



LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)

PADA EKOSISTEM PERSAWAHAN

**Tri Septian Maksum, S.KM., M.Kes.
Agung Nurwahid Mancu, S.KM.**

LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA EKOSISTEM PERSAWAHAN

Tri Septian Maksu, S.KM., M.Kes.
Agung Nurwahid Mancu, S.KM.



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**LOGAM BERAT KADMIUM (CD)
PADA EKOSISTEM PERSAWAHAN**

Penulis:

Tri Septian Maksum, S.KM., M.Kes.
Agung Nurwahid Mancu, S.KM.

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Tahta Media

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

viii, 114, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-634-262-242-1

Cetakan Pertama:

Juli 2026

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2026 by Tahta Media Group

All Right Reserved

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

Perumahan Mitra Utama Residence 3 Blok A no 1, Sawahan, Tempel,
Kec. Gatak, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57557

email: tahtaliterasimedia@gmail.com

website: <http://store.tahtamedia.co.id/>

Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga buku yang berjudul **“Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ekosistem Persawahan”** ini akhirnya dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai salah satu upaya untuk menghadirkan bahan bacaan dan referensi ilmiah yang membahas mengenai keberadaan logam berat kadmium dalam lingkungan pertanian, khususnya pada ekosistem persawahan.

Ekosistem persawahan merupakan sistem lingkungan yang sangat kompleks karena melibatkan interaksi antara tanah, air, tanaman, mikroorganisme, serta aktivitas manusia. Di tengah meningkatnya kebutuhan pangan dan intensifikasi pertanian modern, berbagai tekanan lingkungan mulai muncul, salah satunya adalah pencemaran logam berat. Kadmium (Cd) menjadi salah satu logam berat yang mendapat perhatian khusus karena sifatnya yang persisten, mudah terakumulasi, dan berpotensi masuk ke dalam rantai makanan melalui hasil pertanian seperti beras.

Melalui buku ini, penulis mencoba menyajikan pembahasan mengenai kadmium, mulai dari definisi dan karakteristik kadmium, sumber cemarannya di lingkungan, mekanisme pengendapan dan penyerapan dalam ekosistem persawahan, dampak terhadap lingkungan, tanaman, dan manusia, hingga strategi mitigasi dan pemulihan lahan sawah yang terkontaminasi. Selain itu, buku ini juga memuat gambaran mengenai kondisi pencemaran kadmium pada area persawahan di Indonesia berdasarkan berbagai hasil penelitian yang pernah dilakukan.

Penulis menyadari bahwa isu pencemaran logam berat dalam pertanian bukan hanya berkaitan dengan aspek lingkungan semata, tetapi juga menyangkut keamanan pangan, kesehatan masyarakat,

dan keberlanjutan sumber daya pertanian di masa depan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai dinamika kadmium di lingkungan pertanian menjadi hal yang penting, baik bagi kalangan akademisi, mahasiswa, peneliti, tenaga kesehatan lingkungan, maupun masyarakat umum.

Dalam proses penyusunan buku ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat berbagai kekurangan, baik dari segi penyajian maupun kedalaman pembahasan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan pengembangan buku ini di masa mendatang. Penulis berharap buku ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi salah satu sumber referensi yang berguna dalam memahami permasalahan logam berat kadmium pada ekosistem persawahan dan upaya pengelolaannya secara berkelanjutan.

Gorontalo, Mei 2026

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	IV
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR.....	VIII
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II LOGAM BERAT KADMIUM.....	6
A. Definisi, Sifat dan Karakteristik Kadmium	6
B. Sumber Cemaran Kadmium.....	11
BAB III MEKANISME PENGENDAPAN DAN PENYERAPAN	
KADMIUM.....	18
A. Mekanisme Pengendapan Kadmium pada Lumpur Sawah.....	18
B. Mekanisme Penyerapan Kadmium pada Tanaman Padi.....	22
BAB IV METODE PENGUJIAN KADMIUM MENGGUNAKAN	
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM	27
A. Definisi Spektrofotometri Serapan Atom	27
B. Jenis-Jenis Spektrofotometri Serapan Atom	30
C. Prinsip Kerja Spektrofotometri Serapan Atom	33
D. Kelebihan dan Kekurangan Spektrofotometri Serapan Atom..	38
E. Metode Pengujian Kadmium Menggunakan Spektrofotometri	
Serapan Atom	43
BAB V DAMPAK KADMIUM	54
A. Dampak Kadmium terhadap Lingkungan dan Ekosistem	54
B. Dampak Kadmium terhadap Tanaman Padi	58
C. Dampak Kadmium terhadap Manusia	62
BAB VI EKOSISTEM PERSAWAHAN.....	71
A. Definisi dan Karakteristik Ekosistem Persawahan.....	71
B. Komponen penyusun ekosistem persawahan	75
C. Siklus Kadmium (Cd) dalam Ekosistem Persawahan.....	79

D. Logam Berat Kadmium pada Area Persawahan di Indonesia .	83
BAB VII STRATEGI PRAKTIS MITIGASI DAN PEMULIHAN	
LAHAN SAWAH TERKONTAMINASI KADMIUM	86
A. Prinsip Dasar Mitigasi dan Pemulihan Lahan Sawah	
Terkontaminasi Kadmium	86
B. Strategi Pencegahan Masuknya Kadmium ke Ekosistem	
Persawahan	89
C. Teknologi Remediasi dan Pemulihan Lahan Sawah	
Terkontaminasi Kadmium	91
BAB VIII PENUTUP	98
DAFTAR PUSTAKA	101
PROFIL PENULIS.....	106
GLOSARIUM.....	108
INDEKS	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Logam Berat Kadmium	7
Gambar 2. Batuan Fosfat sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Pertanian.....	12
Gambar 3. Peleburan Logam pada Industri Metalurgi	14
Gambar 4. Pupuk NPK Berbasis Fosfat	16
Gambar 5. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.....	17
Gambar 6. Alur Paparan dan Distribusi Kadmium pada Ekosistem Sawah.....	21
Gambar 7. Mekanisme Penyerapan Cd pada Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) .	25
Gambar 8. <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>	28
Gambar 9. Prinsip Kerja <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>	38
Gambar 10. Efek Logam Berat pada Tanah	58
Gambar 11. Efek Kronis Paparan Cd di Dalam Tubuh Manusia.....	70
Gambar 12. Hamparan Sawah.....	72
Gambar 13. Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.)	76
Gambar 14. Proses <i>Soil Washing</i>	93
Gambar 15. Proses <i>Soil Flushing</i>	94
Gambar 16. Pemberian Kapur Dolomit pada Tanah	95

BAB I

PENDAHULUAN

Ekosistem persawahan merupakan salah satu sistem lingkungan yang memiliki peran vital dalam menopang kehidupan manusia, khususnya dalam penyediaan pangan. Di Indonesia, pemenuhan kebutuhan dasar ini berpusat pada komoditas padi (*Oryza sativa* L.), di mana bulir-bulir beras bukan sekadar pengisi piring makan, melainkan pilar utama yang menggerakkan stabilitas ekonomi, sosial, dan ketahanan nasional. Sawah tidak hanya berfungsi sebagai tempat budidaya, tetapi juga menjadi ruang berlangsungnya berbagai proses fisik, kimia, dan biologis yang saling berinteraksi secara dinamis. Namun, seiring dengan lonjakan populasi yang menuntut ketersediaan pangan secara masif, sektor pertanian dipaksa meningkatkan produktivitas hasil panen secara cepat melalui intensifikasi pertanian yang tidak terkendali, seperti penggunaan pupuk sintetis dan pestisida komersial dari musim ke musim.

Di balik hamparan hijau persawahan yang menjanjikan kelimpahan pangan, terdapat ancaman lingkungan serius yang mengancam ekosistem dan kesehatan. Pola bertani yang terlalu bergantung pada penambahan bahan kimia serta penurunan kualitas lingkungan global secara perlahan telah menyebabkan masuknya zat asing yang berbahaya ke dalam tanah, salah satunya adalah logam berat kadmium (Cd). Berbeda dengan pencemar organik yang sebagian besar dapat mengalami degradasi secara alami, logam berat memiliki karakteristik yang cenderung menetap dan persisten dalam lingkungan. Kehadiran kadmium di lingkungan persawahan menjadi salah satu isu toksikologi lingkungan yang paling krusial karena unsur

logam berat ini sama sekali tidak memiliki fungsi fisiologis maupun esensial bagi mikroorganisme tanah, tanaman, maupun tubuh manusia.

Masuknya kadmium ke dalam ekosistem persawahan secara garis besar dipengaruhi oleh dua jalur utama yang saling berkaitan, yaitu proses alami geogenik dan aktivitas antropogenik manusia yang semakin intensif. Secara alami, logam berat ini sudah terdapat di lingkungan, baik di dalam tanah, batuan, maupun atmosfer, yang menyebar melalui proses pelapukan batuan induk bumi atau aktivitas geologis lainnya. Namun, kontribusi terbesar yang mempercepat laju distribusi dan pencemaran justru lahir dari tangan manusia sendiri, salah satunya melalui aktivitas pertanian modern seperti penggunaan pupuk fosfat dalam dosis tinggi secara terus-menerus. Batuan fosfat alami yang menjadi bahan baku pupuk fosfat, secara alami mengandung logam berat kadmium sebagai unsur pengotornya, sehingga setiap kali pemupukan dilakukan, secara tidak langsung logam berat beracun ini sedang ditabung di dalam tanah melalui proses pemupukan di area persawahan.

Selain dari aplikasi pupuk dan bahan kimia pertanian, aliran air irigasi yang mengalir di hamparan sawah juga memegang peran penting dalam memperluas sebaran kontaminan ini. Sumber air yang telah melewati kawasan industri, pertambangan, transportasi, maupun wilayah domestik perkotaan sering kali membawa limbah yang kaya akan kandungan logam berat. Ketika air yang telah mengalami penurunan kualitas tersebut dialirkan ke area pertanian, dapat menyebabkan pencemaran logam berat Kadmium ke area pertanian melalui jalur irigasi. Akibatnya, zona perakaran tanaman menjadi bagian yang sangat rentan karena langsung bersentuhan dengan konsentrasi kadmium yang terus meningkat dan terakumulasi secara bertahap dari waktu ke waktu.

Kondisi akumulasi ini menjadi semakin kompleks dan menarik untuk dipahami karena ekosistem persawahan memiliki karakteristik hidrologi unik yang membedakannya dari sistem pertanian lahan kering. Lahan sawah secara periodik mengalami siklus penggenangan (*flooding*) dan pengeringan (*drying*) yang diatur sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman padi. Perubahan kondisi air ini bertindak seperti sakelar kimia yang mengubah sifat fisik dan kimia tanah, termasuk tingkat keasaman (pH), kandungan bahan organik, tekstur tanah, kapasitas tukar kation, serta potensial redoks. Dinamika perubahan inilah yang pada akhirnya mengontrol perilaku kadmium di dalam lingkungan, menentukan apakah logam tersebut akan mengalami pengendapan pada media tanam atau justru dilepaskan kembali menjadi bentuk yang lebih *mobile* sehingga meningkatkan daya serap logam ini pada tanaman padi.

Ketika tanah berada dalam kondisi tertentu, seperti saat kondisi pHnya rendah (asam), ikatan kimia yang mengikat kadmium pada partikel tanah dapat melemah, menyebabkannya berubah wujud menjadi ion bebas yang larut dalam air tanah. Fase inilah yang disebut sebagai kondisi tersedia secara hayati (*bioavailable*), di mana kadmium berada dalam wujud yang paling mudah diserap oleh tanaman padi. Sebaliknya, ketika tanah berada dalam kondisi pH yang lebih tinggi (basa), ketersediaan kadmium di dalam tanah umumnya cenderung menurun. Pada kondisi ini, ion kadmium lebih mudah berikatan dengan partikel tanah, bahan organik, mineral liat, serta membentuk senyawa yang relatif tidak larut seperti hidroksida atau karbonat. Ikatan tersebut menyebabkan mobilitas kadmium di dalam larutan tanah menjadi lebih rendah sehingga konsentrasi ion bebas yang tersedia untuk diserap oleh akar tanaman berkurang.

Selain itu, struktur ion kadmium (Cd^{2+}) memiliki kemiripan muatan listrik dan jari-jari ionik dengan unsur hara mikro esensial

yang sangat dibutuhkan oleh tanaman padi untuk tumbuh, seperti seng (Zn^{2+}), kalsium (Ca^{2+}) dan besi (Fe^{2+}). Akibat kemiripan karakteristik tersebut, sistem transportasi fisiologis pada akar tanaman padi sering kali terkecoh ketika menyerap unsur dari lingkungan. Akar tanaman tidak memiliki mekanisme penyaringan yang cukup spesifik untuk membedakan antara nutrisi esensial yang dibutuhkan dengan logam non-esensial seperti kadmium. Akibatnya, kadmium diserap secara aktif oleh serabut akar, masuk ke dalam jaringan pembuluh, dan secara bertahap ditranslokasikan menuju bagian atas tanaman. Logam ini bergerak dari akar, batang, daun, hingga akhirnya mencapai dan mengendap di dalam bulir-bulir beras. Proses penyerapan dan perpindahan ini berjalan tanpa mengubah tampilan fisik tanaman secara mencolok jika konsentrasinya berada di bawah ambang batas fitotoksik, sehingga tanaman padi tetap terlihat tumbuh subur dengan bulir yang tampak normal.

Letak bahaya terbesar dari kontaminasi kadmium pada padi, terletak pada sifatnya yang tidak kasatmata serta tidak mengubah rasa, aroma, maupun warna dari beras yang dihasilkan. Bulir beras yang telah mengakumulasi kadmium dari dalam tanah tersebut kemudian dipanen, digiling, dan berakhir di piring makan masyarakat sebagai bahan pangan pokok harian. Melalui jalur konsumsi inilah kadmium memulai perjalanan berbahayanya di dalam rantai makanan (*food chain*), berpindah dari lingkungan tak hidup ke dalam sistem biologis manusia. Hal ini memicu kekhawatiran besar di bidang kesehatan masyarakat, karena produk pertanian merupakan salah satu jalur utama paparan polutan lingkungan yang berbahaya dan bisa berdampak bagi populasi manusia dalam skala luas.

Saat manusia mengonsumsi nasi yang berasal dari beras yang terkontaminasi kadmium secara terus-menerus dalam jangka panjang, tubuh tidak memiliki sistem ekskresi yang cukup efektif

untuk mengeluarkan logam berat ini. Kadmium yang masuk melalui saluran pencernaan akan diserap, berikatan dengan protein khusus, dan didistribusikan ke seluruh tubuh melalui aliran darah. Organ tubuh yang menjadi tempat pengendapan utama dari logam ini adalah ginjal dan hati, di mana kadmium akan menetap dengan waktu paruh (*half-life*) yang sangat panjang, berkisar antara sepuluh hingga tiga puluh tahun. Paparan kronis yang terakumulasi secara bertahap ini secara perlahan akan merusak fungsi filtrasi renal dan memicu berbagai komplikasi kesehatan yang fatal bagi manusia.

Risiko kesehatan akibat paparan kronis kadmium ini telah tercatat dalam sejarah kelam dunia lewat tragedi penyakit *Itai-itai* di Jepang, di mana masyarakat mengalami kerusakan tulang akut, pengeroposan, dan gagal ginjal parah akibat mengonsumsi beras dari sawah yang tercemar kadmium. Selain merusak sistem skeletal dan renal, kadmium juga dikategorikan sebagai senyawa karsinogenik grup 1 yang dapat memicu kanker. Oleh karena itu, pembahasan mengenai kadmium di ekosistem persawahan menjadi sangat relevan di tengah meningkatkan kebutuhan pangan. Kajian mengenai sumber, dinamika sifat dan perilaku, dan pengelolaan logam berat ini menjadi bagian krusial dalam upaya menjaga keberlanjutan kualitas lingkungan pertanian sekaligus menjamin keamanan pangan (*food safety*) demi melindungi generasi masa depan.

BAB II

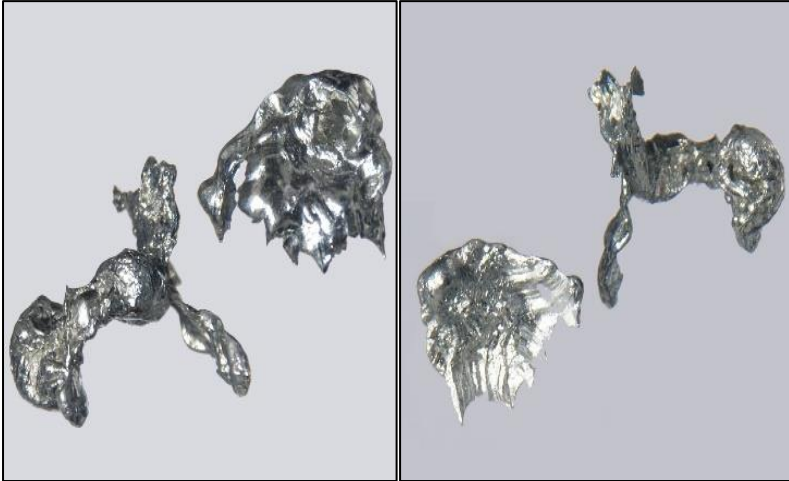
LOGAM BERAT KADMIUM

A. DEFINISI, SIFAT DAN KARAKTERISTIK KADMIUM

Kadmium (Cd) merupakan salah satu unsur logam berat yang banyak mendapat perhatian dalam kajian lingkungan karena sifat toksiknya serta kemampuannya bertahan dalam lingkungan dalam jangka waktu yang sangat panjang. Secara terminologi ilmiah, kadmium adalah unsur kimia yang termasuk ke dalam golongan 12 (IIB) dan periode 5 pada tabel periodik unsur, dengan nomor atom 48 dan massa atom sebesar 112,41 g/mol. Nama kadmium berasal dari Bahasa Latin *cadmia* dan bahasa Yunani *kadmeia*, yang pada masa lampau digunakan untuk menyebut mineral kalamina atau seng karbonat (ZnCO_3). Unsur ini pertama kali diidentifikasi dan diisolasi pada tahun 1817 oleh seorang kimiawan asal Jerman, Friedrich Stromeyer, ketika menemukan adanya pengotor (impuritas) pada sampel seng oksida. Penemuan tersebut sekaligus menunjukkan hubungan erat antara kadmium dan seng, karena hingga saat ini kadmium di alam hampir selalu ditemukan berasosiasi dengan mineral seng.

Sebagai logam murni, kadmium memiliki karakteristik fisik berupa warna putih keperakan dan permukaan yang mengilap. Logam ini tergolong lunak, mudah dipotong, memiliki sifat dapat ditempa (*malleable*) serta dapat diregangkan (*ductile*). Jika diukur menggunakan skala Mohs, tingkat kekerasan kadmium adalah 2,0, angka ini menunjukkan bahwa logam ini cukup lunak memungkinkan logam kadmium dapat dipotong menggunakan alat sederhana, seperti

pisau maupun gergaji tangan. Selain itu, kadmium juga dikenal cukup tahan terhadap korosi karena permukaannya dapat membentuk lapisan oksida tipis yang berfungsi sebagai pelindung alami terhadap kerusakan lebih lanjut.



Gambar 1. Logam berat Kadmium

Sumber: Chemical Elements – Cadmium, 2016

Dari aspek fisika dan termal, kadmium memiliki titik leleh sekitar $321,1^{\circ}\text{C}$ dan titik didih sekitar 767°C . Nilai tersebut tergolong relatif rendah dibandingkan beberapa logam transisi lainnya sehingga kadmium lebih mudah mengalami penguapan pada suhu tinggi. Kadmium memiliki densitas sekitar $8,65\text{ g/cm}^3$ pada suhu ruang, yang menempatkannya ke dalam kategori logam berat karena massa jenisnya melebihi ambang umum logam berat, yaitu 5 g/cm^3 . Pada kondisi industri yang melibatkan pemanasan tinggi, kadmium dapat membentuk uap dan mengalami oksidasi menghasilkan kadmium oksida (CdO) yang bersifat sangat toksik apabila terhirup.

Secara kimiawi, kadmium memiliki kemiripan sifat dengan unsur-unsur segolongannya, terutama seng (Zn) dan merkuri (Hg). Dalam sebagian besar reaksi kimia dan pembentukan senyawa di lingkungan, kadmium hampir selalu berada pada bilangan oksidasi +2

dalam bentuk ion Cd^{2+} . Bentuk oksidasi lain sangat jarang ditemukan dan umumnya tidak stabil. Dalam kondisi udara lembap, permukaan logam kadmium secara perlahan membentuk lapisan kadmium oksida yang melindungi logam dari korosi. Sifat tahan korosi ini menyebabkan kadmium pada masa lalu banyak dimanfaatkan sebagai pelapis logam (*electroplating*).

Selain digunakan dalam industri logam sebagai bahan pelapis (*electroplating*), kadmium juga sering digunakan sebagai bahan pewarna, pembuatan baterai, serta berbagai aplikasi industri lainnya. Dalam industri manufaktur, senyawa kadmium dimanfaatkan sebagai pigmen untuk menghasilkan warna kuning, merah, dan oranye pada plastik, kaca, keramik, serta cat karena memiliki stabilitas warna yang tinggi. Kadmium juga pernah menjadi komponen utama dalam baterai isi ulang jenis nikel-kadmium (*nickel-cadmium battery*) yang dikenal memiliki daya tahan dan kemampuan pengisian ulang yang baik. Selain itu, sifat kadmium yang tahan korosi dan memiliki konduktivitas tertentu menjadikannya digunakan dalam produksi paduan logam, bahan semikonduktor, hingga komponen elektronik. Namun demikian, seiring meningkatnya pemahaman mengenai dampak toksik dan risiko pencemaran lingkungan yang ditimbulkan, penggunaan kadmium di berbagai sektor industri mulai dibatasi dan secara bertahap digantikan oleh bahan alternatif yang dinilai lebih aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Di alam, kadmium jarang ditemukan dalam bentuk unsur bebas. Unsur ini umumnya berada bersama mineral yang mengandung seng, timbal, dan tembaga sehingga sering diperoleh sebagai produk sampingan dari proses penambangan dan pemurnian logam tersebut. Kadmium dapat ditemukan pada berbagai kompartemen lingkungan seperti batuan, sedimen, tanah, air permukaan, air tanah, dan atmosfer dalam konsentrasi yang bervariasi. Selain itu dalam proses pembuatan

pupuk berbasis fosfat yang sering digunakan di sektor pertanian, kadmium sering kali ikut terbawa sebagai unsur pengotor (*impurity*) yang secara alami terkandung di dalam batuan fosfat sebagai bahan baku utama pupuk fosfat. Kandungan kadmium tersebut umumnya tidak hilang seluruhnya selama proses produksi sehingga dapat tetap berada di dalam produk pupuk yang dihasilkan. Walaupun keberadaan kadmium secara alami relatif kecil, aktivitas manusia telah meningkatkan pelepasan dan akumulasi kadmium di lingkungan secara signifikan.

Salah satu karakteristik paling penting dari kadmium dalam kajian lingkungan adalah sifat persistennya. Persistensi menggambarkan kemampuan suatu zat untuk tetap berada di lingkungan dalam waktu yang lama tanpa mengalami degradasi. Berbeda dengan banyak senyawa organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme atau reaksi kimia alami, kadmium sebagai unsur logam tidak dapat dihancurkan menjadi bentuk yang lebih sederhana. Kadmium hanya dapat mengalami perubahan bentuk kimia atau berpindah dari satu media ke media lain, misalnya dari tanah ke air, dari air ke tanaman, dan selanjutnya ke organisme yang mengonsumsinya.

Selain persisten, kadmium juga memiliki sifat mobilitas yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Dalam tanah, pergerakan kadmium dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH), kandungan bahan organik, kapasitas tukar kation, tekstur tanah, kondisi oksidasi-reduksi (redoks), serta interaksi dengan unsur lain. Pada kondisi tanah yang lebih asam, ikatan antara kadmium dan partikel tanah cenderung melemah sehingga ion Cd^{2+} menjadi lebih mudah larut dan mudah berpindah (*mobile*). Sebaliknya, pada kondisi tanah yang memiliki pH yang tinggi (basa), kadmium lebih cenderung membentuk senyawa seperti kadmium karbonat (CdCO_3) atau

kadmium hidroksida (CdOH_2) yang relatif sukar larut sehingga lebih terikat pada tanah.

Karakteristik lain yang sangat penting adalah bioavailabilitas, yaitu kemampuan kadmium untuk tersedia dan dapat diserap oleh organisme hidup. Tidak seluruh kadmium yang terdapat di lingkungan dapat langsung masuk ke dalam tubuh organisme. Hanya fraksi kadmium yang berada dalam bentuk tersedia secara hayati (*bioavailable*) yang dapat diserap melalui akar tanaman atau masuk ke jaringan organisme lain. Oleh karena itu, konsentrasi total kadmium di lingkungan tidak selalu menunjukkan tingkat risiko yang sama apabila kondisi lingkungannya berbeda.

Dari sudut pandang biologis, kadmium termasuk logam non-esensial, yang berarti tidak memiliki fungsi fisiologis bagi manusia, hewan, maupun sebagian besar tumbuhan. Berbeda dengan logam lain seperti besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu), atau mangan (Mn) yang dibutuhkan sebagai bagian dari proses metabolisme normal, keberadaan kadmium di dalam sistem biologis justru bersifat mengganggu. Kadmium sering digolongkan sebagai zat xenobiotik, yaitu zat asing yang dapat memicu gangguan fungsi biologis ketika masuk ke dalam tubuh organisme. Bahaya kadmium semakin meningkat karena ion Cd^{2+} memiliki kemiripan ukuran dan muatan dengan beberapa unsur hara esensial, terutama seng (Zn^{2+}) dan kalsium (Ca^{2+}). Jari-jari ionik kadmium yang mendekati ion kalsium memungkinkan logam ini melakukan fenomena yang dikenal sebagai *chemical mimicry* atau penyamaran kimiawi. Dalam kondisi tersebut, kadmium dapat menggantikan posisi unsur esensial pada reseptor sel, saluran ion, dan pusat aktif enzim. Akibatnya, berbagai proses metabolisme normal dapat terganggu meskipun konsentrasi kadmium yang masuk relatif kecil.

Karakteristik terakhir yang menjadikan kadmium sebagai salah satu polutan paling penting dalam toksikologi lingkungan adalah kemampuannya untuk mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi. Bioakumulasi terjadi ketika kadmium masuk dan tertahan di dalam jaringan organisme lebih cepat dibandingkan proses pengeluarannya. Setelah masuk ke dalam tubuh, kadmium memiliki afinitas tinggi terhadap gugus sulfhidril (-SH) pada protein sehingga membentuk ikatan yang sangat stabil dan sulit dieliminasi. Akibatnya, kadmium dapat terakumulasi dalam organ seperti ginjal dan hati selama bertahun-tahun. Selain itu, kadmium juga dapat mengalami biomagnifikasi, yaitu peningkatan konsentrasi sepanjang rantai makanan, sehingga paparan pada tingkat trofik yang lebih tinggi dapat menjadi lebih besar dibandingkan konsentrasi awal di lingkungan. Karakteristik fisik, kimia, dan biologis tersebut menjadikan kadmium bukan sekadar unsur logam biasa, melainkan kontaminan lingkungan yang memiliki perilaku kompleks dan perlu dipahami secara mendalam, terutama dalam konteks ekosistem persawahan dan keamanan pangan.

B. SUMBER CEMARAN KADMIUM

Keberadaan kadmium (Cd) di lingkungan tidak muncul dari satu sumber tunggal, melainkan berasal dari interaksi berbagai proses alami dan aktivitas manusia yang berlangsung secara terus-menerus. Sebagai salah satu unsur penyusun kerak bumi, kadmium secara alami telah menjadi bagian dari siklus geokimia global sejak terbentuknya bumi. Namun, peningkatan konsentrasinya di berbagai kompartemen lingkungan dalam beberapa dekade terakhir lebih banyak dikaitkan dengan aktivitas antropogenik yang mempercepat pelepasan dan akumulasi logam berat ini. Berbeda dengan banyak pencemar lain yang dapat mengalami degradasi secara biologis, kadmium memiliki

sifat persisten sehingga mampu bertahan dalam waktu yang sangat panjang, mudah berpindah antar media lingkungan, dan pada akhirnya memasuki rantai makanan. Secara umum, sumber cemaran kadmium dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu sumber alami (*natural sources*) dan sumber antropogenik (*anthropogenic sources*).

1. Sumber Alami (*Natural Sources*)

Secara alami, kadmium berasal dari proses geologis yang telah berlangsung selama jutaan tahun. Kadmium tersebar di kerak bumi dalam konsentrasi relatif rendah dan umumnya ditemukan berasosiasi dengan mineral seng (Zn), timbal (Pb), dan tembaga (Cu). Konsentrasi alami kadmium di tanah umumnya berada pada tingkat yang rendah dan masih berada dalam batas keseimbangan lingkungan.

Salah satu sumber alami utama kadmium adalah pelapukan batuan (*weathering*). Proses ini dapat berlangsung secara mekanis maupun kimiawi akibat pengaruh air, perubahan suhu, angin, aktivitas biologis, serta reaksi geokimia alami. Batuan beku, batuan metamorf, dan terutama batuan sedimen serta batuan fosfat alami diketahui menjadi reservoir penyimpan kadmium di alam. Ketika batuan mengalami pelapukan, sebagian kandungan kadmium dilepaskan ke lingkungan dan masuk ke tanah, sedimen, maupun badan air.



Gambar 2. Batuan Fosfat sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Pertanian

Sumber: U.S. Geological Survey, 2025

Selain pelapukan batuan, aktivitas vulkanisme juga menjadi jalur alami pelepasan kadmium ke lingkungan. Letusan gunung api membawa berbagai unsur logam dari lapisan dalam bumi menuju atmosfer dalam bentuk gas, abu, dan partikel halus. Material tersebut kemudian mengalami deposisi melalui hujan atau sedimentasi dan kembali memasuki tanah serta perairan. Aktivitas vulkanik dalam jangka panjang turut menentukan kadar dasar (*background concentration*) kadmium pada suatu wilayah.

Proses alami lainnya yang berperan dalam distribusi kadmium meliputi erosi tanah, transport sedimen, siklus hidrologi, kebakaran hutan, serta perpindahan aerosol laut. Partikel tanah yang tererosi dapat membawa kandungan logam menuju sungai, danau, maupun lahan pertanian di sekitarnya. Sementara itu, kebakaran vegetasi dan semburan partikel garam laut yang terbawa angin juga dapat menjadi jalur sekunder yang mendistribusikan kadmium ke atmosfer sebelum akhirnya kembali mengendap ke permukaan bumi.

Meskipun seluruh proses geogenik tersebut terus berlangsung secara alami, kontribusi sumber alami umumnya masih berada dalam kapasitas yang dapat ditoleransi oleh lingkungan karena pelepasannya berlangsung lambat dan kadmium cenderung berada dalam bentuk yang relatif stabil.

2. Sumber Antropogenik (*Anthropogenic Sources*)

Perubahan besar dalam dinamika pencemaran kadmium mulai terjadi sejak berkembangnya aktivitas industri dan modernisasi. Saat ini, aktivitas manusia dipandang sebagai penyumbang utama peningkatan konsentrasi kadmium di lingkungan. Berbagai kegiatan industri, pertanian, energi, dan transportasi telah mempercepat pelepasan kadmium ke lingkungan.

a. Aktivitas Pertambangan dan Metalurgi

Kegiatan pertambangan dan pengolahan logam merupakan salah satu sumber antropogenik paling signifikan terhadap pelepasan kadmium. Karena kadmium hampir selalu ditemukan bersama bijih seng, timbal, dan tembaga, proses ekstraksi dan pemurnian logam tersebut secara otomatis juga melepaskan kadmium.



Gambar 3. Peleburan Logam pada Industri Metalurgi

Sumber: Bruker, 2026

b. Aktivitas Industri dan Manufaktur

Perkembangan industri modern turut memperluas sumber pencemaran kadmium melalui berbagai sektor produksi. Kadmium digunakan maupun dihasilkan sebagai produk samping pada industri baterai nikel-kadmium (Ni-Cd), pelapisan logam (*electroplating*), produksi pigmen warna, produk semikonduktor, elektronik, serta berbagai industri kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K., & Adifa, F. (2025). Peran Fitoremediasi dalam Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat: Tinjauan Mekanisme dan Aplikasi. *Jurnal Greenation Ilmu Teknik*, 3(2), 58–65.
- Arruebarrena, M. A., Hawe, C. T., Lee, Y. M., & Branco, R. C. (2023). Mechanisms of Cadmium Neurotoxicity. *International Journal of Molecular Sciences* 24(23).
- Botani Agriculture Landscape. (2022). *Pupuk NPK Phonska Plus 15-15-15*.
- Branca, J. J. V., Fiorillo, C., Carrino, D., Paternostro, F., Taddei, N., Gulisano, M., Pacini, A., & Becatti, M. (2020). Cadmium-Induced Oxidative Stress: Focus on the Central Nervous System. *MDPI Antioxidants* 9(6). 1–21.
- Bruker. (2026). *Mining Processing*.
- Buha, A., Dukić-Ćosić, D., Ćurčić, M., Bulat, Z., Antonijević, B., Moulis, J. M., Goumenou, M., & Wallace, D. (2020). Emerging Links Between Cadmium Exposure And Insulin Resistance: Human, Animal, And Cell Study Data. *MDPI Toxics* 8(3).
- Chemical Elements - Cadmium. (2016).
- Cheng, C., Ma, H., Liu, G., Fan, S., & Guo, Z. (2022). Mechanism of Cadmium Exposure Induced Hepatotoxicity in the Mud Crab (*Scylla Paramamosain*): Activation of Oxidative Stress and Nrf2 Signaling Pathway. *MDPI Antioxidants*, 11(5).
- Cirovic, A., Milovanovic, P., & Satarug, S. (2026). Cadmium, Iron Deficiency Anemia and Hypophosphatemic Osteomalacia Due to Intravenous Iron Supplementation. *MDPI Biomedicines* 14(2).
- Davidova, S., Milushev, V., & Satchanska, G. (2024). The Mechanisms of Cadmium Toxicity in Living Organisms. *MDPI Toxics*. 12(12).
- Environesia. (2025). *Gas Buang Kendaraan: Penyebab Utama Polusi Udara Kota*.
- Fanfani, A., Papini, S., Bortolotti, E., Vagnoni, G., Saieva, C., Bonaccorsi, G., & Caini, S. (2024). Cadmium In Biological Samples And Site-Specific Cancer Risk And Mortality: A

- Systematic Review Of Original Articles And Meta-Analyses. *Cancer Epidemiology*. 92.
- Gusiatin, Z. M., Kulikowska, D., & Klik, B. (2020). New-Generation Washing Agents In Remediation Of Metal-Polluted Soils And Methods For Washing Effluent Treatment: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(17). 1–19.
- Jagad Tani. (2020). *Pengapuran Tanah*.
- Jaya, F. S., & Prasetya, A. T. (2025). Validation of the Analytical Method for Cadmium (Cd) in Rice (*Oryza Sativa*) Using the SNI 6989-84:2019. *Indonesian Journal of Chemical Science*, (2), 88–93.
- Junila Aulia, A., Ridwan, I., & Tambung, A. (2023). Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah Tamangapa di Kota Makassar Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk Budidaya Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Lanskap Dan Lingkungan*, 1(2), 2–16.
- Kwon, J., Ji, M.-K., Kumar, R., & Islam, Md. M. (2023). Recent Advancement In Enhanced Soil Flushing For Remediation Of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soil: A State-Of-The-Art Review. *Springer*. 22(3).
- Lamas, G. A., Bhatnagar, A., Jones, M. R., Mann, K. K., Nasir, K., Tellez-Plaza, M., Ujueta, F., & Navas-Acien, A. (2023). Contaminant Metals as Cardiovascular Risk Factors: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Journal of the American Heart Association*, 12(13).
- Li, Z., Yao, Y. X., Lu, X., Peng, K., He, Y. Z., Liu, Z. B., Zhao, H., Wang, H., Xu, D. X., & Tan, Z. X. (2024). Short-Term Respiratory Cadmium Exposure Partially Activates Pulmonary NLRP3 Inflammasome By Inducing Ferroptosis In Mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 285.
- Liang, T., Zhou, G., Chang, D., Ma, Z., Gao, S., Nie, J., Liao, Y., Lu, Y., Fan, H., Zou, C., & Cao, W. (2024). The Dissolved Organic Matter from the Co-Decomposition of Chinese Milk Vetch and

- Rice Straw Induces the Strengthening of Cd Remediation by Fe. *Biochar*, 6(27), 1–20.
- Lin, X., Xu, Y., Tong, T., Zhang, J., He, H., Yang, L., Deng, P., Yu, Z., Pi, H., Hong, H., & Zhou, Z. (2023). Cadmium Exposure Disturbs Myocardial Lipid Signature and Induces Inflammation in Mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 265.
- Mancu, A. N., Jusuf, H., & Maksum, T. S. (2026). Identifikasi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Lumpur Sawah dan Beras (*Oryza sativa* L.) dari Lahan Sawah di Sekitar Perairan Danau Limboto. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*.
- Mariem, S. (2022). Mitigasi Cekaman Kadmium (Cd) pada Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.): Pendekatan Fisiologi dan Molekuler. *Berita Biologi Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 22(1), 61–1275.
- Mendoza-muñoz, M., Carlos-vivas, J., Villafaina, S., Parraca, J. A., Vega-muñoz, A., Contreras-barraza, N., & Raimundo, A. (2022). Effects of a Physical Literacy Breaks (Plbreaks) Program on Physical Literacy and Body Composition in Portuguese Schoolchildren: A Study Protocol. *Biology*, 11(6).
- Mulyani, O., Sudirja, R., Solihin, E., Sara, D. S., & Husein, A. Y. (2025). Pengembangan Kesehatan Tanah Berbasis Zeolit: Strategi Perbaikan Sifat Kimia Tanah Secara Berkelanjutan. *Soilrens*, 23(1), 1–11.
- Mutiara, C., Redu, I., & Hutubessy, J. I. B. (2020). Analisis Ketersediaan Kadmium di Tanah dan Beras Yang Berasal dari Desa Detusoko Barat. *AGRICA*, 13(2), 117–124.
- Nordberg, M., & Nordberg, G. F. (2022). Metallothionein and Cadmium Toxicology—Historical Review and Commentary. *MDPI Biomolecules* 12(3).
- Nungula, E. Z., Raza, M. A., Nasar, J., Maitra, S., Seleiman, M. F., Ranjan, S., Padhan, S. R., Sow, S., Gaikwad, D. J., & Gitari, H. H. (2024). Cadmium in Soil and Plants: A Review. *Springer Water*.
- Peana, M., Pelucelli, A., Chasapis, C. T., Perlepes, S. P., Bekiari, V., Medici, S., & Zoroddu, M. A. (2023). Biological Effects of

- Human Exposure to Environmental Cadmium. *MDPI Biomolecules* 13(1).
- Portal Informasi Indonesia. (2023). *Gamagora 7, Varietas Padi Baru Tahan Hama*.
- Purnama, G. W., Permana, A. A. J., Ananda K. N., Purnami, N. L. I., Nugraha, G. N. A., & Yogi, I. B. S. M. (2024). Implementasi Sistem Pakar untuk Klasifikasi Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.). *JPTE: Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 13(2), 2599–1493.
- Saqr, A. M., Pant, R. R., Alao, J. O., Chaurasia, P. K., Abdelkebir, B., & Abd-Elmaboud, M. E. (2025). Soil Remediation Through Washing And Flushing: Bibliometric Trends, Technical Review, And Future Prospects. *Environmental Earth Sciences* 84(401).
- Saraswati, D., & Susilowati, L. E. (2026). Dinamika Pencemaran Tanah oleh Logam Berat dan Potensi Bioremediasi sebagai Strategi Pemulihan Lingkungan di Pulau Lombok: Tinjauan Literatur. *Jurnal Zona*, 10(1), 41–50.
- Serikat Petani Indonesia. (2015). *Hamparan Sawah*.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 8910 Tahun 2021 Tentang Cara Uji Kadar Logam Dalam Contoh Uji Limbah Padat, Sedimen, Dan Tanah Dengan Metode Destruksi Asam Menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA)-Nyala.
- Standar Nasional Indonesia SNI 6989-84 Tahun 2019 Tentang Air dan Air Limbah–Bagian 84: Cara Uji Kadar Logam Terlarut dan Logam Total Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala.
- Sukarjo, S., Zulaehah, I., Harsanti, E., & Ardiwinata, A. (2021). Penilaian Spasial Potensi Risiko Ekologis Logam Berat di Lapisan Olah Tanah Sawah DAS Serayu Hilir, Jawa Tengah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 45(1), 69-77
- Sutrisno, & Kuntastyuti, H. (2015). Pengelolaan Cemaran Kadmium pada Lahan Pertanian di Indonesia. *Buletin Palawija*, 13(1), 89–91.

- Ulfa, R. F. (2018). Analisis Kadar Kadmium pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang Menggunakan Metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA).
- Underwood, A. L., & Day R. A. (2001). *Analisis Kimia Kuantitatif* (6th ed.). Erlangga.
- UPT Laboratorium Terpadu UNS. (2026). *Atomic Absorbsion Spectrophotometry (AAS) Shimadzu*.
- U.S. Geological Survey. (2025). *Phosphate Rock*.
- Verma, M., Garg, M., Khan, A. S., Yadav, P., Rahman, S. S., Ali, A., & Kamthan, M. (2024). Cadmium Modulates Intestinal Wnt/B-Catenin Signaling Ensuing Intestinal Barrier Disruption And Systemic Inflammation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 277.
- Wang, Z., Sun, Y., Yao, W., Ba, Q., & Wang, H. (2021). Effects of Cadmium Exposure on the Immune System and Immunoregulation. *Frontiers in Immunology* 12.
- Wangge, E., Sito, E., & Mutiara, C. (2022). Uji Kadar Cemar Logam Berat Kadmium Dari Dalam Tanah Sawah Dan Beras (*Oryza sativa* L.) Di Kelurahan Lape Kecamatan Aesesa Kabupaten Nagekeo. *AGRICA*, 14(2), 152–157.
- Wihardjaka, A., & Harsanti, E. S. (2018). Konsentrasi Kadmium (Cd) dalam Gabah Padi dan Tanah Sawah Tadah Hujan Akibat Pemberian Pupuk Secara Rutin. *Ecolab*, 12(1), 1–52.
- Zhang, J., Zhu, Y., Yu, L., Yang, M., Zou, X., Yin, C., & Lin, Y. (2022). Research Advances in Cadmium Uptake, Transport and Resistance in Rice (*Oryza sativa* L.). *MDPI Cells*, 11(3), 1–15.
- Zou, W., Zhu, Y., Li, J., Chen, Y., Meng, L., Ye, G., & Shi, C. (2026). Molecular Mechanisms of Cadmium Uptake, Translocation and Detoxification in Rice: Implications for Breeding Cd-Safe Varieties. *Plant Stress*, 20(2), 1–15.

PROFIL PENULIS



Tri Septian Maksum, S.KM., M.Kes.

Penulis lahir di Gorontalo pada 3 September 1991 dan memiliki minat pada Kesehatan Masyarakat, khususnya Kesehatan Lingkungan. Pendidikan ditempuh di S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo (2013), dan S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar (2017). Saat ini penulis adalah dosen tetap di Universitas Negeri Gorontalo, aktif sebagai Ketua Jurusan Kesehatan Masyarakat, pernah menjadi pengurus IAKMI Provinsi Gorontalo (2019–2022). Kegiatan akademik meliputi pengajaran mata kuliah Kesehatan Lingkungan Dasar, Keamanan Pangan, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, Pengendalian Penyakit Tular Vektor dan Zoonosis Disease, serta Pengelolaan Limbah, disertai aktivitas publikasi ilmiah, penulisan buku ajar, dan *book chapter*.

Karya Tulis:

1. The Efficacy of *Cymbopogon nardus* (Citronella) Leaf Extract Biolarvicide on the Mortality of Third Instar Larvae of Malaria Vector (Jurnal Scopus)
2. Entomologi & Pengendalian Vektor Penyakit (Buku Referensi)
3. Analisis Risiko Bahan Kimia Melalui Pendekatan ARKL (Buku Referensi)



Agung Nurwahid Mancu, S.KM.

Penulis lahir di Kabupaten Gorontalo pada tanggal 31 Juli 2003, berjenis kelamin laki-laki dan bertempat tinggal di Kecamatan Limboto, Kabupaten Gorontalo. Penulis menyelesaikan pendidikan formal dimulai dari SDN 9 Limboto, lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di MTs Negeri 1 Kabupaten Gorontalo dan lulus pada tahun 2018, di tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di MAN 1 Kabupaten Gorontalo dan lulus pada tahun 2021. Terakhir, pada tahun 2022 penulis melanjutkan studi ke perguruan tinggi, Universitas Negeri Gorontalo, pada Jurusan Kesehatan Masyarakat dengan konsentrasi Kesehatan Lingkungan dan lulus pada tahun 2026. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa kegiatan. Beberapa di antaranya adalah:

1. Anggota Himpunan Mahasiswa Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo tahun 2024;
2. Ketua panitia kegiatan “Simulasi Manajemen Bencana” Jurusan Kesehatan Masyarakat pada tahun 2024;
3. Peserta kegiatan Gorontalo International Conference on Health and Sport dengan tema *“Promoting a Healthy and Active Society through Interdisciplinary Collaboration, Innovation, and Local Wisdom”* oleh Fakultas Olahraga dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo;
4. Peserta kegiatan Magang Institusi di Dinas Lingkungan Hidup dan SDA Kabupaten Gorontalo tahun 2026.

GLOSARIUM

A

Adsorpsi

Proses menempelnya ion, atom, atau molekul pada permukaan suatu material, seperti partikel tanah atau bahan organik.

Atomisasi

Proses mengubah unsur dalam sampel menjadi atom bebas berbentuk gas agar dapat dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom.

Atmosfer

Lapisan gas yang menyelimuti bumi dan menjadi media perpindahan partikel pencemar, termasuk logam berat.

B

Bioakumulasi

Proses penumpukan zat berbahaya, seperti kadmium, di dalam tubuh organisme karena laju masuknya lebih

cepat dibandingkan pengeluarannya.

Bioavailabilitas

Kemampuan suatu zat untuk tersedia dan dapat diserap oleh organisme hidup.

Biomagnifikasi

Peningkatan konsentrasi zat pencemar pada setiap tingkat rantai makanan.

Bioremediasi

Metode pemulihan lingkungan tercemar dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme.

C

Cd²⁺ (Ion Kadmium)

Bentuk ion kadmium bermuatan positif dua yang umum ditemukan di lingkungan.

D

Destruksi Sampel

Proses penguraian sampel menggunakan bahan kimia agar unsur logam dapat dianalisis dalam bentuk larutan.

Difusi

Perpindahan partikel dari daerah berkonsentrasi tinggi ke daerah berkonsentrasi rendah.

E

Ekosistem Persawahan

Sistem lingkungan sawah yang melibatkan interaksi antara tanah, air, tanaman, mikroorganisme, dan aktivitas manusia.

Elektroplating

Proses pelapisan logam menggunakan arus listrik untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.

F

FAAS (*Flame Atomic Absorption Spectrophotometry*)

Metode SSA yang

menggunakan nyala api sebagai media atomisasi sampel.

Fitoremediasi

Teknik remediasi lingkungan tercemar menggunakan tanaman untuk menyerap atau menstabilkan polutan.

Fitotoksik

Kondisi beracun yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

G

GFAAS (*Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry*)

Metode SSA dengan tungku grafit yang memiliki sensitivitas tinggi untuk mendeteksi logam pada konsentrasi rendah.

H

Hollow Cathode Lamp (HCL)

Sumber cahaya khusus pada SSA yang menghasilkan panjang gelombang spesifik sesuai unsur yang dianalisis.

I

Irigasi

Sistem pengairan pada lahan pertanian untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

K

Kadmium (Cd)

Logam berat beracun yang bersifat persisten dan dapat mencemari lingkungan serta rantai makanan.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kemampuan tanah mengikat dan mempertukarkan ion bermuatan positif.

Kompleks Organik

Ikatan antara ion logam dan senyawa organik yang dapat memengaruhi mobilitas logam di lingkungan.

Kontaminasi

Masuknya zat asing berbahaya ke lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan.

L

Logam Berat

Kelompok logam dengan massa jenis tinggi yang dapat bersifat toksik pada konsentrasi tertentu.

Lumpur Sawah

Lapisan tanah halus pada area persawahan yang berfungsi sebagai media pengendapan unsur dan logam.

M

Mass Flow

Perpindahan unsur bersama aliran air menuju akar tanaman.

Metallothionein

Protein pengikat logam yang membantu proses detoksifikasi logam berat di dalam sel.

Mitigasi

Upaya mengurangi risiko atau dampak pencemaran lingkungan.

Mobilitas

Kemampuan suatu zat untuk berpindah dari satu media lingkungan ke media lainnya.

Monokromator

Komponen SSA yang berfungsi memilih panjang gelombang tertentu sebelum cahaya mencapai detektor.

N**Nebulizer**

Alat pada SSA yang mengubah larutan sampel menjadi kabut halus.

P**Persisten**

Sifat suatu zat yang sulit terurai dan dapat bertahan lama di lingkungan.

pH

Derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan atau tanah.

Phytochelatin

Senyawa pengikat logam pada tanaman yang berfungsi mengurangi toksisitas logam berat.

Presipitasi

Proses pembentukan endapan dari larutan akibat reaksi kimia tertentu.

R**Redoks (Oksidasi-Reduksi)**

Reaksi kimia yang melibatkan perpindahan elektron dan memengaruhi bentuk kimia suatu unsur.

Remediasi

Proses pemulihan lingkungan yang telah tercemar.

Rizosfer

Daerah tanah di sekitar akar tanaman yang dipengaruhi aktivitas akar dan mikroorganisme.

S**Sedimentasi**

Proses pengendapan partikel dari air ke dasar media tertentu.

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA/AAS)

Metode analisis untuk mengukur konsentrasi unsur logam berdasarkan penyerapan cahaya oleh atom bebas.

T

Toksikokinetik

Proses masuk, distribusi, metabolisme, dan pengeluaran zat beracun dalam tubuh.

Toksikodinamik

Mekanisme interaksi zat beracun dengan sel atau organ tubuh sehingga menimbulkan efek toksik.

Translokasi

Perpindahan unsur atau senyawa dari satu bagian tanaman ke bagian lainnya.

X

Xenobiotik

Zat asing yang masuk ke dalam organisme dan dapat mengganggu fungsi biologis.

INDEKS

A

Adsorpsi, 11–12

Air irigasi, 10, 37,
47

Akar tanaman,
13–15

Atomisasi, 17, 20–
21

B

Bahan organik, 12,
43, 50

Beras, 2–3, 27, 34

Bioakumulasi, 6

Bioavailabilitas, 6,
13

Biomagnifikasi, 6

Bioremediasi, 54

C

Cd²⁺, 6, 13, 20

Chemical mimicry,
6

D

Detoksifikasi, 14

Difusi, 13

Distribusi
kadmium, 42

E

Ekosistem
persawahan, 1,
40–46

Elektroplating, 5,
9

F

FAAS, 18–19

Fitoremediasi, 54

Fitotoksik, 2, 15

G

GFAAS, 18–19

Ginjal, 3, 36

H

Hollow Cathode
Lamp, 20

I

Industri, 8–9

Ion kadmium, 6,
12–14

Irigasi, 10, 17

K

Kadmium, 1–55

Kapasitas tukar
kation, 12

Korosi, 4–5

L

Logam berat, 1–6

Lumpur sawah,
11–13

M

Mass flow, 13

Metallothionein,
14

Mitigasi, 48–50

Mobilitas, 6

Monokromator,
21

N

Nebulizer, 18

P

pH tanah, 2, 6, 12–13, 50

Persisten, 1, 5–7

Pestisida, 1, 11

Phytochelatin, 14

Presipitasi, 13

R

Rantai makanan, 3, 46

Redoks, 2, 12–13

Remediasi, 51–54

Rizosfer, 13

S

Sedimentasi, 11

Spektrofotometri

Serapan Atom, 16–29

T

Tanaman padi, 13–15, 32

Toksikodinamik, 36

Toksikokinetik, 35

Translokasi, 14

V

VG-AAS, 19

X

Xenobiotik, 6

LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA EKOSISTEM PERSAWAHAN

Buku ini membahas secara komprehensif mengenai keberadaan, perilaku, dan dampak logam berat kadmium dalam lingkungan pertanian, khususnya pada ekosistem persawahan. Di tengah meningkatnya intensifikasi pertanian modern dan kebutuhan pangan yang terus bertambah, pencemaran logam berat menjadi salah satu ancaman serius terhadap kualitas lingkungan, keamanan pangan, dan kesehatan masyarakat. Kadmium dikenal sebagai logam berat yang bersifat toksik, persisten, mudah terakumulasi, serta berpotensi masuk ke rantai makanan melalui tanaman padi dan beras yang dikonsumsi sehari-hari.

Buku ini menguraikan berbagai aspek penting mengenai kadmium, mulai dari definisi, sifat, karakteristik, sumber cemaran alami maupun antropogenik, hingga mekanisme pengendapan dan penyerapannya pada tanah sawah dan tanaman padi. Selain itu, pembahasan juga mencakup metode pengujian kadmium menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA/AAS), sehingga pembaca dapat memahami teknik analisis logam berat yang umum digunakan dalam penelitian lingkungan dan keamanan pangan.

Tidak hanya membahas aspek lingkungan, buku ini juga menjelaskan dampak kadmium terhadap ekosistem, dampak kadmium terhadap tanaman padi, hingga dampak logam berat ini pada kesehatan manusia, termasuk mekanisme toksikokinetik dan toksikodinamiknya di dalam tubuh. Pembaca diajak memahami bagaimana kadmium dapat terakumulasi dalam organ tubuh dan memicu berbagai gangguan kesehatan serius akibat paparan jangka panjang.

Sebagai bagian akhir, buku ini menyajikan strategi praktis mitigasi dan pemulihan lahan sawah yang terkontaminasi kadmium melalui pendekatan fisik, kimia, biologis, dan fitoremediasi. Dengan bahasa yang ilmiah namun tetap mudah dipahami, buku ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi bagi mahasiswa, peneliti, akademisi, praktisi lingkungan, tenaga kesehatan, maupun masyarakat umum yang ingin memahami permasalahan pencemaran logam berat kadmium pada ekosistem persawahan serta upaya pengelolaannya secara berkelanjutan.



IKAPI
IKATAN AHLI KIMIA INDONESIA

CV. Tahta Media Group

Sukoharjo, Jawa Tengah

Web : www.tahtamedia.co.id

Ig : tahtamedia group

Telp/WA : +62 896 5427 3996

