

**ANALISIS PEMBENTUKAN MIKRONUKLEUS
PADA UJUNG AKAR BAWANG PUTIH (*Allium
sativum*) YANG TERCEMAR LOGAM Pb**

Skripsi

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Mendapatkan Gelar Sarjana S1 (S. Pd) dalam Ilmu Biologi

Oleh

FITRIA HANDAYANI
NPM. 1711060188
Jurusan: Pendidikan Biologi



PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1444 H / 2023 M

ANALISIS PEMBENTUKAN MIKRONUKLEUS PADA UJUNG AKAR BAWANG PUTIH (*Allium sativum*) YANG TERCEMAR LOGAM Pb

Skripsi

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Mendapatkan Gelar Sarjana S1 (S. Pd) dalam Ilmu Biologi



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1444 H / 2023 M**

ABSTRAK

Penggunaan logam berat Pb dalam bidang industri dan teknologi memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Pb salah satu bahan pencemar yang bersifat toksik karena non esensial dan belum diketahui peranannya dalam proses biologis. Selain beracun, keberadaan Pb di lingkungan terletak pada kemampuannya menginduksi kerusakan genetik. Salah satunya terbentuknya mikronukleus. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Pb terhadap pembentukan mikronukleus sel meristematik ujung akar bawang putih (*Allium sativum*). Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Perlakuan dilakukan dengan pemaparan larutan Pb pada akar bawang putih (*Allium sativum*) dengan konsentrasi 0ppm, 50ppm, 150ppm, 450-ppm selama 72 jam. Analisis data dilakukan dengan menggunakan One-way ANOVA dan LSD. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap pembentukan mikronukleus akar bawang putih (*Allium sativum*).

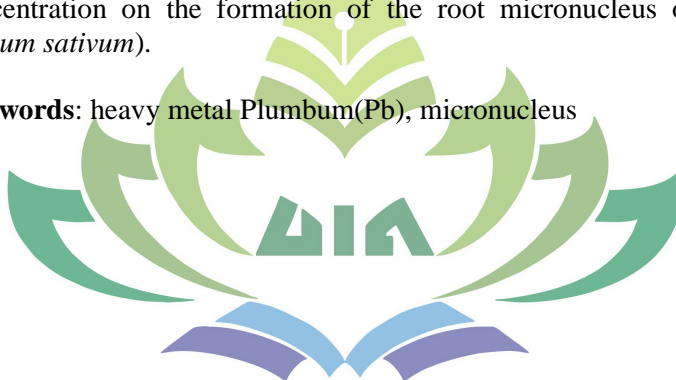
Kata kunci: logam berat Plumbum(Pb), mikronukleus



ABSTRACT

The use of heavy metal Pb in industry and technology has a negative impact on the environment. Pb is a pollutant that is toxic because it is non-essential and its role in biological processes is unknown. Besides being toxic, the presence of Pb in the environment lies in its ability to induce genetic damage. One of them is the formation of a micronucleus. The purpose of this study was to determine the effect of Pb concentration on the formation of micronuclei of the root tip meristematic cells of garlic (*Allium sativum*). The research method used is experimental. The treatment was carried out by exposure to a solution of Pb on the roots of garlic (*Allium sativum*) with concentrations of 0ppm, 50ppm, 150ppm, 450-ppm for 72 hours. Data analysis was performed using One-way ANOVA and LSD. Based on the research conducted, it was concluded that there was an effect of Pb concentration on the formation of the root micronucleus of garlic (*Allium sativum*).

Keywords: heavy metal Plumbum(Pb), micronucleus



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitria Handayani
NPM : 1711060188
Program studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Pembentukan Mikronukleus Pada Akar Bawang Putih (*Allium sativum*) yang Tercemar Logam Pb” adalah benar-benar merupakan hasil karya penyusun sendiri, bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam *footnote* atau daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

Bandar Lampung, 4 Oktober 2022

Penulis,



Fitria Handayani

1711060188



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame I Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PERSETUJUAN

Judul : Analisis Pembentukan Mikronukleus Pada Ujung Akar
Bawang Putih (*Allium sativum* L.) yang Tercemar
Logam Pb.
Nama : Fitria Handayani
NPM : 1711060188
Jurusan : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqasyah
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Raden Intan Lampung.

Pembimbing I

Pembimbing II

Dwijowati Asih Saputri, M.Si
NIP. 197202111999032002

Aulia Ulmillah, M.Sc
NIP. -

Mengetahui
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi

Dr. Eko Kuswanto, M.Si
NIP. 197505142008011009



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame I Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Analisis Pembentukan Mikronukleus pada Ujung Akar Bawang Putih (*Allium sativum* L.) yang tercemar Logam Pb”** disusun oleh : Fitria Handayani NPM. 1711060188, Program Studi : Pendidikan Biologi, telah diujikan dalam sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, pada hari/tanggal: Rabu, 21 Desember 2022.

TIM MUNAQOSYAH

Ketua : Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd (.....)

Sekretaris : Iqlima Amelia, M.Si (.....)

Pembahas Utama : Ovi Prasetya Winandari, M.Si (.....)

Pembahas Pendamping I : Dwijowati Asih Saputri, M.Si (.....)

Pembahas Pendamping II: Aulia Ulmillah, M.Sc (.....)

**Mengetahui
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**



Prof. Dr. Hj. Nurva Diana, M.Pd
NIP. 196408281988032002

MOTTO

عَمِلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسِ أَيَّدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادِ ۙ
يَرْجِعُونَ لَعَلَّهُمْ

“Artinya: 41. Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”

(QS. Ar-rum(30):41)



PERSEMBAHAN

Ahamdulillah, Penulis hanturkan rasa puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat yang tak terhingga dan kesempatan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan penuh kesabaran, keikhlasan, semangat, usaha dan berdoa. Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tuaku tersayang ayahku Sriyadi Z.A dan mamaku Junariah. Terima kasih telah membesarkan dan mendidiku dengan penuh kasih sayang yang tiada henti-hentinya, telah mendo'akan untuk keberhasilanku serta memberikan dukungan baik moril maupun materil. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat, kesehatan, keselamatan, kebahagiaan serta perlindungan dan keberkahan kepada ayah dan mama, *Aamiin ya Rabbal'alamin*.
2. Adikku Yadi Dharma Putra yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi serta nasehat untuk pantang menyerah dan adikku si Unyil Renaldi Syaputra yang telah menghiburku disaat penat. Serta Riswandi yang selalu memberikan semangat, do'a, motivasi serta dukungan baik moril maupun materil. Juga keluarga besarku serta teman-temanku yang selalu memberikan motivasi, dukungan, do'a serta semangat.
3. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama panjang Fitri Handayani, dengan sapaan Fitri atau Cici, lahir pada tanggal 19 Januari 1999 di kelurahan Pidada, kecamatan Panjang, kota Bandar Lampung, provinsi Lampung. Merupakan putri tunggal anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Ayah Sriyadi Z.A dan Mama Junariah.

Penulis memulai pendidikan awal di TK Setia Kawan Panjang selama 2 tahun dari tahun 2003 hingga 2005. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 3 Panjang Utara dari tahun 2005 hingga 2011. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 30 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2014. Selama mengenyam pendidikan sekolah menengah pertama, penulis aktif mengikuti organisasi pramuka dan karate.

Penulis melanjutkan jenjang pendidikan sekolah menengah atas yakni di SMA Negeri 17 Bandar Lampung peminatan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA). Saat di jenjang SMA penulis mengikuti LCC 4 Pilar.

Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan jenjang pendidikan tinggi di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, pada program studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Selama menjadi mahasiswa pendidikan biologi, penulis pernah menjadi asisten praktikum taksonomi vertebrata. Penulis mengikuti organisasi HMI.

Tahun 2020 penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata Dari Rumah (KKN-DR) yang dilaksanakan di desa kelahiran penulis, yakni kelurahan Pidada, kecamatan Panjang, kota Bandar Lampung, provinsi Lampung. Penulis juga telah melaksanakan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) di Mts. Al-Muhajirin Panjang.

KATA PENGANTAR

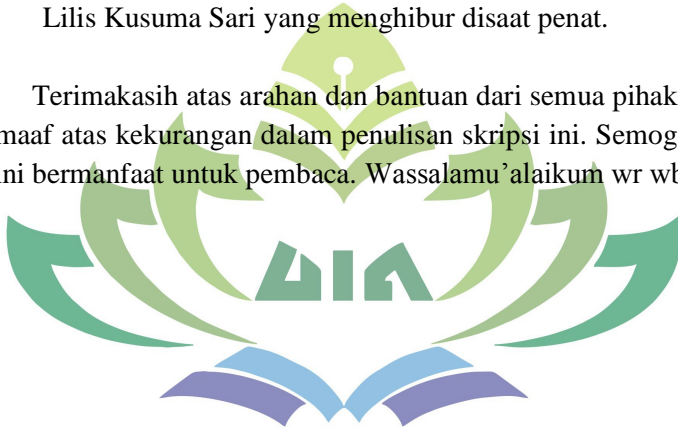
Alhamdulillahirobbil'alamin. Penulis mengucapkan rasa syukur atas limpahan rahmat dan karunia Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pembentukan Mikronukleus Pada Ujung Akar Bawang Putih (*Allium sativum*) yang Tercemar Logam Pb”. Sholawat serta salam selalu dipanjatkan kepada Nabi Muhammad SAW dan keluarga serta sahabatnya, yang senantiasa dinantikan syafa’at-Nya di akhirat nanti.

Penulis menyadari banyak keterbatasan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar menjadi pembelajaran bagi penulis maupun pembaca. Penulis mengerjakan skripsi ini tidak terlepas dari arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Wan Jamaluddin Z M.Ag, P.hD., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung;
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung beserta stafnya yang telah memberikan kemudahan kepada penulis sehingga skripsi dapat terselesaikan;
3. Bapak Dr. Eko Kuswanto, M.Si., selaku Ketua Jurusan Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan;
4. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah merelakan waktunya untuk membimbing, banyak memberi arahan dan memotivasi penulis selama penyelesaian skripsi ini;
5. Ibu Aulia Ulmillah, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu dan kesabaran untuk membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis selama penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah mendidik penulis selama menempuh pendidikan di UIN Raden Intan Lampung;
7. Ibu Oktafiana, S.Pd., selaku Laboran Pendidikan Biologi yang telah meluangkan waktunya selama penelitian berlangsung;

8. Adikku Yadi Dharma Putra dan Renaldi Syaputra serta Riswandi yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Keluargaku dan teman-temanku semuanya yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
10. Ayesha Utari Hendras, S.Pd. Juga adik tingkatku Intan Rahmawati, Dewi Uliasari, Pradita Anggun Kusuma Dewi, Tika Agustina, Mardiyah Indah yang membantu dalam menyelesaikan penelitian serta memberikan semangat;
11. Desna Rahayanti, Vina Aida Roza Jurusan Kimia Murni UGM dan semua temanku yang menjadi teman berbagi informasi. Desta suci Ramadhani, Desti Suci Ramadhana serta Lilis Kusuma Sari yang menghibur disaat penat.

Terimakasih atas arahan dan bantuan dari semua pihak. Mohon maaf atas kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk pembaca. Wassalamu'alaikum wr wb.



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iii
SURAT PERNYATAAN	v
PERSETUJUAN PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
RIWAYAT HIDUP	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Penegasan Judul	1
B. Latar Belakang Masalah	2
C. Identifikasi dan Batasan Masalah	9
D. Rumusan Masalah	9
E. Tujuan Penelitian	9
F. Manfaat Penelitian	10
G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan	10
H. Sistematika Penulisan	11
BAB II LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS	
A. Teori Yang Digunakan	
1. Sejarah Bawang Putih	13
2. Penyebaran Bawang Putih	14
3. Klasifikasi Bawang Putih	15
4. Morfologi Bawang Putih	15
5. Manfaat Bawang Putih	18
6. Nutrisi Tanaman	21
7. Pencemaran	25
8. Timbal (Pb)	26
9. Sumber Pb	26

10. Pb Pada Tanaman	28
11. Toksisitas Pb	33
12. Dampak Pb	34
13. Mikronukleus	35
B. Pengajuan Hipotesis	38

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	39
B. Alat dan Bahan	
1. Alat	39
2. Bahan	39
C. Pendekatan dan Jenis penelitian	39
D. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengumpulan Data	40
E. Definisi Operasional Variabel	40
F. Pelaksanaan Penelitian	40
G. Teknik Analisis Data	42
H. Alur Kerja Penelitian	43

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	45
B. Pembahasan	46

BAB V PENUTUP

A. Simpulan	57
B. Rekomendasi	57

DAFTAR RUJUKAN	59
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bawang Putih.....	15
Gambar 2.2 Mikronukleus pada Sel Akar <i>Allium cepa</i>	37
Gambar 3.1 Diagram Alur Prosedur Kerja.....	43
Gambar 4.1 Mikronukleus.....	45
Gambar 4.2 Vesikel Sel Meristematis Akar Bawang Putih.....	50



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Ciri Morfologi Bawang Putih	16
Tabel 2.2 Efek Farmakologi Senyawa Aktif pada Bawang Putih ..	18
Tabel 2.3 Bentuk Unsur Hara yang Diserap Tanaman	22
Tabel 2.4 Penemu Esensialitas untuk Unsur-unsur Esensial	24
Tabel 4.1 Hasil FMN(%)	46
Tabel 4.2 Hasil LSD	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

I	Surat Izin Penelitian.....	67
II	Perhitungan Pembuatan Larutan Pb.....	68
III	Dokumentasi.....	70
IV	Uji Test.....	74
V	Surat Pernyataan Bebas Turnitin	78
VI	Hasil Turnitin	83



BAB I

PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Proposal skripsi ini mengambil judul tentang “**Analisis Pembentukan Mikronukleus Pada Ujung Akar Bawang Putih *Allium sativum* yang Tercemar Logam Pb**”. Untuk memahami maksud dan tujuan maka diperlukan penegasan judul. Judul ini memiliki beberapa istilah antara lain:

1. Analisis yaitu penyelidikan yang dilakukan terhadap pembentukan mikronukleus pada tanaman lidah mertua yang tercemar logam Pb.¹
2. Pembentukan yaitu suatu cara atau proses untuk menghasilkan sesuatu.²
3. Mikronukleus yaitu inti yang berada diluar nukleus yang terbentuk dari aberasi kromosom berupa patahan lengan kromosom tanpa adanya sentromer atau disebut fragmen asentrik. Fragmen asentrik tersisa saat sentromer kromatid disentrik berpindah menuju kearah kutub.³
4. Tercemar yaitu suatu keadaan alami yang terkontaminasi zat pencemar dan merusak keadaan aslinya.⁴
5. Logam yaitu mineral yang tidak dapat tembus pandang yang bisa menjadi penghantar panas dan arus listrik.⁵
6. Pb yaitu polutan yang dihasilkan dari proses penguraian melalui pembakaran secara alami bahan yang mengandung Pb atau pada pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor.⁶

¹“Kamus Besar Bahasa Indonesia,” accessed April 22, 2020, <https://kbbi.kemendikbud.go.id/>.

² Ibid.

³ Sri Wahyu Purnami et al., “Deteksi Pembentukan Mikronuklei Sel Darah Limfosit Akibat Paparan Radiasi Dosis Bertingkat Pada Responden Dengan Jenis Kelamin Dan Usia Berbeda,” *Unnes Journal of Life Science* 7, no. 2 (2018): 39–46, <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci%0ADeteksi>.

⁴ “Kamus Besar Bahasa Indonesia.”

⁵ Ibid.

⁶ Ridwan Fauzi et al., “Karakteristik Konsentrasi Timbel (Pb) Dalam Daun 3 (Tiga) Jenis Pohon Di Sekitar Pabrik Peleburan Aki Bekas Di Tangerang Dan Bekasi,” *Jurnal Litbang Industri* 9, no. 2 (2019): 97–104, <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24960/jli.v9i2.4867>.

B. Latar Belakang Masalah

Pencemaran merupakan suatu keadaan yang berubah dari bentuk asal ke kondisi yang lebih buruk sebagai akibat masuknya bahan pencemar yang memiliki sifat racun yang berbahaya bagi makhluk hidup. Daya racun yang dihasilkan dapat menjadi penyebab terjadinya pencemaran.⁷

Pencemaran lingkungan hidup yaitu dimasukkannya makhluk hidup, energi, zat atau komponen lainnya ke lingkungan hidup karena aktivitas manusia sehingga melewati baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.⁸ Secara umum logam berat mencemari lingkungan dengan dua proses yaitu secara natural (yakni secara alamiah) dan antropogenik (yakni dikarenakan perbuatan manusia).⁹

Kemajuan terbaru dalam industrialisasi dan teknologi revolusi telah menghasilkan hal negatif yang terus berkembang dampak terhadap lingkungan dalam hal pencemarannya dan degradasi. Industrialisasi dibantu dan didukung baik oleh kebutuhan dan keserakahan manusia telah mengakibatkan ancaman yang terus meningkat terhadap lingkungan dan kesehatan. Berbagai kegiatan antropogenik, seperti manufaktur, pengolahan, transportasi dan konsumsi selain menghabiskan lebih banyak stok alami sumber daya menambah tekanan pada lingkungan dengan mengumpulkan zat berbahaya yang berbeda.¹⁰

Salah satu zat berbahaya yaitu Pb. Baku mutu timbal (Pb) di udara ambien sudah berjalan selama 22 tahun sejak keluarnya Peraturan Pemerintah (PP) nomor: 41/1999 tentang pengendalian pencemaran udara. Hingga keluarnya PP 22/2021, nilai baku mutu timbal (Pb) di

⁷ Ainuddin and Widyawati, "Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) Di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara," *Jurnal Ecosystem* 17, no. 1 (2017): 653–59.

⁸ Presiden Republik Indonesia, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup" (2009), 4.

⁹ Khairuddin, Muhammad Yamin, and Abdul Syukur, "Penyuluhan Tentang Sumber-Sumber Kontaminan Logam Berat Pada Siswa SMAN 1 Belo Kabupaten Bima," *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat* 2, no. 1 (2019): 64–71.

¹⁰ Vaneet Kumar and Avinash Kaur Nagpal, "Genotoxic Effects of Lead Acetate Employing Allium Sativum Root Chromosomal Aberration Assay," *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 2, no. 1 (2015): 193–99, www.ijarbs.com.

udara ambien masih tetap $2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara WHO sudah mengatur baku mutu Pb nya menjadi $0,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.¹¹

Allah SWT berfirman dalam Q.S Ar- Rum ayat 41-42 mengenai pencemaran lingkungan yaitu:

يَرْجِعُونَ لَعَلَّهُمْ يَعْمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسَ أَيَّدِي كَسَبَتِ بِمَا وَالنَّحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ
41 مُشْرِكِينَ أَكْثَرُهُمْ كَانَ قَبْلَ مِنَ الَّذِينَ عَاقِبَةُ كَانَ كَيْفَ فَانظُرُوا الْأَرْضِ فِي سِيرُوا فَلْ 42

Artinya: 41. Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). 42. Katakanlah "Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. Kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah). (Q.S. Ar Rum [30]: 41-42)

Q.s Ar-rum ayat 41 menjelaskan bahwa Allah SWT telah memberikan pesan kepada manusia di muka bumi agar selalu menjaga lingkungan hidupnya dan jangan melakukan kerusakan di bumi. Dampak negatif dari penggunaan Pb berkaitan dengan pencemaran lingkungan dan berdampak buruk bagi kehidupan. Penggunaan Pb secara bijak diperlukan untuk mengurangi dampak negatif secara langsung maupun tidak langsung dari penggunaan Pb. Pencemaran bisa mengakibatkan kerusakan pada DNA yang ditandai dengan pembentukan mikronukleus.

Mikronukleus adalah massa kromatik sitoplasmik berukuran kecil berbentuk bulat atau oval yang berada diluar nukleus dan berada didalam sitoplasma dekat dengan nukleus.^{12,13} Sel dengan kerusakan DNA yang tinggi dapat mencirikan mikronukleus dengan frekuensi

¹¹ Rita Mukhtar, "Urgensi Kaji Ulang Regulasi Baku Mutu Timbal (Pb)," *STANDAR: Better Standard Better Living* 1, no. 2 (2022): 38–42.

¹² Noryunita Rahmah, Nurdiana Dewi, and Suka Dwi Rahardja, "Analisis Sitogenik Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Perokok Aktif Dan Pasif," *Jurnal Kedokteran Gigi* 1, no. 1 (2016): 15–20.

¹³ Renita Rahmad, Nurdiana Dewi, and Lena Rosida, "Pengaruh Paparan Batubara Terhadap Jumlah Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Pekerja Tambang Batubara Di Kecamatan Murung Pudak Kabupaten Tabalong," *Jurnal Kedokteran Gigi* 1, no. 2 (2016): 129–34.

tinggi.¹⁴ Mikronukleus adalah parameter yang digunakan untuk mengevaluasi potensi mutagenik zat, karena merupakan hasil dari tidak adanya atau perbaikan yang salah dari perubahan dalam sel induk, dianggap sebagai tes yang efektif dan sederhana untuk analisis mutagenisitas. Mikronukleus dapat muncul secara spontan, tetapi sebagian besar waktu kemunculannya disebabkan oleh aksi mutagen, yang mencirikan perubahan genetik.¹⁵

Logam berat dapat menyebabkan perubahan destruktif pada tanaman seperti terhambatnya pertumbuhan akar dan kerusakan morfologi. Toksisitas logam pada tanaman seperti Pb dapat menyebabkan kekacauan pola siklus mitosis dan meiosis serta menghasilkan penyimpangan kromosom, seperti perkembangan mikronuklei, jembatan kromosom, kelengketan kromosom.^{16,17} Keberadaan mikronukleus akan diteliti pada akar bawang putih *Allium sativum*.

Uji mikronukleus telah dianggap sebagai metode yang sangat sensitif dan berguna untuk mendeteksi efek klastogenik dan aneugenik dari toksikan lingkungan berbasis logam dan non-logam.¹⁸ Mikronukleus adalah tanda peristiwa genotoksik dan ketidakstabilan kromosom dan menunjukkan kerusakan genom. Banyak tes mikronukleus telah dikembangkan untuk menguji peristiwa genotoksik.¹⁹ Timbal (Pb), seng (Zn) dan ion logam lainnya, seperti nikel (Ni), tembaga (Cu), Aluminium (Al), kromium (Cr), merkuri

¹⁴ Purnami et al., "Deteksi Pembentukan Mikronuklei Sel Darah Limfosit Akibat Paparan Radiasi Dosis Bertingkat Pada Responden Dengan Jenis Kelamin Dan Usia Berbeda."

¹⁵ Luiza Flávia Veiga Francisco et al., "Cytotoxicity , Genotoxicity and Mutagenicity of Aluminum , Manganese and Lead in Meristematic Cells of Root Allium Cepa," *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry* 10, no. 1 (2018): 60–65, <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v10i1.1037>.

¹⁶ Fatemeh Hajmoradi and Alireze Taleb Beydokhti, "Effect of Heavy Metals on Meiosis Cell Division in *Stachys Inflata* Benth.," *Caspian Journal of Environmental Sciences* 17, no. 4 (2019): 363–73.

¹⁷ Francisco et al., "Cytotoxicity , Genotoxicity and Mutagenicity of Aluminum , Manganese and Lead in Meristematic Cells of Root Allium Cepa."

¹⁸ Dipan Adhikari, "Augmentation Mitodepressive and Cytogenotoxic Effects of Lead upon Acute Exposure on Grass Pea (*Lathyrus Sativus* L.) Root Tip Cells," *American Journal of Biological Sciences* 1, no. 1 (2019): 14–22.

¹⁹ Francisco et al., "Cytotoxicity , Genotoxicity and Mutagenicity of Aluminum , Manganese and Lead in Meristematic Cells of Root Allium Cepa."

(Hg) dan kobalt (Co) telah dilaporkan menyebabkan kekacauan pola siklus mitosis dan meiosis serta untuk menghasilkan penyimpangan kromosom, seperti perkembangan mikronuklei, jembatan kromosom, kelengketan kromosom. Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, dan Pb memiliki potensi mutagenik.²⁰²¹

Selain beracun, bahaya kehadiran Pb di lingkungan terletak pada kemampuannya untuk menginduksi kerusakan genetik yang dapat menyebabkan kanker dan juga dapat akan diwariskan kepada generasi mendatang. Untuk mengidentifikasi efek genotoksik dari zat beracun seperti timbal, logam berat lainnya dan berbagai bahan organik dan polutan anorganik di lingkungan, berbagai sistem pengujian yang menggunakan berbagai organisme biasanya digunakan diantara berbagai tanaman bioassay, kromosom akar *Allium sativum aberration assay* adalah salah satu bioassay yang paling andal yang dapat diterapkan untuk mendeteksi berbagai kerusakan genetik.²²

Bagian tanaman bawang putih yang digunakan adalah akar. Jaringan akar berinteraksi langsung dengan zat pencemar seperti Pb juga bagian organ tumbuhan yang aktif membelah (meristem). Akar memiliki kemampuan yang besar dalam menyerap logam berat dibandingkan bagian tubuh tumbuhan yang lain.²³²⁴²⁵

Pb merupakan salah satu bahan pencemar yang bersifat stabil. Pb berbahaya bagi organisme karena non-esensial dan belum diketahui perannya dalam proses biologis. Pb adalah bahan berbahaya urutan

²⁰ Hajmoradi and Beydokhti, "Effect of Heavy Metals on Meiosis Cell Division in *Stachys Inflata* Benth."

²¹ Kumkum Mishra, "Assessment of Cytotoxic and Genotoxic Potential of Heavy Metals in Plants : A Review," *International Journal of Plant and Environment* 6, no. 2 (2020): 152–55, <https://doi.org/10.18811/ijpen.v6i02.09>.

²² Kumar and Nagpal, "Genotoxic Effects of Lead Acetate Employing *Allium Sativum* Root Chromosomal Aberration Assay."

²³ Rhenny Ratnawati and Risna Dwi Fatmasari, "Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Dan Jengger Ayam (*Celosia Plumosa*)," *Jurnal Teknik Lingkungan* 3, no. 2 (2018): 62–69, <https://doi.org/10.29080/alard.v3i2.333>.

²⁴ Anita Munawwaroh and Ardian Anjar Pangestuti, "Analisis Morfologi Dan Anatomi Akar Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Akibat Pemberian Berbagai Konsentrasi Kadmium (Cd)," *Jurnal Bioma* 7, no. 2 (2018): 111–22.

²⁵ Marhamah, "Pengujian Logam Berat (Pb) Terhadap Pembentukan Mikronukleus Pada Akar Bawang Merah (*Allium Ascalanum* L.)," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi* (Selong, 2018), 686–90.

kedua dalam prioritas bahan berbahaya tahun 2017.²⁶ Pb dapat masuk ke tanah bersamaan dengan air hujan dan mengendap bersama dengan debu, dapat mencemari tanah dan air sehingga Pb dapat memasuki rantai makanan. Pb akan lebih mudah masuk ke tubuh manusia melalui sayuran, susu dari hewan ternak serta produk lainnya dari ternak hewan yang dikonsumsi. Selain itu gas buang kendaraan bermotor bisa menyebabkan keadaan tanah dan air menjadi asam sehingga ikatan tanah dengan mineral ataupun logam dapat terlepas dan logam tersebut bisa mencemari lingkungan.²⁷

Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui minuman, makanan, udara dan penetrasi selaput atau lapisan kulit. Berbagai organ tubuh yang menjadi sasaran dari keracunan Pb yaitu sistem saraf, sistem reproduksi, sistem ginjal, sistem endokrin dan jantung.²⁸ Pb bersifat karsinogenik, terurai dalam waktu yang lama, toksisitas yang tidak berubah, dapat mengganggu sistem saraf serta dapat menyebabkan mutasi. Pb termasuk logam berat yang cukup berbahaya bagi makhluk hidup. Upaya yang dapat dilakukan guna mengetahui logam berat Pb di lingkungan adalah bantuan penyerapan tanaman pendeteksi melalui kerusakan sel.²⁹

Allah swt berfirman dalam Q.S Al-Mulk ayat 3-5 mengenai menjaga keseimbangan alam yaitu

هَلْ أَلْبَصَرَ فَأَرْجِعْ ۖ تَقْوِبٌ مِّنَ الرَّحْمَنِ خَلْقٌ فِي تَرَىٰ مَا ۖ طِبَاقًا سَمَوَاتٍ سَعَىٰ خَلْقِ الَّذِي
 4(حَسِيرٌ وَهُوَ خَاسِنًا أَلْبَصَرُ إِلَيْكَ يَنْقَلِبُ كَرَّتَيْنِ أَلْبَصَرَ أَرْجِعْ نُمُ 3(فُطُورٍ مِّن تَرَىٰ
 السَّعِيرِ عَذَابٌ لَهُمْ وَأَعْتَدْنَا ۖ لِلشَّيْطَانِ رُجُومًا وَجَعَلْنَاهَا بِمَصْبِيحٍ الدُّنْيَا السَّمَاءَ رَبَّنَا وَلَقَدْ (5)

²⁶ Gul Naaz and Kiran Lata Chauhan, "Lead Tolerance and Accumulation Potential of Brassica Juncea L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil," *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences* 5, no. 2 (2019): 436–47, <https://doi.org/10.26479/2019.0502.31>.

²⁷ Haruna et al., "Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan," *UNM Environmental Journals* 2, no. 2 (2019): 57–61.

²⁸ Nova Nurwinda Sari, Lentera Nunyai Putri, and Annisa Agata, "Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Dengan Keterpaparan Logam Timbal (Pb) Pada Petugas Tanda Pembayaran Retribusi (TPR) Dinas Perhubungan Di Terminal Rajabasa Bandar Lampung," *British Medical Journal* 6, no. 1 (2019): 24–31.

²⁹ Sucia Elsa Azzahri, Burhan Muslim, and Muchsin Riviwanto, "Perbedaan Penyerapan Pb Pada Berbagai Jenis Tanaman," *Jurnal Sehat Mandiri* 15, no. 1 (2020): 140–48, <http://jurnal.poltekkespadang.ac.id/ojs/index.php/jsm> 140.

Artinya: 3. Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang? 4. Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali padamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah. 5. Sesungguhnya Kami telah menghiasi langit yang dekat dengan bintang-bintang, dan Kami jadikan bintang-bintang itu alat-alat pelempar syaitan, dan Kami sediakan bagi mereka siksa neraka yang menyala-nyala. (Q.S. Al Mulq [67]: 3-5)

Pada ayat tersebut, Allah swt menjelaskan kekuasaan-Nya dan memerintahkan umatnya untuk menjaga keseimbangan alam yang telah Allah ciptakan dengan sempurna dan tidak ada yang cacat. Kehadiran alam diciptakan sangat seimbang dan sesuai sehingga selaras dengan tujuan penciptaannya. Hal ini harus diterapkan oleh manusia ketika berhubungan dengan alam maupun lingkungan. Allah menciptakan selaras dengan tujuannya, seperti tanaman bawang putih yang memiliki manfaat sebagai tanaman yang sering digunakan dalam uji kerusakan genetik dengan keadaan lingkungan yang telah tercemar dikarenakan aktivitas manusia.³⁰

Pada akar bawang merah (*Allium ascalanum* L.) terdapat mikronukleus setelah pemaparan logam berat Pb. Lama waktu pemaparan larutan Pb yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah mikronukleus. Hubungan antara dosis dan lama waktu pemaparan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap mikronukleus. Tingkat dosis Pb yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah mikronukleus. Semakin tinggi tingkat dosis larutan Pb semakin tinggi pula jumlah mikronukleusnya.³¹

Kebaruan penelitian ini dari penelitian yang sejenis sebelumnya yaitu menggunakan tanaman bawang putih (*Allium sativum*) dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Masih sedikit kajian mikronukleus pada tanaman bawang putih yang tercemar logam Pb, pada umumnya

³⁰ Eko Zulfikar, "Wawasan Al-Qur'an Tentang Ekologi: Kajian Tematik Ayat-Ayat Konservasi Lingkungan," *Jurnal QOF* 2, no. 2 (2018): 113–32.

³¹ Marhamah, "Pengujian Logam Berat (Pb) Terhadap Pembentukan Mikronukleus Pada Akar Bawang Merah (*Allium Ascalanum* L.)."

tanaman ini diteliti sebagai obat. Berdasarkan latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dampak logam Pb terhadap akar *Allium sativum*.

Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat akan bahaya Pb melalui pendidikan masyarakat. Pendidikan adalah disiplin ilmu yang menitik beratkan pada proses kegiatan belajar mengajar.³² Pendidikan adalah sebuah metode, cara maupun tindakan membimbing.³³ Tujuan pendidikan adalah hasil yang dicapai peserta didik setelah dilaksanakan kegiatan pendidikan. Kegiatan tersebut seperti bimbingan, pengajaran dan pelatihan. Semua tindakan dan usaha pendidik untuk mengolah pengetahuan, pengalaman, kecakapan dan keterampilannya.³⁴

Pendidikan berbasis masyarakat adalah pendidikan yang dengan sadar menjadikan masyarakat sebagai persemuaian dasar perkembangan. Konsep pendidikan ini yaitu usaha peningkatan rasa kesadaran, kepedulian, kepemilikan, keterlibatan, dan tanggung jawab masyarakat.³⁵ Serta memiliki sikap toleransi.³⁶

Pendidikan masyarakat adalah pendidikan luar sekolah yang bertumpu pada masyarakat, bukan pada pemerintah. Pendidikan berbasis masyarakat dengan proses formal biasanya pendidikan yang diselenggarakan oleh organisasi birokrasi formal seperti sekolah atau universitas.³⁷

Hal ini dapat disampaikan melalui sosialisasi. Sosialisasi adalah suatu proses mempelajari suatu nilai, norma, kebiasaan, tingkah laku dan semua hal yang berkaitan dengan proses tersebut. Proses ini

³² Chairul Anwar, *Buku Terlengkap Teori-Teori Pendidikan Klasik Hingga Kontemporer*, ed. Yanuar Arifin, Cetakan Pertama (Yogyakarta: IRCiSoD, 2017), 13.

³³ Desi Pristiwanti et al., "Pengertian Pendidikan," *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)* 4, no. 6 (2022): 7911–15.

³⁴ Chairil Anwar, *Hakikat Manusia Dalam Pendidikan: Sebuah Tinjauan Filosofis*, ed. Agus NC, Pertama (Yogyakarta: SUKA-Press, 2014), 63,73.

³⁵ Toto Suharto, "Konsep Dasar Pendidikan Berbasis Masyarakat," *Cakrawala Pendidikan* 3, no. January (2016): 323–46.

³⁶ Chairul Anwar, *Multikulturalisme, Globalisasi, Dan Tantangan Pendidikan Abad Ke-21* (Yogyakarta: DIVA Pres, 2019).

³⁷ Suharto, "Konsep Dasar Pendidikan Berbasis Masyarakat."

dilakukan secara efektif sehingga individu dapat serta berpartisipasi secara efektif dalam menjalani kehidupan sosialnya.³⁸

Berdasarkan latar belakang masalah, maka penelitian ini akan menganalisis pembentukan mikronukleus pada tanaman bawang putih yang tercemar logam Pb.

C. Identifikasi dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis dapat mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Terjadinya pencemaran yang disebabkan oleh Pb
2. Dampak pencemaran Pb yang berbahaya bagi kehidupan dan lingkungan.
3. Pembentukan mikronukleus pada tumbuhan akibat genetoksitas Pb.

Berdasarkan identifikasi masalah, batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagian tanaman bawang putih (*Allium sativum*) adalah meristem akar.
2. Penelitian ini berfokus pada mikronukleus akar bawang putih (*Allium sativum*).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian, rumusan masalah penelitian ini adalah apakah terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap pembentukan mikronukleus akar bawang putih (*Allium sativum*)?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap pembentukan mikronukleus akar bawang putih (*Allium sativum*).

³⁸ Oktovie Ekgea Sawitri, Imran, and Iwan Ramadhan, "Sosialisasi Keluarga Dalam Membentuk Kepribadian Anak (Studi Pada Keluarga Rumah Tangga Guru MA Islamiyah)," *Jurnal Sosialisasi: Jurnal Hasil Pemikiran, Penelitian Dan Pengembangan Keilmuan Sosiologi Pendidikan* 8, no. 2 (2021): 10–21.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti berguna sebagai tambahan wawasan atau ilmu pengetahuan, pengalaman dan pemikiran dalam bidang biologi.
2. Bagi pendidik sebagai bahan ajar tambahan untuk materi genetika dan pencemaran lingkungan.
3. Bagi masyarakat dapat memberikan informasi kepada masyarakat akan bahaya logam Pb melalui sosialisasi.
4. Bagi peneliti lainnya dapat dijadikan tambahan referensi dan pertimbangan untuk mengembangkan lebih lanjut mengenai mikronukleus.

G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan

Untuk mendukung keabsahan penelitian, peneliti mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. “Pengujian logam berat *Plumbum* (Pb) terhadap pembentukan mikronukleus pada akar bawang merah (*Allium ascalanum* L.)”. Hasil yang didapat yaitu terdapat mikronukleus pada akar bawang merah (*Allium ascalanum* L.) setelah pemaparan logam berat plumbum. Mikronukleus yang terbentuk menunjukkan terjadinya abrasi kromosom. Tingkat dosis Pb yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah mikronukleus. Hubungan antara dosis dan lama waktu pemaparan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap mikronukleus.³⁹

Dengan judul “Evaluation of the cytotoxic and genotoxic potential of some heavy metals by use of *Allium* test”, penelitian dilakukan dengan merendam akar bawang putih *Allium sativum* dalam larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ hasilnya timbal dan nikel menghambat pembelahan sel dengan indeks aberasi mitosis tertinggi pada perlakuan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin tinggi indeks aberasi mitosis.⁴⁰

³⁹ Marhamah, “Pengujian Logam Berat (Pb) Terhadap Pembentukan Mikronukleus Pada Akar Bawang Merah (*Allium Ascalanum* L.)”

⁴⁰ Ioan Sarac et al., “Evaluation of the Cytotoxic and Genotoxic Potential of Some Heavy Metals by Use of *Allium* Test,” *Caryologia* 72, no. 2 (2019): 37–43, <https://doi.org/10.13128/cayologia-256>.

Uji mikronukleus telah dianggap sebagai metode yang sangat sensitif dan berguna untuk mendeteksi efek klastogenik dan aneugenik dari toksikan lingkungan berbasis logam dan non-logam. Tanaman tingkat tinggi adalah bioassay yang sangat andal yang digunakan dalam studi toksisitas umum dengan sensitivitas tinggi diantaranya *Vicia faba*, *Tradescantia paludosa*, *Pisum sativum*, *Hordeum vulgare*, *Crepis kapiler*, *Nicotiana tabacum*, *Allium cepa*, dan lainnya.⁴¹

Mengetahui pengaruh pengujian logam berat Pb terhadap pembentukan mikronukleus. Perbedaan penelitian di atas subjek penelitiannya menggunakan akar bawang merah (*Allium ascalanum* L.) sedangkan subjek penelitiannya adalah bawang putih (*Allium sativum*). Persamaan penelitian dengan skripsi penulis yakni subjek penelitian menggunakan akar bawang putih (*Allium sativum*). Perbedaannya penelitian tersebut berfokus indeks aberasi mitosis dan pada skripsi ini berfokus pada mikronukleus.

H. Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas isi skripsi dengan judul “Analisis Pembentukan Mikronukleus Pada Ujung Akar Bawang Putih (*Allium sativum*) yang Tercemar Logam Pb” sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini terdiri atas beberapa sub bab diantaranya yaitu penegasan judul, latar belakang masalah, identifikasi masalah, Batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian penelitian relevan, sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori dan Pengajuan Hipotesis

Bab ini memuat berbagai macam teori yang relevan dengan penelitian yang dilakukan yaitu meliputi teori-teori mengenai bawang putih, logam berat Pb, mikronukleus.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini memuat metode atau cara-cara yang akan digunakan ketika melakukan penelitian yang meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, populasi sampel dan teknik pengambilan sampel, definisi

⁴¹ Adhikari, “Augmentation Mitodepressive and Cytogenotoxic Effects of Lead upon Acute Exposure on Grass Pea (*Lathyrus Sativus* L.) Root Tip Cells.”

operasional, jenis penelitian, cara kerja, teknik pengumpulan data serta teknik analisis data.

BAB IV Hasil Dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan hasil dan pembahasan hasil penelitian yang berisi hasil deskripsi analisis data penelitian dengan cara menginterpretasi temuan penelitian, menjelaskan hubungan antara temuan penelitian dengan penelitian terdahulu yang relevan dan menjelaskan implikasi hasil penelitian termasuk keterbatasan penelitian.

BAB V Penutup

Bab ini menjelaskan simpulan yang berisi pernyataan singkat peneliti tentang hasil penelitian berdasarkan pada analisis data dan temuan penelitian. Serta rekomendasi berupa saran-saran praktis dan teoritis.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Teori yang digunakan

1. Sejarah Bawang Putih

Sejarah masuknya bawang putih di Indonesia diduga melalui perdagangan dengan bangsa Arab, India, Cina dan penggunaan bawang putih semakin menyebar.⁴² Pada mulanya bawang putih berasal dari daratan Cina. Seorang ahli botani Soviet yang melakukan penelitian mengenai asal tanaman, Nikolai Ivanovich Vavilov, menetapkan 8 sentra terpenting asal mula tanaman yang masing-masing berdiri sendiri. 8 sentra itu adalah dataran Cina, India, Asia Tengah, Timur Dekat, Mediterania, Abisnia, Meksiko Selatan, Amerika Tengah dan Amerika Selatan. Kerabat dekat bawang-bawangan seperti bawang kucai, bawang daun, bawang putih dipastikan berasal dari daratan Cina.⁴³

Dalam catatan sejarah Mesir kuno sekitar 5000-6000 tahun yang lalu, bawang putih berperan besar dalam menunjang kekuatan budak. Mereka yang dipekerjakan membangun piramida dan sphynx diberi ransum yang mengandung bawang putih dalam jumlah yang banyak agar tetap sehat dan kuat. Mereka percaya bawang putih berkhasiat memberikan daya tahan tubuh yang luar biasa. Dalam salah satu prasasti yang terdapat dalam piramida itu dijelaskan bahwa sebagian sayur yang diberikan dalam jumlah banyak kepada para budak yang membangunnya adalah bawang putih.⁴⁴

Para ahli purbakala menemukan benda kuno di makam El Mahasna, Mesir, yaitu berupa lukisan dan patung umbi bawang putih dari tanah liat yang diperkirakan dibuat 3200 SM. Sekitar 1500 SM, orang Mesir telah menggunakan bawang putih untuk mengobati lebih dari 32 jenis penyakit seperti penyakit hati dan tumor. Hippocrates

⁴² Dian Sukma Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, ed. Aldo Sahala, I (Yogyakarta: Andi Offset, 2016), 12.

⁴³ Andari Titisari et al., *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*, ed. Endang Setyorini and Nia Rachmawati (Bogor: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2019), 4.

⁴⁴ *Ibid.*, 5.

yang hidup 460 SM menganggap bawang putih sebagai obat perangsang respirasi untuk obat laksatif dan pelancar pengeluaran udara.⁴⁵

Sekitar abad ke-17, tepatnya tahun 1665, wabah sampar (pes) melanda Inggris. Wabah itu menyebar ke pelosok daratan Eropa dan menjadi ketakutan yang mengerikan pada waktu itu. Menurut catatan sejarah, bawang putih menjadi obatnya. Pendeta Prancis yang saat itu terbiasa makan bawang putih dalam jumlah yang banyak ternyata dapat bertahan hidup lebih lama dibandingkan pendeta Inggris.⁴⁶ Sehingga upaya pembudidayaan dilakukan oleh masyarakat di daerah pesisir maupun kedalaman karena kebutuhan akan bawang putih. Kini, hampir semua makanan nusantara menggunakan bawang putih sebagai bahan dasar.⁴⁷

2. Penyebaran Bawang Putih

Penggunaan bawang putih telah meluas dari Asia Tengah ke Eropa, Afrika, Asia Timur, Amerika, hingga ke Indonesia. Indonesia sendiri masih mengimpor bawang putih dari Cina sebagai negara penghasil bawang putih terbesar saat ini. Produksi bawang putih di Indonesia masih rendah dan memerlukan iklim khusus agar bawang putih dapat tumbuh dengan baik. Daerah penyebaran bawang putih di Indonesia sebagai penghasil utama bawang putih lokal yakni Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah (Tegal, Pemalang, Karanganyar), Jawa Timur (Magetan, Pacitan, Malang, Kota Batu), Sulawesi (Palu), Bali, Lombok, Nusa Tenggara Timur.⁴⁸

⁴⁵ Ibid., 5–6.

⁴⁶ Ibid., 6.

⁴⁷ Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, 12.

⁴⁸ Ibid., 12–13.

3. Klasifikasi Bawang Putih



Gambar 2.1 Bawang putih⁴⁹

Regnum	: Plantae
Divisi	: Angiospermae
Class	: Monocotyledoneae
Ordo	: Asparagales
Family	: Amaryllidaceae
Subfamily	: Allioideae
Genus	: <i>Allium</i>
Spesies	: <i>Allium sativum</i> L.

Bawang putih (*Allium sativum*) berkerabat dengan bawang merah (*Allium cepa* var *aggregatum*) yakni berasal dari genus yang sama. Perbedaan yang mudah diamati adalah warna siungnya. Siung bawang putih tidak berlapis-lapis seperti siung bawang merah. Bentuk bawang putih menyerupai gasing dan menyatu terbungkus kulit tipis. Bawang putih ketika dipotong tidak mengandung senyawa yang dapat menyebabkan air mata keluar.⁵⁰

4. Morfologi Bawang Putih

Bawang putih termasuk tanaman semusim, dapat ditanam sepanjang tahun jika iklimnya memenuhi syarat (sejuk dan kering). Usia tanam antara 4-7 bulan, tergantung varietas dan kondisi lingkungan. Tinggi tanaman bawang putih bisa mencapai 30-60 cm. Berikut adalah tabel ciri-ciri bawang putih

⁴⁹ Titisari et al., *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*, 3.

⁵⁰ Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, 14.

Tabel 2.1 Ciri morfologi bawang putih^{51,52}

Bagian	Ciri Morfologi
Batang	 <p>Batang semu tersusun dari pelepah daun yang tipis dan kuat, beralur, berwarna hijau. Batang semu terdiri dari 2 jenis, yakni batang keras (varietas yang tumbuh di daerah dingin) dan batang lunak (varietas yang tumbuh di daerah hangat atau panas). Batang pokok terletak pada dasar umbi berbentuk cakram.</p>
Daun	 <p>Tunggal, seperti pita, bagian tepi rata, ujung runcing, beralur, pipih, kecil, tidak berlubang, sedikit melipat kedalam, panjang sekitar 60 cm, lebar \pm 1,5 cm. Pelepah daunnya tipis dan membungkus pelepah-pelepah daun di dalamnya yang lebih muda sehingga membentuk batang semu dapat mencapai ketinggian hingga 30 cm. Pangkal daun tidak menyimpan makanan tetapi membentuk sisik yang mengering dan menipis setelah dewasa (menjadi kulit terluar umbi).</p>
Bunga	<p>Bunga majemuk, bertangkai, berbentuk bulat. Jarang terjadi penyerbukan sehingga buah dan biji bawang putih sangat jarang ditemui. Sebagian besar varietas bawang putih, tangkai bunga</p>

⁵¹ Ibid., 15–16.⁵² Titisari et al., *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*, 27–32.



tidak tersembul ke akar, hanya Sebagian bunga saja yang keluar. Seringkali bunga keluar karena sudah gagal sewaktu masih berupa tunas.

Akar



Akar menempel pada batang pokok. Berupa akar serabut pendek tetapi tidak terlalu dalam. Hanya berfungsi untuk menyerap makanan, tetapi tidak dapat mencari air tanah. Sehingga bawang putih tidak tahan kekeringan.

Tunas/siung/umbi



Tunas melekat pada batang pokok berada di pangkal tanaman tepat diatas batang pokok dan berada di dalam tanah. Tunas ini tumbuh dalam siung. Siung bawang putih bergerombol membentuk umbi. Setiap umbi bisa terdiri dari 3-36 siung.

Siung bawang putih terdiri dari dua helai daun dan tunas. Daun terluar tipis, kering, kuat dan menjadi pembungkus siung. Daun dibawahnya menebal berfungsi untuk menyimpan makanan. Bagian ini yang membentuk siung.

5. Manfaat Bawang Putih

Berikut ini beberapa efek farmakologi senyawa aktif pada bawang putih

Tabel 2.2 Efek farmakologi senyawa aktif pada bawang putih⁵³

Senyawa Aktif	Efek Farmakologi
Alil-metil-sulfida (AMS)	Antihipertensi, antibakteri
Vinil-ditiin	Antioksidan, kardioprotektif
Alistatin	Fungisida, antibiotik, neuroprotektif
Allixin	Antitumor, antiradikal bebas, neuroprotektif
Scordinin	Antikanker, antipotensif, antibakteri, antihiperkolesterol

Bawang putih memberikan aroma dan rasa tertentu dalam masakan. Namun, sejak ribuan tahun silam, manfaat bawang putih juga berkhasiat herbal untuk mengatasi berbagai penyakit karena kandungan senyawa aktif alisin dalam umbinya. Kandungan nutrisinya pun terbilang lengkap untuk mencukupi kebutuhan harian tubuh. Pada bawang putih per 18 gram mengandung kalori 1%, mangan 15%, selenium 3,6%, kalsium 3,2%, fosfor 2,7%, tembaga 2,6%, asam amino triptofan 3,1%, vitamin B6 11%, vitamin C 9,3%, vitamin B 12,6%. Tak hanya itu, bawang putih juga terkenal sebagai pengendali hama dan penyakit tanaman yang andal.⁵⁴

Dalam Papyrus Ebers-kitab pengobatan dari Mesir yang ditulis pada 1500 SM bawang putih disebut 22 kali sebagai obat untuk beragam penyakit. Raja Tutankhamun dari Mesir memanfaatkannya untuk menjaga stamina dan mencegah penyakit. Bapak kedokteran dari Yunani yang hidup sekitar abad ke-4 SM, Hippocrates, menyebutkan bawang putih terbukti untuk mengatasi infeksi, luka, kanker, lepra dan gangguan pencernaan. Romawi dan Yunani menggunakannya sebagai obat lepra dan asma. Di Lebanon memanfaatkannya untuk diet. Pada 1858, Louis Pasteur

⁵³ Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, 21.

⁵⁴ Titisari et al., *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*, 15.

menggunakannya sebagai desinfektan pembersih luka dan mencegah gangrene.⁵⁵

Dalam pengobatan tradisional India, Ayurveda, bawang putih digunakan untuk menghangatkan tubuh, memperlancar sirkulasi darah, menyembuhkan sakit perut. Pada pengobatan tradisional Cina, bawang putih termasuk herbal pahit hangat yang memberikan efek pada usus besar, limfa dan meridian perut. Digunakan untuk menurunkan tekanan darah, mengatasi infeksi parasit, keracunan makanan, tumor, sebagai antikoagulan ringan. LD Lawson dalam jurnal *Phytomedicines of Europe: Chemistry and Biological Activity* menyebutkan, setiap gram bawang putih mengandung 2.500-4.500 µg alisin. Bobot 1 siung bawang putih 2-4 gram.⁵⁶

Bawang putih berkhasiat antikolesterol yang dibuktikan secara ilmiah oleh Divisi Kardiologi, California University dan Western Medical Center, Amerika Serikat. Hasil penelitian di Yunani Kuno, bawang putih menurunkan 34% trigliserida, 11% kolesterol, 10% kolesterol jahat dan tanpa efek apapun terhadap kolesterol baik.⁵⁷

Penelitian lainnya yakni Dr. Yongxiang dari University of Tokyo Jepang, mengungkapkan alasan bawang putih membantu menurunkan kolesterol, karena umbi itu memiliki ajoene, zat antikolesterol untuk mencegah penggumpalan darah. Dr. Yu-Yan Yeh, ahli nutrisi Penn State University, California, menyebutkan bawang putih mengandung beberapa kelompok senyawa sulfur, antara lain S-alil sistein (SES), S-propil sistein (SPS), dan dialil sulfida (DAS) yang menurunkan kolesterol darah dan kolesterol jahat. Bawang putih juga efektif menyembuhkan darah tinggi karena kandungan asam amino alisin, bersifat antioksidan dan penyerap lemak.⁵⁸

Bawang putih mengandung beberapa senyawa yang bersifat antihipertensi dan menurunkan hipertensi, seperti allisin dan alil-metil-sulfida. Selain itu, bawang putih juga digunakan sebagai antikanker, khususnya kanker perut dan kanker usus besar. Senyawa organosulfur bawang putih membantu hati menetralkan racun yang

⁵⁵ Ibid., 16.

⁵⁶ Ibid., 17.

⁵⁷ Ibid., 17-18.

⁵⁸ Ibid., 18-19.

masuk ke tubuh. Juga kaya akan antioksidan yang dapat melawan radikal bebas.⁵⁹

Peneliti pada University of Texas dan Anderson Cancer Center, Houston, Amerika Serikat mengungkapkan bahwa kandungan SAS dan DAS bawang putih dapat menghambat 36% kerusakan usus dan menghambat pembentukan tumor usus. DAS diklaim sebagai salah satu penghambat tumor terbaik. Selain itu, bawang putih dapat merangsang proliferasi limfosit yang meningkatkan 25% sel darah putih sebagai sistem kekebalan tubuh.⁶⁰ Juga mencegah pengerasan pembuluh darah, mencegah penimbunan lemak dalam peredaran darah, dan menurunkan kolesterol jahat. Bawang putih juga dapat digunakan sebagai antikanker (terutama kanker usus besar), antiradang, menjaga fungsi kerja saraf.⁶¹

Senyawa sulfur pada bawang putih bersifat mengencerkan darah, sehingga resiko penyumbatan darah dapat ditekan. Aliisin juga membuat sel darah lebih licin dan tidak menggumpal sehingga mencegah pembentukan endapan lemak di dinding pembuluh darah. Lancarnya pembuluh darah dapat menurunkan resiko diabetes, hipertensi, stroke, gangguan jantung. Sebagai antiseptik dan antimikroba juga bisa untuk menyembuhkan luka karena mengandung senyawa sulfur. Bawang putih dapat digunakan sebagai antijamur sebagai obat kutu air.⁶²

Peneliti dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Supriyono, ekstrak bawang putih 1-6% mampu menghambat perkembangan koloni cendawan *S. rolfisii* sebesar 43-93% dan menghambat pembentukan badan mengeras oleh jamur sclerotia sebesar 31-77%. Peneliti dari Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Ir. Wiwin Setiawati dan rekannya membuat pestisida dari bawang putih dan hasilnya ampuh untuk mengendalikan ulat, hama

⁵⁹ Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, 69-70.

⁶⁰ Titisari et al., *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*, 19.

⁶¹ Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, 22,69-70.

⁶² *Ibid.*, 70,72,77-78.

penghisap, nematoda, bakteri, antraknos, dan embun tepung pada tanaman sayuran.⁶³

Sementara periset di Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, Alfian Rusdy, membuktikan bawang putih ampuh mengatasi hama keong mas *Pomacea canaliculata*. Hal itu terjadi karena kandungan sulfida dalam bawang putih menyebabkan keong mas berhenti makan. Suatu kelompok studi hortikultura di California, Amerika Serikat, juga menggunakan ekstrak bawang putih untuk mengatasi hama tanaman. Hasilnya bisa mengusir ngengat kubis dan aphid. Pada siput, kepik dan ulat tanduk pengaruhnya sedikit lama.⁶⁴

Secara umum bawang putih memiliki efek antimikroba. Mikroba patogen yang dapat menyebabkan penyakit seperti diare, flu, keracunan, penurunan kekebalan tubuh, dll. Contoh mikroba patogen diantaranya bakteri (*Salmonella*, *Staphylococcus*, dll.), jamur (*Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, dll.), parasit (*Plasmodium*, *Entamoeba*, dll.) dan virus (*Cytomegalovirus*, *Influenzavirus*, dll).⁶⁵

Untuk kecantikan, bawang putih memiliki manfaat membersihkan jerawat, mencegah kerontokan dan menyuburkan rambut. Pada kuliner, bawang putih diolah menjadi acar, aneka sambal, aneka saus, bumbu masak segar, kacang bawang, kerupuk bawang, olahan unik lainnya. Manfaat lainnya yakni menyuburkan tanaman, pestisida organik, lem alami, pengusir nyamuk, melindungi hewan peliharaan, melindungi buah dari kebusukan.⁶⁶

6. Nutrisi Tanaman

Tumbuhan memerlukan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan. Nutrisi adalah elemen kimia yang diperlukan tanaman untuk melakukan proses fisiologis guna tanaman dapat hidup dengan baik. Terdapat 16 jenis unsur yang berperan penting untuk pertumbuhan tanaman yaitu pada tabel berikut

⁶³ Titisari et al., *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*, 21–23.

⁶⁴ Ibid., 23.

⁶⁵ Kuswardhani, *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*, 21.

⁶⁶ Ibid., 78–102, 106–14.

Tabel 2.3 Bentuk unsur hara yang diserap tanaman dan kemungkinan pupuk yang dapat diberikan untuk mencukupi kebutuhan hara tersebut⁶⁷

Nama Unsur	Unsur	Bentuk Diserap	Jenis pupuk yang dapat diberikan
Karbon	C	CO ₂	Udara atmosfer, hujan
Hidrogen	H	H ₂ O, H ₂ , H ⁺	
Oksigen	O	O ₂ , CO ₂	
Nitrogen	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	Urea, ammonium sulfat (ZA), KNO ₃ , NaNO ₃
Fosfor	P	H ₂ PO ₃ , HPO ₄ ⁻	ES, TSP, SP-36, Ca (H ₂ PO ₄) ₂ , guano, apatit
Kalium	K	K ⁺	KCl, KSO ₄ , (ZK), KNO ₃
Kalsium	Ca	Ca ²⁺	CaCO ₃ , dolomit [Ca,Mg(CO ₃) ₂], CaO, Ca(OH) ₂
Magnesium	Mg	Mg ²⁺	Dolomit, MgSO ₄
Sulfur	S	SO ₄ ²⁻	ZA, K ₂ SO ₄ , S elementer
Besi	Fe	Fe ²⁺	FeSO ₄
Mangan	Mn	Mn ²⁺	MnCl ₂ , MnSO ₄
Sen/Zinc	Zn	Zn ²⁺	ZnSO ₄
Tembaga	Cu	Cu ²⁺	CuSO ₄
Boron	B	H ₂ BO ₃ , HBO ₃ ²⁻	Borax
Molibdenum	Mo	MoO ₄ ²⁻	NH ₄ molibdat
Klor	Cl	Cl ⁻	CaCl ₂ , NaCl

Selain unsur diatas, terdapat beberapa unsur yang tak kalah penting sebagai unsur hara karena penting pada beberapa organisme, terutama jika unsur utama tidak tersedia, yaitu: silikon (Si) yang diusulkan oleh Takahashi dan Miyake, natrium (Na), kobalt (Co), vanadium (V). unsur-unsur tersebut ditemukan berfungsi secara parsial sebagai unsur esensial atau unsur bermanfaat bagi tanaman. Hampir semua unsur kecuali C, H, O diserap tanaman dalam bentuk ion atau terlarut, baik

⁶⁷ Sufardi, *Pengantar Nutrisi Tanaman*, ed. Zahratul Kamila, Kedua (Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2019), 28.

dalam bentuk kation atau anion. Unsur C, H, O dapat langsung diserap melalui udara (CO_2 , O_2) dan air. Molekul air diserap melewati absorpsi akar dan CO_2 masuk secara difusi ke daun lewat stomata tanaman. 13 unsur lainnya diasimilasikan melalui absorpsi akar dalam bentuk ion yang terdapat di dalam larutan tanah.⁶⁸

Sebagian besar unsur hara tanaman ditemukan para ahli tanaman pada abad 18 tetapi belum diketahui esensial atau tidaknya. Tahun 1980-an, De Saussure, Von Sachs, dan Knop melakukan penelitian hidroponik pada tanaman atas unsur Ca, Fe, Mg, N, P, S dan didapat unsur-unsur tersebut esensial untuk perkembangan tanaman. Mn terbukti esensial pada tahun 1922, tahun 1926 B dan Zn termasuk unsur esensial. Tahun 1939 unsur Mo termasuk unsur esensial dan 1954 unsur Cl termasuk unsur esensial.⁶⁹

Unsur-unsur nutrisi tanaman berdasarkan kebutuhan secara kuantitatif dapat digolongkan kedalam 3 kelompok, yaitu: unsur hara makro (*macronutrients*), unsur hara mikro (*micronutrients*), dan unsur meracun (*toxic elements*) atau unsur limbah (*waste elements*).⁷⁰

1. Unsur hara makro (*macronutrients*)

Unsur hara makro adalah unsur yang terdapat dalam jaringan tanaman yang konsentrasinya lebih dari 0,1% dari berat kering mutlak. Unsur makro yakni: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, dan (Na dan Si).

2. Unsur hara mikro (*micronutrients*)

Unsur hara mikro adalah unsur yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit dan konsentrasi dalam jaringan tanaman lebih kecil atau sama dengan 0,01% (100 ppm). Unsur mikro yakni: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, dan (Co).

3. Unsur meracun (*toxic elements*)

Unsur meracun adalah unsur yang memiliki efek meracuni tanaman atau dapat juga dianggap sebagai limbah industri. Unsur mikro jika berlebihan dapat meracuni tanaman seperti: Fe, Mn, Zn, Cu, dan B. Unsur dari limbah industri, yaitu: flour (F), alumunium (Al), nikel (Ni), timah hitam (Pb),

⁶⁸ Ibid., 28–32.

⁶⁹ Ibid., 30.

⁷⁰ Ibid., 34.

cadmium (Cd), iodium (I), stronsium (Sr), selenium (Se), arsenik (As), perak (Ag), dan merkuri (Hg).⁷¹ Berdasarkan sifat pencemaran logam berat, terdapat 3 kelompok yaitu: logam sifat toksik tinggi seperti unsur cadmium, Pb, seng, tembaga. Logam sifat toksik sedang yaitu terdiri atas unsur crome, nikel, cobalt, aluminium. Logam dengan sifat toksik rendah yaitu unsur mangan dan besi.⁷²

Tabel 2.4 Penemu dan penemu esensialitas untuk unsur-unsur esensial⁷³

Simbol	Penemu	Tahun	Penemu Esensialitas	Tahun
C	**	**	De Saussure	1804
H	Cavendish	1766	De Saussure	1804
O	Priestley	1774	De Saussure	1804
N	Rutherford	1772	De Saussure	1804
P	Brand	1772	Ville	1860
S	**	**	Von Sachs, Knop	1865
K	Davy	1807	Von Sachs, Knop	1860
Ca	Davy	1807	Von Sachs, Knop	1860
Mg	Davy	1808	Von Sachs, Knop	1860
Fe	**	**	Von Sachs, Knop	1860
Mn	Scheele	1774	McHargue	1922
Cu	**	**	Sommer	1931
			Lipman dan McKinnon	1931
Zn	**	**	Sommer dan Lipman	1926
Mo	Hzelm	1782	Arnon dan Stout	1939
B	Gay Lussac dan Thenard	1808	Sommer dan Lipman	1926
Cl	Scheele	1774	Broyen et al.	1954

⁷¹ Ibid.

⁷² Karamina H, A. T. Murti, and T. Mudjoko, "Analisis Kandungan Logam Berat Aluminium (Al) Dan Timbal (Pb) Pada Buah Jambu Biji Varietas Kristal (Psidium Guajava L.) Dan Tanah Di Desa Bumiaji, Kota Batu," *Jurnal Kultivasi* 17, no. 3 (2018): 744–49.

⁷³ Sufardi, *Pengantar Nutrisi Tanaman*, 31.

7. Pencemaran

Udara mempunyai beragam unsur gas yang berfungsi melindungi bumi. Udara adalah perpaduan dari bermacam-macam gas yang terdiri atas sekitar 78% nitrogen, 20% oksigen, 0,93% argon, 0,03% karbon dioksida dan sisanya terdiri dari neon (Ne), helium (He), metana (CH₄), hydrogen (H₂).⁷⁴

Pencemaran udara yaitu tercemarnya udara ambien oleh masuk atau dimasukkan nya zat, energi, ataupun unsur lain dikarenakan aktivitas manusia, sehingga memberikan dampak menurunnya kualitas udara ambien hingga ketinggian tertentu yang dapat mengakibatkan udara ambien tidak bisa melaksanakan fungsinya sebagaimana mestinya.⁷⁵

Udara ambien merupakan udara bebas yang diperlukan dan mempunyai dampak terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup ataupun komponen lingkungan hidup lainnya yang terdapat di permukaan bumi tepatnya di lapisan troposfir yang ditemukan dalam kawasan yuridis Republik Indonesia.⁷⁶ Emisi yaitu masuk atau dimasukkannya zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara ambien yang dihasilkan dari suatu aktivitas yang memiliki ataupun tidak memiliki kemampuan menjadi komponen pencemar.⁷⁷

Sumber pencemaran udara yaitu berasal dari polutan transportasi sekitar 60% terdiri dari karbon monoksida dan 15% hidrokarbon. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Pasal 1 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara terbagi 5 kelompok, yaitu:

- a. Sumber bergerak: sumber pencemar yang tidak tetap di suatu tempat seperti kendaraan bermotor.
- b. Sumber bergerak spesifik: seragam dengan sumber bergerak, bersumber dari pesawat terbang, kapal laut, kereta api, serta transportasi berat lainnya.

⁷⁴ Eka Apriawati and Agung Abadi Kiswandono, "Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen Dioksida (NO₂) Di Tiga Lokasi Kota Bandar Lampung," *Analit: Analytical and Environmental Chemistry* 2, no. 1 (2017): 42–51.

⁷⁵ Presiden Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara" (1999), 2.

⁷⁶ Ibid.

⁷⁷ Menteri Negara Lingkungan Hidup, "Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah" (2010), 1,3.

- c. Sumber tidak bergerak: sumber pencemar tetap di suatu tempat.
- d. Sumber tidak bergerak spesifik: seragam dengan sumber tidak bergerak, bersumber dari pembakaran sampah dan kebakaran hutan.
- e. Sumber gangguan: sumber pencemar yang memerlukan media padat atau udara sebagai penyalurannya, bersumber dari getaran, kebisingan, kebauan serta gangguan lainnya.⁷⁸

Secara umum logam berat mencemari lingkungan dengan dua proses yaitu secara natural (yakni secara alamiah) seperti terjadinya pelapukan endapan akibat erosi, cuaca, serta keaktifan vulkanik dan antropogenik (yakni dikarenakan perbuatan manusia) seperti pertambangan, peleburan, pemakaian pestisida, pelapisan logam, penggunaan pupuk penyubur tanah, dan lainnya.⁷⁹

8. Timbal (Pb)

Sifat fisik Pb yaitu timbal termasuk dalam golongan logam berat, memiliki sifat lunak dengan warna biru keabu-abuan serta mempunyai kilap logam tersendiri ketika timbal dipotong, kilap tersebut akan menghilang jika terdapat lapisan oksida di permukaannya, memiliki nomor atom 82, berat atom 207,19, dengan berat jenis 11,34. Pb juga memiliki sifat kimia yaitu Pb mempunyai titik leleh 327,5°C dan titik didih sebesar 1740°C.⁸⁰

9. Sumber Pb

Pb dapat terbentuk secara alami yang ditemukan pada lempeng bumi hanya 0.0002% dari total keseluruhan kerak bumi. Pb bisa dijumpai pada aktivitas manusia yang justru mencapai 300 kali bertambah banyak daripada Pb yang terdapat pada lapisan kerak

⁷⁸ Tirta Tri Buanawati, Haryono Setiyo Huboyo, and Budi Prasetyo Samadikun, "Estimasi Emisi Pencemar Udara Konvensional (SO_x, NO_x, CO, Dan PM) Kendaraan Pribadi Berdasarkan Metode International Vehicle Emission (IVE) Di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang," *Jurnal Teknik Lingkungan* 6, no. 3 (2017): 1–12, <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>.

⁷⁹ Khairuddin, Yamin, and Syukur, "Penyuluhan Tentang Sumber-Sumber Kontaminan Logam Berat Pada Siswa SMAN 1 Belo Kabupaten Bima."

⁸⁰ Tiara Rahmania Yunisa et al., "Potensi Daun Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Sebagai Biosorben Logam Timbal," *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 5, no. 4 (2017): 66–70.

bumi.⁸¹ Pb dapat ditemukan secara alamiah yang berasal dari batubatuan, tumbuhan, penguapan lava dan tanah dengan kadar yang sangat rendah. Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar udara utama sekitar 60%, industri 20% dan lainnya 20%.⁸²

Pb merupakan salah satu bahan pencemar yang bersifat stabil. Pb dapat masuk ke tanah bersamaan dengan air hujan dan mengendap bersama dengan debu, dapat mencemari tanah dan air sehingga Pb dapat memasuki rantai makanan. Pb akan lebih mudah masuk ke tubuh manusia melalui sayuran, susu dari hewan ternak serta produk lainnya dari ternak hewan yang dikonsumsi. Selain itu gas buang kendaraan bermotor bisa menyebabkan keadaan tanah dan air menjadi asam sehingga ikatan tanah dengan mineral ataupun logam dapat terlepas dan logam tersebut bisa mencemari lingkungan.⁸³

Gas buang kendaraan bermotor adalah penyumbang polusi terbesar dengan mengemisikan 70% emisi NO_x, 52% emisi VOC dan 23% partikulat. Satu liter bahan bakar yang digunakan akan mengeluarkan sekitar 100gram CO, 30gram oksida nitrogen, 2,5 kg CO₂ dan senyawa lainnya. Hasil dari pembakaran akan mengeluarkan gas buang yang dapat mencemari udara seperti karbon monoksida, padatan total tersuspensi, oksida nitrogen, hidrokarbon, sulfur, oksigen fotokimia serta partikel Pb.⁸⁴

Pada transportasi Pb ditambahkan dalam bahan bakar dan melewati tahap pembakaran dalam mesin, Pb keluar bersama gas buang lainnya melalui knalpot⁸⁵ Pb dapat bersumber dari transportasi dan industri. Dalam kegiatan industri, Pb digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pengganti dalam pabrik pembuatan kabel, baterai, cat, pembuatan peluru, benda-benda elektronik, gelas keramik, lapisan

⁸¹ Ibid.

⁸² Yustini Ardillah, "Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah," *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat* 7, no. 3 (2016): 150–55.

⁸³ Haruna et al., "Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan."

⁸⁴ Buanawati, Huboyo, and Samadikun, "Estimasi Emisi Pencemar Udara Konvensional (SO_x, NO_x, CO, Dan PM) Kendaraan Pribadi Berdasarkan Metode International Vehicle Emission (IVE) Di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang."

⁸⁵ Yunisa et al., "Potensi Daun Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Sebagai Biosorben Logam Timbal."

pipa, pabrik *tetraethyl lead*, pada teknik mematri, pada kontainer, sebagai pelindung radiasi.⁸⁶

10. Pb Pada Tanaman

Polutan organik dapat terdegradasi dalam jangka waktu tertentu dan menjadi komponen yang tidak begitu merusak. Polutan anorganik utamanya logam berat dapat bertahan lama didalam tanah.⁸⁷ Pb adalah logam berat dan disebut juga racun protoplasma. Pb merupakan polutan lingkungan yang kuat dan beracun bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah.⁸⁸ Pb berbahaya bagi organisme karena non-esensial dan belum diketahui peran nya dalam proses biologis. Pb adalah bahan berbahaya urutan kedua dalam prioritas bahan berbahaya tahun 2017. Keberadaan Pb di atmosfer berupa partikel-partikel yang mengendap dan mencemari tanah melalui presipitasi dan gravitasi yang terikat kuat dengan partikel tanah sehingga sebagian besar tetap berada di dalam tanah dan sangat sedikit jumlahnya yang meresap ke air tanah.⁸⁹

Pb di tanah terserap oleh akar tanaman dan di distribusikan ke organ tanaman lainnya. Logam berat yang dapat melewati endodermis akar dapat menyebabkan logam lainnya terbawa aliran transpirasi ke bagian atas melalui xylem ke bagian lainnya. Pada sel dan jaringan tanaman, Pb akan di detoksifikasi seperti dengan menimbun logam tersebut di organ tertentu seperti akar, batang daun, buah. Perpindahan Pb dari tanah ke tanaman dipengaruhi oleh pH tanah, komposisi tanah, Kapasitas Tukar Kation (KTK), kandungan bahan organik tanah dan kondisi kesuburan tanah yang rendah. Pb dapat terserap oleh tanaman jika logam lain tidak dapat menghambat keberadaannya. Konsentrasi Pb yang tinggi dapat menyebabkan proses penyerapan unsur hara oleh

⁸⁶ Ardillah, "Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah."

⁸⁷ Naaz and Chauhan, "Lead Tolerance and Accumulation Potential of Brassica Juncea L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil."

⁸⁸ Tariq Aziz et al., "A Mini Review on Lead (Pb) Toxicity in Plants," *Journal of Biology and Life Science* 6, no. 2 (2015): 91–101, <https://doi.org/10.5296/jbls.v6i2.7152>.

⁸⁹ Naaz and Chauhan, "Lead Tolerance and Accumulation Potential of Brassica Juncea L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil."

tanaman berbeda karena jumlah kation Pb dalam tanah lebih banyak dibanding unsur hara yang diperlukan tanaman.⁹⁰

Pb akan terlepas dari ikatan tanah berupa ion yang bergerak bebas, sehingga tanah didominasi oleh kation Pb. Ketersediaan kation lainnya berkurang dalam kompleks serapan akar. Melalui pertukaran ion, ion tersebut diserap oleh akar tanaman.⁹¹ Kation Pb yang masuk ke dalam tanaman pada konsentrasi tinggi (100-1000mg/kg) dapat memberikan pengaruh toksik seperti menjadi inhibitor pembentukan enzim yang akan menghambat proses pertumbuhan dan metabolisme tumbuhan termasuk respirasi.^{92,93} Respirasi menghasilkan ATP dan digunakan untuk fotosintesis. Hasil fotosintesis distribusikan digunakan untuk pembelahan sel seperti tinggi, jumlah, biomassa, reproduksi yang akan terhambat.⁹⁴

Pb dapat mengganggu biosintesis klorofil, merusak struktur kloroplas, dan juga mengubah aktivitas dan kuantitas enzim dari berbagai jalur metabolisme seperti yang ada pada metabolisme nitrogen, dan metabolisme gula, siklus Calvin fotosintesis.^{95,96} Pb menurunkan aktivitas enzim kritis pada Siklus Calvin, seperti RuBPCase dan 3-PGA kinase, sehingga mengganggu fotosintesis dan

⁹⁰ Rizka Ayu Amelia, Fida Rachmadiarti, and Yuliani, "Analisis Kadar Logam Berat Pb Dan Pertumbuhan Tanaman Padi Di Area Persawahan Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan," *Jurnal LenteraBio* 4, no. 3 (2015): 187–91.

⁹¹ Ibid.

⁹² Ibid.

⁹³ Retno Dwi Sisarti, Anis Rosyidah, and Indiyah Murwani, "Potensi Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea Reptans*) Dan Bayam Cabut (*Amaranthus Tricolor* L.) Sebagai Hiperakumulator Logam Berat Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan Dan Akumulasinya," *Jurnal Agronisma* 8, no. 2 (2020): 59–71.

⁹⁴ Amelia, Rachmadiarti, and Yuliani, "Analisis Kadar Logam Berat Pb Dan Pertumbuhan Tanaman Padi Di Area Persawahan Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan."

⁹⁵ Jian-pan Xin, Yao Zhang, and Ru-nan Tian, "Tolerance Mechanism of *Triarrhena Sacchariflora* (Maxim.) Nakai. Seedlings to Lead and Cadmium: Translocation, Subcellular Distribution, Chemical Forms and Variations in Leaf Ultrastructure," *Ecotoxicology and Environmental Safety* 165 (2018): 611–21, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.022>.

⁹⁶ Aziz et al., "A Mini Review on Lead (Pb) Toxicity in Plants."

mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman atau bahkan kematian.⁹⁷

Aplikasi Pb dapat meningkatkan aktivitas enzim katabolik seperti aktivitas RNase dan aktivitas klorofilase dan protease, hal ini dapat menjadi penyebab berkurangnya pertumbuhan tanaman. Selain itu, penyebab lain yang mungkin di balik ciri morfologi yang terganggu termasuk efek buruk pada pembelahan sel, struktur dan pertumbuhan sel, merusak akar tanaman.⁹⁸

Konsentrasi Pb yang ekstrim menyebabkan efek berbahaya bagi tanaman menghasilkan fitotoksisitas membran sel. Sebagian besar penghambatan yang dilakukan oleh Pb pada aktivitas enzim dihasilkan dari interaksi Pb dengan kelompok enzim reaksi gugus sulfidril (-SH) dengan kation. Enzim vital biosintesis klorofil, α -amino laevulinate dehydrogenase, dihambat dengan kuat oleh ion Pb. Pb juga menghambat aktivitas enzim jalur fosfat pentosa reduktif. Mekanisme tak terduga yang mungkin terjadi termasuk perubahan permeabilitas membran sel, kemungkinan tarikan untuk bereaksi dengan gugus fosfat dan gugus aktif ADP dan ATP.⁹⁹

Pb pada konsentrasi yang lebih tinggi akan menginduksi pembentukan Reactive Oxygen Spesies (ROS), termasuk asam superoksida radikal (O_2^-), radikal hidroksil (OH), oksigen singlet, dan hidrogen peroksida yang seharusnya dikendalikan pada tingkat normal. Pb dapat menyebabkan terjadinya ROS yang berlebihan, yang menyebabkan stres oksidatif, termasuk peroksidasi lipid membran, penghambatan aktivitas enzim, dan kerusakan DNA, sehingga mengganggu proses fisiologis dan biokimia dalam sel tumbuhan. Selain itu, Pb dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam air dan metabolisme ionik dalam sel penjaga, mengakibatkan tanaman menjadi dehidrasi dan layu, juga dapat menghambat pertumbuhan akar dengan mengurangi penyerapan nutrisi mineral. Pb merupakan

⁹⁷ Xin, Zhang, and Tian, "Tolerance Mechanism of *Triarrhena Sacchariflora* (Maxim.) Nakai. Seedlings to Lead and Cadmium: Translocation, Subcellular Distribution, Chemical Forms and Variations in Leaf Ultrastructure."

⁹⁸ Naaz and Chauhan, "Lead Tolerance and Accumulation Potential of *Brassica Juncea* L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil."

⁹⁹ Aziz et al., "A Mini Review on Lead (Pb) Toxicity in Plants."

bahaya bagi kesehatan manusia dan organisme lain melalui penumpukannya dalam rantai makanan dan amplifikasi biologis kation.¹⁰⁰

Pb dalam dosis rendah memperlihatkan sedikit peningkatan pertumbuhan. Hal ini dapat “*preconditioning*” atau “respon stress adaptif” disebut juga “*hormesis*”. Berkurangnya pertumbuhan tanaman yang terkontaminasi Pb mungkin terkait berkurangnya serapan mikronutrien yaitu (Fe, Cu, Mn, Zn). Hal ini menunjukkan bahwa Pb bersaing untuk mendapatkan tempat penyerapan akar dengan mikronutrien sehingga menyebabkan defisiensi mikronutrien pada tanaman, kemudian gejala yang terlihat seperti pertumbuhan terhambat dan biomassa berkurang.¹⁰¹

Logam berat menyebabkan kerusakan struktural, enzimatis, dan komponen non-enzimatis dari sel tanaman, mengakibatkan hilangnya viabilitas sel dengan demikian berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kondisi demikian, menyebabkan ketidakstabilan genom dan pada akhirnya sangat mempengaruhi kesehatan tanaman.¹⁰² Pb dapat terakumulasi diberbagai bagian tanaman dan mengganggu jalur metabolisme dan fisiologis sehingga menyebabkan tekanan logam berat dalam sistem tanaman.¹⁰³

Logam berat menghambat pembelahan dan ekspansi sel, sehingga menghambat pertumbuhan akar dan munculnya akar kerdil. Beberapa kerusakan yang disebabkan oleh logam berat dapat menghambat mekanisme perbaikan DNA melalui persaingan dengan ion tertentu yang penting untuk DNA polimerase.¹⁰⁴

Efek toksik dari berbagai logam berat pada sel ujung akar tanaman telah diteliti oleh beberapa pekerja. Tingkat kerusakan sel di ujung

¹⁰⁰ Xin, Zhang, and Tian, “Tolerance Mechanism of *Triarrhena Sacchariflora* (Maxim.) Nakai. Seedlings to Lead and Cadmium: Translocation, Subcellular Distribution, Chemical Forms and Variations in Leaf Ultrastructure.”

¹⁰¹ Naaz and Chauhan, “Lead Tolerance and Accumulation Potential of *Brassica Juncea* L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil.”

¹⁰² Mishra, “Assessment of Cytotoxic and Genotoxic Potential of Heavy Metals in Plants : A Review.”

¹⁰³ Naaz and Chauhan, “Lead Tolerance and Accumulation Potential of *Brassica Juncea* L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil.”

¹⁰⁴ Mishra, “Assessment of Cytotoxic and Genotoxic Potential of Heavy Metals in Plants : A Review.”

akar dikaitkan dengan jumlah penyerapan logam berat dan akumulasi logam berat. Logam berat mengganggu mekanisme yang mengendalikan organisasi mikrotubulus (MT) sitoskeleton dan proses perakitan tubulin. Efek toksik ini menghasilkan penurunan indeks mitosis dan stimulasi pembelahan mitosis yang abnormal. Logam berat menyebabkan beberapa penyimpangan kromosom, seperti C-mitosis, kelengketan jembatan anafase. Logam berat mengganggu spindle metafase dan anafase, merusak segregasi kromosom.¹⁰⁵

Logam berat mempengaruhi pasangan kromosom homolog. Sel-sel somatik serta reproduksi dipengaruhi oleh logam berat. Efek logam berat yang paling mencolok pada tanaman adalah penghambatan pertumbuhan yang berkorelasi dengan pembelahan sel. Logam berat menyebabkan efek mutagenik. Logam berat dapat digunakan sebagai mutagen untuk menciptakan variasi genetik dan fenotipik pada tanaman yang dapat dipilih sebagai mutan yang berguna dan dapat hidup serta dapat direkomendasikan untuk program pemuliaan mutasi.¹⁰⁶

Gejala umum visual dari keracunan Pb adalah pertumbuhan akar yang terhambat dengan cepat, pertumbuhan tanaman yang tidak berkembang, sistem akar yang menghitam dan klorosis. Pb menurunkan nutrisi mineral dan keseimbangan air, aktivitas enzim. Gangguan ini mengganggu aktivitas fisiologis normal tanaman. Pada konsentrasi tinggi Pb akhirnya dapat menyebabkan kematian sel.¹⁰⁷

Kerusakan sistem akar tanaman dan penurunan kekuatan transpirasi disebabkan oleh kelebihan Pb dan mengakibatkan penurunan serapan air, kemudian pasokan air yang tidak memadai ke bagian tanaman di atas tanah. Pb menyebabkan gangguan pada komposisi membran lipid dan fraksi protein, sehingga memungkinkan perembesannya ke dalam sel.¹⁰⁸

Tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam berat berdasarkan konsentrasi logam di dalam media tersebut. Konsentrasi Pb yang berbeda antara media dan tanaman akan mengakibatkan terjadinya perpindahan logam Pb secara difusi dan osmosis yakni

¹⁰⁵ Ibid.

¹⁰⁶ Ibid.

¹⁰⁷ Aziz et al., "A Mini Review on Lead (Pb) Toxicity in Plants."

¹⁰⁸ Ibid.

massa zat di media dengan kandungan yang tinggi akan berpindah ke media dengan kandungan yang rendah, sehingga terjadi penyerapan Pb oleh tanaman. Semakin besar kandungan Pb pada media maka semakin besar pula logam Pb yang diserap tanaman atau terakumulasi oleh akar tanaman.¹⁰⁹ Tanaman hiperakumulator dapat mengakumulasi logam berat jika terjadi keracunan dapat mengakibatkan klorosis, nekrosis, metabolisme tanaman, pertumbuhan yang kerdil pada tanaman.¹¹⁰

Akumulasi dan sekuestrasi dalam vakuola adalah strategi tanaman untuk metolerir kontaminasi logam. Ion Pb bertahan di akar karena kemampuannya untuk mengikat kuat dengan pertukaran ion dinding sel yaitu gugus karboksil asam glukuronat dan galakturonat di dinding sel, sehingga menghalangi pergerakan apoplastiknya. Selain itu ion Pb juga dapat mengendap secara ekstraseluler dengan membentuk garam karbonat. Strip kasparia membatasi pergerakan Pb melintasi endodermis sehingga bagian lain dari tanaman tidak terpengaruh. Pada tumbuhan, logam juga bisa diasingkan dalam vakuola dengan mengikat phytochelatins (PCs) dan metallothioneins (MTs). PCs dan MTs membentuk kompleks dengan logam dan terutama mengambil dalam vakuola sel akar sementara dalam translokasi ke xylem, asam seperti asam sitrat dan lainnya.¹¹¹

11. Toksisitas Pb

Pb merupakan logam berat bersifat racun dan lebih tersebar luas dibandingkan dengan logam berbahaya lainnya. Pb dapat mempengaruhi terutama sistem saraf, ginjal serta saraf pusat. Pb yang terakumulasi disimpan dalam tulang, Pb ditemukan dalam bentuk Pb-fosfat/Pb₃ (PO₄)₂ dan tidak menyebabkan gejala sakit. Toksisitas Pb yang diakibatkan gangguan absorpsi kalsium, terjadinya desorpsi

¹⁰⁹ Fadila Mutmainnah, Arinafril, and Suheryanto, "Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Hydrilla Verticillata Dan Najas Indica," *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 12, no. 2 (2015): 90–103.

¹¹⁰ Sisarti, Rosyidah, and Murwani, "Potensi Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea Reptans*) Dan Bayam Cabut (*Amaranthus Tricolor L.*) Sebagai Hiperakumulator Logam Berat Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan Dan Akumulasinya."

¹¹¹ Naaz and Chauhan, "Lead Tolerance and Accumulation Potential of *Brassica Juncea L.* Varieties in Imitatively Contaminated Soil."

kalsium dari tulang dan menyebabkan terjadinya penarikan deposit Pb dari tulang. Efek pertama pada seseorang yang keracunan Pb kronis yaitu terdapatnya gangguan pada biosintesis Hb (hemoglobin), jika tidak segera diatasi akan menyebar ke organ lainnya.¹¹²

12. Dampak Pb

Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui beberapa cara yaitu melalui inhalasi atau saluran pernafasan, oral atau saluran pencernaan dan dermal atau kontak kulit.¹¹³ Pada tubuh manusia yang terdedah Pb kadar rendah tetapi secara terus menerus dalam jangka waktu panjang bisa memberikan efek seperti anemia, hipertensi, menurunnya kinerja otak, menghambat pembentukan sel darah merah.¹¹⁴

Pb yang masuk ke tubuh melewati saluran pernapasan atau pencernaan dapat meluas melalui pembuluh darah ke berbagai organ, seperti hati, otak, ginjal, tulang dan saraf. Pada jangka waktu lama dengan konsentrasi tinggi bisa menyebabkan kerusakan pada fungsi ginjal dan jaringan saraf.¹¹⁵

Pb dapat menyebabkan seseorang keracunan kronis dan memiliki gejala seperti tidak nafsu makan, sakit kepala, konstipasi, anemia, mengalami lumpuh anggota badan, kejang-kejang, gangguan penglihatan, serta mengakibatkan sintesis hemoglobin, sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.¹¹⁶ Selain itu dapat merusak sistem ginjal, jantung, dan reproduksi. Dampak lainnya yaitu timbal dapat terakumulasi dalam darah, jika dalam kadar yang tinggi akan menyebabkan sindroma saluran pencernaan, kesadaran,

¹¹² Ardillah, "Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah."

¹¹³ Mustafiroh Kasanah, Onny Setiani, and Tri Joko, "Hubungan Kadar Tmbal (Pb) Udara Dengan Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Pada Pekerja Pengecatan Industri Karoseri Di Semarang," *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 4, no. 3 (2016): 825–32.

¹¹⁴ Hansen, Muhammad Habibi, and Ainur Rachman, "Biomonitoring Kadar Timbal (Pb) Pada Anak Jalanan Di Kota Samarinda," *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 18, no. 1 (2019): 1–8.

¹¹⁵ Baiq Mirawati, Muhlis, and Prapti Sedijani, "Efektivitas Beberapa Tanaman Hias Dalam Menyerap Timbal (Pb) Di Udara," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 2, no. 1 (2016): 48–54.

¹¹⁶ Ibid.

neuromuscular, konsekuensi pathophysiological dan perubahan tingkah laku serta kerusakan sistem saraf pusat.¹¹⁷

Keracunan Pb juga dapat merusak sel darah merah yaitu memperpendek umur sel darah merah, meningkatkan kandungan besi di dalam plasma darah serta menurunkan jumlah sel darah merah dan kadar sel-sel darah merah yang masih muda.¹¹⁸

13. Mikronukleus

Mikronukleus adalah massa kromatik sitoplasmik dengan bentuk bulat ataupun oval yang terdapat didekat dan hanya bisa terlihat secara mikroskopik.¹¹⁹ Sekitar awal tahun 1970-an, istilah mikronukleus disarankan oleh Boller dan Schmidt. Mikronukleus merupakan biomarker dari kejadian genotoksik dan ketidakstabilan kromosom.¹²⁰

Mikronukleus yaitu inti yang berada diluar yang terbentuk dari aberasi kromosom berupa patahan lengan kromosom tanpa adanya sentromer atau disebut fragmen asentrik. Fragmen asentrik merupakan salah satu penyebab terbentuknya mikronukleus. Fragmen asentrik tersisa saat sentromer kromatid disentrik berpindah menuju kearah kutub. Sehingga fragmen pada tahap mitosis dapat diidentifikasi lalu terbentuk mikronukleus.¹²¹

Pada fase mitosis, fragmen asentrik tertinggal saat sentromer kromatid disentrik ke kutub yang ditarik oleh benang.¹²² Di fase telofase, terjadi pembentukan inti sehingga terpisah secara sempurna dan terbentuknya mikronukleus.^{123,124}

¹¹⁷ Ardillah, "Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah."

¹¹⁸ Yayuk Kustiningsih, Noni Fitriyanti Thomas, and Nurlailah, "Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Darah Penjual Klepon," *Medical Laboratory Technology Journal* 3, no. 2 (2017): 47–52.

¹¹⁹ Rahmad, Dewi, and Rosida, "Pengaruh Paparan Batubara Terhadap Jumlah Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Pekerja Tambang Batubara Di Kecamatan Murung Pudak Kabupaten Tabalong."

¹²⁰ Prasad Karande et al., "Micronuclei The Review," *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences* 5, no. 4 (2018): 881–83.

¹²¹ Purnami et al., "Deteksi Pembentukan Mikronuklei Sel Darah Limfosit Akibat Paparan Radiasi Dosis Bertingkat Pada Responden Dengan Jenis Kelamin Dan Usia Berbeda."

¹²² Ibid.

¹²³ Rahmah, Dewi, and Rahardja, "Analisis Sitogenik Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Perokok Aktif Dan Pasif."

Dalam proses pembelahan sel mitosis, mikronukleus dapat timbul dari disfungsi nya alat mitosis beserta dengan kerusakan pada kromosom. Sehingga dapat diketahui bahwa mikronukleus terutama berasal dari fragmen kromosom asentrik, fragmen kromatid asentrik, ataupun seluruh kromosom yang gagal dimasukkan dalam inti anak pada proses penyelesaian.¹²⁵

Terdapat mikronukleus yang berukuran lebih besar hal itu disebabkan karena terdapat kerusakan pada alat gelendong sel yang mengakibatkan dikeluarkannya seluruh kromosom (efek aneugenik), sedangkan mikronukleus yang berukuran lebih kecil disebabkan dari penyimpangan yang akhirnya menyebabkan fragmen kromosom (efek klastogenik). Artinya beragam mekanisme molekuler bisa mengakibatkan terbentuknya mikronukleus dan kelainan inti lainnya.¹²⁶

Peristiwa ini dapat terjadi secara spontan atau karena endogen atau eksogen tertentu. Pola pembentukan mikronukleus terutama tergantung pada jenis paparan karsinogen pada sel. Jaringan yang menerima paparan jangka pendek tunggal akan menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan jaringan yang menerima paparan kronis dan seragam. Mikronuklei berkurang jumlahnya seiring waktu baik karena kematian sel oleh kerusakan kromosom atau oleh hilangnya mikronuklei selama pembelahan sel. Telah dihargai bahwa sel-sel itu akan hilang pada frekuensi yang lebih tinggi yang memiliki lebih banyak kerusakan kromosom dan dengan demikian lebih tidak ada mikronuklei daripada yang dengan lebih sedikit kerusakan.¹²⁷

Mikronuklei (MN) dapat diidentifikasi tergantung pada kriteria berikut:

- a. Sel yang mengandung satu atau lebih zat seperti inti bersama dengan inti utama.
- b. Setiap MN akan memiliki diameter kurang dari 1/3

¹²⁴ Rahmad, Dewi, and Rosida, "Pengaruh Paparan Batubara Terhadap Jumlah Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Pekerja Tambang Batubara Di Kecamatan Murung Pudak Kabupaten Tabalong."

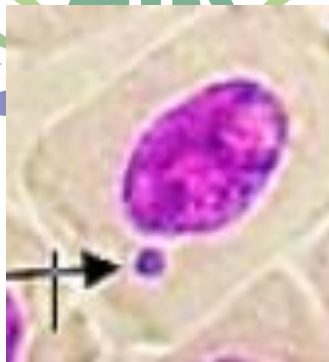
¹²⁵ Karande et al., "Micronuclei The Review."

¹²⁶ Ibid.

¹²⁷ Vipul Jain et al., "Buccal Cell Micronuclei Assay: A Non-Invasive Genotoxic Marker," *International Journal of Contemporary Medical Research* 4, no. 1 (2017): 100–104.

- nukleus.
- c. MN akan memiliki bentuk oval atau bundar bersama dengan membran.
 - d. MN akan berlokasi dalam 3 atau 4 diameter inti di sekitar nukleus dan tidak akan bersentuhan dengan nukleus (ini akan membuat hitungan MN bermakna).
 - e. MN akan menunjukkan bidang fokus, tekstur, dan bahkan intensitas pewarnaan yang hampir sama dengan inti utama.¹²⁸

Mikronukleus (MN) adalah badan ekstranuklear kecil yang terletak di sebelah nukleus induk dalam sitoplasma. Terbungkus oleh membran nuklir dan menyerupai struktur inti anak, ukurannya jauh lebih kecil. MN dapat berasal dari dua cara. Pertama, dapat timbul dari fragmen asentris yang dihasilkan dari kerusakan DNA yang ekstensif seperti double-strand break (DSB) yang tidak diperbaiki atau diperbaiki dengan tidak benar. Kedua, seluruh kromatid atau kromosom pada MN terbentuk karena defisiensi segregasi kromosom selama anafase yang biasanya disebabkan oleh kegagalan spindle mitosis, kerusakan kinetokor, hipometilasi DNA sentromer, dan cacat pada sistem kontrol siklus sel.¹²⁹



Gambar 2.2 Mikronukleus pada sel akar *Allium cepa*¹³⁰

B. Pengajuan Hipotesis

¹²⁸ Ibid.

¹²⁹ Francisco et al., "Cytotoxicity , Genotoxicity and Mutagenicity of Aluminum , Manganese and Lead in Meristematic Cells of Root *Allium Cepa*."

¹³⁰ Ibid.

Hipotesis penelitian ini adalah akar bawang putih yang tercemar logam Pb berpengaruh terhadap pembentukan mikronukleus.

Hipotesis Statistika

Hipotesis statistika penelitian ini yaitu:

- H_0 : Tidak ada pengaruh akar bawang putih yang tercemar logam Pb terhadap pembentukan mikronukleus.
- H_1 : Ada pengaruh akar bawang putih yang tercemar logam Pb terhadap pembentukan mikronukleus.



DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, Achmad Zainal. "Studi Indeks Mitosis Bawang Untuk Pembuatan Media Pembelajaran Preparat Mitosis." *Jurnal BioEdu* 3, no. 3 (2014): 571–79. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>.
- Adhikari, Dipan. "Augmentation Mitodepressive and Cytogenotoxic Effects of Lead upon Acute Exposure on Grass Pea (*Lathyrus Sativus* L.) Root Tip Cells." *American Journal of Biological Sciences* 1, no. 1 (2019): 14–22.
- Ainuddin, and Widyawati. "Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) Di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara." *Jurnal Ecosystem* 17, no. 1 (2017): 653–59.
- Amelia, Rizka Ayu, Fida Rachmadiarti, and Yuliani. "Analisis Kadar Logam Berat Pb Dan Pertumbuhan Tanaman Padi Di Area Persawahan Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan." *Jurnal LenteraBio* 4, no. 3 (2015): 187–91.
- Anwar, Chairil. *Hakikat Manusia Dalam Pendidikan: Sebuah Tinjauan Filosofis*. Edited by Agus NC. Pertama. Yogyakarta: SUKA-Press, 2014.
- Anwar, Chairul. *Buku Terlengkap Teori-Teori Pendidikan Klasik Hingga Kontemporer*. Edited by Yanuar Arifin. Cetakan Pe. Yogyakarta: IRCiSoD, 2017.
- . *Multikulturalisme, Globalisasi, Dan Tantangan Pendidikan Abad Ke-21*. Yogyakarta: DIVA Pres, 2019.
- Apriawati, Eka, and Agung Abadi Kiswandono. "Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen Dioksida (NO₂) Di Tiga Lokasi Kota Bandar Lampung." *Analit: Analytical and Environmental Chemistry* 2, no. 1 (2017): 42–51.
- Ardillah, Yustini. "Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah." *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat* 7, no. 3 (2016): 150–55.
- Arya, Shashi Kiran, Avisek Basu, and Anita Mukherjee. "Lead

- Induced Genotoxicity and Cytotoxicity in Root Cells of *Allium Cepa* and *Vicia Faba*.” *Nucleus (India)* 56, no. 3 (2013): 183–89. <https://doi.org/10.1007/s13237-013-0099-z>.
- Aziz, Tariq, Bashir Ahmad, Muhammad Ashraf, and Muhammad Zain UI Arifeen. “A Mini Review on Lead (Pb) Toxicity in Plants.” *Journal of Biology and Life Science* 6, no. 2 (2015): 91–101. <https://doi.org/10.5296/jbls.v6i2.7152>.
- Azzahri, Sucia Elsa, Burhan Muslim, and Muchsin Riviwanto. “Perbedaan Penyerapan Pb Pada Berbagai Jenis Tanaman.” *Jurnal Sehat Mandiri* 15, no. 1 (2020): 140–48. <http://jurnal.poltekkespadang.ac.id/ojs/index.php/jsm> 140.
- Beedanagari, Sudheer. *Genetic Toxicology. Comprehensive Medicinal Chemistry III*. Third Edit. Vol. 4–8. Elsevier, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.12381-9>.
- Buanawati, Tirta Tri, Haryono Setiyo Huboyo, and Budi Prasetyo Samadikun. “Estimasi Emisi Pencemar Udara Konvensional (SOx, NOx, CO, Dan PM) Kendaraan Pribadi Berdasarkan Metode International Vehicle Emission (IVE) Di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang.” *Jurnal Teknik Lingkungan* 6, no. 3 (2017): 1–12. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>.
- Çelik, Ayla, Serpil Ünyayar, Fazilet Özlem Çekiç, and Ayşin Güzel. “Micronucleus Frequency and Lipid Peroxidation in *Allium Sativum* Root Tip Cells Treated with Gibberellic Acid and Cadmium.” *Cell Biology and Toxicology* 24 (2008): 159–64. <https://doi.org/10.1007/s10565-007-9025-y>.
- Fauzi, Ridwan, Muhamad Yusup Hidayat, Bambang Hindratmo, and Siti Masitoh. “Karakteristik Konsentrasi Timbel (Pb) Dalam Daun 3 (Tiga) Jenis Pohon Di Sekitar Pabrik Peleburan Aki Bekas Di Tangerang Dan Bekasi.” *Jurnal Litbang Industri* 9, no. 2 (2019): 97–104. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24960/jli.v9i2.4867>.
- Francisco, Luiza Flávia Veiga, Bruno do Amaral Crispim, Lucilene Finoto Viana, Héline dos Santos Nascimento, Jorge Luiz Raposo Junior, and Alexeia Baruffatti Grisolia. “Cytotoxicity ,

Genotoxicity and Mutagenicity of Aluminum , Manganese and Lead in Meristematic Cells of Root *Allium Cepa*.” *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry* 10, no. 1 (2018): 60–65. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v10i1.1037>.

H, Karamina, A. T. Murti, and T. Mudjoko. “Analisis Kandungan Logam Berat Aluminium (Al) Dan Timbal (Pb) Pada Buah Jambu Biji Varietas Kristal (*Psidium Guajava L.*) Dan Tanah Di Desa Bumiaji, Kota Batu.” *Jurnal Kultivasi* 17, no. 3 (2018): 744–49.

Hajmoradi, Fatemeh, and Alireze Taleb Beydokhti. “Effect of Heavy Metals on Meiosis Cell Division in *Stachys Inflata Benth.*” *Caspian Journal of Environmental Sciences* 17, no. 4 (2019): 363–73.

Hansen, Muhammad Habibi, and Ainur Rachman. “Biomonitoring Kadar Timbal (Pb) Pada Anak Jalanan Di Kota Samarinda.” *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 18, no. 1 (2019): 1–8.

Haruna, Lahming, Faizal Amir, and Ahmad Rifqi Asrib. “Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan.” *UNM Environmental Journals* 2, no. 2 (2019): 57–61.

Hidup, Menteri Negara Lingkungan. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah (2010).

Indonesia, Presiden Republik. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara (1999).

———. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (2009).

Jain, Vipul, Parul Lohra, Bhanu Priya, and Deepak Sindhu. “Buccal Cell Micronuclei Assay : A Non-Invasive Genotoxic Marker.” *International Journal of Contemporary Medical Research* 4, no. 1 (2017): 100–104.

- Jiang, Wusheng, and Donghua Liu. "Pb-Induced Cellular Defense System in the Root Meristematic Cells of *Allium Sativum* L." *BMC Plant Biology* 10, no. 40 (2010): 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-40>.
- "Kamus Besar Bahasa Indonesia." Accessed April 22, 2020. <https://kbbi.kemendikbud.go.id/>.
- Karande, Prasad, Paulami Bagchi, Mrunal Shete, and Shrikant Sonune. "Micronuclei The Review." *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences* 5, no. 4 (2018): 881–83.
- Kasanah, Mustafiroh, Onny Setiani, and Tri Joko. "Hubungan Kadar Tmbal (Pb) Udara Dengan Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Pada Pekerja Pengecatan Industri Karoseri Di Semarang." *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 4, no. 3 (2016): 825–32.
- Khairuddin, Muhammad Yamin, and Abdul Syukur. "Penyuluhan Tentang Sumber-Sumber Kontaminan Logam Berat Pada Siswa SMAN 1 Belo Kabupaten Bima." *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat* 2, no. 1 (2019): 64–71.
- Kumar, Vaneet, and Avinash Kaur Nagpal. "Genotoxic Effects of Lead Acetate Employing *Allium Sativum* Root Chromosomal Aberration Assay." *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 2, no. 1 (2015): 193–99. www.ijarbs.com.
- Kustiningsih, Yayuk, Noni Fitriyanti Thomas, and Nurlailah. "Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Darah Penjual Klepon." *Medical Laboratory Technology Journal* 3, no. 2 (2017): 47–52.
- Kuswardhani, Dian Sukma. *Sehat Tanpa Obat Dengan Bawang Merah-Bawang Putih-Seri Apotik Dapur*. Edited by Aldo Sahala. I. Yogyakarta: Andi Offset, 2016.
- Kwasniewska, Jolanta, and Adrianna Wiktoria Bara. "Plant Cytogenetics in the Micronuclei Investigation—The Past, Current Status, and Perspectives." *International Journal of Molecular Sciences* 23 (2022): 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijms23031306>.

- Liu, Donghua, Jin Zou, Qingmin Meng, Jinhua Zou, and Wusheng Jiang. "Uptake and Accumulation and Oxidative Stress in Garlic (*Allium Sativum* L.) under Lead Phytotoxicity." *Ecotoxicology* 18, no. 1 (2009): 134–43. <https://doi.org/10.1007/s10646-008-0266-1>.
- Luzhna, Lidiya, Palak Kathiria, and Olga Kovalchuk. "Micronuclei in Genotoxicity Assessment: From Genetics to Epigenetics and Beyond." *Frontiers in Genetic* 4 (2013): 1–17. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00131>.
- Marhamah. "Penguujian Logam Berat (Pb) Terhadap Pembentukan Mikronukleus Pada Akar Bawang Merah (*Allium Ascalanum* L.)." In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 686–90. Selong, 2018.
- Mirawati, Baiq, Muhlis, and Prapti Sedijani. "Efektivitas Beberapa Tanaman Hias Dalam Menyerap Timbal (Pb) Di Udara." *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 2, no. 1 (2016): 48–54.
- Mishra, Kumkum. "Assessment of Cytotoxic and Genotoxic Potential of Heavy Metals in Plants: A Review." *International Journal of Plant and Environment* 6, no. 2 (2020): 152–55. <https://doi.org/10.18811/ijpen.v6i02.09>.
- Mukhtar, Rita. "Urgensi Kaji Ulang Regulasi Baku Mutu Timbal (Pb)." *STANDAR: Better Standard Better Living* 1, no. 2 (2022): 38–42.
- Munawwaroh, Anita, and Ardian Anjar Pangestuti. "Analisis Morfologi Dan Anatomi Akar Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Akibat Pemberian Berbagai Konsentrasi Kadmium (Cd)." *Jurnal Bioma* 7, no. 2 (2018): 111–22.
- Mutmainnah, Fadila, Arinafril, and Suheryanto. "Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan *Hydrilla Verticillata* Dan Najas Indica." *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 12, no. 2 (2015): 90–103.
- Naaz, Gul, and Kiran Lata Chauhan. "Lead Tolerance and Accumulation Potential of *Brassica Juncea* L. Varieties in Imitatively Contaminated Soil." *Research Journal of Life*

Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences 5, no. 2 (2019): 436–47.
<https://doi.org/10.26479/2019.0502.31>.

Nursalam. *Metodologi Penelitian Ilmu Keperawatan: Pendekatan Praktis*. Edited by Aklia Suslia and Peni Puji Lestari. Edisi 4. Jakarta: Penerbit Salemba Medika, 2015.

Pourrut, Bertrand, Muhammad Shahid, Camille Dumat, Peter Winterton, and Eric Pinelli. “Lead Uptake , Toxicity , and Detoxification in Plants.” *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 213 (2012): 113–36.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9860-6>.

Pristiwanti, Desi, Bai Badariah, Sholeh Hidayat, and Ratna Sari Dewi. “Pengertian Pendidikan.” *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)* 4, no. 6 (2022): 7911–15.

Probowati, Wiwit, and Alifiani Hikmah Putranti. “Indeks Mitosis Dan Jumlah Kromosom Kentang Hitam (*Coleus Tuberosus*).” *Jurnal Vegetalika* 9, no. 4 (2020): 562–71.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22146/veg.50565>.

Purnami, Sri Wahyu, Yustinus Ulung Anggraito, Mukh Syaifudin, and Yanti Lusiyanti. “Deteksi Pembentukan Mikronuklei Sel Darah Limfosit Akibat Paparan Radiasi Dosis Bertingkat Pada Responden Dengan Jenis Kelamin Dan Usia Berbeda.” *Unnes Journal of Life Science* 7, no. 2 (2018): 39–46.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci%0ADeteksi>.

Rahmad, Renita, Nurdiana Dewi, and Lena Rosida. “Pengaruh Paparan Batubara Terhadap Jumlah Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Pekerja Tambang Batubara Di Kecamatan Murung Pudak Kabupaten Tabalong.” *Jurnal Kedokteran Gigi* 1, no. 2 (2016): 129–34.

Rahmah, Noryunita, Nurdiana Dewi, and Suka Dwi Rahardja. “Analisis Sitogenik Mikronukleus Mukosa Bukal Pada Perokok Aktif Dan Pasif.” *Jurnal Kedokteran Gigi* 1, no. 1 (2016): 15–20.

- Ratnawati, Rhenny, and Risna Dwi Fatmasari. "Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Dan Jengger Ayam (*Celosia Plumosa*)."
Jurnal Teknik Lingkungan 3, no. 2 (2018): 62–69.
<https://doi.org/10.29080/alard.v3i2.333>.
- Sarac, Ioan, Elena Bonciu, Monica Butnariu, Irina Petrescu, and Emilian Madosa. "Evaluation of the Cytotoxic and Genotoxic Potential of Some Heavy Metals by Use of *Allium* Test."
Caryologia 72, no. 2 (2019): 37–43.
<https://doi.org/10.13128/cayologia-256>.
- Sari, Nova Nurwinda, Lentera Nunyai Putri, and Annisa Agata. "Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Dengan Keterpaparan Logam Timbal (Pb) Pada Petugas Tanda Pembayaran Retribusi (TPR) Dinas Perhubungan Di Terminal Rajabasa Bandar Lampung."
British Medical Journal 6, no. 1 (2019): 24–31.
- Sawitri, Oktovie Ekgea, Imran, and Iwan Ramadhan. "Sosialisasi Keluarga Dalam Membentuk Kepribadian Anak (Studi Pada Keluarga Rumah Tangga Guru MA Islamiyah)."
Jurnal Sosialisasi: Jurnal Hasil Pemikiran, Penelitian Dan Pengembangan Keilmuan Sosiologi Pendidikan 8, no. 2 (2021): 10–21.
- Setiawan, Andi Arif. "Pengaruh Konsentrasi Ion-Pb²⁺ Terhadap Daya Serap Kulit Kacang Tanah, Sekam Padi Dan Serbuk Gergaji."
Jurnal Sainmatika 10, no. 1 (2013): 51–58.
- Sisarti, Retno Dwi, Anis Rosyidah, and Indiyah Murwani. "Potensi Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea Reptans*) Dan Bayam Cabut (*Amaranthus Tricolor L.*) Sebagai Hiperakumulator Logam Berat Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan Dan Akumulasinya."
Jurnal Agronisma 8, no. 2 (2020): 59–71.
- Sudding, Sumiati Side, and Akhwani M.Dewi. "Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Akar Api-Api Putih (*A. Alba B.*) Di Saluran Pembuangan Jonggaya Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar."
Jurnal Chemica 13, no. 2 (2012): 26–32.
<https://ojs.unm.ac.id/chemica/article/view/623>.

- Sufardi. *Pengantar Nutrisi Tanaman*. Edited by Zahratul Kamila. Kedua. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2019.
- Suharto, Toto. “Konsep Dasar Pendidikan Berbasis Masyarakat.” *Cakrawala Pendidikan* 3, no. January (2016): 323–46.
- Titisari, Andari, Endang Setyorini, Slamet Sutriswanto, and Heryati Suryantini. *Kiat Sukses Budi Daya Bawang Putih*. Edited by Endang Setyorini and Nia Rachmawati. Bogor: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2019.
- Tyastuti, Erma Musbita, Okid Parama A, and Sunarto. “Ekogenotoksisitas Limbah Cair Batik Dan Efek Antimutagenik Lemna Minor Terhadap Eritrosit Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*).” *Jurnal Bioeksperimen* 2, no. 2 (2016): 119–29. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i2.2490>.
- Xin, Jian-pan, Yao Zhang, and Ru-nan Tian. “Tolerance Mechanism of *Triarrhena Sacchariflora* (Maxim.) Nakai. Seedlings to Lead and Cadmium: Translocation, Subcellular Distribution, Chemical Forms and Variations in Leaf Ultrastructure.” *Ecotoxicology and Environmental Safety* 165 (2018): 611–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.022>.
- Yunisa, Tiara Rahmania, Natalia Sari Susanto, Teti Estiasih, and Nur Ida Panca. “Potensi Daun Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Sebagai Biosorben Logam Timbal.” *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 5, no. 4 (2017): 66–70.
- Zulfikar, Eko. “Wawasan Al-Qur’an Tentang Ekologi: Kajian Tematik Ayat-Ayat Konservasi Lingkungan.” *Jurnal QOF* 2, no. 2 (2018): 113–32.