

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN ANALISIS RISIKO LOGAM
BERAT PADA AMPO SERUT DARI BERBAGAI DAERAH DI
PULAU JAWA**

SKRIPSI

**Oleh
SITI SOFIA RANTI**



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN ANALISIS RISIKO LOGAM
BERAT PADA AMPO SERUT DARI BERBAGAI DAERAH DI
PULAU JAWA

Oleh
SITI SOFIA RANTI
NIM : 23020122120001

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pangan pada Program Studi S-1 Teknologi Pangan
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Sofia Ranti
NIM : 23020122120001
Program Studi : Teknologi Pangan

dengan ini menyatakan sebagai berikut:

1. Skripsi yang berjudul: **Karakteristik Fisikokimia Ampo Serut dari Berbagai Daerah di Pulau Jawa** dan penelitian yang terkait dengan skripsi ini merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu: **Dr. Bhakti Etza Setiani, S.Pt., M.Sc. dan Ratih Paramastuti, S.Gz., M.Si.**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik, maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Semarang,

Penulis,




(Siti Sofia Ranti)

Mengetahui:

Pembimbing Anggota

Pembimbing Utama



Dr. Bhakti Etza Setiani, S.Pt., M.Sc.



Ratih Paramastuti, S.Gz., M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA AMPO
SERUT DARI BERBAGAI DAERAH DI
PULAU JAWA

Nama Mahasiswa : SITI SOFIA RANTI

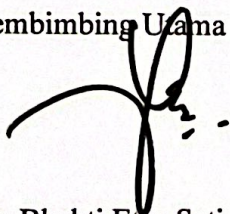
Nomor Induk Mahasiswa : 23020122120001

Program Studi/Departemen : S-1 TEKNOLOGI PANGAN / PERTANIAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

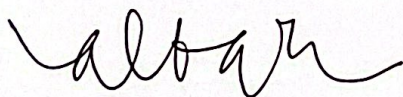
Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal. **04 JUN 2026**.

Pembimbing Utama



Dr. Bhakti Etza Setiani, S.Pt., M.Sc.

Ketua Program Studi



Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., MP., PhD.



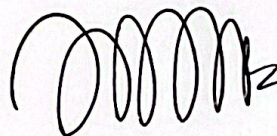
Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing Anggota



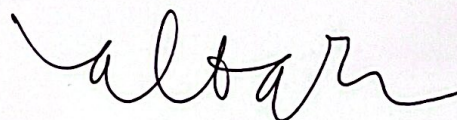
Ratih Paramastuti, S.Gz., M.Si.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program



Swastika Dewi, S.TP., M.Sc.

Ketua Departemen



Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., MP., PhD.

RINGKASAN

SITI SOFIA RANTI. 23020122120001. 2026. Karakteristik Fisikokimia Dan Analisis Risiko Logam Berat Pada Ampo Serut dari Berbagai Daerah di Pulau Jawa. (Pembimbing: **BHAKTI ETZA SETIANI** dan **RATIH PARAMASTUTI**). (Penguji: **SITI SUSANTI** dan **ULIL AFIDAH**)

Praktik geofagia adalah praktik mengonsumsi tanah dan masih banyak ditemukan di Indonesia terutama di pulau Jawa berupa camilan dari tanah liat yang dikenal dengan Ampo. Ampo seringkali dikonsumsi untuk camilan ibu hamil sebagai pereda rasa ngidam dan mual, serta dimanfaatkan untuk mengurangi rasa pahit saat mengolah daun pepaya. Akan tetapi, perlu diketahui bahwa tanah mengandung logam berat yang toksik dan mineral esensial. Selain itu, ampo juga memiliki karakteristik fisik meliputi pH, warna, dan *water retention capacity*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ampo serut dari berbagai daerah di Pulau Jawa terhadap sifat fisik meliputi pH, warna, *water retention capacity*, adapun kandungan kimia meliputi mineral dan logam berat, serta penentuan batas konsumsi dan analisis risiko berdasarkan kandungan logam berat.

Materi yang dibutuhkan adalah ampo serut dari 20 daerah di Pulau Jawa dari Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta. Parameter yang diuji yaitu nilai pH, warna, *water retention capacity* (WRC), kadar mineral besi dan kalsium, logam berat timbal dan kadmium, penentuan batas konsumsi atau *Maximum Tolerable Intake* (MTI) berdasarkan *Permitted Maximum Tolerable Daily Intake* (PMTDI), serta analisis risiko *Total Hazard Quotient* (THQ) untuk non karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk karsinogenik. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan uji parametrik *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi ($p < 0,05$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ampo serut dari berbagai daerah di Pulau Jawa berbeda nyata ($p < 0,05$) pada parameter warna L^* , a^* , b^* , WRC, kadar besi, kadar kalsium, dan kadmium, namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) pada $^{\circ}hue$, *chroma*, serta kadar timbal. Nilai pH berkisar 6,75–8,25, dengan terendah dari DI Yogyakarta dan tertinggi dari DKI Jakarta. Parameter warna menunjukkan L^* 5,72–10,73, a^* -0,18–0,13, b^* -0,45–0,82, $^{\circ}hue$ 53,74–185,97, dan *chroma* 0,46–1,06. Nilai WRC berkisar 7,43–28,46%. Kadar besi 332,09–335,45 mg/kg, sedangkan kalsium 370,13–1693,50 mg/kg. Kadar timbal 8–13,55 mg/kg melebihi batas SNI (0,25 mg/kg), sedangkan kadmium 0,12–0,58 mg/kg masih memenuhi batas pada sebagian sampel ($\leq 0,2$ mg/kg). Nilai MTI berdasarkan PMTDI timbal adalah 0,0053–0,0090 kg/hari (anak-anak) dan 0,0177–0,0300 kg/hari (dewasa), sedangkan kadmium 0,02585–0,12016 kg/hari (anak-anak) dan 0,08618–0,40052 kg/hari (dewasa). Konsumsi ampo serut lebih berisiko pada anak-anak karena paparan Pb dan Cd yang dapat menimbulkan risiko kesehatan non karsinogenik yang ditunjukkan pada nilai THQ lebih dari 1.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Karakteristik Fisikokimia Dan Analisis Risiko Logam Berat Pada Ampo Serut dari Berbagai Daerah di Pulau Jawa” dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Bhakti Etza Setiani, S.Pt., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ratih Paramastuti, S.Gz., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing, memberikan masukan, saran, dan motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi, .
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang telah memberikan izin dan kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi.
3. Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Kepala Departemen Pertanian, sekaligus Ketua Program Studi S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang telah memberikan izin dan kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi.
4. Dr. Ir. Antonius Hintono, M.P. selaku dosen wali penulis pada semester 1 hingga semester 6 yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama menempuh pendidikan di S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.
5. Dr. Rafli Zulfa Kamil, S.T.P. selaku dosen wali penulis pada semester 7 hingga semester 8 yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama menempuh pendidikan di S-1 Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.
6. drh. Siti Susanti, Ph.D. dan Ulil Afidah S.Pt., M.Sc. selaku dosen penguji serta Swastika Dewi, S.TP., M.Sc. selaku dosen panitia yang telah memberikan

arahan dan saran yang membangun kepada penulis ketika pelaksanaan sidang skripsi.

7. Drh. Siti Susanti, Ph.D., selaku Koordinator Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan, serta Setya Budi Muhammad Abduh, S.Pt., M.Sc., Ph.D., selaku Koordinator Laboratorium Rekayasa Pangan dan Hasil Pertanian, atas izin, bantuan, dan kesempatan yang telah diberikan selama proses pelaksanaan penelitian di laboratorium.
8. Seluruh dosen, tenaga pendidikan, dan staf administrasi Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, khususnya Program Studi Teknologi Pangan atas bantuan dan arahan yang diberikan sejak awal perkuliahan hingga proses penyelesaian skripsi.
9. Kedua orang tua, kakak, dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi dan doa kepada penulis.
10. Iez Anindya dan Hikma Fajariyani yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan selama pelaksanaan hingga proses penyusunan skripsi.
11. Pande Maharani Lumbanbatu sebagai rekan tim penelitian ampo yang telah bekerja sama, saling membantu, serta memberikan dukungan selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
12. Seluruh teman-teman dan rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dukungan, kontribusi, serta segala bentuk bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam mendukung kelancaran penelitian dan proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Semarang, April 2026

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR ILUSTRASI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ampo.....	5
2.2 Geofagia	7
2.3 Nilai pH.....	5
2.4 Warna	8
2.5 <i>Water Retention Capacity</i> (WRC).....	11
2.6 Kandungan Mineral.....	11
2.6.1 Besi (Fe)	12
2.6.2 Kalsium (Ca)	13
2.7 Kandungan Logam Berat	15
2.7.1 Timbal (Pb).....	16
2.7.2 Kadmium (Cd).....	18
2.8 Analisis Risiko Logam Berat	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Materi penelitian	22
3.2 Metode penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Nilai pH.....	38

4.2 Warna	41
4.3 <i>Water Retention Capacity</i> (WRC).....	47
4.4 Kandungan Mineral Besi (Fe).....	48
4.5 Kandungan Mineral Kalsium (Ca)	51
4.6 Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)	53
4.7 Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd).....	60
BAB V KESIMPULAN	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	78
RIWAYAT HIDUP	140

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Kelompok Skala °Hue	10
2. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat pada Pangan Berdasarkan SNI 7387:2009	15
3. Lokasi Pengambilan Sampel Ampo Serut	22
4. Desain Rancangan Penelitian Ampo Serut dari Berbagai Daerah di Pulau Jawa.....	24
5. Data Absorban pada Larutan Standar Fe	29
6. Data Absorban pada Larutan Standar Ca	30
7. Data Absorban pada Larutan Standar Pb	32
8. Data Absorban pada Larutan Standar Cd.....	34
9. Hasil Analisis Nilai pH	38
10. Hasil Analisis Warna	41
11. Foto Ampo Serut.....	42
12. Hasil Analisis <i>Water Retention Capacity</i> (WRC)	47
13. Kandungan Mineral Besi (Fe).....	49
14. Kandungan Mineral Kalsium (Ca).....	51
15. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb).....	53
16. Batas Konsumsi Ampo Serut Pada Timbal	57
17. Nilai <i>Total Hazard Quotient</i> (THQ) pada Timbal.....	58
18. Nilai <i>Excess Cancer Risk</i> (ECR) pada Timbal.....	59
19. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd).....	60
20. Batas Konsumsi Ampo Serut Pada Kadmium	63
21. Nilai <i>Total Hazard Quotient</i> (THQ) pada Kadmium	64

22. Nilai <i>Excess Cancer Risk</i> (ECR) pada Kadmium.....	65
---	----

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Ruang Warna <i>Hue</i> , <i>Chroma</i> , dan <i>Luminance</i>	10
2. Kurva Standar Kalibrasi Fe.....	29
3. Kurva Standar Kalibrasi Ca	30
4. Kurva Standar Kalibrasi Pb	32
5. Kurva Standar Kalibrasi Cd.....	35
6. Visualisasi posisi warna ampo serut dalam ruang warna ° <i>hue</i> , <i>chroma</i> , dan <i>luminance</i>	43
7. Histogram Kandungan Logam Berat Timbal (Pb).....	56
8. Histogram Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd).....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Peta Pengambilan Sampel Ampo Serut	78
2. Data Primer Nilai pH	79
3. Hasil Analisis Data Anova Nilai pH	80
4. Data Primer Warna Lightness	81
5. Hasil Analisis Data ANOVA Warna <i>Lightness</i>	82
6. Data Primer Warna a*	83
7. Hasil Analisis Data ANOVA Warna a*	84
8. Data Primer Warna b*	85
9. Hasil Analisis Data ANOVA Warna b*	86
10. Data Primer Warna °Hue	87
11. Hasil Analisis Data ANOVA Warna °Hue.....	88
12. Data Primer Warna <i>Chroma</i>	89
13. Hasil Analisis Data ANOVA Warna <i>Chroma</i>	90
14. Data Primer <i>Water Retention Capacity</i>	91
15. Hasil Analisis Data ANOVA <i>Water Retention Capacity</i>	92
16. Hasil Pengujian Mineral Besi (Fe).....	93
17. Data Primer Kandungan Mineral Besi (Fe)	97
18. Hasil Analisis Data ANOVA Kadar Mineral Besi (Fe).....	98
19. Hasil Pengujian Mineral Kalsium (Ca)	99
20. Data Primer Kandungan Mineral Kalsium (Ca)	103
21. Hasil Analisis Data ANOVA Kadar Mineral Kalsium (Ca)	104
22. Hasil Pengujian Logam Berat Timbal (Pb)	105
23. Data Primer Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)	109

24. Hasil Analisis Data ANOVA Kadar Logam Berat Timbal (Pb)	110
25. Perhitungan <i>Maximum Tolerable Intake</i> (MTI) Logam Berat Timbal (Pb)	111
26. Perhitungan <i>Total Hazard Quotient</i> (THQ) Logam Berat Timbal (Pb)	113
27. Perhitungan <i>Excess Cancer Risk</i> (ECR) pada Kadmium Logam Berat Timbal (Pb)	116
28. Hasil Pengujian Logam Berat Kadmium (Cd)	119
29. Data Primer Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd)	127
30. Hasil Analisis Data ANOVA Kadar Logam Berat Kadmium (Cd)	128
31. Perhitungan <i>Maximum Tolerable Intake</i> (MTI) Logam Berat Kadmium (Cd)	129
32. Perhitungan <i>Total Hazard Quotient</i> (THQ) Logam Berat Kadmium (Cd)	131
33. Perhitungan <i>Excess Cancer Risk</i> (ECR) pada Kadmium Logam Berat Kadmium (Cd)	134
34. Dokumentasi Produk Ampo Serut	136
35. Dokumentasi Penelitian	139

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geofagia adalah praktik konsumsi tanah yang dilakukan di berbagai wilayah di Afrika dan Asia, termasuk Indonesia (Bonglaisin *et al.*, 2022). Salah satu produk geofagia yang ada di Indonesia adalah ampo yang terbuat dari tanah liat yang berasal dari persawahan yang dipilih secara selektif dengan menghindari lapisan tanah permukaan karena berisiko tercemar kotoran atau bahan biologis lainnya (Viunita dan Husain, 2023). Oleh karena itu, tanah dipilih berdasarkan karakteristik visual, tekstur, rasa, dan diambil dari tempat-tempat khusus yang dianggap lebih bersih dan aman (Madziva *et al.*, 2024). Hal tersebut berpotensi memengaruhi sifat fisikokimia produk geofagia.

Konsumsi ampo di Indonesia masih dijumpai di beberapa daerah hingga saat ini, namun belum banyak kajian mengenai mutu dan keamanan secara fisik dan kimia. Ampo umumnya dianggap aman oleh masyarakat karena berasal dari bahan alami dan tidak ada penambahan bahan kimia dalam pengolahannya (Viunita dan Husain, 2023). Akan tetapi, ampo sebagai produk berbasis tanah dapat berpotensi memengaruhi kondisi tubuh karena mengandung berbagai komponen mineral dan logam berat yang berasal dari lingkungan geologis setempat.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanah liat mengandung beberapa kandungan mineral yang dibutuhkan pada tubuh. Tanah liat yang diolah menjadi produk geofagia mengandung sejumlah mineral esensial, yakni Fe, Ca, Zn, Na, dan K, namun ditemukan pula keberadaan logam berat seperti Pb, Cr, Ni, dan Cu

(Rukondo *et al.*, 2024). Oleh karena itu, meskipun konsumsi ampo serut berbahan dasar tanah dianggap bermanfaat, namun beberapa penelitian mengungkapkan adanya logam berat berpotensi memberikan berbagai risiko toksisitas. Logam berat pada tanah yang dijadikan produk geofagia yang dapat memberikan risiko toksisitas meliputi Co, Cu, Ni, Cd, Ag, dan Pb (Ojo *et al.*, 2024). Adanya kandungan logam berat seperti (Pb) dan kadmium (Cd) yang bersifat kumulatif dan dapat menyebabkan efek toksisitas pada berbagai sistem tubuh, serta berpotensi menimbulkan efek non-karsinogenik maupun karsinogenik (Ebrahimi *et al.*, 2020). Meskipun demikian, kajian mengenai tingkat keamanan konsumsi ampo serut, khususnya terkait paparan logam berat dan risiko kesehatannya masih terbatas.

Analisis risiko pada beberapa produk geofagia umumnya menggunakan *Target Hazard Quotient* (THQ) untuk menilai risiko non-karsinogenik, serta analisis *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk mengetahui paparan zat karsinogenik (Ekosse *et al.*, 2021). Selain itu, diperlukan pula evaluasi keamanan produk ampo serut berdasarkan kandungan logam berat dengan mengacu standar yang ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), serta menetapkan batas konsumsi ampo melalui *Maximum Tolerable Intake* (MTI) yang mengacu *Permitted Maximum Tolerable Daily Intake* (PMTDI) yang ditetapkan WHO. Selain kandungan kimia dan aspek keamanannya, diperlukan pula kajian sifat fisik ampo serut sebagai gambaran mengenai karakteristik produk secara lebih menyeluruh.

Karakteristik fisikokimia tanah liat yang digunakan sebagai bahan baku ampo dipengaruhi oleh kondisi geologi dan proses pengolahan. Adanya pengaruh perbedaan tempat menyebabkan nilai pH yang berbeda dan memiliki warna yang berbeda karena perbedaan kadar lempungnya dimana tanah yang berwarna putih

dan kuning cenderung memiliki kandungan partikel berukuran lempung yang lebih rendah (Bernardo *et al.*, 2022). Selain itu, perbedaan struktur pori dapat memengaruhi sifat fisik produk terutama mekanisme produk saat di saluran pencernaan. Hal ini karena perbedaan nilai *Water Retention Capacity* (WRC) yang disebabkan struktur mikropori pada tanah lempung berperan penting dalam mekanisme penyerapan dan penyimpanan air terutama saat dikonsumsi (CO *et al.*, 2013). Meskipun demikian, beberapa penelitian mengenai kajian ampo telah dilakukan namun masih sangat terbatas.

Penelitian ampo di Cirebon dilakukan dengan mengkaji karakteristik mineralogi, geokimia, dan mikrobiologi ampo di daerah Cirebon (Mahanani *et al.*, 2023). Sementara itu, adapun penelitian yang telah menganalisis sifat fisik dan kimia tanah geofagia di Pulau Jawa, meliputi parameter warna tanah, pH, EC, karbon organik, nitrogen, serta kandungan berbagai unsur geokimia (Mahaney *et al.*, 2000). Meskipun demikian, penelitian tersebut masih berfokus pada aspek mineralogi dan geokimia yang dilakukan pada lokasi penelitian yang terbatas, serta sifat fisik dan kimia pada tanah geofagia. Kajian mengenai karakteristik fisikokimia dan potensi risiko ampo serut dari berbagai daerah di Pulau Jawa masih terbatas, terutama yang mencakup parameter warna, water retention capacity (WRC), kandungan mineral, dan logam berat yang berpotensi memberikan risiko pada tubuh. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan karakteristik fisikokimia, serta mengevaluasi keamanan dan analisis risiko ampo serut yang didapatkan dari lima daerah di Pulau Jawa yaitu Jawa Tengah, Jawa Timur, Jawa Barat, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sifat fisik dari nilai pH, *water retention capacity*, dan warna, menganalisis kandungan kimia berupa kandungan mineral dan logam berat, mengevaluasi keamanan berdasarkan acuan Standar Nasional Indonesia, menentukan batas konsumsi yang dapat ditoleransi berdasarkan kandungan logam berat, serta melakukan analisis risiko non karsinogenik dan karsinogenik ditoleransi berdasarkan kandungan logam berat pada produk ampo yang ada di berbagai wilayah Pulau Jawa. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan wawasan dan menyajikan informasi karakteristik fisik, kandungan kimia, evaluasi keamanan, batas konsumsi harian, dan risiko non karsinogenik maupun karsinogenik produk ampo yang ada di berbagai wilayah Pulau Jawa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.3 Nilai pH

Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan dari suatu larutan atau cairan berdasarkan besarnya konsentrasi ion hidrogen (H^+) dari larutan. Nilai pH memiliki skala 0-14 yang menunjukkan pH asam, netral, atau basa. Tingkat keasaman produk geofagia dapat ditentukan melalui rentang berikut pH 3,5-4,4 menunjukkan sangat asam, pH 4,5-5,0 menunjukkan asam kuat, pH 5,6-6,0 menunjukkan asam sedang, pH 6,1-6,5 menunjukkan sedikit asam, pH 6,6-7,3 menunjukkan netral, pH 7,9-8,4 menunjukkan basa sedang, dan pH 8,5-9,0 menunjukkan basa tinggi (Bernardo *et al.*, 2022). Nilai pH pada ampo disebabkan karena bahan dasarnya yaitu tanah. Nilai pH tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi curah hujan dan suhu tinggi yang meningkatkan aliran air dan pengasaman, serta tanah dengan kandungan liat dan bahan organik tinggi mampu menahan perubahan pH dibandingkan tanah berpasir yang lebih mudah menjadi asam (Simmat-Durand dan Toutain, 2022). Oleh karena itu, faktor-faktor tersebut dapat berpotensi memengaruhi nilai pH ampo yang dihasilkan

Nilai pH ampo juga menjadi faktor kadar mineral dan logam berat yang terkandung. Nilai pH pada produk geofagia di India berkisar 5,51-7,05 yang memengaruhi kandungan logam berat dan mineral sebagai berikut: nilai pH yang lebih rendah menunjukkan kandungan zat besi yang lebih tinggi dan nilai pH yang rendah menunjukkan kandungan kalsium yang lebih rendah, sementara itu nilai pH yang tinggi menunjukkan kadar timbal dan seng yang lebih tinggi (Lakudzala dan

Khonje, 2011). Selain kandungan mineral dan logam berat, nilai pH memengaruhi rasa ampo atau produk geofagia saat dikonsumsi terutama dalam membantu mengurangi rasa mual pada ibu hamil. Produk geofagia yang bersifat asam memengaruhi preferensi konsumen karena diyakini dapat mengurangi produksi air liur berlebih dan membantu meredakan mual selama kehamilan (Badu *et al.*, 2021). Pengaruh tersebut yang menjadi faktor produk geofagia masih banyak dikonsumsi di kalangan masyarakat dan sering digunakan sebagai pereda rasa mual pada ibu hamil.

2.1 Ampo

Ampo di Indonesia sering digunakan untuk sesajen, menghilangkan rasa pahit pada sayur pepaya yang akan dimasak, serta sering dikonsumsi untuk mengobati rasa ngidam pada ibu hamil (Viunita dan Husain, 2023). Beberapa masyarakat yang mengonsumsi ampo dilakukan karena kurangnya pengetahuan mengenai kelayakan makanan dan kebutuhan pangan yang tidak memadai. Hal tersebut terjadi dari nenek moyang hingga sekarang dan menjadi kebudayaan yang dilanjutkan oleh masyarakat setempat (Maulana *et al.*, 2019). Ampo pada zaman dahulu umumnya dimanfaatkan sebagai pengganjal perut pada masa paceklik, namun semakin berkembangnya zaman digunakan sebagai obat tradisional penyakit ringan seperti diare, sakit kepala, hingga dimanfaatkan sebagai obat penguat kandungan (Mar'atin, 2022).

Ampo dapat ditemukan di berbagai wilayah Indonesia seperti Tuban, Cirebon, Grobogan, Bantul, Temanggung, dan lain-lain. Ampo di Indonesia biasanya dibuat dalam dua bentuk utama, yaitu serutan dan gulungan. Ampo yang dibuat dalam bentuk serut umumnya terbuat dari tanah yang diolah dengan cara pengasapan.

Tahapan pembuatan ampo serut secara umum dibuat secara manual meliputi tanah liat sawah yang dihaluskan, dibentuk balok, didiamkan semalam, diserut menjadi gulungan, lalu diasapkan di atas pawon berbahan bakar batok kelapa tanpa nyala api hingga matang (Viunita dan Husain, 2023). Ampo di Indonesia didapatkan dari lahan pertanian sawah yang memiliki kontur tanah yang stabil, tidak terlalu lembek saat musim hujan dan tidak terlalu keras atau padat saat musim kemarau (Anisya, 2023).

2.2 Geofagia

Geofagia merujuk pada peristiwa kebiasaan mengonsumsi tanah secara terus menerus (Panichev *et al.*, 2023). Beberapa negara masih melakukan praktik geofagia seperti Perancis, Afrika, Kenya, Inggris, Indonesia, dan lain-lain. Salah satu produk geofagia yang masih dikonsumsi adalah pemba di negara Perancis berbahan dasar tanah liat yang sering dikonsumsi ibu hamil dan dianggap sebagai praktik budaya turun menurun (Simmat-Durand dan Toutain, 2022).

Praktik geofagia masih diterapkan karena menjadi praktik yang turun menurun. Adapun diketahui masih ditemukan praktik geofagia di Kenya yang diwariskan dari ibu ke anak perempuan karena diyakini dapat memberikan berbagai manfaat meliputi kesuburan meningkat, membantu melahirkan anak yang sehat, mencegah mual pada ibu hamil, dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan mikronutrien esensial pada ibu hamil (Iron-Segev *et al.*, 2018). Beberapa kepercayaan tersebut yang menyebabkan praktik geofagia masih banyak ditemukan di berbagai negara. Sementara itu, praktik geofagia di wilayah Afrika masih banyak diterapkan dikarenakan beberapa alasan yaitu produk dianggap sebagai obat,

dipercaya dapat digunakan sebagai suplemen saat hamil, melindungi dan memperkuat kehamilan, dapat menjaga kesehatan, serta meringankan gangguan pencernaan, dan lain-lain (Madziva *et al.*, 2024; Malebatja *et al.*, 2024). Akan tetapi, semakin perkembangan zaman banyak yang melakukan penelitian mengenai dampak konsumsi geofagia.

2.4 Warna

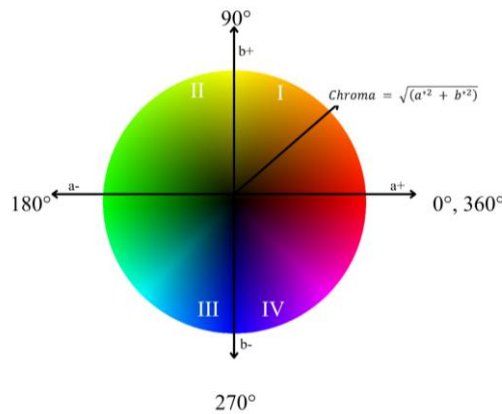
Warna merupakan salah satu karakteristik visual yang paling mudah dikenali dan menjadi kesan pertama yang dinilai oleh indera penglihatan. Kesan visual ini dapat memberikan pengaruh psikologis terhadap daya tarik suatu produk, termasuk ampo serut sehingga warna yang menarik dan sesuai dengan ekspektasi konsumen dapat menciptakan persepsi awal yang positif. Warna tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kandungan mineral terutama unsur besi (Awad *et al.*, 2017). Semakin tinggi kadar besi yang terdapat dalam tanah, maka warna tanah cenderung menjadi lebih gelap akibat pembentukan senyawa oksida besi yang memberikan rona coklat kemerahan hingga kehitaman. Adanya perbedaan warna tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik serta mineral oksida besi terutama pada horizon A berwarna lebih gelap akibat kandungan bahan organik yang lebih tinggi, sedangkan horizon lainnya memiliki warna coklat menunjukkan tingginya kandungan goethit dan warna merah menandakan kandungan hematit yang lebih tinggi (Siwi *et al.*, 2023).

Warna pada ampo serut dipengaruhi oleh asal tanah yang digunakan, kandungan mineral pada tanah, dan teknik pengolahan. Setiap tanah dengan asal yang berbeda-beda memiliki kandungan organik yang berbeda. Tanah berwarna

gelap hingga hitam umumnya disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik hasil dekomposisi yang memberikan warna kelabu gelap sampai coklat gelap, kecuali apabila terjadi perubahan warna akibat pengaruh mineral oksida besi atau garam-garam tertentu (Marlinae *et al.*, 2021). Selain itu, proses pembuatan ampo umumnya hanya memanfaatkan alat-alat tradisional tanpa ada campuran alat-alat modern dengan metode pengasapan, sehingga tanah yang diolah harus diperhatikan. Hal ini dikarenakan tanah yang telah diserut dibakar di atas pawon menggunakan bahan bakar batok kelapa selama kurang lebih satu setengah jam pada kondisi bahan bakar telah menjadi arang sehingga hanya tersisa panas dari asap pembakaran yang harus dilakukan secara hati-hati karena nyala api dapat menyebabkan ampo menjadi gosong dan berwarna hitam (Viunita dan Husain, 2023). Oleh karena itu, warna perlu diketahui untuk mengetahui karakteristik fisik ampo.

Analisis warna dapat dilakukan secara objektif didasarkan pada tingkat kecerahan dan variasi warna yang dapat diukur menggunakan metode CIELAB. CIELAB menyatakan tiga parameter utama yaitu *Lightness*, a^* , dan b^* . Sistem CIELAB memiliki tiga parameter meliputi nilai *Lightness* yang menyatakan tingkat kecerahan dari hitam hingga putih, nilai a^* negatif menyatakan warna hijau dan a^* positif menyatakan warna merah, serta nilai b^* negatif menyatakan warna biru dan b^* menyatakan warna kuning (Ly *et al.*, 2020). Berdasarkan parameter dari CIELAB dapat diturunkan pada derajat *hue* dan *chroma* agar warna asli dapat diidentifikasi. Derajat *hue* menunjukkan jenis warna yang dominan, sedangkan *chroma* menunjukkan tingkat intensitas warna (Dutta dan Nath, 2023). Derajat *hue* didasarkan pada kuadran 0-360°. Sementara itu, nilai *chroma* merepresentasikan kejenuhan warna dengan nilai berkisar positif mulai dari 0 di pusat lingkaran yang

menunjukkan kondisi tidak jenuh sama sekali dengan warna netral, hingga di tepi lingkaran yang menunjukkan *chroma* yang sangat tinggi atau kejenuhan warna (Sandoval *et al.*, 2018). Ruang warna dari kombinasi $^{\circ}hue$, *chroma*, dan *luminance* dapat dilihat pada Ilustrasi berikut.



Ilustrasi 1. Ruang Warna *Hue*, *Chroma*, dan *Luminance*

Berdasarkan Ilustrasi 1, dapat diketahui bahwa derajat *hue* dan *chroma* didapatkan dari kombinasi a^* dan b^* . Selain itu, *hue* diketahui merepresentasikan jenis atau rona warna yang berubah secara melingkar berdasarkan sudut tertentu, sementara *chroma* menunjukkan tingkat kejenuhan atau intensitas warna. Klasifikasi derajat *hue* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelompok Skala $^{\circ}Hue$

Rentang $^{\circ}Hue$	Warna
342°-18°	Purple - Red
18°- 54	Red
54°-90°	Red - Yellow
90°-126°	Yellow
126°-162°	Yellow - Green
162°-198°	Green
198°-234°	Blue - Green
234°-270°	Blue
270°306°	Blue - Purple
306°-342°	Purple

Sumber : Hutchings (1999).

2.5 Water Retention Capacity (WRC)

Water Retention Capacity (WRC) merupakan karakter fisik yang menunjukkan kemampuan material tanah atau lempung dalam menyerap dan menahan air (Duplex *et al.*, 2018). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa material geofagia umumnya memiliki nilai WRC yang relatif tinggi akibat dominasi fraksi tanah liat dan ukuran partikel yang halus. Nilai WRC yang tinggi dikaitkan dengan potensi interaksi material geofagia di dalam saluran pencernaan, khususnya pada interaksi dengan kadar air isi usus yang dapat menyerap cairan berlebih sehingga dapat memengaruhi massa yang dapat memengaruhi konsistensi feses, serta dalam meredakan gangguan gastrointestinal tertentu seperti diare atau iritasi lambung (CO *et al.*, 2013).

2.6 Kandungan Mineral

Produk geofagia memiliki kandungan mineral esensial karena bahan baku dari tanah. Kandungan geokimia pada tanah geofagia dipengaruhi oleh beberapa sifat kimia dan mineralogi batuan induk, serta geokimia yang terlibat dalam proses pelapukan, erosi, dan pembentukan tanah (Ajibade *et al.*, 2022). Secara lebih spesifik, jenis mineralogi telah diketahui pada produk geofagia lokal telah diidentifikasi dalam penelitian terhadap Ampo serut asal Cirebon, Jawa Barat. Hasil analisis menggunakan XRD menunjukkan bahwa mineral dominan yang terkandung dalam Ampo tersebut adalah kelompok mineral lempung jenis smektit dan kaolin (Mahanani *et al.*, 2023). Adanya mineral pada tanah menjadi bahan yang dapat mengikat berbagai unsur hara mikro yang krusial terutama bagi tubuh saat produk dikonsumsi meliputi zat besi (Fe) dan kalsium (Ca).

2.6.1 Besi (Fe)

Zat besi merupakan mikroelemen esensial yang dibutuhkan tubuh tidak hanya untuk sintesis hemoglobin dalam pembentukan darah, tetapi juga sebagai komponen penting dalam pembentukan mioglobin, kolagen, dan berbagai enzim (Kristin *et al.*, 2022). Zat besi (Fe) tergolong dalam zat gizi mikro karena kebutuhan mineral zat besi pada tubuh yaitu kurang dari 100 mg/hari dan sering dibutuhkan dalam tubuh khususnya dalam pembentukan darah terutama hemoglobin (Kunsah *et al.*, 2021). Zat besi meliputi dua jenis yaitu heme sering didapatkan dari produk hewani dan non heme dapat diperoleh dari produk nabati. Penyerapan zat besi non heme (Fe^{3+}) dipengaruhi oleh faktor makanan dan status zat besi pada tubuh, sementara penyerapan zat besi heme (Fe^{2+}) lebih mudah (Piskin *et al.*, 2022). Penyerapan zat besi yang kurang akan menyebabkan anemia atau kondisi saat kekurangan darah yang sering berhubungan dengan defisiensi besi.

Produk geofagia sering dikaitkan dengan anemia karena diketahui memiliki kandungan besi yang tinggi. Produk geofagia di wilayah Tanzania menunjukkan kadar besi yang tinggi yaitu 39592,2 mg/kg karena didapatkan dari tanah merah yang mengandung kaolin dan Fe- oksihidroksida (Rukondo *et al.*, 2024). Sementara itu, diketahui pula adanya kandungan besi pada produk geofagia yang sering dikonsumsi di Afrika Selatan berasal dari mineral goetit yang merupakan salah satu mineral penyusun tanah geofagia, sehingga konsumsi geofagia dapat menjadi sumber asupan besi bagi konsumen (Fosso-Kankeu *et al.*, 2015). Oleh karena itu, beberapa kajian melaporkan bahwa konsumsi produk geofagia dilakukan untuk membantu memenuhi kebutuhan besi dalam tubuh, sehingga praktik geofagia

sering dikaitkan dengan upaya mengatasi atau mencegah anemia akibat defisiensi besi

Penelitian mengenai geofagia terus berkembang hingga saat ini dan mengaitkan dengan kadar zat besi dengan kebutuhan zat besi dan penanganan anemia. Beberapa produk geofagia sering digunakan sebagai pereda mual pada ibu hamil. Ibu hamil pada trimester 1 akan mengalami anemia yang berpotensi menyebabkan mual muntah dan menurunkan asupan nutrisi dan nafsu makan sehingga menyebabkan gangguan metabolisme tubuh, serta kondisi tersebut akan memburuk menjadi hiperemesis gravidarum yang mengakibatkan muntah terus menerus, dehidrasi, hemokonsentrasi, serta gangguan distribusi oksigen dan zat gizi yang diperparah oleh peningkatan volume plasma selama kehamilan sehingga terjadi hemodilusi dan penurunan kadar hemoglobin (Karwati dan Yanti, 2019).

2.6.2 Kalsium (Ca)

Kalsium memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tulang, sehingga kekurangan asupan kalsium juga dapat berkontribusi terhadap munculnya berbagai gangguan kesehatan, seperti komplikasi selama kehamilan, risiko kanker, dan penyakit jantung (Shlisky *et al.*, 2022). WHO dan FAO (2005) merekomendasikan asupan kalsium untuk anak-anak sekitar 300-700 mg/hari, sedangkan remaja dan dewasa sekitar 1000-1300 mg/hari. Sementara itu, *National Institutes of Health* (NIH) memberikan rekomendasi asupan kalsium harian mulai dari 4 tahun yaitu 1000-1300 mg/hari, namun batas maksimal mengonsumsi kalsium adalah 2500-3000 mg/hari (NIH, 2025). Rekomendasi asupan harian tersebut dapat digunakan

sebagai acuan jumlah konsumsi ampo karena beberapa penelitian menunjukkan produk geofagia mengandung kalsium dalam jumlah yang tinggi.

Produk geofagia yang sering dikonsumsi di wilayah Limpopo, Afrika Selatan memiliki kandungan kalsium 1286-40095 mg/kg (Mouri *et al.*, 2023). Berdasarkan jumlah kalsium tersebut perlu diperhatikan dan disesuaikan dengan rekomendasi NIH terkait konsumsi asupan harian produk geofagia tersebut. Sementara itu, diketahui salah satu produk geofagia yang ada di Tanzania yaitu pica yang diketahui mengandung kalsium dengan rentang 44,5-1073,5 mg/kg dan diketahui bahwa pica yang dikonsumsi sebanyak 50 g/hari dapat memberikan kontribusi untuk pertumbuhan dan metabolisme tubuh (Rukondo *et al.*, 2024). Selain potensi tersebut, kalsium pada produk geofagia juga dapat berpotensi untuk ibu hamil meninjau produk geofagia sering dikonsumsi ibu hamil.

Ibu hamil sering mengalami tekanan darah yang tinggi akibat stimulasi pelepasan hormon paratiroid dan renin yang memicu peningkatan konsentrasi kalsium intraseluler pada sel otot polos vaskular sehingga terjadi vasokonstriksi, sehingga memerlukan suplementasi kalsium yang berperan dalam menurunkan gangguan hipertensi dalam kehamilan dengan menghambat pelepasan hormon tersebut, mengurangi kadar kalsium intraseluler, menurunkan kontraksi otot polos, dan meningkatkan vasodilatasi (Meldawati, 2020). Akan tetapi, diketahui pula ibu hamil yang mengonsumsi produk geofagia tidak menunjukkan pengaruh pada hipertensi kehamilan, namun justru memiliki kadar hemoglobin, kalsium, dan feritin lebih rendah serta kondisi kesehatan yang kurang baik (Sackey *et al.*, 2018).

Adanya potensi-potensi kandungan kalsium yang memengaruhi produk saat dikonsumsi tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang didapatkan dari

bahan baku tanah sebagai bahan baku produk geofagia. Kalsium pada tanah dapat didapatkan dari jenis tanah yang mengandung kalsium karbonat (Ningrum *et al.*, 2024). Kalsium merupakan salah satu unsur hara makro sekunder yang diperlukan tanaman dan tersedia dalam tanah dalam bentuk ion Ca^{2+} yang dapat diserap oleh akar. Ketersediaan kalsium umumnya lebih tinggi pada tanah dengan pH basa karena tanah tersebut banyak mengandung kation basa, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , dan Na^{+} (Mautuka *et al.*, 2022). Namun, hubungan antara pH dan kandungan kalsium tidak selalu berbanding lurus karena nilai pH tanah juga dipengaruhi oleh keberadaan kation basa lainnya serta komposisi mineral penyusun tanah.

2.7 Kandungan Logam Berat

Logam berat merupakan komponen yang dapat membahayakan bagi tubuh. Oleh karena itu, Standar Nasional Indonesia menetapkan aturan batas maksimum cemaran logam berat pada produk pangan secara spesifik dan adapun produk pangan yang tidak tercantum secara spesifik ditetapkan pula secara rinci pada Tabel berikut.

Tabel 2. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat pada Pangan Berdasarkan SNI 7387:2009

Logam berat	Batas maksimum
Arsen	0,25 mg/kg
Kadmium	0,2 mg/kg
Merkuri	0,03 mg/kg
Timbal	0,25 mg/kg
Timah	a. 250 mg/kg untuk produk pangan yang diolah dengan proses panas dan dikemas dalam kaleng. b. 40 mg/kg untuk produk pangan selain yang dimaksud 4.6.5a. pada SNI 7387:2009

Sumber : (SNI, 2009)

Adanya kandungan logam berat pada produk geofagia disebabkan karena bahan baku pembuatan produk geofagia dari tanah. Kandungan logam berat pada produk geofagia dapat berasal dari berbagai kontaminasi dari sumber antropogenik (Nyanza *et al.*, 2014). Adanya logam berat yang sering ditemukan meliputi timbal dan kadmium (Bonglaisin *et al.*, 2015).

2.7.1 Timbal (Pb)

Timbal adalah logam berat beracun yang dapat merusak berbagai organ, terutama sistem saraf pusat, sehingga berpotensi menyebabkan gangguan saraf dan kognitif yang menetap (Salsabilla *et al.*, 2020). Timbal pada produk geofagia yang sering dikonsumsi masyarakat dapat mengakibatkan dampak buruk baik pada usia anak-anak maupun usia dewasa. Anak-anak di bawah usia 6 tahun merupakan kelompok paling rentan terhadap dampak kesehatan permanen akibat paparan timbal, sementara keracunan timbal yang tinggi pada orang dewasa dapat berakibat fatal dengan gejala seperti penurunan berat badan, hipertensi, sakit kepala, nyeri perut, gangguan neurologis dan mental, masalah ginjal, reproduksi, pencernaan, kardiovaskular, serta kerusakan berbagai organ tubuh (Jomova *et al.*, 2024). Potensi buruk yang diakibatkan timbal tersebut perlu diperhatikan pada produk ampo karena ampo berasal dari bahan baku tanah yang mengandung logam berat tinggi terutama timbal.

Adanya dampak buruk dari timbal dapat mengakibatkan dampak buruk bagi bayi yang sedang dikandung ibu hamil yang mengonsumsi produk geofagia. Hal ini karena tanah dapat mengandung bahan kimia yang sangat beracun seperti arsenik dan timbal yang dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan intrauterin pada bayi,

penyumbatan usus, gangguan perkembangan saraf, dan berat badan lahir rendah (Madziva *et al.*, 2024). Oleh karena itu, perlu memerhatikan paparan dan dampak buruk timbal pada produk geofagia yang dikonsumsi. Produk geofagia di Tanzania yaitu pemba diketahui memiliki kandungan timbal 2,4 mg/kg, sedangkan kichuguu mengandung timbal 6,5 mg/kg berpotensi merusak otak dan ginjal pada usia dewasa maupun anak-anak dan berakhir meninggal (Nyanza *et al.*, 2014). Sementara itu, diketahui pula kandungan timbal di wilayah Nigeria selatan berkisar 3,88-5,81 mg/kg (Orisakwe *et al.*, 2020).

Perbedaan kadar logam berat terutama timbal dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Kandungan logam berat pada tanah yang digunakan produk geofagia disebabkan karena kondisi geologis wilayah. Kandungan logam berat pada tanah merupakan hasil proses geologi alami terutama pelapukan dan perubahan mineral atau batuan akibat kondisi lingkungan (Nkansah *et al.*, 2016). Sementara itu, adapun faktor lainnya yang disebabkan karena adanya kontaminasi dari lingkungan. Faktor-faktor yang disebabkan pencemaran sering dikaitkan dengan peningkatan kandungan timbal pada tanah meliputi penggunaan pupuk anorganik, aktivitas transportasi, dan pembuangan limbah rumah tangga yang masuk dalam saluran air (Budisyah Tambunan *et al.*, 2025). Oleh karena itu, pentingnya memerhatikan kandungan logam berat terutama timbal agar tidak mendapatkan dampak buruk saat konsumsi.

Adapun peraturan yang memberikan aturan batas kandungan logam berat timbal pada produk makanan. Berdasarkan peraturan SNI (2009) yang tertampil pada Tabel 1 mengenai batas maksimum cemaran logam berat timbal adalah 0,25 mg/kg. Meskipun standar tersebut belum secara spesifik ditujukan untuk produk geofagia,

ketentuan tersebut dapat dijadikan acuan dalam membatasi kandungan timbal pada produk geofagia guna mencegah potensi dampak negatif terhadap kesehatan tubuh. Selain mengacu pada SNI, batas konsumsi ampo dapat diketahui dengan menentukan *Maximum Tolerable Intake* (MTI) yang mengacu *Permitted Maximum Tolerable Daily Intake* (PMTDI) yang ditetapkan WHO. *Maximum Tolerable Intake* (MTI) merupakan batas maksimum jumlah cemaran logam berat dalam pangan yang masih dapat dikonsumsi dalam periode tertentu tanpa menimbulkan risiko dengan mengacu pada ambang batas yang ditetapkan oleh lembaga kesehatan seperti WHO dan JECFA (Clara *et al.*, 2022). PMTDI yang ditetapkan WHO untuk timbal yaitu 25 µg/kg berat badan/minggu atau 3–4 µg/kg berat badan/hari (WHO, 2011). Akan tetapi, ampo yang mengandung timbal dan dikonsumsi secara terus menerus akan berdampak buruk bagi tubuh karena timbal memiliki sifat yang akumulatif, sehingga diperlukan analisis risiko pada tubuh.

2.7.2 Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu logam berat yang dapat mengganggu kehidupan organisme terutama tubuh manusia. Adanya logam berat kadmium menjadi hal yang perlu diperhatikan pada produk ampo serut terutama karena bahan baku yang digunakan ampo serut adalah tanah. Kontaminasi kadmium (Cd) pada tanah umumnya berasal dari aktivitas antropogenik, terutama penggunaan pupuk fosfat, pupuk kandang, pestisida, serta limbah industri (Syachroni, 2017). Faktor-faktor tersebut perlu diperhatikan karena berpotensi meningkatkan kandungan kadmium pada ampo serut. Efek akut yang ditimbulkan akibat konsumsi kadmium menyerupai gejala flu, seperti menggigil, demam, dan nyeri otot, yang umumnya

dikenal dengan istilah “*Kadmium blues*”, serta dapat pula berpotensi menimbulkan efek kronis pada manusia dan dapat terakumulasi dalam tubuh, terutama di organ hati dan ginjal (Girikallo *et al.*, 2022). Dampak buruk tersebut perlu dihindari terutama saat konsumsi produk geofagia yang diketahui mengandung logam berat kadmium.

Produk geofagia di wilayah Nigeria Selatan diketahui mengandung kadmium yang tinggi dengan rentang 0,17-0,23 mg/kg sehingga berpotensi menimbulkan toksisitas pada tubuh (Orisakwe *et al.*, 2020). Sementara itu, kaolin merupakan produk geofagia yang berasal dari Kamerun diketahui mengandung kadmium dengan rentang 8,9-11,2 µg/g (Bonglaisin *et al.*, 2015). Selain itu, adapula penelitian lain menunjukkan bahwa kadmium pada kaolin dapat diserap melalui saluran pencernaan dan terakumulasi di liver (Nsawir, 2015). Oleh karena itu, perlu memerhatikan batas maksimum kadmium pada makanan untuk menghindari dampak buruk pada makanan yang akan dikonsumsi termasuk ampo.

Berdasarkan peraturan SNI (2009) yang tertera pada Tabel 2 menunjukkan batas maksimum cemaran logam berat kadmium pada pangan adalah 0,2 mg/kg. Akan tetapi, kadar kadmium yang rendah dapat memberikan dampak buruk pada ginjal, hati, sistem rangka, sistem kardiovaskular, menurunkan penglihatan dan pendengaran, serta berdampak buruk pada reproduksi pria dan wanita (Kumar dan Sharma, 2019). Oleh karena itu, diperlukan untuk menetapkan batas aman konsumsi ampo. Hal ini dapat ditentukan berdasarkan *Maximum Tolerable Intake* (MTI) atau batas maksimum jumlah cemaran logam berat dalam pangan yang masih dapat dikonsumsi dalam periode tertentu tanpa menimbulkan risiko dengan mengacu pada ambang batas yang ditetapkan oleh WHO dan JECFA (Clara *et al.*,

2022). Batas yang ditetapkan oleh WHO yaitu berdasarkan PMTDI kadmium 25 $\mu\text{g/kg}$ berat badan/bulan atau 0,83 $\mu\text{g/kg}$ berat badan/hari. Akan tetapi, ampo yang mengandung kadmium jika konsumsi secara terus menerus akan berdampak buruk bagi tubuh karena kadmium bersifat akumulasi, sehingga diperlukan analisis risiko pada tubuh.

2.8 Analisis Risiko Logam Berat

Paparan logam berat melalui konsumsi ampo berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, baik yang bersifat non-karsinogenik maupun karsinogenik. Risiko non-karsinogenik umumnya dievaluasi menggunakan *Target Hazard Quotient* (THQ), sedangkan risiko karsinogenik dapat diperkirakan melalui *Excess Cancer Risk* (ECR). Analisis nilai THQ memiliki prinsip yaitu membandingkan dosis paparan harian (*ingestion dose*) dengan dosis referensi aman (RfD) dari suatu zat yang apabila hasil melebihi 1 menunjukkan adanya potensi efek toksik non-karsinogenik, sedangkan prinsip analisis nilai ECR yaitu mengestimasi peluang seseorang mengalami kanker akibat paparan zat karsinogen selama hidupnya yang apabila hasil melampaui batas 10^{-4} mengindikasikan adanya peningkatan risiko kanker sepanjang masa hidup akibat paparan kontaminan tersebut (Satriawan *et al.*, 2021).

Adapun penelitian yang mengkaji analisis risiko karsinogenik dan non karsinogenik. Tanah liat putih yang dikonsumsi di Kota Kumasi, Ghana menunjukkan hasil logam berat timbal mengindikasikan risiko non karsinogenik, sedangkan kadmium dan arsenik mengindikasikan risiko non karsinogenik dan karsinogenik yang ditunjukkan dengan nilai *Hazard Index* lebih dari nilai ECR lebih dari 10^{-4} (Nkansah *et al.*, 2016). Sementara itu, pica yang dari Ghana pula

menunjukkan nilai THQ dari timbal lebih dari 1 yang menandakan bahwa pica dapat menimbulkan efek non-karsinogenik yang berpotensi membahayakan tubuh (Kortei *et al.*, 2020).

Adapun diketahui tanah liat yang dikonsumsi di Nigeria Selatan sebesar 0,05 kg pada dewasa dan 0,01 kg pada anak-anak menunjukkan bahwa analisis risiko berdasarkan paparan kadmium dan timbal menunjukkan nilai risiko non-karsinogenik (<1) yang masih aman dan risiko karsinogenik ($>10^{-4}$) yang melebihi batas, sehingga adanya paparan timbal dan kadmium menunjukkan bahwa praktik geofagia tetap berpotensi meningkatkan risiko kesehatan secara kumulatif (Orisakwe *et al.*, 2020).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2025 – Januari 2026. Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Kimia dan Gizi Pangan, serta di Laboratorium Rekayasa Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang untuk pengujian warna, nilai pH, dan *Water Retention Capacity* (WRC). Sementara itu, pengujian kandungan mineral dan logam berat dilakukan di Laboratorium FMIPA Universitas Negeri Semarang.

3.1 Materi penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu ampo serut dari 20 daerah dari 5 provinsi yang berada di pulau Jawa meliputi Jawa Timur, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta. Berikut rincian lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Lokasi Pengambilan Sampel Ampo Serut

Provinsi	Lokasi	Jumlah Sampel
Jawa Timur	Tulungagung	1
	Blitar	1
	Semanding	1
	Tuban	1
Jawa Barat	Cirebon	1
	Bekasi	1
	Indramayu	1
	Bogor	1
Jawa Tengah	Boyolali	1
	Sragen	1
	Grobogan	1
	Solo	1
DI Yogyakarta	Bantul	1
	Kota Yogyakarta	1
	Kotagede	1
	Sleman	1
DKI Jakarta	Jakarta Barat	1
	Jakarta Utara	1
	Jakarta Timur	1
	Jakarta Pusat	1

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025.

Bahan-bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini yaitu meliputi akuades, air suling, larutan buffer pH 4 dan 7. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu meliputi pH meter, *color reader*, *sentrifuge tube*, *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS), *vortex mixer*, timbangan analitik, tabung uji plastik, pipet, labu ukur, kuvet, dan kertas saring.

3.2 Metode penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari rancangan penelitian, prosedur penelitian, pengujian parameter, dan analisis data yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian. Metode penelitian tersebut diuraikan sebagai berikut

3.2.1 Metode pengambilan sampel

Metode pengambilan sample didasarkan metode *purposive sampling* dengan ketentuan ampo serut dengan kriteria sampel didapatkan dari toko dan produsen yang rutin menjual ampo, merepresentasikan sentra utama produksi ampo di setiap daerah, dapat disimpan dalam kondisi kering dalam kemasan utuh, penjual bersedia memberikan informasi terkait proses pembuatan ampo dan bersedia bahwa sampel akan digunakan untuk penelitian.

3.2.2 Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan Daerah sebagai unit pengamatan dalam Provinsi. Desain rancangan penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 4. Desain Rancangan Penelitian Ampo Serut dari Berbagai Daerah di Pulau Jawa

Perlakuan	Ulangan			
	1	2	3	4
1	P1U1	P1U2	P1U3	P1U4
2	P2U1	P2U2	P2U3	P2U4
3	P3U1	P3U2	P3U3	P3U4
4	P4U1	P4U2	P4U3	P4U4
5	P5U1	P5U2	P5U3	P5U4

Keterangan:

1. P1: Provinsi Jawa Timur
 - P1U1: Provinsi Jawa Timur, Tulungagung
 - P1U2: Provinsi Jawa Timur, Blitar
 - P1U3: Provinsi Jawa Timur, Semanding
 - P1U4: Provinsi Jawa Timur, Tuban
2. P2: Provinsi Jawa Barat
 - P2U1: Provinsi Jawa Barat, Cirebon
 - P2U2: Provinsi Jawa Barat, Bekasi
 - P2U3: Provinsi Jawa Barat, Indramayu
 - P2U4: Provinsi Jawa Barat, Bogor
3. P3: Provinsi Jawa Tengah
 - P3U1: Provinsi Jawa Tengah, Boyolali
 - P3U2: Provinsi Jawa Tengah, Sragen
 - P3U3: Provinsi Jawa Tengah, Grobogan
 - P3U4: Provinsi Jawa Tengah, Solo
4. P4: Provinsi DI Yogyakarta
 - P4U1: Provinsi DI Yogyakarta, Bantul
 - P4U2: Provinsi DI Yogyakarta, Kota Yogyakarta
 - P4U3: Provinsi DI Yogyakarta, Kotagede
 - P4U4: Provinsi DI Yogyakarta, Sleman
5. P5: Provinsi DKI Jakarta
 - P5U1 : Provinsi DKI Jakarta, Jakarta Barat
 - P5U2 : Provinsi DKI Jakarta, Jakarta Utara
 - P5U3 : Provinsi DKI Jakarta, Jakarta Timur
 - P5U4 : Provinsi DKI Jakarta, Jakarta Pusat

Model matematis digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan hipotesis penelitian dengan rincian sebagai berikut:

$$Y_{pq} = \mu + \pi_p + \varepsilon_{pq}$$

Keterangan:

Y_{pq} : Hasil angka pengamatan dari perlakuan ke-p (P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8) dan ulangan ke-q (1, 2, 3)

μ : Nilai rata-rata hasil pengamatan

π_p : Pengaruh dari perlakuan ke-p

ε_{pq} : Pengaruh galat dari perlakuan ke-p dan ulangan ke-q

Hipotesis empiris yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H0: tidak terdapat pengaruh perbedaan daerah berbeda terhadap nilai pH, warna, kandungan mineral, dan kandungan logam berat ampo.

H1: sekurang-kurangnya terdapat pengaruh perbedaan daerah berbeda terhadap nilai pH, warna, kandungan mineral, dan kandungan logam berat ampo.

Secara statistik, hipotesis empiris tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

H0: $\mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

H1: $\mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$, sekurang-kurangnya terdapat satu pengaruh perbedaan daerah berbeda terhadap nilai pH, warna, kandungan mineral, dan kandungan logam berat ampo.

Kriteria pengujian analisis statistik yang digunakan adalah sebagai berikut:

$\text{Sig} \geq \alpha (0,05)$, maka H0 diterima dan H1 ditolak

$\text{Sig} < \alpha (0,05)$, maka H0 ditolak dan H1 diterima

3.2.3 Prosedur penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan mengumpulkan sampel dari beberapa wilayah yang ada di pulau Jawa meliputi Jawa Tengah, Jawa Barat, Jawa Timur, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta.

3.2.4 Pengujian Parameter

3.2.3.1 Nilai pH. Pengujian nilai pH didasarkan oleh metode Abdul *et al.* (2023) yaitu sampel sebanyak 10 gram dari setiap wilayah dilarutkan dalam 50 ml akuades atau air suling di tabung uji plastik, serta diberi label sesuai perlakuan dan ulangan. Tabung ditutup dan diaduk menggunakan vortex dengan kecepatan 2000 rpm selama satu menit. Setelah pencampuran, larutan dibiarkan mengendap sehingga larutan keruh (*milky*) mengapung di permukaan. Selanjutnya, saring larutan dengan menggunakan kertas saring. Sebelum dilakukan pengukuran pH, kalibrasi pH meter dengan larutan buffer pH 4 dan pH 7. Uji larutan dengan cara pH meter dicelupkan ke dalam larutan yang telah disaring dan dibiarkan selama kurang lebih lima menit hingga pembacaan stabil, lalu catat hasil dari layar LCD pH meter. Probe pH meter dibersihkan dengan dicelupkan ke dalam air sebelum digunakan pada setiap sampel berikutnya. Hasil yang didapatkan diketahui tingkat keasaman yang didasarkan penelitian Bernardo *et al.* (2022) yaitu sangat asam (3,5–4,4), asam kuat (4,5–5,0), asam tinggi (5,1–5,5), asam sedang (5,6–6,0), sedikit asam (6,1–6,5), netral (6,6–7,3), sedikit basa (7,4–7,8), basa sedang (7,9–8,4), dan basa tinggi (8,5–9,0).

3.2.3.2 Warna. Pengujian warna dilakukan menggunakan *color reader* metode CIE-Lab dilakukan dengan menguji semua perlakuan dan pengulangan. Langkah pertama pengujian yaitu dengan melakukan kalibrasi alat *color reader*. Selanjutnya, sampel yang akan diuji ditempatkan pada wadah yang sudah ditutup karton hitam, lalu tempelkan *color reader* pada sampel dan lakukan pengambilan data $L^*a^*b^*$ di

beberapa titik yang berbeda pada sampel. Nilai L^* menunjukkan tingkat kecerahan atau kegelapan, nilai a^* menunjukkan tingkat kemerahan atau kehijauan, dan nilai b^* menunjukkan tingkat kekuningan atau kebiruan.

Sesudah nilai LAB didapatkan, nilai $^{\circ}hue$ dan $chroma$ dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$Hue^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$Chroma = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

Hasil yang didapatkan dari $^{\circ}hue$ dan $chroma$ selanjutnya dilakukan visualisasi posisi warna dengan nilai $lightness$ di ruang warna untuk mempermudah interpretasi distribusi warna secara grafis.

3.2.3.3 Water Retention Capacity (WRC). Pengujian *Water Retention Capacity* (WRC) didasarkan pada penelitian yang dilakukan Duplex *et al.* (2018) dengan prinsip mengalirkan air berlebih melalui sejumlah sampel tanah kering yang telah diketahui massanya, kemudian sampel didiamkan semalaman hingga air bebas keluar. Tahapan tersebut meliputi sampel ditimbang sebanyak 10 g yang selanjutnya ditempatkan pada kertas saring. Kertas saring berisi sampel kemudian diletakkan di dalam corong yang diposisikan di atas gelas beker sebagai penampung perkolat. Air ditambahkan secara berlebih hingga sampel mencapai kondisi jenuh, kemudian dibiarkan selama 24-48 jam pada suhu ruang tanpa penutup. Sesudah 24-48 jam, sampel ditimbang dan hitung hasil yang didapatkan dengan rumus:

$$WRC (\%) = \frac{\text{Berat sampel setelah air keluar} - \text{Berat sampel awal}}{\text{Berat sampel setelah air keluar}} \times 100$$

3.2.3.4 Kandungan Mineral. Analisis kandungan mineral pada produk ampo dilakukan dengan beberapa tahap yang meliputi preparasi sampel, pengukuran kurva kalibrasi, dan pengukuran absorbansi. Preparasi sampel dilakukan dengan metode destruksi basah. Sementara itu, penentuan kurva standar kalibrasi dilakukan berdasarkan hukum Lambert-Beer dengan perhitungan absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan standar. Hubungan linier antara absorbansi dan konsentrasi dianalisis menggunakan persamaan regresi linier $y=bx+a$.

1. Preparasi Sampel. Preparasi sampel dilakukan dengan metode destruksi basah didasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dianawati dan Sugiarto (2015) yaitu destruksi dilakukan menggunakan larutan aquaregia (perbandingan 1 HNO_3 : 3 HCl) selama 2 jam pada suhu 130°C . Setelah pendinginan, larutan hasil destruksi difiltrasi, lalu filtratnya diencerkan hingga volume 25 ml menggunakan akuades demineralisasi.

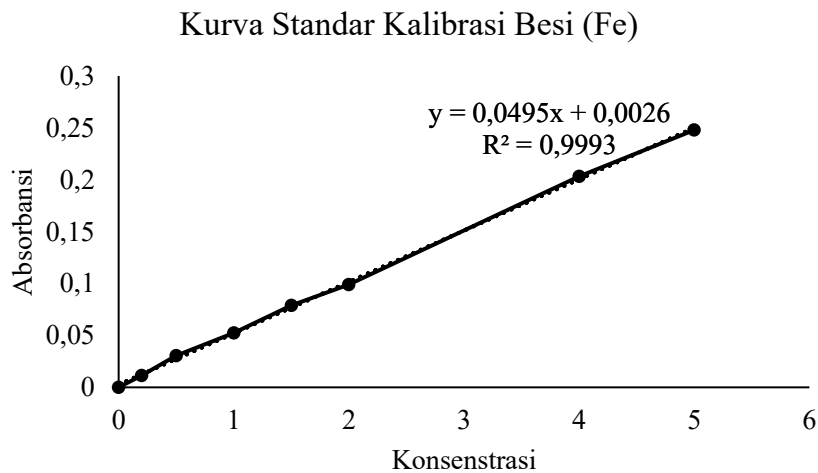
2. Pengukuran Kadar Mineral Besi. Pengukuran kadar mineral besi menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) didasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hawali Abdul Matin *et al.* (2025) dengan prinsip kerja atom menyerap radiasi pada panjang gelombang spesifik sehingga elektron berpindah dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Penentuan kurva standar dilakukan dengan menyiapkan larutan standar Fe dari larutan stok 1000 ppm yang diencerkan hingga diperoleh konsentrasi 0; 0,2; 1; 1,5; 2; 4; 5 ppm. Hasil pembacaan absorbansi standar kalibrasi Fe dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 5. Data Absorban pada Larutan Standar Fe

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
0,2	0,0113
0,5	0,0305
1	0,0525
1,5	0,0791
2	0,099
4	0,2032
5	0,2479

Sumber: Data Hasil Pengujian Logam Berat Laboratorium Unnes, 2025.

Berdasarkan data Tabel 5 maka dapat dibuat kurva kalibrasi standar Fe yang dapat dilihat pada Ilustrasi 2 berikut.



Ilustrasi 2. Kurva Standar Kalibrasi Fe

Selanjutnya, sampel dilakukan pembacaan sampel dengan panjang gelombang 248,33 nm. Hasil yang didapatkan dikonversi dari satuan mg/L ke dalam satuan mg/kg dengan menggunakan rumus berikut:

$$Fe = \frac{(\text{Konsentrasi Fe (mg/L)} \times \text{Volume larutan (mL)})}{\text{Berat sampel (g)}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

3. Pengukuran Kadar Mineral Kalsium. Pengukuran kadar mineral kalsium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) yang didasarkan

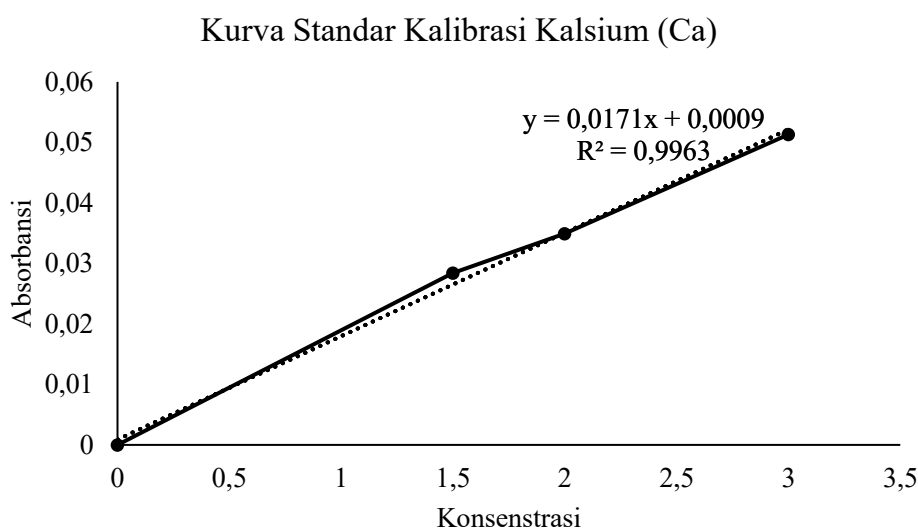
penelitian yang dilakukan oleh Priatni dan Pauziah (2023). Pengukuran kurva standar kalibrasi dilakukan dengan mengukur larutan standar Ca dari larutan stok 1000 ppm yang diencerkan hingga diperoleh konsentrasi 0; 1,5; 2; 3 ppm. Hasil pembacaan absorbansi standar kalibrasi Ca dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data Absorban pada Larutan Standar Ca

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
1,5	0,0284
2	0,0349
3	0,0513

Sumber: Data Hasil Pengujian Logam Berat Laboratorium Unnes, 2025.

Berdasarkan data Tabel 6, maka dapat dibuat kurva kalibrasi standar Ca yang dapat dilihat pada Ilustrasi 3 berikut.



Ilustrasi 3. Kurva Standar Kalibrasi Ca

Selanjutnya, sampel dilakukan pembacaan sampel dengan panjang gelombang 422,67 nm. Hasil yang didapatkan dikonversi dari satuan mg/L ke dalam satuan mg/kg dengan menggunakan rumus berikut:

$$Ca = \frac{(\text{Konsentrasi Ca (mg/L)} \times \text{Volume larutan (mL)})}{\text{Berat sampel (g)}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

3.2.3.5 Kandungan Logam Berat. Analisis kandungan logam berat yang meliputi timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada produk ampo didasarkan penelitian yang dilakukan Andriani *et al.* (2022) dengan beberapa tahap yang meliputi preparasi sampel, pengukuran kurva kalibrasi, dan pengukuran absorbansi. Preparasi sampel dilakukan dengan metode destruksi basah. Sementara itu, penentuan kurva standar kalibrasi dilakukan berdasarkan hukum Lambert-Beer dengan perhitungan absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan standar. Hubungan linier antara absorbansi dan konsentrasi dianalisis menggunakan persamaan regresi linier $y=bx+a$.

1. Preparasi Sampel. Preparasi sampel dilakukan dengan metode destruksi basah didasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dianawati dan Sugiarso (2015) yaitu destruksi dilakukan menggunakan larutan aquaregia (perbandingan 1 HNO₃ : 3 HCl) selama 2 jam pada suhu 130°C. Setelah pendinginan, larutan hasil destruksi difiltrasi, lalu filtratnya diencerkan hingga volume 25 ml menggunakan akuades demineralisasi.

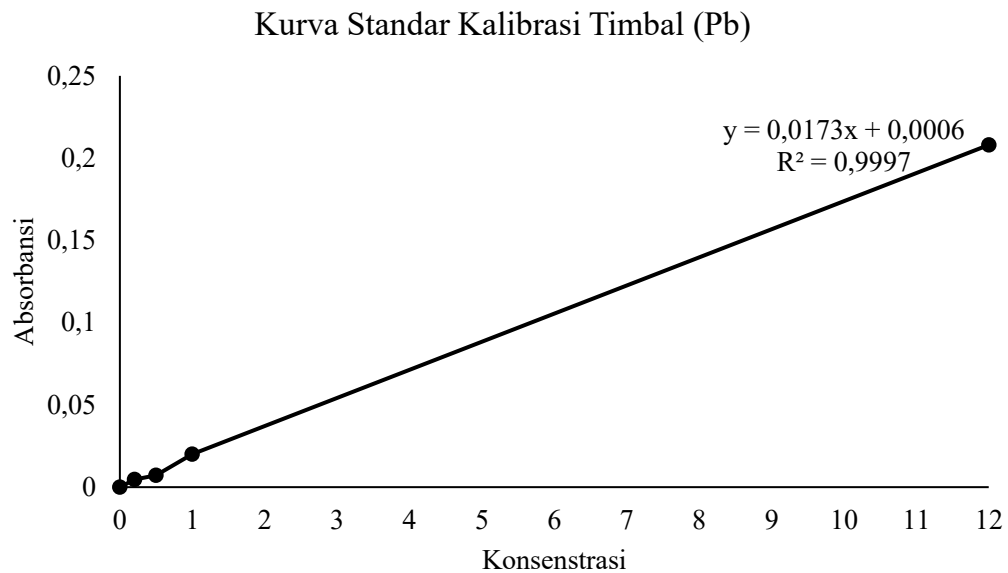
2. Pengukuran Kadar Logam Berat Timbal. Pengukuran kadar logam berat timbal menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) dengan panjang gelombang 283,31 nm. Pengukuran kurva standar kalibrasi dilakukan dengan mengukur larutan standar Pb dari larutan stok 1000 ppm yang diencerkan hingga diperoleh konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 12 ppm. Hasil pembacaan absorbansi standar kalibrasi Pb dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Data Absorban pada Larutan Standar Pb

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,2	0,0046
0,5	0,0072
1	0,0201
12	0,2080

Sumber: Data Hasil Pengujian Logam Berat Laboratorium Unnes, 2025.

Berdasarkan data Tabel 7, maka dapat dibuat kurva kalibrasi standar Pb yang dapat dilihat pada Ilustrasi 4 berikut.



Ilustrasi 4. Kurva Standar Kalibrasi Pb

Selanjutnya, sampel dilakukan pembacaan sampel dengan panjang gelombang 283,31 nm. Hasil yang didapatkan dikonversi dari satuan mg/L ke dalam satuan mg/kg dengan menggunakan rumus berikut:

$$Pb = \frac{(\text{Konsentrasi Pb (mg/L)} \times \text{Volume larutan (L)})}{\text{Berat sampel (kg)}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

Hasil kadar logam berat dilakukan perhitungan *Maximum Tolerable Intake* (MTI) berdasarkan *Permitted Maximum Tolerable Daily Intake* (PMTDI) untuk menentukan asupan harian konsumsi ampo yang didasarkan metode Clara *et al.* (2022) yang dimodifikasi menggunakan rumus berikut:

$$MTI = \frac{PMTDI \text{ (mg/kg bb/hari)}}{\text{Konsentrasi logam berat timbal (mg/kg)}}$$

Perhitungan MTI mengacu pada PMTDI yang ditentukan oleh WHO terkait PMTDI atau asupan harian konsumsi timbal adalah 4 µg/kg bb/hari atau 0,004 mg/kg bb/ hari (WHO, 2011) . Batas tersebut dihitung dengan rata-rata berat badan di Indonesia dengan usia anak-anak adalah 18 kg dan usia dewasa adalah 60 kg (Muharram *et al.*, 2025; Yusni dan Meutia, 2019). Oleh karena itu, diketahui bahwa PMTDI timbal anak-anak adalah 0,072 mg/hari dan PMTDI timbal untuk dewasa adalah 0,24 mg/hari.

Selanjutnya, dilakukan pula perhitungan efek non karsinogenik yaitu *Total Hazard Quotient* (THQ) dan efek karsinogenik yaitu *Excess Cancer Risk* (ECR) yang didasarkan pada penelitian (Orisakwe *et al.*, 2020) menggunakan rumus berikut:

$$THQ = \frac{EF \times Ed \times C \times FIR}{RfD \times WAB \times ATn} \times 10^{-3}$$

$$ECR = \frac{EF \times Ed \times C \times FIR}{WAB \times ATc} \times 10^{-3} \times SF$$

Keterangan:

- EF (*Exposure Frequency*) atau frekuensi paparan : 365 hari
- ED (*Exposure Duration*) atau durasi paparan: 6 tahun untuk usia anak-anak dan 30 tahun untuk usia dewasa
- C (*Contaminant Concentration*) atau kadar logam berat timbal pada ampo
- FIR (*Food Ingestion Rate*) atau laju konsumsi makanan : perhitungan 3 dosis (dosis 1: 10 g, dosis 2: 50 g, dan dosis 3: 70 g)
- RfD atau konsentrasi referensi untuk timbal : 0,004 mg/kg bb/hari

- WAB (*Weight Average Body*) atau rata-rata berat badan : 18 kg untuk usia anak-anak dan 60 kg untuk usia dewasa
- Atn (*Averaging Time (non-carcinogenic)*) atau rata-rata waktu paparan untuk non karsinogenik : 365 hari/tahun x 30 tahun = 10.950 hari
- Atc (*Averaging Time (carcinogenic)*) rata-rata waktu paparan untuk karsinogenik: 365 hari × 72 tahun = 26.280 hari
- SF (*Slope Factor*) untuk timbal : 0,0085 mg/kg/hari

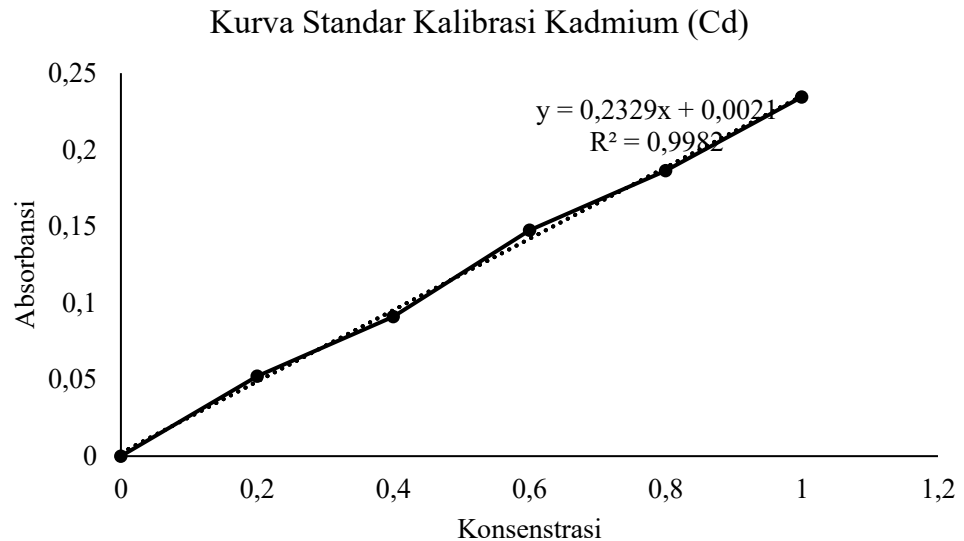
3. Pengukuran Kadar Logam Berat Kadmium. Larutan baku standar kadmium (Cd) disiapkan menggunakan senyawa $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. Sebanyak 2,1032 g $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ditimbang, kemudian dilarutkan dalam akuades di dalam gelas kimia. Larutan tersebut selanjutnya dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang telah berisi 10 mL HNO_3 pekat, lalu diencerkan dengan akuades hingga mencapai tanda batas sehingga diperoleh larutan baku Cd dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan baku tersebut selanjutnya diencerkan dengan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar dengan konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 ppm. Selanjutnya, absorbansi dari masing-masing larutan standar diukur. Hasil pembacaan absorbansi standar kalibrasi Cd dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Data Absorban pada Larutan Standar Cd

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,2	0,0522
0,4	0,0911
0,6	0,1474
0,8	0,1863
1	0,2344

Sumber: Data Hasil Pengujian Logam Berat Laboratorium Unnes, 2025.

Berdasarkan data Tabel 8, maka dapat dibuat kurva kalibrasi standar Pb yang dapat dilihat pada Ilustrasi 5 berikut.



Ilustrasi 5. Kurva Standar Kalibrasi Cd

Selanjutnya, sampel dilakukan pembacaan sampel dengan panjang gelombang 228,80 nm. Hasil yang didapatkan dikonversi dari satuan mg/L ke dalam satuan mg/kg dengan menggunakan rumus berikut:

$$Cd = \frac{(\text{Konsentrasi Cd (mg/L)} \times \text{Volume larutan (mL)})}{\text{Berat sampel (g)}} \times \text{Faktor Pengenceran}$$

Hasil kadar logam berat dilakukan perhitungan *Maximum Tolerable Intake* (MTI) berdasarkan *Permitted Maximum Tolerable Daily Intake* (PMTDI) untuk menentukan asupan harian konsumsi ampo yang didasarkan metode Clara *et al.* (2022) yang dimodifikasi menggunakan rumus berikut:

$$MTI = \frac{PMTDI \text{ (mg/kg bb/hari)}}{\text{Konsentrasi logam berat kadmium (mg/kg)}}$$

Perhitungan MTI didasarkan dengan acuan dari WHO terkait PMTDI atau asupan harian konsumsi kadmium adalah 0,8 µg/kg bb/hari atau 0,0008 mg/kg bb/hari (WHO, 2011). Acuan tersebut dikalikan dengan rata-rata berat badan anak-anak dan dewasa di Indonesia. Rata-rata berat badan di Indonesia pada anak-anak adalah 18 kg dan pada dewasa adalah 60 kg (Muharram *et al.*, 2025; Yusni dan Meutia, 2019). Oleh karena itu, diketahui bahwa PMTDI kadmium untuk usia anak-anak adalah 0,0008 mg/hari dan PMTDI kadmium untuk usia dewasa adalah 0,01494 mg/hari.

Selanjutnya, dilakukan pula perhitungan efek non karsinogenik yaitu *Total Hazard Quotient* (THQ) dan efek karsinogenik yaitu *Excess Cancer Risk* (ECR) yang didasarkan pada penelitian Orisakwe *et al.* (2020) menggunakan rumus berikut:

$$THQ = \frac{EF \times Ed \times C \times FIR}{RfD \times WAB \times ATn} \times 10^{-3}$$

$$ECR = \frac{EF \times Ed \times C \times FIR}{WAB \times ATc} \times 10^{-3} \times SF$$

Keterangan:

- EF (*Exposure Frequency*) atau frekuensi paparan : 365 hari
- ED (*Exposure Duration*) atau durasi paparan: 6 tahun untuk usia anak-anak dan 30 tahun untuk usia dewasa
- C (*Contaminant Concentration*) atau kadar logam berat kadmium pada ampo
- FIR (*Food Ingestion Rate*) atau laju konsumsi makanan : perhitungan 3 dosis (dosis 1: 10 g, dosis 2: 50 g, dan dosis 3: 70 g)
- RfD atau konsentrasi referensi untuk kadmium : 0,001 mg/kg bb/hari

- WAB (*Weight Average Body*) atau rata-rata berat badan : 18 kg untuk usia anak-anak dan 60 kg untuk usia dewasa
- Atn (*Averaging Time (non-carcinogenic)*) atau rata-rata waktu paparan untuk non karsinogenik : 365 hari/tahun x 30 tahun = 10.950 hari
- Atc (*Averaging Time (carcinogenic)*) rata-rata waktu paparan untuk karsinogenik: 365 hari × 72 tahun = 26.280 hari
- SF (*Slope Factor*) untuk kadmium : 0,38 mg/kg/hari

3.2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian terhadap dari nilai pH, warna, *water retention capacity* (WRC), kandungan mineral, dan kandungan logam berat dilakukan analisis rata-rata dan standar deviasi dengan menggunakan *Microsoft Excel* 2021. Data analisis disajikan dengan Tabel yang kemudian diinterpretasikan menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang didukung oleh studi literatur. Semua parameter dilakukan pengujian normalitas dan dilanjutkan dengan uji pengaruh menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 95% ($P < 0,05$) dan apabila ditemukan pengaruh berbeda nyata maka lanjut *Duncan Multiple Comparison Test* untuk mengetahui perbedaan antarvariabel. Selain itu, dilakukan perbandingan dengan standar ambang batas yang disajikan dalam diagram batang untuk kandungan logam berat timbal (Pb) dan Kadmium (Cd).