\circ}\text{C}$ ; 92% dan  $445 \text{ gr Kal/ cm}^2$ , sedangkan temperatur minimum tertinggi  $21.1^{\circ}\text{C}$  pada November 2023. Curah hujan tertinggi sebesar 496 mm pada September 2022.

Logam berat pada bagian tanaman padi yaitu akar, batang, daun dan bulir di lokasi penelitian atas tengah dan bawah terhadap logam berat merkuri (Hg) sebesar 2.84-20 mg/kg; pada kadmium (Cd) sebesar 0.12-6.87 mg/kg dan kandungan timbal (Pb) sebesar 0.22-1.82 mg/kg. Kandungan ketiga logam berat tersebut semuanya melebihi ambang batas yang diijinkan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ardhana dan I. P. Gede. 2012. *Ekologi Tumbuhan*. Udayana University Press. Bali.
- Biaggi, M.A. 2022. Pengaruh Hujan Terhadap Konsentrasi Logam dalam Sedimen Sungai Code. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Boshoff, S., L.D. Gottumukkala, E. van Rensburg and J. Görgens. 2016. *Paper Sludge (PS) to Bioethanol: Evaluation of Virgin and Recycle Mill Sludge for Low Enzyme, High-Solids Fermentation*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 9 (1): 147-151.
- Fernandes, A., A. Santoso dan I. Widowati. Kandungan Logam (Pb) pada Air, Sedimen, dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Bandengan, Kabupaten Kendal Serta Batas Aman Konsumsi untuk Manusia. *Journal of Marine Research*. 12 (1): 27-36.
- Govindasamy, C., M. Arulpriya, P. Ruban, L.J. Francisca, A. Ilayaraja. 2011. *Concentration of Heavy Metals in Seagrasses Tissue of the Palk Strait, Bay of Bengal*. *Journal Environ. Sci.* 2 (1): 145-153.
- Gunarsih, C., N. Nafisah dan T. Sitaresmi. 2016. Pembentukan Varietas Padi Sawah Dataran Tinggi Toleran Cekaman Suhu Rendah. *Buletin Iptek Tanaman Pangan*. 11 (2). Abstrak.
- He, S., A. Bijl, L. Rohrbach, Q. Yuan, D.S. Santosa, Z. Wang, H.J. Heeres and G. Brem. 2021. *Catalytic Upcycling Paper Sludge for the Recovery of Minerals and Production of Renewable High-Grade Biofuels and Bio-Based Chemicals*. *Chemical Engineering Journal*. 420(P1):129714. doi:10.1016/j.cej.2021.129714.
- Karamina, H., N.A. Prasetyo, A.T. Murti, G. Glorianus & A. Tampang. 2023. Identifikasi Logam Berat pada Lahan Pertanian di Sekitar Industri Kertas dan Pulp Kabupaten Malang. *Agrika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 17 (2): 283-292.

- Kusumarini, N., A.W. Putranto, C. Agustina dan A.A. Wahab. 2022. *The Potential of Paper Industry Sludge Potency as Organic Soil Amandment*. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 9(1):147-151. DOI:10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.16.
- Mulyaningsih, T.R., A. Alfian dan S. Sutisna. 2012. Distribusi Logam Berat dalam Sedimen Daerah Aliran Sungai Ciujung Banten. Tri Dasa Mega Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir. 14 (3): 157-169.
- Pramasani, E.M. dan R. Soelistyono. 2018. Dampak Perubahan Iklim terhadap Perubahan Musim Tanam Padi (*Oryza sativa*) di Kabupaten Malang. *Plantropica Journal of Agricultural Science*. 3 (2): 85-93.
- Rifai, L.D., S.H.J. Tongkukut, dan S.S. Raharjo. 2014. Analisis Intensitas Radiasi Matahari di Manado dan Maros. Jurnal MIPA Unsrat Online. 3 (1): 49-52.
- Satpathy, D. M., R. Vikram, P.D. Soumya. 2014. *Risk Assessment of Heavy Metals Contamination in Paddy Soil, Plants, and Grains (Oryza sativa L.) at the East Coast of India*. *Biomed Research International*. doi.org/10.1155/2014/545473.
- Silaban, N.S. dan I. Nelvia. 2013. Pertumbuhan Tanaman Padi Fase Vegetatif dan Akumulasi Logam Berat pada Jaringan Tanaman Padi Varietas Payo Besar dan Inpari 12 di Lahan Gambut yang diberi Amelioran Dregs. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sukoasih, A., T. Widiyanto dan Suparmin. 2016. Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompong dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. <https://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/keslingmas/article/viewFile/3115/738>
- Warren, A. & A.P. Zimmerman. 1994. *The influence of Temperature and NaCl on Kadmium, Copper and Zinc Partitioning Among Suspended Particulate and Dissolved Phases in an Urban River*. *Water Research*. 28 (9): 1921-1931.
- Welch, R.M. 1995. *Micronutrient Nutrition of Plants*. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 14 (1): 49-82.
- Yuliana, D. dan A. Sujarwanta. 2021. Pengaruh Pengolahan Daun Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir) Terpapar Polutan Kendaraan Bermotor Terhadap Kadar Logam Berat (Pb) Sebagai Bahan Penyusunan LKPD Topik Pencemaran Lingkungan. Jurnal Lentera Pendidikan Pusat Penelitian LPPM UM Metro. 6 (1): 46-59.