



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Kandungan Logam Berat Cd pada Tanah Persawahan di Sekitar Pantai Parangtritis

Adhitya Wicaksono

21513123

Dosen Pembimbing:

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Analysis of Cd Heavy Metal Content in Rice Field Soil around Parangtritis Beach

Adhitya Wicaksono

21513123

Supervisor:

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**Analisis Kandungan Logam Berat Cd pada Tanah Persawahan di
Sekitar Pantai Parangtritis**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas
Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Adhitya Wicaksono
21513123

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 12 November 2025 dan disetujui oleh:

 17/11 '25

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

(Pembimbing 1)



Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.

(Pembimbing 2)



Ikrom Mustofa, S.Si., M.Sc.

(Penguji)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



Any Jalank S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 12 November 2025

Yang membuat pernyataan,


Adhitya Wicaksono
21513123

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul “*Analisis Kandungan Logam Berat Cd pada Tanah Persawahan di Sekitar Pantai Parangtritis*” dengan baik..

Tugas Akhir ini dibuat sebagai prasyarat untuk kelulusan dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir yang dimulai dari sampling hingga penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis mendapatkan berbagai halangan, namun tidak membuat semangat penulis menurun, karena dibalik segala hambatan terdapat dukungan dari berbagai pihak, baik dukungan secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, waktu, kesempatan, kesehatan, keberuntungan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir
2. Orang tua, Alm. Bapak Maruto Ciptadi dan Ibu Sri Witarsih dan juga kakak saya Ricky Adi Saputra atas segala cinta, doa, dukungan moral dan material yang diberikan dalam berbagai hal termasuk pendidikan sampai penulis dapat menempuh pendidikan dari TK sampai kuliah.
3. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dhandun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, waktu, saran, dan arahan selama berjalannya pengerjaan Tugas Akhir.
4. Seluruh Keluarga Besar Teknik Lingkungan , Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan fasilitas yang bermanfaat bagi penulis.

selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan.

5. Seluruh laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan yang telah membantu penulis dalam melakukan pengujian dari awal hingga akhir.
6. Teman-teman angkatan 2021 Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan bantuan dan pengalaman selama berkuliah di Program Studi Teknik Lingkungan
7. Pihak-pihak lain yang telah membantu dan menemani penulis selama proses menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dalam segala sisi baik penulisan laporan, isi, hingga hasil pengujian. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi manfaat dalam berbagai bidang, terutama lingkungan dalam menghadapi isu lingkungan, khususnya terkait pencemaran logam berat Cd di tanah.

Sleman, 12 November 2025



Adhitya Wicaksono

Analisis Kandungan Logam Berat Cd pada Tanah Persawahan di Sekitar Pantai Parangtritis

Mahasiswa : Adhitya Wicaksono
NIM : 21513123
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing 1 : Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Pembimbing 2 : Dhandun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Pencemaran oleh logam berat di lahan pertanian kini menjadi masalah lingkungan yang semakin mendesak, khususnya di daerah pesisir yang memiliki kegiatan pariwisata serta pertanian yang padat. Kadmium (Cd), logam berat berbahaya yang dapat terakumulasi di tanah dan tanaman, mengancam kesehatan manusia dan menurunkan hasil pertanian. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi logam berat (Cd) di tanah pertanian di Pantai Parangtritis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebelas lokasi pertanian dan satu titik kontrol dipilih secara acak untuk pengambilan sampel pada kedalaman 0–20 cm. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) digunakan untuk mengukur kadar Cd, yang dinilai menggunakan prosedur pencernaan asam sesuai dengan SNI 8910:2021. Penelitian menemukan bahwa konsentrasi rata-rata Cd dalam tanah adalah 3,97 mg/kg, dengan kisaran 1,9 hingga 5,4 mg/kg. Sebagian besar sampel berada di atas ambang batas WHO/FAO yaitu 3 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman pangan di sekitarnya, termasuk bawang merah, padi, dan cabai, dapat mengakumulasi Cd, yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan teknik pengelolaan lahan dan penggunaan pupuk yang lebih ramah lingkungan untuk menurunkan risiko pencemaran logam berat di wilayah pertanian pesisir.

Kata kunci: Kadmium (Cd). Logam Berat, Pantai Parangtritis, Spektrofotometri Serapan Atom, Tanah Persawahan

Analysis of Cd Heavy Metal Content in Rice Field Soil around Parangtritis Beach

Student : Adhitya Wicaksono
Student Number : 21513123
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor 1 : Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Supervisor 2 : Dhandun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D..

Abstract

An increasingly serious environmental problem is heavy metal poisoning in agricultural land, particularly in coastal regions with high levels of farming and tourism. The hazardous heavy metal cadmium (Cd) can build up in soil and crops, endangering human health and lowering agricultural output. Examining the levels of Cd in rice field soils close to Parangtritis Beach in the Bantul district of the Yogyakarta Special district is the aim of this study. Soil samples were collected at a depth of 0–20 cm from 11 agricultural plots and one control site using a random sampling technique. Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) was used to measure the concentration of Cd utilizing acid digestion in compliance with SNI 8910:2021. The average Cd concentration was 3.97 mg/kg, which is more than the WHO/FAO soil quality criteria of 3 mg/kg in most samples, according to the data. The concentrations varied between 1.9 and 5.4 mg/kg. These findings indicate a potential accumulation of Cd in agricultural crops such as rice, chili, and shallots, which may pose health risk to local communities. Therefore, sustainable land management and the use of environmentally friendly fertilizers are recommended to reduce heavy metal pollution in coastal agricultural areas. Key words: atomic absorption spectrophotometry, Cadmium (Cd), heavy metals, parangtritis beach, rice field soil

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Logam Berat	4
2.2 Kadmium (Cd) sebagai Logam Berat	5
2.3 Logam Berat pada Tanah	5
2.4 Keterkaitan antara Logam Berat dan Tanah	6
2.5 Baku Mutu Kadmium (Cd) pada Tanah dan Pangan	7
2.6 Dampak Kadmium Terhadap Kesehatan Manusia	8
2.7 Penelitian Terdahulu	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Prosedur Penelitian	11
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	12
3.3 Alat dan Bahan	13
3.4 Persiapan Penelitian	15
3.4.1 Pengambilan sampel	15
3.4.2 Preparasi sampel	17
3.5 Pengujian Logam Berat	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	20
4.2 Kondisi Lingkungan di Lokasi Penelitian	21
4.3 Analisis Logam Berat pada Tanah	27
4.4 Potensi Akumulasi Logam Cd pada Tanah dan Tanaman Sekitar	30
4.5 Tekstur Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Akumulasi Logam Cd	33
4.6 Rekomendasi Teknis Pengelolaan Logam Cd	34
BAB V PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Kadmium (Cd)	8
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Logam Berat Cd	9
Tabel 3. 1 Alat sampling	13
Tabel 3. 2 Alat Pengujian Logam Berat	13
Tabel 3. 3 Bahan Pengujian Logam Berat	13
Tabel 3. 4 Alat-alat preprasi	15
Tabel 4. 1 Kondisi lingkungan titik sampel 1-4	22
Tabel 4. 2 Kondisi lingkungan titik sampel 5-8	24
Tabel 4. 3 Kondisi lingkungan titik sampel 9-10	25
Tabel 4. 4 Kondisi lingkungan titik sampel 11-12	26
Tabel 4. 5 Hasil Uji Logam Berat Cd	27
Tabel 4. 6 Perbandingan Kadar Cd Tanah Persawahan	29
Tabel 4. 7 Estimasi Kandungan Cd pada Tanaman	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alur penelitian	11
Gambar 3. 2 lokasi penelitian	12
Gambar 3. 3 tahapan pengambilan sampel	16
Gambar 3. 4 tahapan preparasi sampel	17
Gambar 3. 5 Pengujian Logam berat	19
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian	21
Gambar 4. 2 Titik sampel 1-4	22
Gambar 4. 3 Titik sampel 5-8	23
Gambar 4.4 Titik sampel 9-10	24
Gambar 4. 5 Titik sampel 11-12	26
Gambar 4. 6 Grafik Kadar Logam Cd pada Sampel	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 pengambilan sampel	41
Lampiran 2 kegiatan uji Logam berat	42
Lampiran 3 hasil Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu elemen kunci yang memengaruhi efektivitas produksi pangan sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem adalah kualitas tanah pertanian. Tanah yang sehat mampu mendukung pertumbuhan tanaman, menyediakan unsur hara, mempertahankan kelembapan, serta memiliki struktur yang baik. Kondisi tersebut menjadi dasar dalam meningkatkan hasil pertanian yang berkaitan erat dengan ketahanan pangan suatu wilayah (Khan dkk., 2020). Beberapa faktor seperti komposisi mineral, kandungan bahan organik, pH, serta ketersediaan unsur hara makro dan mikro berpengaruh terhadap kualitas tanah. Tanah yang subur biasanya memiliki keseimbangan unsur hara yang baik serta mikroorganisme yang aktif dalam proses dekomposisi bahan organik (Bai dkk., 2021). Namun demikian, aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan dapat menurunkan kualitas tanah melalui proses pencemaran.

Polusi logam berat, khususnya kadmium (Cd), di lahan pertanian adalah masalah lingkungan yang semakin penting. Ini karena logam berat toksik kadmium dapat terakumulasi dalam tanah dan tanaman, sehingga berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem (Zhang dkk., 2021). Tanah dengan kandungan Cd yang tinggi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan mengurangi hasil pertanian. Tanaman yang terpapar Cd memiliki kemampuan untuk menyerap logam ini. Akibatnya, logam-logam ini dapat masuk ke rantai makanan dan membahayakan kesehatan manusia.. Penelitian menunjukkan bahwa paparan Cd jangka panjang dapat menyebabkan osteoporosis, kanker, kerusakan ginjal, dan lainnya (Ali dkk., 2022). Pencemaran lahan pertanian oleh logam berat menjadi masalah serius di negara Indonesia. Pantai Parangtritis yang merupakan salah satu tempat wisata populer juga dekat dengan lahan pertanian. Pencemaran logam berat, termasuk Cd di tanah pertanian dapat meningkatkan sebagai akibat dari pembangunan infrastruktur dan aktivitas pariwisata (Sari dkk., 2020).

Kondisi geografis dan aktivitas yang terjadi di sekitar Pantai Parangtritis memengaruhi kualitas tanah dan lingkungan. Pantai Parangtritis, yang terletak di Kabupaten Bantul, Yogyakarta, Indonesia adalah salah satu tempat wisata favorit. Keberadaan pantai yang menarik banyak pengunjung, mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Namun, pariwisata berlebihan juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama pencemaran logam berat, seperti kadmium (Cd) (Sari dkk., 2020). Secara geografis, Pantai Parangtritis berada pada koordinat $8^{\circ} 7' 0''$ S dan $110^{\circ} 20' 0''$ E dan garis pantai sepanjang 2,5 km dan dikelilingi oleh bukit pasir dan hutan Mangrove, yang memberikan keindahan alam dan menjaga ekosistem (Sari dkk., 2021). Karena letak geografisnya ini, Pantai Parangtritis sangat cocok untuk pertanian, terutama padi. Namun, pertanian di sekitar pantai menghadapi masalah besar terkait pencemaran lingkungan. Akumulasi logam berat, termasuk kadmium (Cd), dalam tanah dapat disebabkan oleh tindakan manusia, seperti pembangunan infrastruktur pariwisata, penggunaan pupuk kimia, dan pembuangan limbah (Zhang dkk., 2022).

Pencemaran logam berat, terutama kadmium (Cd), dapat membahayakan kesehatan manusia secara signifikan. Paparan Cd jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan ginjal, osteoporosis, dan kanker. Untuk melindungi kesehatan masyarakat yang mengonsumsi produk pertanian, penelitian ini sangat penting untuk menemukan tingkat pencemaran Cd di lahan pertanian yang digunakan untuk produksi pangan.

1.2 Perumusan Masalah

- 1) Berapa kandungan logam berat cadmium (Cd) di tanah persawahan di daerah sekitar Pantai Parangtritis?
- 2) Bagaimana potensi dampak kandungan Cd terhadap keberlanjutan pertanian dan Kesehatan Masyarakat?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Menganalisis kadar logam berat Cd pada tanah persawahan di sekitar Pantai Parangtritis dengan menggunakan metode Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala.

- 2) Mengidentifikasi dampak dan sumber akumulasi kadmium (Cd) pada tanah dan tanaman pangan di tanah persawahan di daerah sekitar Pantai Parangtritis.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1) Berikan ringkasan tentang logam berat yang ditemukan di tanah pertanian dan berikan edukasi kepada masyarakat, khususnya petani, tentang logam berat.
- 2) Memberikan pengetahuan terkait dampak dan sumber akumulasi Cd untuk tanah dan tanaman pangan di area persawahan di sekitar Pantai Parangtritis.

1.5 Ruang Lingkup

- 1) Ruang lingkup lokasi penelitian
Lokasi penelitian berada di pertanian di sekitar Pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- 2) Ruang lingkup objek penelitian
Objek penelitian yaitu tanah persawahan di daerah sekitar Pantai Parangtritis.
Logam berat yang dianalisis hanya Cd menggunakan instrument Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Semua makhluk hidup, termasuk manusia, berisiko terpapar logam berat, yang merupakan unsur kimia berdensitas tinggi. Alloway (2013) menyatakan bahwa sejumlah logam berat, termasuk timbal (Pb), kadmium (Cd), arsenik (As), dan merkuri (Hg), dapat menumpuk di jaringan biologis dan memiliki berbagai efek merugikan pada kesehatan, termasuk kanker, masalah ginjal, dan kerusakan sistem saraf. Aktivitas manusia, seperti limbah rumah tangga, pertanian, dan industri, umumnya menjadi penyebab kontaminasi logam berat. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang mengandung logam berat berkontribusi terhadap pencemaran logam berat di lahan pertanian. Menurut penelitian Wulandari dkk. (2023), metode pertanian yang tidak berkelanjutan dapat meningkatkan kadar logam berat di tanah pertanian.

Penggunaan pupuk yang mengandung logam berat, air limbah industri, dan paparan atmosfer merupakan beberapa cara logam berat dapat masuk ke dalam tanah. Proses-proses ini dapat terakumulasi di dalam tanah, membahayakan kesehatan tanaman dan konsumen. Menurut studi Setiawan dkk. (2021), kadar logam berat di sawah di Jawa Tengah lebih tinggi daripada yang diizinkan oleh Badan Perlindungan Lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran tanah akibat logam berat merupakan masalah signifikan yang perlu ditangani. Bagi para ilmuwan dan pembuat keputusan, penumpukan logam berat di tanah merupakan masalah kritis karena dapat memengaruhi kualitas dan produktivitas tanah. Dampak dari pencemaran logam berat tidak hanya terbatas pada tanah, tetapi juga bisa berpengaruh pada kesehatan manusia melalui rantai makanan. Tanaman yang tumbuh di tanah yang tercemar dapat menyerap logam berat dalam jaringan mereka, yang kemudian dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui konsumsi makanan. Penelitian oleh Purnomo dkk. (2023) mengindikasikan bahwa tanaman padi yang ditanam di lahan tercemar menyimpan logam berat dalam jaringan mereka, yang berpotensi berdampak buruk bagi kesehatan konsumen. Oleh karena itu, penting

untuk memahami sumber, sifat, dan dampak logam berat dalam konteks pengelolaan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

2.2 Logam Berat Kadmium (Cd)

Logam berat berbahaya dengan kualitas racun, kadmium (Cd) tersebar luas di lingkungan, terutama di daerah pertanian. pH, tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan kapasitas tukar kation (KTK) adalah beberapa variabel yang memengaruhi mobilitas Cd. Pada kondisi tanah asam, Cd menjadi lebih larut, sehingga ketersediaannya untuk tanaman meningkat. Sebaliknya pada tanah yang kaya bahan organik dan memiliki fraksi liat tinggi, Cd cenderung terikat lebih kuat, sehingga bioavailabilitasnya menurun (Zhang dkk., 2021). Studi yang dilakukan di Nglangeran, Gunung Kidul, Yogyakarta menunjukkan bahwa konsentrasi Cd di lahan kakao bervariasi antara 0,05 hingga 0,24 mg/kg, dengan adanya korelasi signifikan antara jumlah bahan organik pada kedalaman 0-20 cm dan kadar Cd ($= 0,67$, $p < 0,05$). Variabel lain seperti tekstur, pH, dan kepadatan partikel tidak menunjukkan hubungan yang signifikan, sehingga komponen bahan organik dianggap sebagai salah satu faktor utama yang mempengaruhi penyebaran Cd di dalam tanah (Ignatius dkk., 2022).

Selain itu, penelitian tentang penyebaran logam berat di lahan pertanian di Bandung menunjukkan bahwa tanah yang memiliki pH rendah cenderung memiliki fraksi Cd yang lebih mudah diserap, karena kemampuan tanah dalam mengikat ion Cd menurun pada kondisi asam. Ini meningkatkan kemungkinan tanaman yang tumbuh di lahan tersebut menyerap Cd (Sutrisno dkk., 2024). Di sisi lain, temuan dari studi terbaru menunjukkan bahwa penggunaan metode pengelolaan tanah seperti penambahan bahan organik, biochar, atau mineral pengikat dapat mengurangi fraksi Cd yang dapat dipertukarkan dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih stabil. Ini bertujuan untuk menurunkan potensi akumulasi Cd dalam jaringan tanaman pangan.

2.3 Pencemaran Logam Berat di Tanah

Salah satu masalah signifikan yang dapat berdampak pada kesehatan tanaman dan kualitas tanah adalah kontaminasi logam berat. Logam berat dapat terakumulasi

di tanah melalui berbagai sumber, termasuk limbah industri, penggunaan pupuk yang mengandung logam berat dan pengendapan dari atmosfer. Penelitian menunjukkan bahwa kadar logam berat dalam tanah pertanian sering kali melebihi batas yang ditetapkan, yang memiliki dampak yang signifikan pada kesehatan tanaman dan konsumen. Produktivitas pertanian dan kesejahteraan masyarakat mungkin terkena dampak negatif akibat polusi logam berat di lahan pertanian.

Logam berat mempunyai karakteristik fisik dan kimia yang membuatnya sulit terurai dan dapat bertahan dalam waktu lama di lingkungan. Akibatnya, logam berat dapat bertahan yang mempengaruhi kualitas lahan dan kesehatan tanaman. Padi yang ditanam di tanah yang terkontaminasi memiliki pertumbuhan terhambat dan peningkatan jumlah logam berat dalam jaringan tanaman, menurut penelitian oleh Purnomo dkk. (2023).

Konsekuensi dari pencemaran logam dalam tanah tidak hanya berdampak bagi tanaman tetapi juga dapat memengaruhi kesehatan manusia. Konsumsi makanan yang terkontaminasi oleh logam berat dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan, seperti kerusakan sistem saraf, gangguan fungsi ginjal, serta kanker. Menurut penelitian Wulandari dkk, kadar logam berat di tanah pertanian dapat berdampak pada kesehatan masyarakat, terutama bagi mereka yang mengonsumsi produk pertanian dari tanah yang tercemar. (2023).

2.4 Keterkaitan antara Logam Berat dan Tanah

Interaksi antara logam berat, tanah, dan tekstur sangat penting untuk dipahami dalam konteks penelitian ini. Logam berat dapat menumpuk di dalam tanah dan berdampak pada kualitas tanah serta kesehatan tanaman. Tekstur tanah berperan dalam menentukan sejauh mana tanah mampu menyimpan atau mengeluarkan logam berat. Misalnya, tanah berpasir cenderung kehilangan logam berat dengan cepat melalui pencucian, sedangkan tanah liat memiliki kemampuan yang baik untuk menahan logam berat untuk waktu yang relatif lama. Penelitian yang dilakukan oleh Purnomo dkk. (2023) menunjukkan bahwa kandungan logam berat di tanah pertanian bisa dipengaruhi oleh tekstur tanah, dimana tanah lempung biasanya menunjukkan tingkat konsentrasi logam berat yang lebih tinggi dibandingkan tanah berpasir.

Dengan memahami hubungan antara logam berat, tekstur tanah, serta pengaruhnya terhadap kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman, penelitian ini berusaha untuk memberikan pengetahuan yang lebih mendalam mengenai pencemaran logam berat di area pertanian sekitar Pantai Parangtritis. Studi ini diharapkan dapat memberikan informasi bermanfaat bagi pengelola lahan dan pembuat kebijakan untuk mengurangi kontaminasi logam berat pada tanah pertanian. Temuan ini juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kesehatan lingkungan dan kualitas tanah.

2.5 Baku Mutu Kadmium (Cd) pada Tanah dan Pangan

Karena toksisitasnya, persistensinya, dan kapasitasnya untuk menumpuk dalam rantai makanan, kadmium (Cd) adalah logam berat yang berbahaya. Oleh karena itu, berbagai organisasi internasional dan nasional telah menetapkan standar kualitas Cd untuk tanah dan produk pangan sebagai pedoman untuk pengendalian. Berdasarkan standar internasional seperti FAO/WHO (2019) juga menetapkan atas aman kadar Cd di tanah sebesar 3 mg/kg. Jika konsentrasi Cd di tanah melebihi nilai tersebut, ada kemungkinan yang signifikan untuk terjadinya penumpukan logam Cd dalam jaringan tanaman pangan.

Pada produk pangan, standar internasional lebih menyoroti batas residu Cd yang dianggap aman untuk dikonsumsi. *Codex Alimentarius Commission* (2014) telah menerapkan batas maksimum Cd dalam beras sebesar 0,4 mg/kg, sedangkan Uni Eropa bahkan mempunyai standar yang lebih ketat yaitu 0,2 mg/kg untuk beras. Mengenai sayuran, peraturan Uni Eropa (*Commission Regulation (EU) 023/915*) menyatakan bahwa jenis sayuran buah seperti cabai, tomat, dan paprika hanya diizinkan mengandung Cd dengan batas maksimum 0,02 mg/kg, sementara jenis sayuran umbi seperti bawang dan kentang dibatasi pada 0,03 mg/kg.

Perbedaan dalam standar ini mencerminkan kepedulian mendalam dari berbagai organisasi terhadap bahaya paparan Cd akibat konsumsi makanan. Ambang batas yang ketat, terutama di Eropa menunjukkan bahwa Cd, meskipun hadir dalam jumlah yang minimal, masih dapat menyebabkan masalah kesehatan, terutama terkait dengan ginjal, tulang, dan kanker. Oleh karena itu, perbandingan antara temuan penelitian mengenai kadar Cd di dalam tanah dan perkiraan

kandungan Cd pada tanaman dengan standar yang berlaku menjadi sangat krusial untuk mengevaluasi tingkat risiko bagi keamanan pangan di area penelitian. Silakan lihat Tabel 2.1 untuk informasi lebih lanjut tentang persyaratan kualitas.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Kadmium (Cd)

Media	Baku mutu Cd	Keterangan	Sumber
Tanah pertanian (WHO/FAO)	3 mg/kg	Ambang batas kadmium (Cd) di tanah agar mencegah akumulasi pada tanaman pangan	FAO/WHO (2019)
Beras (Codex Alimentarius)	0,4 mg/kg	Batas maksimum Cd pada beras	Codex Alimentarius Commission (2014)
Beras (Uni Eropa)	0,2 mg/kg	Batas maksimum Cd pada beras	Comission Regulation (EU) 2023/915
Sayuran Buah	0,02 mg/kg	Batas maksimum Cd pada kelompok sayuran buah	Commission Regulation (EU) 2023/915
Sayuran Umbi	0,03 mg/kg	Batas maksimum Cd pada kelompok sayuran umbi	Commission Regulation (EU) 2023/915

2.6 Dampak Kadmium Pada Tanah Pertanian

Karena tingkat toksisitasnya yang tinggi, kemudahan pergerakan di lingkungan sekitar, dan potensi akumulasi dalam jaringan tanaman, kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat paling berbahaya bagi ekosistem pertanian. Keberadaan Cd dalam tanah pertanian dapat menyebabkan berbagai efek merugikan, baik terhadap karakteristik fisik-kimia tanah, aktivitas biologi tanah, maupun pada tanaman dan kesehatan manusia yang mengonsumsi produk pertanian dari tanah tersebut (Zhang dkk., 2021).

Secara kimiawi, Cd dapat mempengaruhi kesuburan tanah melalui interaksinya dengan mineral dan bahan organik. Pada tanah yang bersifat asam (pH <6), Cd lebih mudah larut dan berpindah dalam bentuk ion Cd^{2+} , yang meningkatkan ketersediaannya untuk tanaman (Sutrisno dkk., 2024).

Keadaan ini membuat Cd mampu menggantikan elemen-elemen krusial seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan seng (Zn^{2+}) dalam kompleks koloid tanah, yang pada akhirnya menurunkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Li dkk., 2024). Penurunan KTK membuat tanah kehilangan kemampuannya untuk menyimpan unsur hara penting, sehingga mengurangi kesuburan tanah dan berdampak pada penurunan produktivitas pertanian.

Selain berdampak pada sifat kimia tanah, Cd juga memengaruhi karakteristik biologis tanah. Kehadiran mikroorganisme tanah yang vital dalam proses penguraian bahan organik dan daur unsur hara dapat terganggu oleh paparan Cd. Menurut penelitian oleh Wang dan rekan-rekan (2024), paparan Cd dengan kadar lebih dari 3 mg/kg dapat mengurangi jumlah bakteri pengikat nitrogen hingga 40% dan mengurangi aktivitas enzim tanah seperti dehidrogenase serta urease. Situasi ini menghalangi mineralisasi bahan organik dan memperlambat pembentukan humus, yang pada gilirannya mengurangi kualitas tanah pertanian secara tidak langsung.

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel terlampir, yang akan menjadi referensi penelitian yang akan dilakukan, menampilkan penelitian sebelumnya tentang logam berat (Cd) di tanah pertanian.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Logam Berat Cd

Judul jurnal	Nama peneliti	Tahun	Hasil penelitian
<i>Heavy Metal Contamination in Paddy Soils of Central Java and Its Health Implications</i>	Setiawan, B., Prasetyo, E., & Wibowo, A.	2021	Penelitian ini menemukan bahwa kadar logam berat di tanah persawahan di Jawa Tengah melebihi ambang batas yang ditetapkan, dengan dampak signifikan

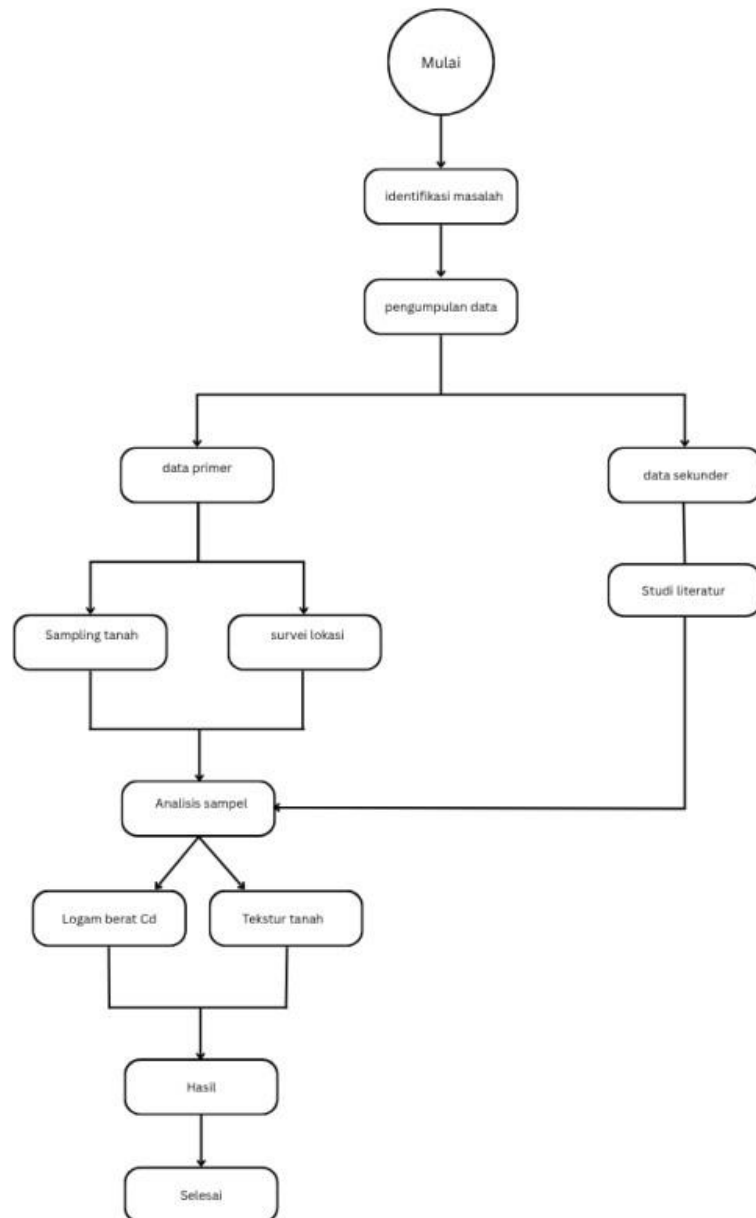
			terhadap kesehatan tanaman dan potensi risiko bagi konsumen.
Bioaccumulation of Heavy Metals in Rice Grown in Contaminated Paddy Fields: A Case Study in Yogyakarta	Purnomo, T., Sari, D., & Handayani, W.	2023	Penelitian ini menemukan bahwa tanaman padi di lahan tercemar mengakumulasi logam berat dalam jaringan mereka, yang dapat berdampak pada kesehatan konsumen.
Kajian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Sawah di Kawasan Industri Kabupaten Sidoarjo	Uswatun Khasanah, Wanti Mindari, Penta Suryaminarsih	2021	Penilaian pencemaran logam berat—terutama timbal dan merkuri—yang disebabkan oleh limbah industri di sawah di kawasan industri Kabupaten Sidoarjo, Indonesia, dibahas dalam penelitian ini, beserta dampaknya terhadap sifat fisik-kimia tanah dan risiko ekologi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Diagram alir prosedur yang diikuti dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah.



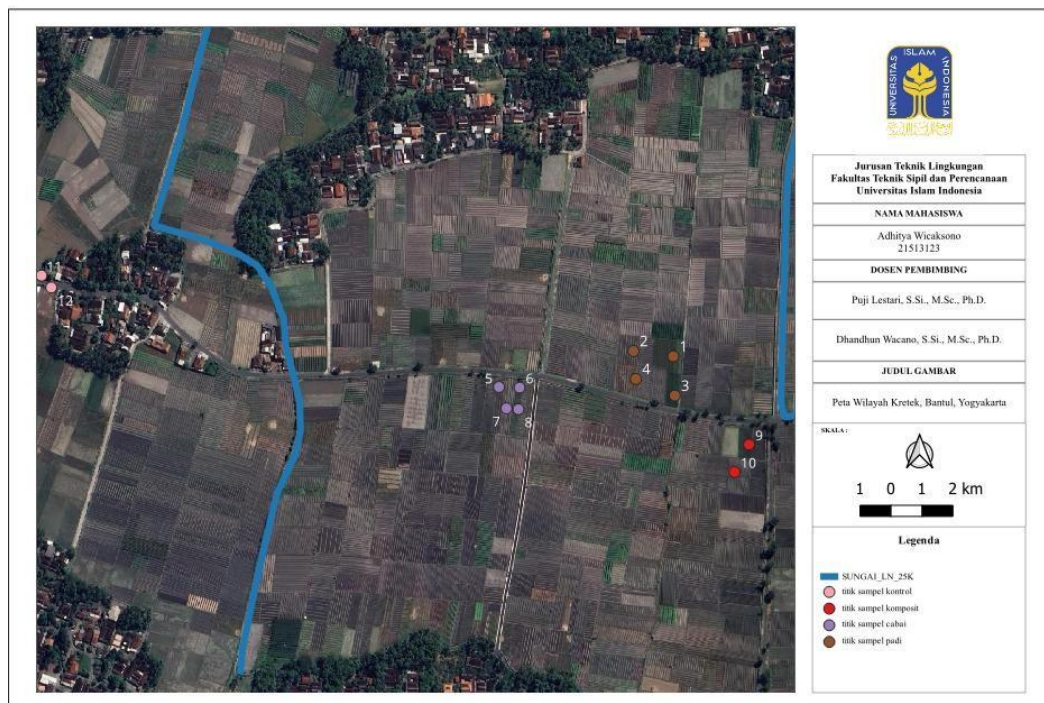
Gambar 3. 1 Diagram Alur penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung antara April dan Agustus 2025. Lokasi pengambilan sampel adalah wilayah pertanian di sekitar Pantai Parangtritis, Bantul. Sampel akan diperiksa di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Metode pengambilan sampel acak yaitu pengambilan sampel berdasarkan titik pengambilan sampel yang telah ditentukan sebelumnya digunakan untuk strategi pengambilan sampel. Untuk pengambilan sampel dilakukan di lahan sawah yang ditanami padi dan cabai, dengan masing-masing sebanyak 10 titik sampling yang digunakan untuk mewakili kondisi lahan. Kemudian dilakukan pengambilan 2 sampel tanah kontrol yang berada di luar area sawah tetapi masih berada di sekitar area lokasi penelitian. Sebelum dilakukannya pengambilan sampel akan dilakukan survei ke area persawahan yang berada di daerah Kretek, Bantul. Penentuan lokasi dilakukan mengikuti sepanjang jalan di daerah tersebut.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0–20 cm dengan mempertimbangkan lingkungan persawahan dan sifat tanah. Peta lokasi pengambilan sampel disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 lokasi penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Tabel 3.1 di bawah ini mencantumkan instrumen khusus yang digunakan untuk mengumpulkan sampel tanah dari sawah.

Tabel 3. 1 Alat sampling

No.	Nama Alat
1.	Sarung tangan lateks
2.	Sekop
3.	Wadah berbahan kaca

Peralatan dan perlengkapan yang dibutuhkan untuk pengujian logam berat di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia tercantum dalam Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 2 Alat Pengujian Logam Berat

No.	Alat
1.	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)
2.	Timbangan Analitik
3.	Pipet Ukur 25 ml
4.	Gelas Beaker 250 ml
5.	Hotplate
6.	Ayakan
7.	Erlenmeyer 250ml
8.	Kertas Saring

Silakan lihat tabel 3.3 di bawah untuk deskripsi bahan..

Tabel 3. 3 Bahan Pengujian Logam Berat

Bahan	Deskripsi
Larutan H ₂ O ₂ 30 %	Digunakan untuk membantu oksidasi senyawa organik yang menyulitkan pelarutan logam, memecah senyawa organik agar logam lebih mudah terlarut.
Larutan HNO ₃ pekat	Asam nitrat dengan kemurnian tinggi, digunakan untuk mengoksidasi dan melarutkan senyawa logam atau senyawa organik pengikat logam. Dengan digunakannya

	perbandingan 1:1 yaitu campuran HNO ₃ pekat dan aquades, digunakan untuk larutan destruksi awal yang lebih ringan
Larutan HCL	Digunakan untuk melarutkan matriks yang membutuhkan ion klorida atau untuk melarutkan sisa-sisa yang tidak terlarut oleh HNO ₃ saja
Aquades	Air yang diolah sehingga hampir bebas ion, dengan konduktivitas < 1μS/cm, digunakan sebagai pelarut dasar dan sebagai media pengencer dan juga mengurangi kontaminasi dari ion pengganggu.

Persiapan sampel juga melibatkan penggunaan peralatan laboratorium. Tabel 3.4 di bawah ini menunjukkan peralatan tersebut.

Nama Alat	Gambar Alat
Oven	

<i>Pestle and mortal</i>	
Saringan ayakan	

Tabel 3. 4 Alat-alat preparasi

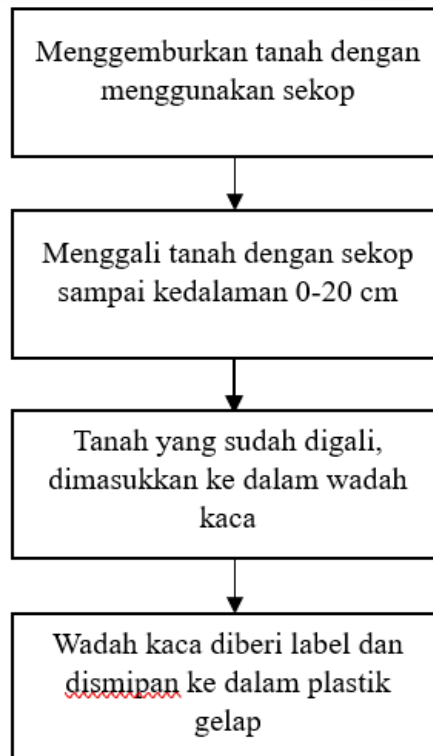
3.4 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian akan dilakukan pengambilan sampel dan preparasi sampel sebelum dilakukannya pengujian terhadap sampel yang digunakan.

3.4.1 Pengambilan sampel

Untuk mengambil sampel tanah, tanah digemburkan dengan sekop dan digali hingga kedalaman 0–20 cm. Setelah pengambilan, sampel tanah dimasukkan ke dalam wadah kaca berisi 500 gram tanah.. Tempat sampel akan diberi tanda dan nomor sampel. Penyimpanan sampel akan dilakukan dengan memasukkan ke

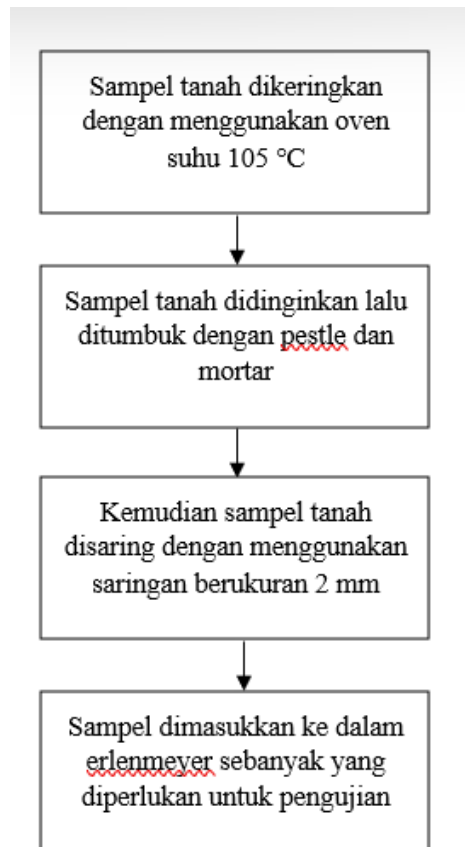
dalam plastik gelap dan didiamkan dengan suhu ruangan. Berikut adalah tata cara dari pengambilan sampel tanah Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 tahapan pengambilan sampel

3.4.2 Preparasi sampel

Preparasi dilakukan sebagai tahapan dalam penelitian ini, preparasi menggunakan sampel tanaman yang sudah diambil. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan preparasi sampel. Pada Gambar 3,4 dapat dilihat diagram alir preparasi sampel.



Gambar 3. 4 tahapan preparasi sampel

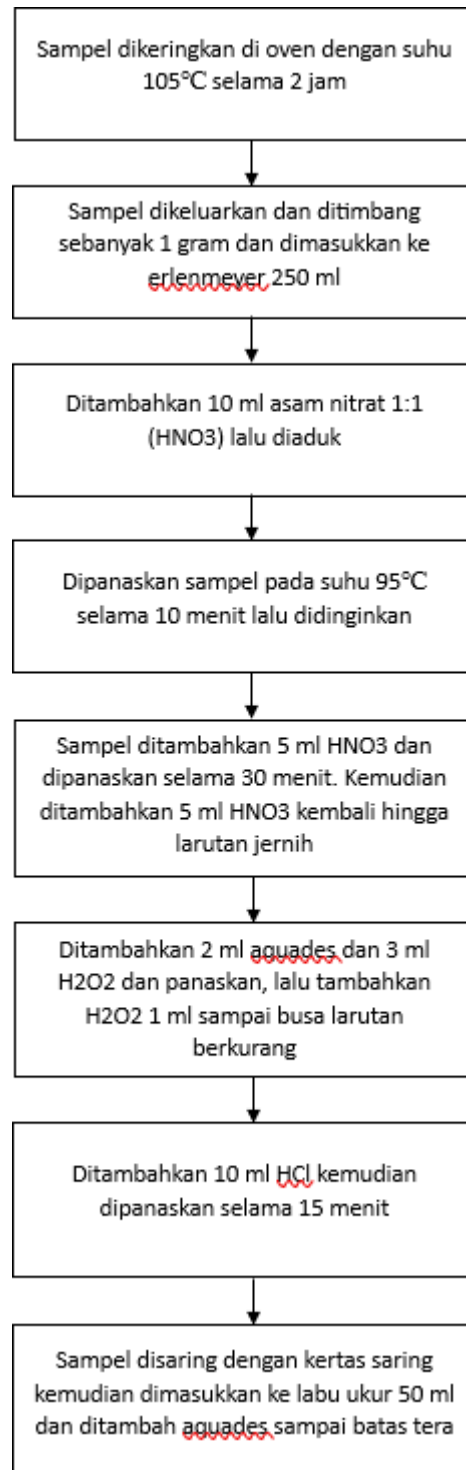
3.5 Pengujian Logam Berat

Untuk menganalisis kandungan logam berat berdasarkan SNI 8910:2021 yaitu dengan cara destruksi. Destruksi logam berat dengan menggunakan asam merupakan teknik yang biasa diterapkan dalam analisis kimia untuk mengubah logam berat menjadi bentuk larutan yang sudah dapat dikenali. Asam kuat seperti

HNO₃, H₂SO₄, dan HClO₄ sering digunakan dalam teknik destruksi asam karena kapasitasnya untuk memecah senyawa organik dan logam berat yang ada dalam sampel. Menurut penelitian terkini, efisiensi pencernaan dapat dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi asam, dan kombinasi asam nitrat dan H₂O₂ telah menunjukkan hasil yang menggembirakan saat menganalisis logam berat seperti Cd dan Pb.

Merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian logam berat pada tanah sawah menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan destruksi asam. Satu gram tanah ditimbang ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml untuk memulai preparasi sampel. Setelah itu, tambahkan 10 mililiter asam nitrat (HNO₃) dengan perbandingan 1:1 dan aduk rata. Kemudian ditambahkan kembali HNO₃ 5 ml sampai sampel jernih dan tidak mengeluarkan asap berwarna kecokelatan. Langkah berikutnya menambahkan 2 ml aquades dan 3 ml H₂O₂, tambahkan 1 ml H₂O₂ secara bertahap hingga busa pada larutan berkurang.

Setelah itu, 10 ml HCl ditambahkan, dan larutan uji dididihkan selama 15 menit hingga jernih. Setelah itu, kertas saring dari vial digunakan untuk menyaring sampel. Setelah itu, sampel diperiksa di SSA. Diagram alir pengujian logam berat berikut ini berdasarkan SNI 8910-2021. Gambar 3.5 menunjukkan diagram alir untuk pengujian logam berat.



Gambar 3. 5 Pengujian Logam berat

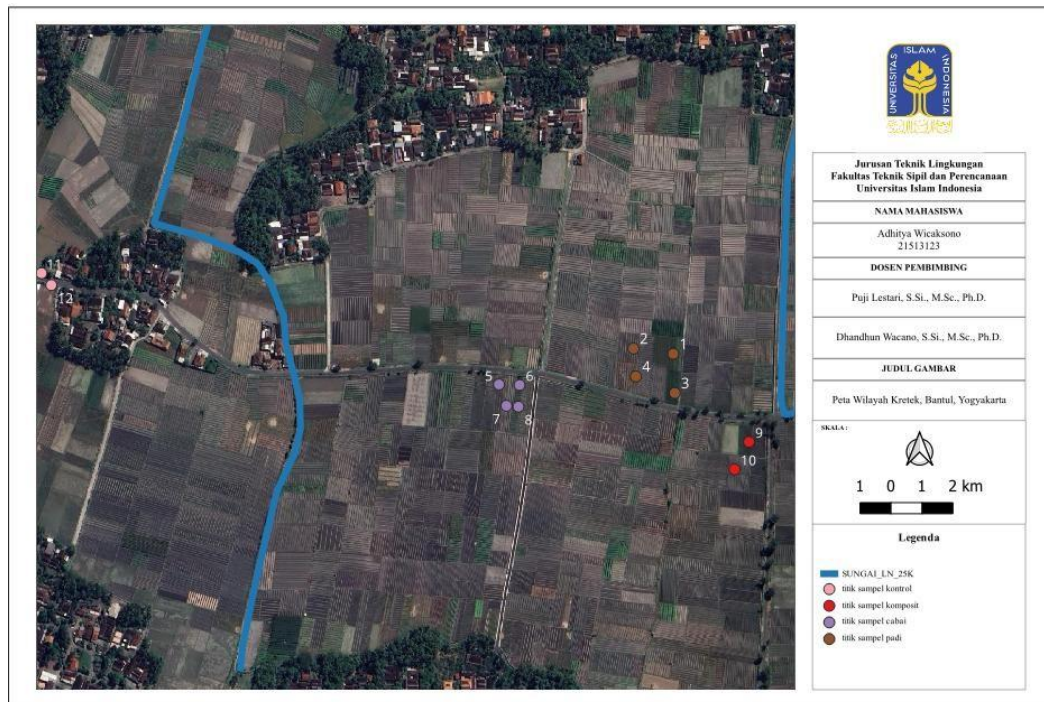
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Uji konsentrasi logam berat Cd dilakukan di Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta, pada wilayah persawahan dekat Pantai Parangtritis. Tempat ini dipilih karena merupakan wilayah pesisir dengan kegiatan pertanian yang tinggi dan dekat dengan area pariwisata serta aliran Sungai Opak yang dapat membawa limbah dari rumah tangga maupun industri. Situasi ini menjadikan lokasi ini krusial untuk diteliti mengenai kemungkinan penumpukan logam berat di lahan pertanian.

Pengumpulan sampel dilaksanakan dengan menggunakan teknik pengambilan acak pada 10 lokasi lahan pertanian aktif, ditambah 2 lokasi tambahan sebagai kontrol tanah. Dari 10 lokasi tersebut, beberapa dijadikan komposit untuk memperoleh sampel yang mencerminkan keadaan homogen di daerah tertentu. Penggunaan tanah komposit bertujuan untuk mengurangi variasi lokal yang berlebihan di antara lokasi dengan karakteristik yang sama, seperti jenis tanaman, cara pemupukan, dan sistem irigasi. Strategi ini memungkinkan analisis hasil menjadi lebih representatif untuk kondisi lahan secara keseluruhan, dan tidak hanya mencerminkan satu lokasi tertentu. Sementara itu, sampel kontrol diambil dari daerah yang masih berada di sekitar lokasi penelitian tetapi tidak digunakan untuk pertanian atau pemupukan kimia, seperti tepi jalan atau lahan kosong yang tidak menerima aliran irigasi sawah. Sampel kontrol ini berfungsi sebagai alat banding alami untuk memahami seberapa besar pengaruh praktik pertanian, penggunaan pupuk fosfat, dan irigasi terhadap tingkat Cd dalam tanah pertanian di kawasan pesisir Parangtritis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta di Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian

4.2 Kondisi Lingkungan di Lokasi Penelitian

Untuk kondisi lingkungan pada tiap titik sampel berbeda-beda, untuk lebih jelasnya akan dijelaskan per tiap lokasi pengambilan titik sampel berikut:

1. Titik sampel 1-4

Pada titik sampel 1-4 dilakukan di lahan persawahan padi, Silakan lihat Gambar 4.2 di bawah untuk gambar lokasi.



Gambar 4. 2 Titik sampel 1-4

Penjelasan mengenai kondisi lingkungan titik sampel dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kondisi lingkungan titik sampel 1-4

Sampel	Lokasi	Kondisi lingkungan	Gambar
Titik 1	Kedalaman 10,2 cm, berada di pinggir persawahan	Pada titik ini mengambil pada tanah persawahan padi dengan kondisi tanah yang relatif basah dan bertekstur halus serta warna kecokelatan.	
Titik 2	Kedalaman 11 cm, berada di tengah persawahan	Pada persawahan ini, menggunakan teknik pertanian dengan menggunakan pupuk NPK (Natrium, Fosfor, Kalium)	
Titik 3	Kedalaman 10 cm, berada di	dan MPK (Magnesium,	

	pinggir persawahan	Fosfor, Kalsium) serta menggunakan urea.	
Titik 4	Kedalaman 12 cm, berada di tengah persawahan		

2. Titik sampel 5-8

Pada titik sampel ini menggunakan tanah di persawahan cabai. Untuk gambaran lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Titik sampel 5-8

Tabel 4.2 berikut memberikan penjelasan lebih menyeluruh tentang keadaan lingkungan.

Tabel 4. 2 Kondisi lingkungan titik sampel 5-8

Sampel	Lokasi	Kondisi lingkungan	Gambar
Titik 5	Kedalaman 11,6 cm, berada di pinggir persawahan	Pada titik sampel berada di persawahan cabai dengan tanah agak kering dan berwarna cokelat kegelapan dan tingkat kelembapan rendah.	
Titik 6	Kedalaman 10,5 cm, berada di tengah persawahan		
Titik 7	Kedalaman 12,4 cm, berada di pinggir persawahan		
Titik 8	Kedalaman 10 cm, berada di tengah persawahan		

3. Titik sampel 9-10

Sampel tanah komposit dari dua sawah yang berbeda digunakan sebagai titik sampel. Gambar 4.4 di bawah ini menjelaskan lokasi-lokasi tersebut.



Gambar 4. 4 Titik sampel 9-10

Lihat Tabel 4.3 di bawah untuk rincian lebih lanjut tentang kondisi lingkungan.

Tabel 4. 3 Kondisi lingkungan titik sampel 9-10

Sampel	Lokasi	Kondisi lingkungan	Gambar
Titik 9	Kedalaman 11,2 cm, berada di pinggir persawahan	Sampel gabungan yang terdiri dari perpaduan dua bagian lahan pertanian dalam wilayah yang serupa. Titik ini digunakan untuk merepresentasikan kondisi rata-rata Cd di kawasan dengan sifat yang seragam. Tanah sedikit lembab dan memiliki warna cokelat tua.	
Titik 10	Kedalaman 11 cm, berada di tengah persawahan		

4. Titik sampel 11-12

Untuk titik sampel 11-12 merupakan tanah kontrol yang diambil di tanah sekitar lokasi yang bukan merupakan tanah sawah. Untuk gambaran lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4. 5 Titik sampel 11-12

Tabel 4.4 berikut memberikan rincian lebih lanjut tentang keadaan lingkungan pada titik sampel 11–12.

Tabel 4. 4 Kondisi lingkungan titik sampel 11-12

Sampel	Lokasi	Kondisi lingkungan	Gambar
Titik 11	Kedalaman 10 cm, berada di pinggir jalan	Tanah sampel yang diambil pada pinggir jalan dekat dengan rumah warga, tanah berpasir dan memiliki kelembapan rendah, dan tidak menerima	
Titik 12	Kedalaman 10 cm berada di pinggir jalan		

		masuk dari pupuk atau irigasi sawah	
--	--	--	--

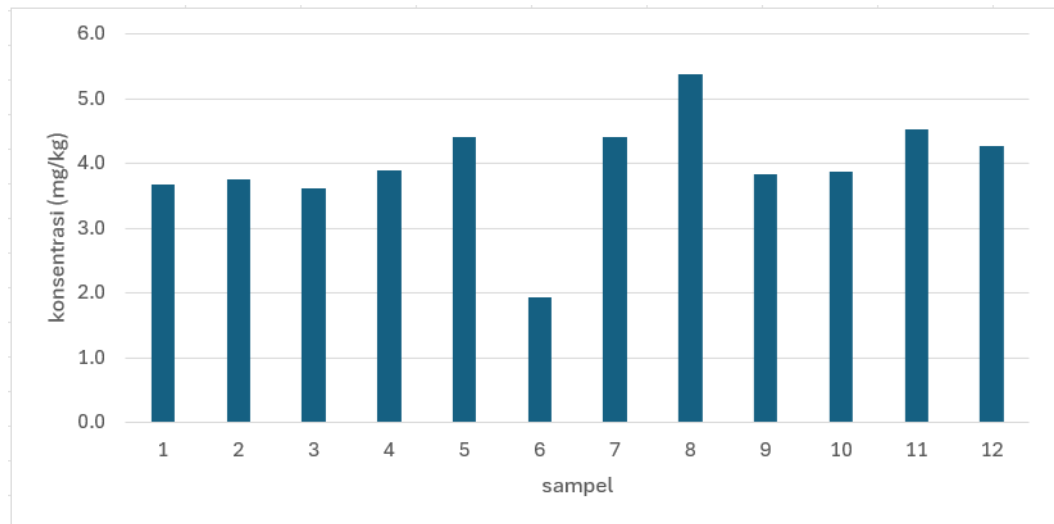
4.3 Analisis Logam Berat pada Tanah

Hal ini merupakan akibat dari kandungan logam Cd tanah persawahan yang terdapat di kawasan persawahan sekitar Pantai Parangtritis, seperti terlihat pada tabel 4.5 di bawah ini..

Tabel 4. 5 Hasil Uji Logam Berat Cd

Sampel	konsentrasi (mg/kg)	WHO/FAO (mg/kg)
sampel 1	3.7	3
sampel 2	3.8	3
sampel 3	3.6	3
sampel 4	3.9	3
sampel 5	4.4	3
sampel 6	1.9	3
sampel 7	4.4	3
sampel 8	5.4	3
sampel 9	3.8	3
sampel 10	3.9	3
sampel 11	4.5	3
sampel 12	4.3	3

Untuk kandungan logam Cd di tanah persawahan, dari 12 sampel yang sudah diuji hanya sampel 6 yang masih berada di batas aman kandungan logam di tanah yaitu sebesar 1,9 mg/kg. Sedangkan untuk sampel yang lain berada diatas baku mutu nasional maupun WHO/FAO. Untuk kandungan tertinggi ada pada sampel 8 dengan konsentrasi 5,4 mg/kg, untuk kandungan logam Cd di tanah yang memiliki konsentrasi 3 tetapi masih diatas baku mutu ada pada sampel 1 sebesar 3,7 mg/kg, sampel 2 sebesar 3,8 mg/kg, sampel 3 sebesar 3,6 mg/kg, sampel 4 sebesar 3,9 mg/kg, sampel 9 sebesar 3,8 mg/kg, dan sampel 10 sebesar 3,9 mg/kg. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik yang ada pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik Kadar Logam Cd pada Sampel

Pada sampel 6 terlihat masih di bawah baku mutu, sedangkan untuk sampel lain terutama pada sampel 5, sampel 7 dan sampel 8 yang masih diatas sedangkan diambil pada area sawah yang sama. Faktor yang dapat menyebabkan perbedaan yaitu variasi karakteristik tanah di setiap lokasi meskipun secara geografis dekat. Elemen-elemen seperti pH tanah, jumlah bahan organik, struktur, serta kondisi drainase mikro memiliki pengaruh pada pergerakan dan ketersediaan Cd dalam tanah (Zhang dkk., 2021). Tanah yang memiliki pH yang lebih netral dan tingkat bahan organik yang tinggi lebih efektif dalam mengikat ion Cd, sehingga konsentrasi larutnya menjadi lebih sedikit (Sutrisno dkk. 2024). Ini dapat menjelaskan mengapa tingkat Cd pada sampel 6 lebih rendah dibandingkan titik-titik lainnya.

Selain itu, variasi dalam dosis dan frekuensi penggunaan pupuk fosfat dapat menjadi faktor utama yang mempengaruhi perbedaan kadar Cd di lokasi yang saling berdekatan. Level Cd yang berasal dari bahan baku pupuk fosfat beragam, tergantung pada jenis batuan fosfat yang digunakan (Wulandari dkk., 2023). lokasi yang mendapatkan pemupukan lebih intensif, seperti titik 5, 7, 8, biasanya menunjukkan peningkatan akumulasi Cd yang signifikan. Sistem irigasi memiliki peran penting, area lahan dengan kondisi drainase yang buruk atau berada di cekungan berisiko untuk memiliki akumulasi Cd yang lebih tinggi akibat pengendapan dari aliran permukaan (Fitriani dkk., 2023).

Komposisi tanah juga perlu dipertimbangkan. Dibandingkan dengan tanah berpasir, tanah lempung dan kaya lanau memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi, sehingga meningkatkan pengikatan ion Cd (Purnomo dkk., 2023). Hal ini dapat memengaruhi distribusi Cd di setiap lokasi pengambilan sampel di lokasi penelitian, menunjukkan bahwa distribusi logam berat di dalam tanah sangat tidak teratur dan sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanah serta aktivitas manusia di lahan pertanian di sekitarnya.

Hasilnya dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Lihat Tabel 4.6 di bawah untuk detail lebih lanjut..

Tabel 4. 6 Perbandingan Kadar Cd Tanah Persawahan

Lokasi penelitian	Media sampel	Kadar Cd (mg/kg)	Baku mutu	Keterangan
Parangtritis, Bantul (penelitian ini)	Tanah sawah 0-20 cm	1,9-5,4	WHO/FAO (2017): 3 mg/kg	Dari 12 sampel terdapat 1 sampel yang melebihi baku mutu
Jawa Tengah (Setiawan dkk., 2021)	Tanah sawah	2,1-4,2	WHO/FAO (2019): 3 mg/kg	Konsentrasi sama dan mayoritas melampaui ambang batas
Yogyakarta (Purnomo dkk., 2023)	Tanah sawah tercemar	0,8-2,5	WHO/FAO (2019): 3 mg/kg	Lebih rendah dari hasil dalam penelitian ini tetapi beberapa titik mendekati batas aman

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi Cd di lahan pertanian sekitar Pantai Parangtritis berkisar antara 1,9 hingga 5,4 mg/kg dengan rata-rata 3,97 mg/kg, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar sampel melebihi standar kualitas WHO/FAO yang menetapkan batas 3 mg/kg. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, konsentrasi Cd di Parangtritis lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian di Sleman/Yogyakarta (0,8-2,5 mg/kg; Purnomo dkk., 2023). Temuan ini lebih mendekati hasil studi di Jawa Tengah (2,1- 4,2 mg/kg; Setiawan., 2021) yang juga mengidentifikasi adanya pencemaran Cd di lahan pertanian.

4.4 Potensi Akumulasi Logam Cd pada Tanah dan Tanaman Sekitar

Hasil penelitian mengindikasikan kandungan Cd di lahan pertanian di sekitar Pantai Parangtritis berada di rentang 1,9-5,4 mg/kg dengan nilai rata-rata 3,97 mg/kg. Angka ini melampaui standar kualitas yang ditetapkan oleh WHO/FAO (3 mg/kg) di sebagian besar lokasi pengambilan sampel. Situasi ini menunjukkan adanya kemungkinan penumpukan Cd dalam tanah dan bahan pangan utama yang diteliti yaitu padi, cabai, dan bawang merah.

Kualitas dan produktivitas lahan pertanian secara langsung dipengaruhi oleh penumpukan kadmium (Cd) di tanah, yang dapat mengubah karakteristik kimia dan biologi. Cd diketahui mampu menggantikan elemen penting seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan seng (Zn) dalam kompleks koloid tanah, yang berujung pada berkurangnya kesuburan dan kapasitas tukar kation (KTK) (Li dkk., 2024). Kadar Cd yang berlebihan dapat menghalangi aktivitas mikroba tanah, termasuk bakteri yang mengikat nitrogen dan pelarut fosfat, sehingga mengganggu siklus nutrisi dan memperlambat proses mineralisasi bahan organik (Zhou dkk., 2023). Ini berdampak pada penurunan ketersediaan nutrisi penting bagi tanaman dan berkontribusi pada hasil panen yang lebih rendah. Selain itu, Cd dapat merusak fungsi mikroorganisme tanah yang memiliki peran penting dalam proses penguraian bahan organik. Berdasarkan studi oleh Wang dkk. (2024), kadar Cd yang melebihi 3 mg/kg mampu mengurangi jumlah bakteri pengikat nitrogen hingga 40% serta mengurangi aktivitas enzim tanah seperti dehidrogenase dan urease. Ini berimbas pada terganggunya siklus nitrogen dan karbon, yang menghambat pembentukan humus

dan mempercepat kerusakan struktur tanah. Penurunan aktivitas mikroba juga memberikan dampak buruk terhadap mineralisasi dan ketersediaan nutrisi bagi tumbuhan.

Perpindahan logam berat seperti Kadmium (Cd) dari tanah ke dalam tanaman terjadi melalui sejumlah tahap fisiologis yang rumit. Proses ini dimulai dengan pelarutan ion Cd^{2+} dalam larutan tanah, yang kemudian diserap oleh sistem akar tanaman menggunakan mekanisme transportasi baik aktif maupun pasif. Ion Cd^{2+} dapat masuk ke akar melalui saluran ion logam yang penting seperti kalsium (Ca^{2+}), besi (Fe^{2+}), dan seng (Zn^{2+}) karena kemiripan ukuran dan muatannya (Zhang dkk., 2021). Dalam kondisi tanah yang memiliki pH rendah, Cd menjadi lebih larut, sehingga meningkatkan bioavailabilitasnya, yang membuat penyerapan oleh akar tanaman lebih mudah dilakukan (Sutrisno dkk., 2024).

Setelah Cd memasuki sistem akar, sebagian dari unsur ini terikat pada dinding sel atau kompleks organik seperti fitokelatin dan metallothionein, yang bertindak sebagai sistem pertahanan bagi tanaman melawan dampak toksik dari logam berat (Purnomo dkk., 2023). Namun, ada pula Cd yang dapat berpindah dari akar ke bagian atas tanaman melalui xilem, jaringan yang berfungsi dalam mengangkat air dan nutrisi. Proses transportasi Cd melalui xilem terjadi karena Cd mengikat dirinya dengan senyawa kompleks seperti asam sitrat, asam malat, atau histilidin, yang mempermudah pergerakannya menuju daun, batang dan buah (Ali dkk., 2022).

Akumulasi pada tanah dan tanaman di persawahan tidak lepas dari pencemaran Cd yang secara tidak langsung dilakukan oleh petani, seperti penggunaan pupuk anorganik seperti NPK ataupun penggunaan air irigasi yang tercemar. Analisis sumber-sumber literatur menunjukkan bahwa elemen fosfor (P) dalam pupuk, termasuk jenis komersial seperti SP-36 (superfosfat) atau bagian P dalam campuran NPK, adalah penyebab utama pencemaran kadmium (Cd) pada lahan pertanian. Ini terjadi karena bahan dasar pupuk fosfat diperoleh dari batuan fosfat yang memiliki kandungan Cd dengan tingkat yang bervariasi. Selama tahap produksi pupuk, Cd bisa ikut terbawa dalam produk akhir, sehingga pupuk P umumnya mengandung Cd yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk nitrogen atau kalium. Dengan demikian, penerapan pupuk fosfat secara terus-menerus dapat

meningkatkan kandungan Cd di tanah atas dan mengakibatkan risiko penumpukan dalam hasil pertanian (Suci dkk., 2022).

Tabel 4.7 di bawah ini menunjukkan bagaimana rata-rata Cd tanah penelitian (3,97 mg/kg) dapat digunakan untuk menentukan kandungan Cd bagian tanaman berdasarkan nilai Faktor Transfer (TF) dari literatur.

Tabel 4. 7 Estimasi Kandungan Cd pada Tanaman

Tanaman	Bagian yang dikonsumsi	Rentang TF (Literatur)	Estimasi Cd (mg/kg)	Catatan
Padi	Gabah	0,10-0,40	0,40-1,59	Nilai atas melebihi batas codex (0,4 mg/kg)
Bawang Merah	Umbi	0,05-0,40	0,05-0,40	Potensi melebihi ambang batas sayuran (EU 0,02 mg/kg)
Cabai	Buah	0,02-0,20	0,02-0,20	Risiko tinggi, batas untuk bulb <i>vegetables</i> EU 0,03 mg/kg

Dari tabel yang disajikan, dapat dilihat bahwa ketiga jenis tanaman berpotensi memiliki kandungan Cd yang melebihi batas aman untuk dikonsumsi, dengan padi sebagai sumber makanan utama. Potensi risiko ini semakin meningkat jika varietas tanaman yang dibudidayakan memiliki TF yang tinggi dan penerapan pemupukan dilakukan secara intensif menggunakan urea dan pupuk fosfat.

4.5 Tekstur Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Akumulasi Logam Cd

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tanah di wilayah persawahan tempat penelitian ini memiliki sifat subur, yang ditunjukkan oleh kemampuannya mendukung pertumbuhan padi, cabai, dan bawang merah. Menurut analisis tanah di Kecamatan Kretek, Bantul, sebagian besar area sawah memiliki tekstur mulai dari lempung berdebu hingga lempung berpasir, dengan proporsi fraksi liat yang memadai untuk meningkatkan kesuburan serta kapasitas tukar kation (KTK). Jenis tekstur tanah ini umumnya menawarkan keseimbangan yang baik antara kemampuan menahan air dan kemampuan aerasi yang mendukung pertumbuhan tanaman (Ramendra., 2021).

Dalam hal penumpukan logam berat, tanah yang memiliki tekstur lempung menunjukkan kemampuan lebih baik dalam menyerap Cd dibandingkan tanah berpasir, hal ini disebabkan oleh luas permukaan spesifik dari fraksi liat yang lebih luas serta adanya mineral koloid yang aktif. Hasil penelitian oleh Fitriani dkk., (2023) mengindikasikan bahwa Cd memiliki stabilitas yang lebih tinggi dan lebih kuat terikat pada tanah yang kaya liat, sementara tanah yang didominasi oleh debu dan pasir yang membuat Cd lebih mudah larut dan tersedia untuk tanaman. Temuan ini sejalan dengan penelitian Purnomo dkk. (2023), dimana tanah sawah dengan komposisi lempung-debu cenderung mampu menahan Cd lebih lama, walaupun tetap memungkinkan sebagian Cd untuk masuk ke dalam sistem akar padi.

Dengan demikian, karakteristik tanah di lokasi pertanian yang diteliti, yang sering kali terdiri dari lempung halus hingga lempung kasar, memiliki peran krusial dalam menetapkan tingkat ketersediaan Cd untuk tanaman. Campuran tekstur ini memungkinkan tanah untuk menyimpan Cd dalam jumlah tertentu, tetapi tetap memberi kesempatan bagi Cd untuk larut dan diserap oleh jaringan tanaman pangan. Unsur inilah yang menjelaskan mengapa dalam penelitian ini kadar Cd di area persawahan cukup tinggi dan memiliki potensi untuk terakumulasi pada padi, cabai, dan bawang merah di tempat penelitian.

4.6 Rekomendasi Teknis Pengelolaan Logam Cd

Remediasi tanah yang terkontaminasi Cd bisa dilakukan dengan metode in situ atau ex situ, tergantung pada seberapa parah pencemaran, ukuran area, serta anggaran yang tersedia. Dalam konteks lahan pertanian, pendekatan yang berhasil sering kali bukan sekedar mengeluarkan logam sepenuhnya, namun lebih kepada mengurangi bioavailabilitasnya. Berdasarkan penelitian Xiaochen dkk. (2024), metode remediasi yang berkelanjutan dapat mengurangi fraksi Cd yang dapat dipertukarkan dengan efisiensi berkisar antara 36,0% dan total Cd mencapai sekitar 25-39%. Hal ini menunjukkan bahwa langkah stabilisasi atau imobilisasi merupakan tahap awal yang realistis untuk sektor pertanian. Beberapa teknik remediasi yang dapat dilakukan yaitu:

1. Imobilisasi/Stabilization

Teknik ini bertujuan untuk mengubah bentuk Cd yang mudah bergerak menjadi bentuk yang stabil yang sulit diserap oleh tanaman. Contohnya, penggunaan kapur untuk meningkatkan pH tanah, serta penambahan biochar atau material berbasis besi dapat membentuk kompleks atau ikatan Cd yang tidak larut. Cao dkk. (2024) mengungkapkan bahwa kombinasi metode stabilisasi (misalnya slag baja, FeSO_4) dengan tanaman *bidens pilosa* menghasilkan penurunan bioavailabilitas Cd hingga 89% dalam uji pot. Dengan demikian, penggunaan bahan stabilisator dan tanaman bersamaan (*combined remediation*) bisa menurunkan risiko terjadinya remobilisasi logam selama proses pengobatan lingkungan.

2. Phytoremediation

Penggunaan tumbuhan *hyperaccumulator* untuk menyerap Cd dari tanah (phytoextraction) atau menahannya (phytostabilization) sangat efektif. Namun, metode ini sering kali berjalan lambat jika digunakan secara mandiri. Untuk meningkatkan efektivitas, beberapa kajian terbaru mulai memanfaatkan chelator yang dapat terurai. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Yang dkk. (2024) menggunakan agen pengkhelat yang bisa terdegradasi guna mempercepat ekstraksi Cd melalui tanaman, tanah risiko pencemaran logam ke perairan. Xu dkk. (2025) juga

menyelidiki peran hormon tanaman dalam mempercepat penyerapan Cd sehingga proses phytoremediation dapat menjadi lebih efisien.

3. Soil washing/ex situ treatment

Metode ini melakukan pembersihan tanah dengan memanfaatkan solusi atau surfaktan/chelator untuk mengeluarkan Cd yang larut. Teknik ini berfungsi dengan baik jika tingkat kontaminasi cukup besar dan terfokus di lokasi kecil, karena memerlukan penggalian serta pengolahan air limbah. Namun, Acharya dkk. (2025) menunjukkan bahwa pembentukan komunitas mikroba sintesis (Syncoms) dapat berperan dalam mengurangi dampak negatif dari pencucian tanah dengan mengatur remobilisasi logam pada saat proses berlangsung.

4. Bioremediasi berbasis mikroorganisme (Bioaugmentation)

Mikroba tertentu bisa mengikat atau menyebabkan pembentukan presipitasi Cd, contohnya melalui pengendapan karbonat. Dalam ulasan terbaru, Cao dkk. (2025) mengeksplorasi kemungkinan hyperaccumulators dan mikroba pendukung sebagai metode phytoremediation yang lebih baik berkat kolaborasi mikroba, yang mereka sebut sebagai “teknologi phytoextraction yang ditingkatkan”. Teknik mikroba ini semakin menarik perhatian karena berpotensi meningkatkan stabilisasi jangka panjang asalkan struktur tanah dan komunitas mikroba lokal tetap dalam kondisi baik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil uji logam berat kadmium (Cd) pada tanah persawahan di sekitar Pantai Parangtritis adalah sebagai berikut:

1. Kadar logam berat Cd dalam lahan pertanian di area penelitian berkisar antara 1,9 hingga 5,4 mg/kg. Dari total 12 sampel yang dianalisis, hanya satu sampel (sampel 6) yang masih berada di bawah standar batasan WHO/FAO yang ditetapkan sebesar 3 mg/kg. Di sisi lain, 11 sampel yang lain melampaui standar mutu tersebut.
2. Tingginya konsentrasi Cd di tanah diperkirakan berasal dari penggunaan pupuk kimia yang berbasis fosfat seperti NPK dan SP-36, serta dari aktivitas manusia di sekitar area pariwisata Pantai Parangtritis. Sumber fosfat dari industri diketahui mengandung Cd secara alami yang dapat terakumulasi dengan penerapan pupuk yang berulang. Kondisi lingkungan, termasuk pH tanah yang rendah, tekstur lempung dan debu, serta sistem pengairan dari Sungai Opak, juga berperan dalam mempercepat pergerakan Cd di lapisan permukaan tanah.
3. Potensi dampak terhadap keberlanjutan sektor pertanian sangat besar. Penumpukan Cd mengurangi aktivitas mikroorganisme tanah, menurunkan kemampuan tukar kation (KTK), dan memengaruhi ketersediaan nutrisi penting seperti Ca, Mg, serta K. Jika tidak ditangani, hal ini dapat berdampak negatif pada kesuburan tanah dan mengurangi hasil tanaman padi, cabai, dan bawang merah dalam waktu yang panjang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang sudah diberikan, dapat beberapa saran adalah:

1. Untuk petani, disarankan agar mengurangi pemakaian pupuk anorganik yang mengandung fosfat dan beralih ke pupuk

organik, biofertilizer, atau perpaduan dengan biochar yang efektif dalam menurunkan kadar Cd di dalam tanah.

2. Bagi pengelola irigasi, penting untuk memperbanyak jenis sumber air irigasi dengan memanfaatkan sumur dangkal, waduk lokal, atau metode irigasi berselang agar dapat menekan penumpukan Cd pada tanaman.
3. Bagi otoritas pemerintahan setempat, penting untuk melaksanakan pengawasan secara berkala terhadap mutu tanah dan air irigasi di area pertanian pesisir, terutama di wilayah sekitar Pantai Parangtritis, guna memitigasi potensi pencemaran logam berat.
4. Untuk studi selanjutnya, disarankan agar analisa kadar Cd pada bagian tanaman (akar, batang, daun, dan biji) dilakukan serta pengujian toksisitas terhadap kesehatan masyarakat, demi memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh tentang bahaya kontaminasi logam berat dalam rantai pasokan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Rahman, T., & Yuliani, R. (2021). Alternate wetting and drying irrigation to reduce cadmium accumulation in rice. *Journal of Environmental Quality*, 50(3), 245–253.
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2022). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2022, 1–15.
- Alloway, B. J. (2013). *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (3rd ed.). Springer.
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). *SNI 8910:2021 - Cara uji kandungan logam berat dengan destruksi asam menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)*. Jakarta: BSN.
- Bai, Y., Wang, J., & Li, X. (2021). Soil health and food security: The role of organic matter and microbial diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 319, 107543.
- Cao, X., Li, F., & Zhang, Q. (2024). *Combined remediation of cadmium-contaminated soils using iron-based stabilizers and hyperaccumulator plants*. *Chemosphere*, 349, 141220.
- Cao, Y., Lin, D., & Wang, Z. (2025). *Enhanced phytoextraction using microbial-assisted hyperaccumulators for cadmium removal*. *Environmental Research*, 245, 117924.
- Codex Alimentarius Commission. (2014). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995, Rev. 2014)*. Rome: FAO/WHO.
- Commission Regulation (EU) 2023/915. (2023). Maximum levels for certain contaminants in food. *Official Journal of the European Union*, L 119, 1–64.
- FAO. (2020). *Fertilizer use by crop (5th ed.)*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO/WHO. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (GSCTFF)*. Rome: Codex Alimentarius Commission.

- Fitriani, R., Wijayanti, D., & Kurniawan, A. (2023). Soil texture influence on phytoremediation efficiency in heavy metal-contaminated agricultural soils. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103134.
- Ignatius, Y., Prasetyo, H., & Lestari, P. (2022). Organic matter and cadmium distribution in cocoa plantation soils in Yogyakarta, Indonesia. *Geoderma Regional*, 28, e00516.
- Kementerian Pertanian RI. (2021). *Rekomendasi teknis pemupukan berimbang pada tanaman pangan*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Khan, A., Liu, S., & Shah, S. (2020). Soil quality and food security: A global perspective. *Land Degradation & Development*, 31(12), 1457–1472.
- Li, H., Zhang, L., & Wang, P. (2024). *Influence of cadmium on soil cation exchange capacity and nutrient dynamics in agricultural ecosystems*. *Journal of Environmental Management*, 355, 119334.
- Purnomo, T., Sari, D., & Handayani, W. (2023). Bioaccumulation of heavy metals in rice grown in contaminated paddy fields: A case study in Yogyakarta. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(3), 342.
- Ramendra, P. (2021). Soil characteristics of coastal sandy land in Parangtritis, Bantul. *Indonesian Journal of Soil and Environmental Science*, 21(2), 95–104.
- Sari, D., Nugroho, A., & Handayani, W. (2021). Geographical and ecological characteristics of Parangtritis Beach and its implication for agriculture. *Indonesian Journal of Geography*, 53(1), 77–89.
- Sari, D., Purnomo, T., & Nugroho, A. (2020). Heavy metal contamination in agricultural land near tourism areas: A case from Parangtritis Beach, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 3(1), 45–56.
- Setiawan, B., Prasetyo, E., & Wibowo, A. (2021). Heavy metal contamination in paddy soils of Central Java and its health implications. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(19), 24211–24220.

- Suciu, N. A., Ferrari, T., & Trevisan, M. (2022). *Phosphorus fertilizers as a source of cadmium in agricultural soils. Environmental Pollution*, 308, 119615.
- Sutrisno, D., Handoko, S., & Widodo, Y. (2024). Effect of soil pH on cadmium bioavailability in agricultural soils in Bandung, Indonesia. *Soil Systems*, 8(1), 22.
- Uswatun Khasanah, W., Mindari, W., & Suryaminarsih, P. (2021). Kajian pencemaran logam berat pada lahan sawah di kawasan industri Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(1), 201–210.
- Wang, Z., Chen, Q., & Liu, F. (2024). *Cadmium-induced changes in soil microbial activity and enzyme functions. Applied Soil Ecology*, 197, 104224.
- Wulandari, D., Putri, A., & Nugraha, F. (2023). Heavy metals in agricultural soils: Sources, accumulation, and health risks. *Sustainability*, 15(6), 5342.
- Xu, J., Yang, S., & Chen, X. (2025). *Plant hormone-mediated enhancement of cadmium phytoextraction in contaminated soils. Plant and Soil*, 510(2), 211–227.
- Yang, L., Zhou, T., & Zhang, R. (2024). *Biodegradable chelating agents for accelerated cadmium phytoextraction. Chemosphere*, 337, 139824.
- Zhang, L., Li, J., & Wang, Y. (2023). Application of biochar in cadmium-contaminated paddy soils: Effects on soil properties and Cd uptake in rice. *Science of the Total Environment*, 857, 159463.
- Zhang, Q., Li, X., & Zhao, Y. (2021). Cadmium contamination in soils and crops: Sources, risks, and remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123994.
- Zhang, Q., Li, X., & Zhao, Y. (2022). Anthropogenic activities and heavy metal accumulation in agricultural soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 238, 113593.

LAMPIRAN

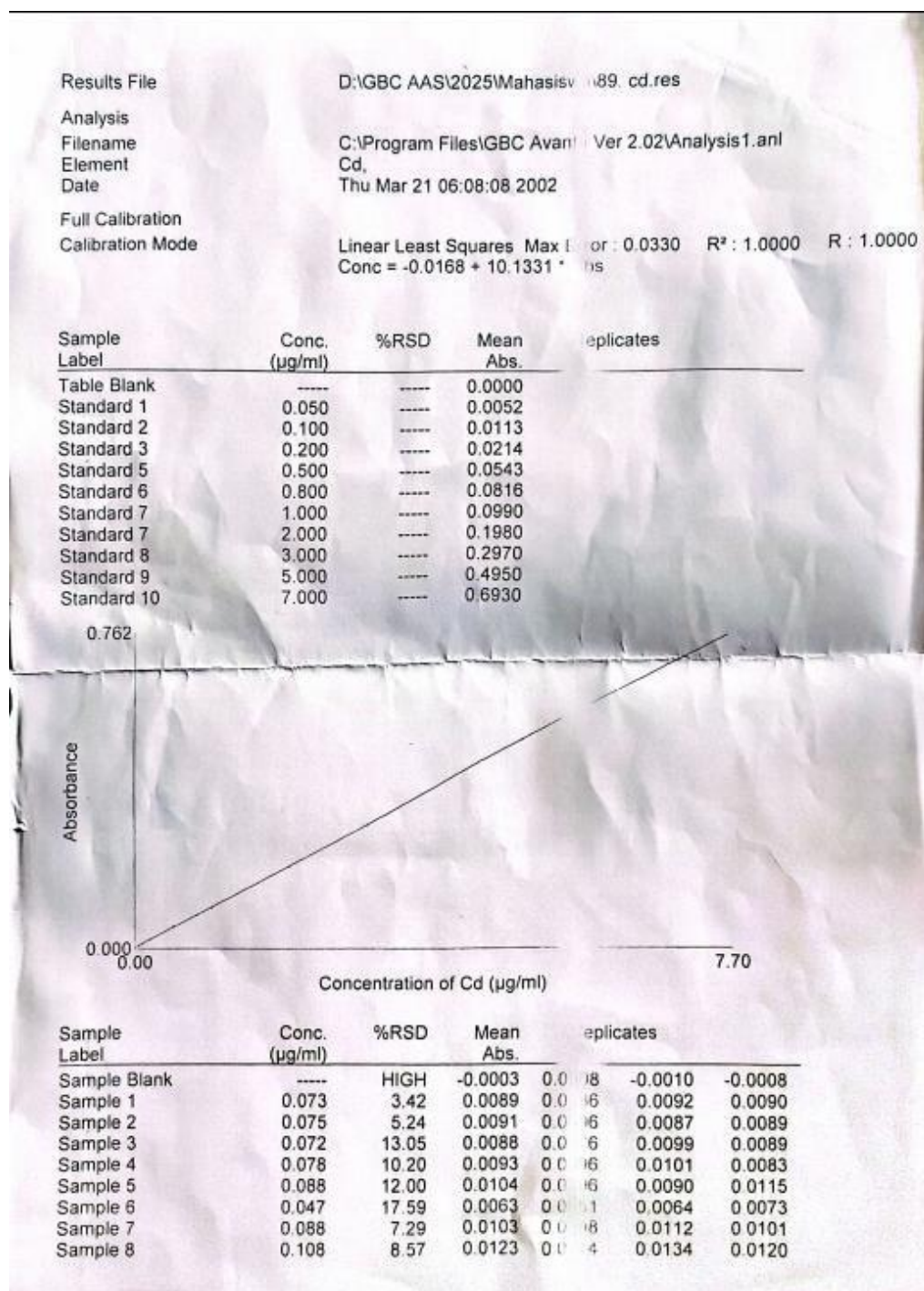
Lampiran 1 pengambilan sampel



Lampiran 2 kegiatan uji Logam berat



Lampiran 3 hasil Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Sample 8-9	0.077	4.28	0.0093	0.0089	0.0097	0.0091
Sample 8-10	0.077	6.93	0.0093	0.0090	0.0088	0.0091
Sample 8-11	0.091	3.65	0.0106	0.0100	0.0105	0.0103
Sample 10-1	0.085	6.27	0.0101	0.0103	0.0094	0.0106

RIWAYAT HIDUP



Adhitya Wicaksono atau yang biasa dipanggil Adhit lahir di Magelang, 1 Juli 2003. Anak kedua dari dua bersaudara pasangan Alm. Bapak Maruto Ciptadi dan Ibu Sri Witarsih. Penulis adalah lulusan SD Kemala Bhayangkari I, dan melanjutkan pendidikan di SMP 193 Jakarta dan kemudian melanjutkan pendidikan ke SMA 102 Jakarta. Pada akhirnya mengambil pendidikan Strata-1 di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta di program studi Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Penulis selain aktif di bidang akademik juga aktif di bidang non akademik, seperti Organizing Committee Pekan Taaruf 2022, Organizing Committee Lintas Lingkungan 2022, Steering Committee Lintas Lingkungan 2023 dan Steering Committee Pekan Taaruf 2024. Penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktik di PT Tambang Raya Usaha Tama, Kutai Barat, Kalimantan Timur.