

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data meliputi nilai pH, warna, WRC, kandungan mineral, dan kandungan logam berat pada berbagai sampel ampo yang didapatkan dari 5 daerah yang berbeda. Hasil tersebut disajikan pada pemaparan sebagai berikut

4.1 Nilai pH

Nilai pH merupakan parameter yang menunjukkan perbedaan tingkat keasaman produk ampo dari berbagai daerah. Hasil analisis nilai pH ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Analisis Nilai pH

Perlakuan	Nilai pH
Jawa Timur	$7,74 \pm 1,01^{ab}$
Jawa Barat	$7,09 \pm 1,22^{ab}$
Jawa Tengah	$8,12 \pm 0,28^b$
DI Yogyakarta	$6,75 \pm 0,13^a$
DKI Jakarta	$8,25 \pm 0,07^b$

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025.

Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan $\pm$ standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 9, dapat diketahui bahwa nilai pH ampo yang didapatkan dari berbagai daerah menunjukkan variasi perbedaan yang nyata dengan rentang nilai pH 6,75-8,25. Hasil menunjukkan ampo serut dari Jawa Timur dan Jawa Barat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada ampo serut dari DI Yogyakarta. Sementara itu, ampo serut dari Jawa Timur dan Jawa Barat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan Jawa Tengah dan DKI Jakarta. Akan tetapi, ampo

serut dari Jawa Tengah dan DKI Jakarta menunjukkan perbedaan yang nyata pada ampo serut dari DI Yogyakarta. Adapun penelitian terdahulu menunjukkan bahwa produk ampo dari Kudus, Pati, Boyolali, dan Purwodadi memiliki nilai pH sedikit asam hingga netral dengan rentang 5,31-8,28 (Mahaney *et al.*, 2000). Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa hasil penelitian masih dalam kisaran yang sebanding dengan temuan sebelumnya yang berada di wilayah Indonesia.

Menurut Zhou (2024) curah hujan yang tinggi menyebabkan pH menurun atau asam. Hal ini diketahui pula bahwa salah satu daerah yang digunakan dalam pengambilan sampel di wilayah Jawa Barat yaitu Bogor yang diketahui sebagai wilayah kota hujan atau wilayah dengan curah hujan yang tinggi. Akan tetapi, diketahui bahwa nilai pH dari Jawa Barat yaitu 7,09 yang menunjukkan nilai pH netral sedikit basa. Oleh karena itu, diketahui dapat dipengaruhi oleh faktor utama yaitu lapisan tanah yang diambil sebagai bahan pembuatan ampo serut. Menurut Viunita dan Husain (2023) bahan baku ampo didapatkan dari tanah lapisan dalam untuk menghindari kontaminasi dan kotoran seperti kerikil dan batu. Hal ini pula diketahui bahwa sampel dari Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan DKI Jakarta menunjukkan pH basa dengan rentang 7,09-8,25. Hal ini sejalan dengan Zhang *et al.* (2019) yang mengungkapkan bahwa curah hujan yang tinggi meningkatkan proses *leaching* atau proses pencucian yang menyebabkan Ca^{2+} larut dari horizon A dan terakumulasi pada horizon B dan C sehingga adanya Ca^{2+} yang terakumulasi menyebabkan pH horizon B dan C lebih tinggi dibandingkan horizon A. Sementara itu, ampo dari DI Yogyakarta menunjukkan pH asam yang dimungkinkan didapatkan dari tanah lapisan atas atau horizon A.

Nilai pH tanah juga dipengaruhi oleh faktor pemberian pupuk yang diketahui bahwa pengambilan tanah sebagai bahan baku ampo didapatkan dari wilayah persawahan. Pemberian pupuk kimia yang berlebihan pada lahan persawahan menjadikan penurunan pH tanah, sehingga sering diberikan penambahan kapur dolomit yang bersifat basa untuk menetralkan pH (Iswara dan Nuraini, 2022). Oleh karena itu, dimungkinkan nilai pH asam pada ampo dari DI Yogyakarta juga disebabkan dari pupuk kimia yang berlebih sehingga menyebabkan pH ampo asam, sementara ampo lainnya yang menunjukkan pH netral hingga asam kemungkinan disebabkan pemberian pupuk yang terkendali atau adanya pula penambahan kapur dolomit.

Produk geofagia sering dikaitkan dengan konsumsi ibu hamil sebagai pereda mual. Ampo yang didapatkan dari DI Yogyakarta menunjukkan nilai pH terendah dan relatif paling asam dibandingkan dari wilayah lain dengan nilai pH 6,75. Nilai pH yang sedikit asam menunjukkan tingginya kandungan ion yang berasal dari senyawa yang dilepaskan oleh mineral yang terkandung (Ajibade *et al.*, 2022). Ampo dengan nilai pH yang lebih asam dapat membantu mengurangi rasa mual pada ibu hamil. Sifat asam pada produk geofagi menghasilkan rasa masam dan dianggap membantu meredakan rasa mual selama kehamilan dengan menekan sekresi air liur berlebih (Badu *et al.*, 2021).

Selain itu, nilai pH produk geofagia juga sering dikaitkan dengan pelepasan dan penyerapan mineral dalam tubuh. Produk geofagia dengan nilai pH yang tinggi meningkatkan pelepasan dan penyerapan mineral esensial pada aliran darah seperti Mg, Mn, dan Ca, sementara nilai pH yang lebih rendah mengakibatkan unsur-unsur mineral esensial akan terikat sehingga mengurangi ketersediannya untuk diserap ke

dalam aliran darah (Mensah *et al.*, 2025). Akan tetapi, tingkat keasaman ampo serut juga memengaruhi tingkat penyerapan logam berat. Kondisi pH rendah (asam) dapat meningkatkan kelarutan dan bioaksesibilitas logam seperti Pb, Ni, Co, dan Fe, sehingga logam-logam tersebut lebih mudah terlepas dari matriks tanah dan berpotensi diserap oleh saluran pencernaan (Fosso-Kankeu *et al.*, 2015).

4.2 Warna

Parameter warna pada penelitian digunakan untuk mengetahui perbedaan karakteristik warna ampo dari berbagai daerah. Analisis warna yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik warna ampo meliputi nilai *lightness*, a^* , b^* , $^{\circ}hue$, dan *chroma*. Hasil analisis warna pada ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 10, Tabel 11, dan Ilustrasi 6 berikut.

Tabel 10. Hasil Analisis Warna

Perlakuan	Lightness	a^*	b^*	$^{\circ}Hue$	Chroma
Jawa Timur	$5,29 \pm 0,68^a$	$0,11 \pm 0,41^a$	$0,14 \pm 0,60^a$	$58,92 \pm 11,95$	$0,53 \pm 0,38$
Jawa Barat	$5,72 \pm 1,12^a$	$0,13 \pm 0,31^a$	$0,29 \pm 0,61^a$	$121,57 \pm 152,27$	$0,46 \pm 0,50$
Jawa Tengah	$8,89 \pm 3,17^b$	$-0,67 \pm 0,56^b$	$-0,82 \pm 0,53^b$	$53,74 \pm 10,20$	$1,06 \pm 0,66$
DI Yogyakarta	$10,73 \pm 0,41^b$	$-0,21 \pm 0,17^{ab}$	$-0,45 \pm 0,44^{ab}$	$63,07 \pm 7,09$	$0,50 \pm 0,40$
DKI Jakarta	$10,31 \pm 2,63^b$	$-0,18 \pm 0,49^{ab}$	$0,08 \pm 0,71^{ab}$	$185,97 \pm 152,14$	$0,69 \pm 0,36$

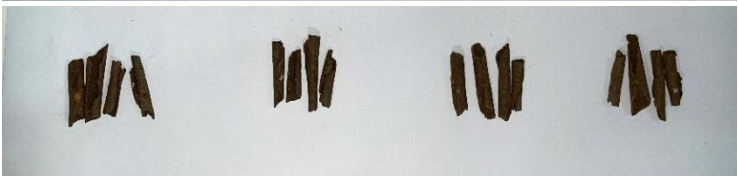
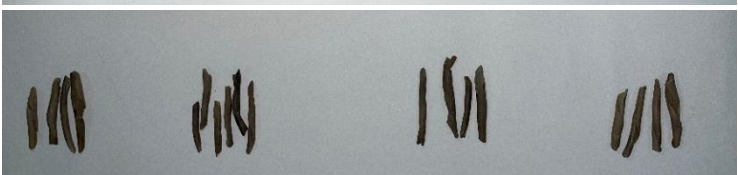
Sumber: Data Primer Penelitian, 2025.

Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan $\pm$ standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

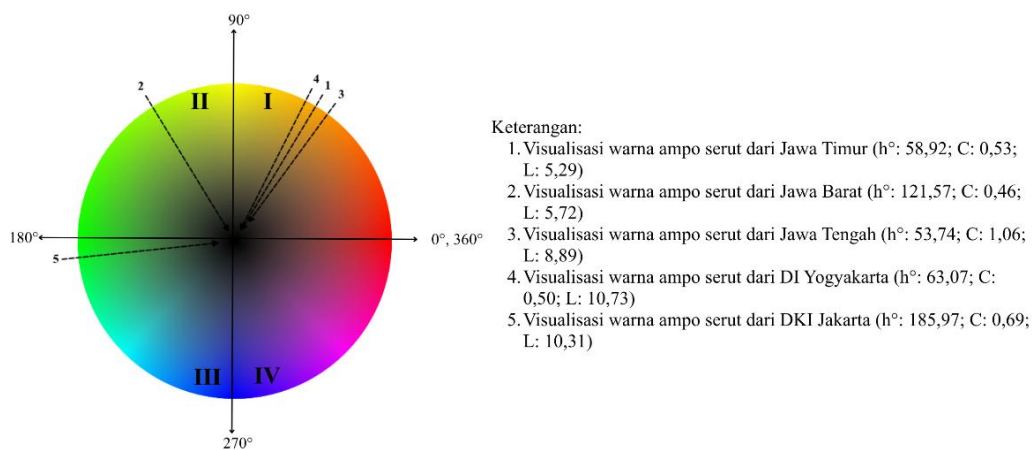
Nilai parameter warna yang diperoleh dari *lightness* atau *luminance*, $^{\circ}hue$, dan *chroma* dapat digunakan untuk menggambarkan posisi warna sampel secara visual pada ruang warna atau *color space*. Visualisasi menunjukkan kecenderungan warna yang terbentuk dengan kombinasi dari beberapa aspek. Visualisasi warna pada sampel ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah Pulau Jawa disajikan pada Ilustrasi 6.

Visualisasi produk pangan dapat pula diamati secara langsung. Ampo yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik visual tertentu yang dapat diamati secara langsung. Penampakan fisik ampo penting untuk mengetahui gambaran awal mengenai warna ampo sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Tampilan visual ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah di Pulau Jawa disajikan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Foto Ampo Serut

Perlakuan	Foto Ampo			
Jawa Timur				
Jawa Barat				
Jawa Tengah				
DI Yogyakarta				
DKI Jakarta				

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2025.



Ilustrasi 6. Visualisasi posisi warna ampo serut dalam ruang warna *°hue, chroma*, dan *luminance*

Berdasarkan Tabel 10, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada nilai *Lightness* ampo serut dari Jawa Timur dan Jawa Barat dengan perlakuan Jawa Tengah, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta. Nilai *Lightness* Jawa Timur yaitu 5,29 dan Jawa Barat yaitu 5,72, yang menunjukkan bahwa warna ampo serut dari dua daerah tersebut lebih gelap dengan warna coklat tua yang sangat pekat. Sementara itu, sampel dari Jawa Tengah, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta menunjukkan nilai kecerahan yang secara signifikan lebih tinggi dengan rentang 8,89-10,73. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ampo serut dari daerah Jawa Barat, DI Yogyakarta, dan DKI Jakarta memiliki warna yang lebih terang. Berdasarkan Tabel 11, dapat dilihat bahwa ampo dari Jawa Tengah dan DKI Jakarta terdapat ampo yang berwarna abu-abu, sementara ampo dari DI Yogyakarta berwarna coklat lebih terang dibandingkan ampo dari wilayah lainnya. Adanya perbedaan dari warna dapat disebabkan oleh variasi jenis mineralogi lempung, teknik pengasapan, atau penggunaan sumber panas yang berbeda.

Warna ampo serut yang menunjukkan warna coklat keabu-abuan mengindikasikan didapatkan dari tanah dengan kondisi drainase yang buruk. Hal

ini karena kondisi drainase yang buruk diakibatkan kandungan besi dan mangan pada tanah berada dalam bentuk tereduksi akibat kekurangan udara yang mengakibatkan tanah tampak memutih atau tercuci karena partikel besi dan mangan hilang akibat curah hujan tinggi serta proses drainase vertikal dan lateral (Mursyid *et al.*, 2023). Sementara itu, warna coklat kehitaman dapat disebabkan karena proses pemanggangan yang menyebabkan warna permukaan ampo serut menjadi lebih hitam. Apabila pemanggangan menggunakan api yang menyala akan menyebabkan ampo gosong dan menjadi hitam (Viunita dan Husain, 2023).

Parameter nilai a^* , b^* , dan $^{\circ}hue$ memberikan gambaran tentang saturasi warna yang lebih spesifik. Hasil pada Tabel 10 menunjukkan ampo serut dari Jawa Timur dan Jawa Barat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dan menunjukkan sampel mendominasi warna merah. Ampo serut yang didapatkan dari Jawa Tengah berbeda nyata dengan ampo serut yang didapatkan dari Jawa Timur dan Jawa Barat, serta menunjukkan kecenderungan warna ke arah kehijauan yang lebih dominan. Sementara itu, sampel dari DI Yogyakarta dan DKI Jakarta tidak berbeda nyata baik dengan kelompok yang cenderung kemerahan maupun kehijauan, namun nilai a^* negatif yang menunjukkan warna kehijauan. Parameter nilai b^* , menunjukkan ampo serut dari Jawa Timur dan Jawa Barat menunjukkan kecenderungan warna kekuningan yang lemah dan tidak berbeda nyata. Ampo serut dari Jawa Tengah menunjukkan nilai b^* dengan dominasi warna kebiruan lemah dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Adapun sampel dari DI Yogyakarta dan DKI Jakarta termasuk dalam kelompok antara, yang mengindikasikan warna antara kebiruan dan kekuningan serta tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kelompok lainnya. Sementara itu, nilai $^{\circ}hue$ ampo serut dari berbagai daerah

menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata dengan rentang nilai °*hue* yaitu 53,74-185,97.

Hasil dari nilai derajat *hue* dapat mengindikasikan dominan warna pada ampo. Ampo yang didapatkan dari Jawa Timur, Jawa Tengah, dan DI Yogyakarta menunjukkan derajat *hue* dengan rentang 53,74-63,07 yang termasuk dalam rentang warna merah-kuning. Ampo yang didapatkan dari Jawa Barat menunjukkan derajat *hue* 121,57 yang termasuk dalam rentang warna kuning. Ampo yang didapatkan dari DKI Jakarta menunjukkan derajat *hue* 185,97 yang termasuk dalam rentang warna hijau. Ampo serut dengan variasi warna yang menunjukkan adanya warna kuning hingga merah yang mengindikasikan adanya oksida besi. Tanah berwarna merah disebabkan oleh pelapisan tipis oksida besi pada partikel tanah, seperti hematit atau oksida besi hidrous berwarna merah, sedangkan tanah yang banyak mengandung oksida besi dalam bentuk hidrat, seperti limonit, cenderung memperlihatkan warna kuning, serta apabila tanah berwarna hijau diakibatkan kondisi tanah mengalami genangan air dalam waktu yang lama dan menyebabkan terbentuknya senyawa besi yang memberikan warna biru hingga hijau pada tanah (Mursyid *et al.*, 2023). Keberadaan oksida besi tersebut juga berkaitan dengan kandungan mineral besi dalam tanah yang berpotensi berkontribusi terhadap asupan besi pada praktik geofagia. Namun demikian, bentuk besi yang terdapat dalam tanah umumnya merupakan besi anorganik dalam bentuk oksida yang memiliki tingkat ketersediaan hayati lebih rendah dibandingkan besi heme yang terdapat pada bahan pangan hewani (Uchenna *et al.*, 2016). Akan tetapi, nilai derajat *hue* yang dikombinasikan dengan *lightness* atau *luminance* dan *chroma* akan menghasilkan warna asli dari ampo.

Berdasarkan Ilustrasi 6 menunjukkan bahwa semua ampo serut berwarna hitam gelap. Hal ini dimungkinkan karena warna ampo yang tidak merata. Selain itu, hal ini berhubungan pula dengan nilai *chroma*. Berdasarkan Tabel 10, dapat diketahui bahwa warna *chroma* tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan rentang nilai *chroma* 0,46-1,06. Nilai *chroma* tersebut menunjukkan nilai yang mendekati nol. Nilai *chroma* nol menunjukkan bahwa warna tanah tersebut bersifat netral dan tidak memiliki *hue* (Mursyid *et al.*, 2023). Sementara itu, pada pengamatan langsung terlihat bahwa ampo serut menunjukkan variasi warna cokelat kehitaman dan cokelat keabu-abuan.

Berdasarkan ketiga aspek meliputi *luminance*, *hue*, dan *chroma* menunjukkan warna hitam dan keabu-abuan yang disajikan pada Ilustrasi 6. Perbedaan warna tanah tersebut dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan mineral oksida besi yang dipengaruhi oleh lapisan tanah. Lapisan tanah pada horizon A cenderung berwarna lebih gelap karena memiliki kandungan bahan organik lebih tinggi dibandingkan horizon bawahnya, sedangkan warna coklat menunjukkan kandungan goethit yang tinggi dan warna merah menandakan kandungan hematit yang lebih tinggi (Siwi *et al.*, 2023). Sementara itu, adapun warna gelap juga dipengaruhi oleh jenis tanah. Karakteristik warna berdasarkan jenis tanah meliputi tanah merah memiliki ciri bewarna merah karena kandungan oksida besi, tanah humus memiliki warna gelap dengan karakteristik subur dibandingkan tanah lain, serta tanah kapur memiliki warna dominasi putih yang mengandung kation basa (Ningrum *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diduga bahwa ampo serut dari Jawa Barat, Jawa Timur, dan DI Yogyakarta yang menunjukkan warna cokelat kehitaman berasal dari lapisan horizon A dan berasosiasi dengan karakteristik tanah humus, sedangkan Jawa

Tengah dan DKI Jakarta yang menunjukkan warna keabu-abuan diduga berasal dari tanah pada lapisan horizon B atau C dan berasosiasi dengan karakteristik tanah kapur yang umumnya memiliki warna lebih terang akibat dominasi kation basa.

4.3 *Water Retention Capacity (WRC)*

Water Retention Capacity (WRC) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kemampuan ampo dalam memproses dan menahan air yang dapat berpotensi berpengaruh saat ampo dikonsumsi. Hasil analisis WRC pada ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Hasil Analisis *Water Retention Capacity (WRC)*

Perlakuan	Nilai <i>Water Retention Capacity (%)</i>
Jawa Timur	18,12 ± 14,77 ^{abc}
Jawa Barat	11,90 ± 3,16 ^{ab}
Jawa Tengah	28,64 ± 14,33 ^b
DI Yogyakarta	7,43 ± 3,00 ^a
DKI Jakarta	23,80 ± 3,36 ^{bc}

Sumber: Data Primer Penelitian, 2025.

Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan ± standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 12, dapat diketahui bahwa ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah menunjukkan variasi perbedaan yang nyata. Nilai WRC (%) ampo serut berada pada rentang 7,43 – 23,80 % dengan nilai tertinggi pada ampo serut dari Jawa Tengah, sementara itu nilai WRC (%) terendah pada ampo serut dari DI Yogyakarta. Akan tetapi, nilai tersebut menunjukkan nilai WRC yang rendah. WRC yang rendah dapat disebabkan karena proses pengasapan dan proses pemadatan ampo. Hal ini sejalan dengan pendapat (Valdez-Cárdenas *et al.*, 2025) yang menyatakan bahwa pengeringan dapat menurunkan WRC dengan komponen bahan menggumpal atau menjadi lebih rapat sehingga ruang dan gugus pengikat air

berkurang. Hal ini pula diketahui pula bahwa pengasapan dalam pembuatan ampo melibatkan suhu tinggi. Rentang suhu pengasapan tradisional umumnya adalah 100-120°C (Karo *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pengaruh pengasapan dapat menyebabkan penurunan kemampuan bahan dalam mengikat air

Beberapa penelitian yang menganalisis produk geofagia sering dikaitkan dengan mekanisme saluran pencernaan saat diare. Produk geofagia dengan nilai WRC pada rentang 53,69-72,45 % dengan nilai yang lebih besar menunjukkan bahwa tingkat potensi menyerap air dari saluran pencernaan lebih besar, sehingga penyerapan air pada saluran pencernaan lebih tinggi saat terinfeksi oleh patogen penyebab diare (Duplex *et al.*, 2018). Nilai WRC tersebut berkaitan erat dengan ukuran partikel tanah sehingga apabila partikel berukuran liat yang lebih halus meningkatkan luas permukaan dan jumlah mikropori yang mengakibatkan kemampuan tanah dalam menahan air menjadi lebih besar. Tanah yang digunakan untuk produk geofagia umumnya mengandung partikel tanah liat yang tinggi dan memiliki luas permukaan pertukaran kation yang besar, sehingga kemampuan adsorpsinya juga tinggi yang berperan dalam menurunkan penyebab diare serta gangguan pada saluran pencernaan (Kambunga *et al.*, 2019).

4.4 Kandungan Mineral Besi (Fe)

Analisis kandungan mineral besi untuk mengetahui kadar zat besi dan mengetahui pengaruh kondisi geologis produksi ampo serut dari berbagai daerah dengan kandungan besi ampo serut. Hasil analisis kandungan Besi (Fe) pada sampel ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13. Kandungan Mineral Besi (Fe)

Perlakuan	Kadar Mineral Besi (mg/kg)
Jawa Timur	342,48 ± 1,98 ^a
Jawa Barat	338,51 ± 3,85 ^a
Jawa Tengah	332,09 ± 12,37 ^a
DI Yogyakarta	343,13 ± 4,18 ^a
DKI Jakarta	335,45 ± 5,18 ^a

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

Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan ± standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 13, dapat diketahui bahwa semua sampel tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan rentang kadar besi 332,09-335,45 mg/kg. Nilai tersebut menunjukkan kandungan besi yang tinggi. Salah satu faktor utama adanya kandungan zat besi pada tanah terutama di wilayah Pulau Jawa, Indonesia adalah jenis tanah. Tanah laterit yang terbentuk di daerah tropis atau subtropis memiliki kandungan besi yang tinggi yang biasanya berwarna merah yang khas (Rusdiansyah, 2024). Selain jenis tanah, dipengaruhi pula oleh kandungan mineral tanah. Warna tanah yang semakin coklat umumnya menunjukkan kandungan goethit yang lebih tinggi, sedangkan warna tanah yang semakin merah menandakan kandungan hematit atau oksida besi yang lebih tinggi (Siwi *et al.*, 2023).

Adapun pengaruh dari penambahan pupuk pertanian yang sering digunakan umumnya memiliki kandungan zat besi pada tanah. Hal ini sejalan dengan pendapat Shihab *et al.* (2025) bahwa penambahan pupuk kimia seperti Phonska dan ZA dapat menyumbang ketersediaan zat besi pada tanah, namun diketahui bahwa pemberian pupuk kimia dalam dosis tertentu cenderung menurunkan ketersediaan besi dalam tanah karena besi diserap oleh tanaman, sehingga faktor yang dapat berpengaruh seperti pH tanah. Tanah dengan pH asam akan meningkatkan kelarutan zat besi yang umumnya didapatkan dari tanaman dan besi tidak dapat diserap kembali oleh

tanaman (Aulian Barry, 2023). Akan tetapi, pada hasil analisis pH ampo serut menunjukkan pH yang didominasi basa. Oleh karena itu, tingginya kandungan besi pada ampo serut diduga lebih dipengaruhi oleh jenis tanah dan keberadaan mineral oksida besi dibandingkan kondisi pH tanah.

Produk geofagia terutama ampo serut biasanya dikonsumsi oleh ibu hamil sebagai pereda mual yang dimana berhubungan dengan anemia atau kondisi kekurangan zat besi. Hal tersebut terjadi karena ibu hamil saat usia kandungan trimester 1 akan mengalami anemia karena volume plasma yang meningkat yang menyebabkan hemodilusi dan kadar hemoglobin yang menurun, serta rasa mual akan meningkat dan nafsu makan menurun sehingga asupan nutrisi dan zat besi juga akan menurun (Karwati dan Yanti, 2019). Kekurangan asupan nutrisi pada ibu hamil mengakibatkan kekurangan energi kronis (KEK), sehingga nafsu makan menurun dan menyebabkan reaksi mual dan muntah saat hamil (Naipon *et al.*, 2024). Oleh karena itu, WHO merekomendasikan ibu hamil setiap hari dapat mengonsumsi 120 mg zat besi disertai 2800 µg asam folat (WHO, 2025). Kandungan mineral besi pada ampo di berbagai daerah menunjukkan lebih dari 120 mg/kg, sehingga ampo dapat dikonsumsi untuk memenuhi jumlah zat besi pada ibu hamil. Akan tetapi, perlu penambahan konsumsi asam folat untuk memenuhi kebutuhan gizi selama hamil, serta perlu memerhatikan dampak lain dari konsumsi ampo. Sementara itu, produk geofagia yang dikonsumsi ibu hamil untuk memenuhi zat besi juga ditemukan di negara lain.

4.5 Kandungan Mineral Kalsium (Ca)

Analisis kandungan mineral kalsium pada ampo digunakan untuk mengetahui kadar kalsium dan mengetahui pengaruh kondisi geologis produksi ampo serut dari berbagai daerah terhadap kandungan kalsium pada ampo serut. Hasil analisis kandungan kalsium (Ca) pada 20 sampel ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Kandungan Mineral Kalsium (Ca)

Perlakuan	Kadar Mineral Kalsium (mg/kg)
Jawa Timur	1201,92 ± 398,42 ^{ab}
Jawa Barat	370,13 ± 385,34 ^c
Jawa Tengah	1693,50 ± 363,15 ^a
DI Yogyakarta	503,22 ± 286,48 ^c
DKI Jakarta	831,60 ± 327,73 ^{bc}

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

Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan ± standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 14, dapat diketahui bahwa kandungan mineral kalsium (Ca) ampo serut yang didapatkan dari berbagai wilayah menunjukkan variasi perbedaan yang nyata dengan rentang kandungan kalsium yaitu 370,13-1693,50 mg/kg. Tingginya kandungan kalsium diduga berasal dari keberadaan kalsium karbonat pada tanah kapur yang digunakan sebagai bahan baku atau akibat penambahan dolomit yang mengandung kalsium karbonat (Ningrum *et al.*, 2024). Hal ini sejalan pula dengan Mautuka *et al.* (2022) bahwa tanah dengan pH basa menandakan tanah memiliki kandungan mineral dengan kation basa seperti kalsium dan kalium yang memadai karena adanya kation basa disebabkan pertukaran ion hidrogen pada permukaan koloid tanah yang mengandung gugus COOH dan OH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ampo serut dengan pH basa cenderung memiliki kandungan kalsium yang lebih tinggi. Namun, ampo dari Jawa Barat memiliki kandungan

kalsium terendah meskipun pH-nya basa 7,09, sedangkan ampo dari DI Yogyakarta memiliki kandungan kalsium relatif tinggi 503,22 mg/kg meskipun pH-nya asam 6,75. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh kandungan mineral dengan kation basa lebih tinggi dibandingkan kalsium sehingga memiliki nilai pH yang asam. Selain itu, dapat pula diketahui bahwa hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai pH bukan faktor utama yang memengaruhi kandungan kalsium pada ampo serut.

Perbedaan kandungan kalsium antarwilayah juga dipengaruhi oleh karakteristik bahan induk tanah dan komposisi mineral penyusunnya. Berdasarkan Tabel 14, diketahui pula bahwa ampo serut dengan kandungan kalsium tertinggi didapatkan dari Jawa Tengah yang memiliki kandungan kalsium yaitu 1693,50 mg/kg, diikuti Jawa Timur sebesar 1201,92 mg/kg. Tingginya kandungan kalsium pada kedua wilayah tersebut diduga berkaitan dengan keberadaan kawasan karst dan batuan kapur yang cukup luas, seperti Pegunungan Kendeng serta Karst Gunung Sewu yang membentang di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Batuan kapur tersusun karena adanya faktor utama yang disebabkan oleh mineral kalsit (CaCO_3) yang dapat meningkatkan kandungan kalsium pada tanah hasil pelapukannya (Zulkarnain *et al.*, 2025). Sementara itu, adapun pengaruh dari wilayah yang didominasi oleh tanah vulkanik umumnya lebih kaya mineral silikat yang memiliki kandungan kalsium lebih rendah dibandingkan tanah yang berkembang dari batuan kapur (Sukarman *et al.*, 2020). Hal ini dapat diduga pula wilayah dengan kandungan kalsium pada ampo serut yang rendah didapatkan dari tanah wilayah dengan pada area vulkanik.

Produk geofagia banyak mengandung mineral esensial seperti kalsium sering dikaitkan dengan kebutuhan mineral pada tubuh. Produk geofagia di Tanzania diketahui mengandung kalsium sejumlah 44,5 -1073,5 mg/kg dengan rekomendasi

konsumsi 50 g menunjukkan sedikit dampak pada total kebutuhan kalsium per hari untuk pertumbuhan badan dan metabolisme (Rukondo *et al.*, 2024). Oleh karena itu, perlu untuk mengetahui rekomendasi asupan ampo berdasarkan kandungan kalsium agar kebutuhan kalsium pada tubuh dapat terpenuhi. Adapun penelitian yang mengkaji hubungan kalsium pada produk geofagia dengan hipertensi pada ibu hamil. Bahwasanya produk geofagia tidak memberikan pengaruh pada hipertensi kehamilan, namun justru ibu hamil yang mengonsumsi produk geofagia menyebabkan kadar hemoglobin, kalsium, dan ferritin menurun serta menyebabkan kondisi kesehatan yang menurun (Sackey *et al.*, 2018).

4.6 Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal merupakan logam berat yang memiliki efek toksik pada tubuh, sehingga pengujian kandungan logam berat untuk mengetahui kadar logam berat pada ampo dan mengetahui dampak yang ditimbulkan. Hasil analisis kandungan timbal (Pb) pada 20 sampel ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 15 dan Ilustrasi 7 berikut.

Tabel 15. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)

Perlakuan	Kadar Logam Berat Timbal (mg/kg)
Jawa Timur	13,55 ± 4,76 ^a
Jawa Barat	8,00 ± 3,77 ^a
Jawa Tengah	9,95 ± 5,26 ^a
DI Yogyakarta	8,88 ± 1,33 ^a
DKI Jakarta	10,57 ± 4,31 ^a

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

Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan ± standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 15, dapat diketahui bahwa kandungan logam berat ampo serut dari berbagai daerah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Rentang

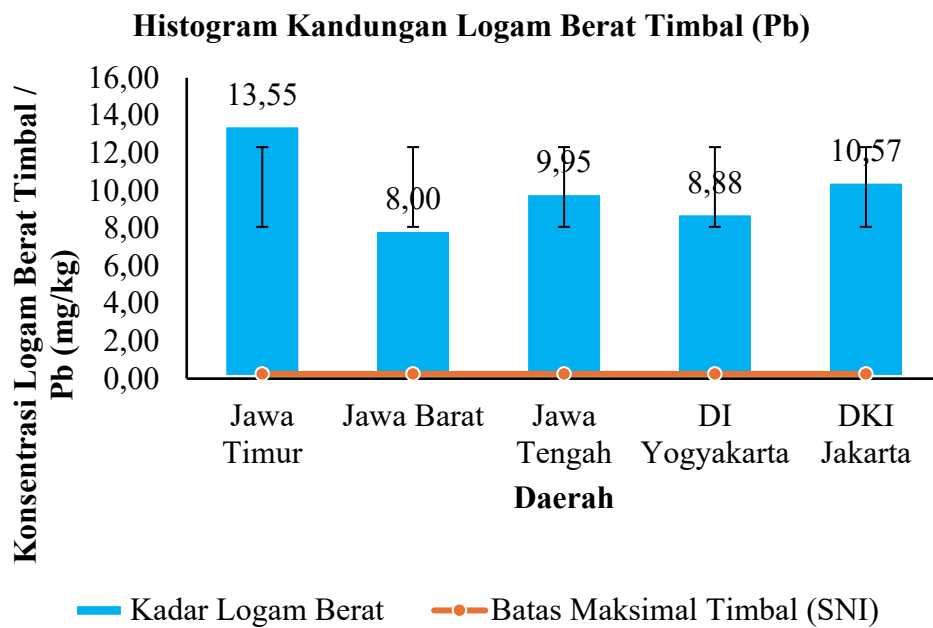
kandungan logam berat yaitu 8,00-13,55 mg/kg. Adanya timbal pada ampo serut disebabkan dari tanah yang digunakan sebagai bahan baku. Kandungan timbal secara alami pada tanah berasal dari pelepasan timbal yang terkandung dalam batuan induk melalui proses pelapukan dan aktivitas vulkanik yang menyebabkan logam tersebut termobilisasi ke tanah (Oladimeji *et al.*, 2025). Akan tetapi, diketahui bahwa beberapa wilayah tidak berada di wilayah dengan area pegunungan sehingga dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya. Faktor yang dapat memengaruhi kandungan timbal selain proses alami karena pencemaran limbah rumah tangga, limbah industri, serta limbah pertanian (Fitrianah *et al.*, 2019). Adanya limbah pertanian menjadi faktor utama yang diduga adanya kandungan timbal pada tanah sebagai bahan baku ampo serut.

Kandungan timbal pada tanah persawahan dapat disebabkan karena adanya penambahan pupuk pertanian fosfat yang mengandung timbal (Generalova *et al.*, 2025). Hal ini diketahui bahwa pengambilan tanah sebagai bahan baku ampo serut didapatkan dari wilayah persawahan (Viunita dan Husain, 2023). Oleh karena itu, penggunaan pupuk secara terus-menerus dan dalam jangka panjang berpotensi berkontribusi terhadap akumulasi timbal pada tanah yang digunakan sebagai bahan baku ampo.

Selain limbah pertanian, limbah rumah tangga juga dapat menjadi sumber akumulasi timbal di lingkungan. Berbagai produk domestik, seperti baterai bekas, cat, limbah elektronik, dan air limbah rumah tangga, diketahui dapat melepaskan timbal ke lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Tambunan *et al.*, 2025). Kondisi ini berpotensi semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah permukiman penduduk. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa Jawa Barat

dan DKI Jakarta termasuk wilayah dengan tingkat kawasan permukiman kumuh yang relatif tinggi dibandingkan beberapa provinsi lainnya (BPS, 2019). Akumulasi limbah pada kawasan tersebut berpotensi meningkatkan kandungan timbal dalam tanah, sehingga dapat menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kandungan timbal pada ampo serta menimbulkan risiko kesehatan apabila dikonsumsi secara terus-menerus

Adapun kajian mengenai pengaruh kandungan timbal pada produk geofagia dengan potensi kesehatan tubuh. Kadar timbal pada produk geofagia di Tanzania yaitu pemba 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). Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa ampo memiliki kadar yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemba dan kichuguu, sehingga ampo dapat berpotensi pula pada kerusakan otak dan ginjal. Adanya kandungan timbal yang tinggi juga memengaruhi penyerapan zat besi walaupun kadar zat besi tinggi. Hal ini dikarenakan timbal menghambat biosintesis heme oleh aktivitas enzim *delta-aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD), sehingga mengurangi pembentukan hemoglobin dan memperpendek umur sel darah merah melalui hemolisis yang pada akhirnya menyebabkan anemia (Akram *et al.*, 2019). Oleh karena itu, perlu mengetahui cemaran logam berat pada ampo serut untuk mengetahui batas aman konsumsi ampo serut berdasarkan kandungan timbal. Perbandingan hasil kadar timbal pada ampo dengan batas cemaran logam berat timbal pada pangan standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) sesuai dengan nomor SNI 7387:2009 disajikan pada Ilustrasi 7 berikut.



Ilustrasi 7. Histogram Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)

Berdasarkan Ilustrasi 7, dapat diketahui bahwa semua sampel mengandung logam berat timbal melebihi batas ambang yang ditetapkan SNI nomor 7387:2009 mengenai batas cemaran logam berat pada pangan. Cemaran logam berat timbal yang ditetapkan oleh SNI yaitu kurang dari 0,25 mg/kg. Timbal pada tubuh dapat menyebabkan berbagai penyakit kardiovaskular dan kanker pada tubuh yang disebabkan oleh keracunan timbal dikarenakan adanya pembentukan radikal bebas yang menghasilkan stres oksidatif ketika ketidakseimbangan sistem pertahanan antioksidan sehingga menimbulkan kerusakan sel (Collin *et al.*, 2022). Sebagian besar timbal (Pb) yang masuk ke dalam tubuh akan dikeluarkan melalui feses dan sebagian besar lainnya akan terserap pada sel darah merah, jaringan lunak, dan disimpan pada tulang dan gigi. Sel darah merah yang terpapar timbal akan dikeluarkan pada ekskresi urin setelah melalui siklus peredaran darah selama ± 120 hari, namun anak-anak yang terpapar timbal dapat lebih panjang karena anak-anak masih melalui remodeling tulang yang menyebabkan timbal pada tulang tersalur

pada darah (Słota *et al.*, 2022). Oleh karena itu, agar toksisitas timbal tidak tinggi diperlukan untuk menentukan batas konsumsi harian ampo berdasarkan kandungan timbal dengan PMTDI (*Permitted Maximum Tolerable Daily Intake*) dan MTI (*Maximum Tolerable Intake*). Batas konsumsi harian yang ditentukan disajikan pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16. Batas Konsumsi Ampo Serut Pada Timbal

Perlakuan	PMTDI timbal (mg/kg bb/hari)	PMTDI usia anak-anak (mg/hari)	PMTDI usia dewasa (mg/hari)	MTI pada usia anak-anak (g/hari)	MTI pada usia dewasa (g/hari)
Jawa Timur	0,004	0,072	0,24	5,31	17,71
Jawa Barat	0,004	0,072	0,24	9,00	29,99
Jawa Tengah	0,004	0,072	0,24	7,23	24,11
DI Yogyakarta	0,004	0,072	0,24	8,11	27,02
DKI Jakarta	0,004	0,072	0,24	6,81	22,71

WHO memberikan batas maksimum terkait PMTDI atau asupan harian konsumsi timbal adalah 4 $\mu\text{g/kg}$ 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). Tabel 16 menunjukkan batas konsumsi ampo harian berdasarkan kandungan timbal. Hasil menunjukkan bahwa batas konsumsi ampo pada usia anak-anak dengan rata-rata berat badan 18 kg yaitu dalam rentang 5,31- 9 g/hari, sedangkan batas konsumsi ampo pada usia dewasa dengan rata-rata berat badan 60 kg yaitu dalam rentang 17,71- 29,99 g/hari.

Akan tetapi, logam berat timbal memiliki potensi untuk menimbulkan efek kumulatif pada tubuh jika dikonsumsi secara terus menerus. Salah satu yang dapat dilakukan untuk mengetahui efek risiko non karsinogenik dengan analisis *Total Hazard Quotient* (THQ). Berikut tabel mengenai THQ pada ampo serut dengan 3 dosis ampo meliputi dosis 1 yaitu 10 g, dosis 2 yaitu 50 g, dan dosis 3 yaitu 70 g.

Berikut nilai dari THQ pada kandungan timbal dari ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah.

Tabel 17. Nilai *Total Hazard Quotient* (THQ) pada Timbal

Perlakuan	THQ anak-anak			THQ dewasa		
	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
Jawa Timur	1,88246	9,41230	13,17722	0,56474	2,82369	3,95317
Jawa Barat	1,11141	5,55706	7,77989	0,33342	1,66712	2,33397
Jawa Tengah	1,38237	6,91183	9,67656	0,41471	2,07355	2,90297
DI Yogyakarta	1,23351	6,16754	8,63456	0,37005	1,85026	2,59037
DKI Jakarta	1,46767	7,33833	10,27366	0,44030	2,20150	3,08210

Analisis *Total Hazard Quotient* (THQ) yang didasarkan logam berat timbal dapat digunakan untuk mengetahui risiko non karsinogenik. Apabila nilai THQ kurang dari 1 mengindikasikan bahwa paparan terhadap logam berat tidak menimbulkan risiko non-karsinogenik (Satriawan *et al.*, 2021). Hasil analisis pada Tabel 17 menunjukkan bahwa nilai THQ pada timbal dengan usia anak-anak dengan konsumsi 10-70 g melebihi 1, sedangkan pada usia dewasa dengan konsumsi 10 g berada di bawah 1 dan pada dosis 50 dan 70 g melebihi 1. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa usia anak-anak yang mengonsumsi ampo 10-70 g dan usia dewasa yang mengonsumsi ampo dengan dosis 50-70 g dapat berpotensi terkena risiko non karsinogenik. Akibat non karsinogenik yang ditimbulkan dari paparan timbal meliputi pencernaan yang terganggu seperti diare, mual, muntah; peredaran darah yang terganggu seperti hipertensi, gagal ginjal; serta adanya gangguan pada syaraf dan otak (Khairunnisa dan Indirawati, 2021).

Beberapa penelitian mengenai produk geofagia yang mengkaji efek karsinogenik memberikan berbagai hasil. Tanah liat putih yang dikonsumsi sebanyak 70 g dari Kota Kumasi yang terletak di Negara Ghana menunjukkan hasil nilai THQ pada timbal kurang dari 1 sehingga tidak akan menimbulkan risiko bagi

orang yang mengonsumsi (Nkansah *et al.*, 2016). Sementara itu, produk geofagia yang berasal pula dari Ghana yaitu pica yang sering dikonsumsi oleh ibu hamil menunjukkan nilai THQ lebih dari 1 yang menandakan bahwa pica dapat menimbulkan efek non-karsinogenik yang berpotensi membahayakan tubuh seperti gangguan ginjal, hati, dan jantung (Kortei *et al.*, 2020).

Selain analisis THQ pada logam berat timbal, evaluasi risiko dapat pula dilakukan dengan analisis *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk mengetahui efek karsinogenik pada kandungan timbal dari ampo serut. Berikut nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) dari 3 dosis konsumsi ampo meliputi dosis 1 yaitu 10 g, dosis 2 yaitu 50 g, dan dosis 3 yaitu 70 g.

Tabel 18. Nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) pada Timbal

Perlakuan	ECR anak-anak			ECR dewasa		
	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
Jawa Timur	$5,33 \times 10^{-6}$	$2,67 \times 10^{-5}$	$2,67 \times 10^{-5}$	$8,00 \times 10^{-6}$	$4,00 \times 10^{-2}$	$5,60 \times 10^{-2}$
Jawa Barat	$3,15 \times 10^{-6}$	$1,57 \times 10^{-5}$	$1,57 \times 10^{-5}$	$4,72 \times 10^{-6}$	$2,36 \times 10^{-2}$	$3,31 \times 10^{-2}$
Jawa Tengah	$3,92 \times 10^{-6}$	$1,96 \times 10^{-5}$	$1,96 \times 10^{-5}$	$5,88 \times 10^{-6}$	$2,94 \times 10^{-2}$	$4,11 \times 10^{-2}$
DI Yogyakarta	$3,49 \times 10^{-6}$	$1,75 \times 10^{-5}$	$1,75 \times 10^{-5}$	$5,24 \times 10^{-6}$	$2,62 \times 10^{-2}$	$3,67 \times 10^{-2}$
DKI Jakarta	$4,16 \times 10^{-6}$	$2,08 \times 10^{-5}$	$2,08 \times 10^{-5}$	$6,24 \times 10^{-6}$	$3,12 \times 10^{-2}$	$4,37 \times 10^{-2}$

Analisis *Excess Cancer Risk* (ECR) pada kadar timbal digunakan untuk mengetahui analisis risiko karsinogenik. Analisis ECR jika diketahui menunjukkan hasil kurang dari 10^{-4} maka tidak menimbulkan risiko efek karsinogenik dan sebaliknya (Ekosse *et al.*, 2021). Tabel 18 menunjukkan bahwa ampo dengan dosis konsumsi 10-70 g pada usia anak-anak dan dosis konsumsi 10 g pada usia dewasa menunjukkan nilai ECR kurang dari 10^{-4} , sedangkan ampo dengan dosis konsumsi 50-70 g pada usia dewasa melebihi nilai 10^{-4} . Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa ampo yang dikonsumsi usia dewasa dengan dosis 50-70 g dapat menimbulkan potensi risiko karsinogenik akibat timbal. Efek karsinogenik akibat

timbal dapat memicu kanker melalui berbagai mekanisme seperti merusak DNA dan kromosom, menghambat proses perbaikan DNA, menghasilkan radikal bebas yang merusak struktur sel, serta mengganggu fungsi protein pada tubuh (Lubiński *et al.*, 2025).

4.7 Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu logam berat yang dapat menimbulkan toksisitas pada tubuh dan sering ditemukan di produk geofagia, sehingga perlu untuk mengetahui kadar kadmium pada ampo. Tabel berikut menunjukkan hasil analisis kandungan Kadmium (Cd) pada 20 sampel ampo yang didapatkan dari berbagai daerah disajikan pada Tabel 18 dan Ilustrasi 8.

Tabel 19. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd)

Perlakuan	Kadar Logam Berat Kadmium (mg/kg)
Jawa Timur	$0,58 \pm 0,14^a$
Jawa Barat	$0,17 \pm 0,11^b$
Jawa Tengah	$0,26 \pm 0,14^b$
DI Yogyakarta	$0,46 \pm 0,09^a$
DKI Jakarta	$0,12 \pm 0,12^b$

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

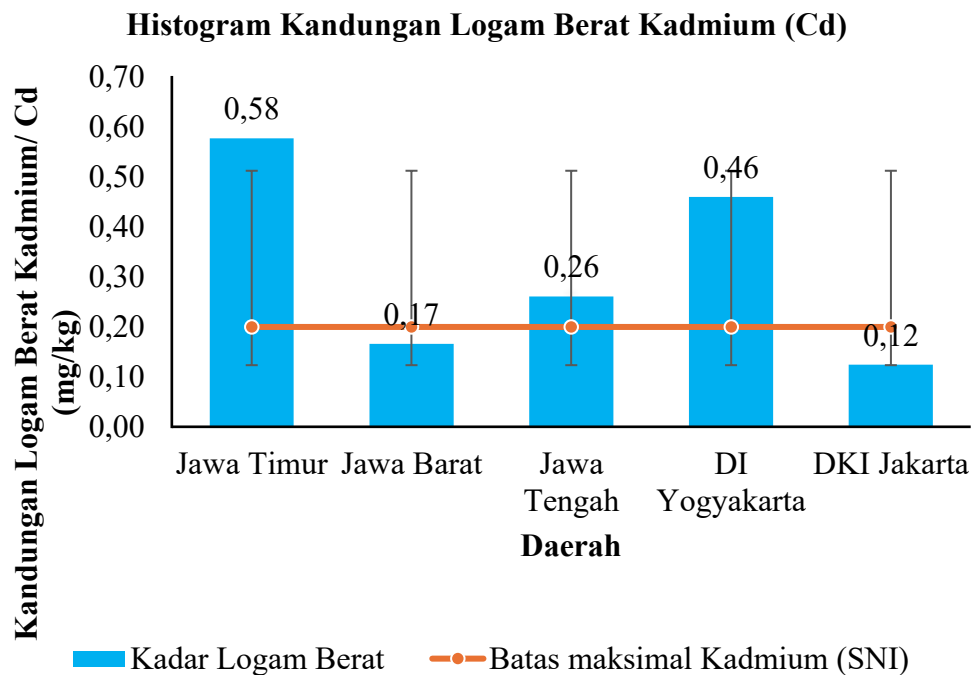
Keterangan: Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 4 ulangan $\pm$ standar deviasi. Parameter dengan superskrip huruf kecil berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 19, dapat diketahui bahwa rentang kandungan logam berat kadmium ampo serut dari berbagai daerah menunjukkan variasi perbedaan yang nyata. Ampo serut dari Jawa Timur dan DI Yogyakarta tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun menunjukkan perbedaan yang nyata dengan ampo serut dari Jawa Barat, Jawa Tengah, dan DKI Jakarta. Sementara itu, ampo serut dari Jawa Barat, Jawa Tengah, dan DKI Jakarta menunjukkan perbedaan yang nyata. Berdasarkan Tabel 18, dapat diketahui pula bahwa kandungan logam berat

kadmium ampo serut berada di rentang 0,12-0,58 mg/kg. Rentang tersebut menunjukkan bahwa ampo dengan kandungan kadmium 0,12 mg/kg yang berasal dari DKI Jakarta tergolong rendah. Adanya perbedaan kadar kadmium tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berasal dari tanah sebagai bahan baku ampo serut. Faktor penyebab keberadaan kadmium dalam tanah pada umumnya sama dengan faktor yang memengaruhi akumulasi timbal, yaitu kondisi geologi alami serta aktivitas antropogenik seperti pertanian, industri, dan pertambangan (Syachroni, 2017). Akan tetapi, kandungan kadmium pada tanah umumnya lebih rendah dari timbal. Hal ini karena kelimpahan alami kadmium di kerak bumi relatif kecil berkisar 0,2 mg/kg, serta kadmium memiliki mobilitas geokimia yang lebih tinggi sehingga lebih mudah tercuci dari tanah, sedangkan timbal cenderung teradsorpsi kuat dan terakumulasi pada fase padatan tanah (Kubier *et al.*, 2019). Walaupun kadar kadmium rendah pada ampo serut, kadmium termasuk dalam jenis logam berat yang berpotensi pada kesehatan terutama jika dikonsumsi.

Adapun kajian mengenai potensi kadar kadmium dengan kesehatan. Kadar kadmium pada wilayah Nigeria Selatan berada pada rentang 0,17-0,23 mg/kg menunjukkan kadar kadmium yang tinggi dan berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi tubuh (Orisakwe *et al.*, 2020). Oleh karena itu, kandungan kadmium pada ampo perlu diperhatikan karena toksisitas kadmium dapat membahayakan tubuh. Hal ini karena kadmium dapat mengendap dan akumulasi pada tubuh, sehingga mengakibatkan kerusakan pada tubuh terutama tulang, ginjal, testis, jantung, hati, otak, dan sistem darah, serta gangguan psikolog (Indirawati, 2017). Adanya dampak buruk tersebut, maka perlu untuk mengetahui batas cemaran kadmium pada makanan untuk mengetahui keamanan ampo. Batas cemaran pada

pangan terutama ampo dapat diketahui melalui peraturan yang ditetapkan oleh beberapa instansi seperti SNI. Berikut perbandingan hasil kadar kadmium pada ampo dengan standar batas kadmium pada pangan sesuai dengan peraturan SNI 7387:2009 disajikan pada Ilustrasi 8 berikut.



Ilustrasi 8. Histogram Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd)

Adapun peraturan SNI 7387:2009 memberikan batas maksimum cemaran logam berat kadmium pada pangan adalah 0,2 mg/kg (SNI, 2009). Berdasarkan Ilustrasi 10, dapat diketahui bahwa ampo serut yang didapatkan dari Jawa Barat dan DKI Jakarta mengandung logam berat kadmium berada di bawah ambang batas ambang yang ditetapkan SNI. Sementara itu, diketahui ampo serut yang didapatkan dari Jawa Timur, Jawa tengah, dan DI Yogyakarta melebihi standar batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI. Oleh karena itu, dapat diketahui ampo serut yang didapatkan dari Jawa Barat dan DKI Jakarta tidak memenuhi standar keamanan ditetapkan SNI. Sementara itu, kadmium berpotensi menimbulkan

gangguan kesehatan diperlukan penetapan batas maksimum asupan harian yang masih dapat ditoleransi berdasarkan PMTDI (*Permitted Maximum Tolerable Daily Intake*) dan MTI (*Maximum Tolerable Intake*) pada ampo. Batas konsumsi harian yang ditentukan disajikan pada Tabel 20 berikut.

Tabel 20. Batas Konsumsi Ampo Serut Pada Kadmium

Perlakuan	PMTDI kadmium (mg/kg bb/hari)	PMTDI usia anak-anak (mg/hari)	PMTDI usia dewasa (mg/hari)	MTI pada usia anak-anak (g/hari)	MTI pada usia dewasa (g/hari)
Jawa Timur	0,00083	0,01494	0,0498	25,85	86,18
Jawa Barat	0,00083	0,01494	0,0498	89,79	299,31
Jawa Tengah	0,00083	0,01494	0,0498	57,20	190,66
DI Yogyakarta	0,00083	0,01494	0,0498	32,43	108,10
DKI Jakarta	0,00083	0,01494	0,0498	120,16	400,52

WHO memberikan batas maksimum terkait PMTDI atau asupan harian konsumsi kadmium adalah 0,83 $\mu\text{g/kg}$ bb/hari atau 0,00083 mg/kg bb/hari (WHO, 2011). 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, batas maksimum konsumsi ampo serut harian berdasarkan kadmium pada usia anak-anak adalah 25,85- 120,16 g/hari dan usia dewasa adalah 86,18– 400,52 g/hari. Tabel 20 menunjukkan bahwa ampo serut dapat dikonsumsi dengan batas maksimum yang berbeda-beda sesuai usia, berat badan, dan kadar kadmium yang terkandung.

Akan tetapi, ampo serut dengan kadar rendah kadmium dapat berdampak buruk pada bayi yang dikandung ibu hamil yang mengonsumsi ampo serut. Hal ini dikarenakan toksisitas kadmium pada kadar rendah dapat berdampak negatif selama masa prenatal akibat gangguan fungsi plasenta dan gangguan penyerapan seng (Zn) sebagai unsur esensial yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan janin

(Kumar dan Sharma, 2019). Oleh karena itu, toksisitas dan efek karsinogenik akibat konsumsi ampo dapat diketahui melalui evaluasi *Total Hazard Quotient* (THQ) untuk mengetahui efek non karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk mengetahui efek karsinogenik. Berikut tabel mengenai THQ dan ECR pada ampo serut dengan 3 dosis ampo meliputi dosis 1 yaitu 10 g, dosis 2 yaitu 50 g, dan dosis 3 yaitu 70 g. Berikut nilai dari *Total Hazard Quotient* (THQ) dan nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) pada ampo serut yang didapatkan dari berbagai daerah.

Tabel 21. Nilai *Total Hazard Quotient* (THQ) pada Kadmium

Perlakuan	THQ anak-anak			THQ dewasa		
	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
Jawa Timur	0,32103	1,60516	2,24723	0,09631	0,48155	0,67417
Jawa Barat	0,09243	0,46217	0,64703	0,02773	0,13865	0,19411
Jawa Tengah	0,14511	0,72555	1,01578	0,04353	0,21767	0,30473
DI Yogyakarta	0,25593	1,27966	1,79152	0,07678	0,38390	0,53746
DKI Jakarta	0,06908	0,34538	0,48354	0,02072	0,10362	0,14506

Nilai *Total Hazard Quotient* (THQ) pada logam berat kadmium digunakan untuk mengetahui risiko non karsinogenik. Hal tersebut dapat diketahui jika nilai THQ melebihi 1 maka mengindikasikan bahwa paparan logam berat menimbulkan risiko non-karsinogenik (Orisakwe *et al.*, 2020). Berdasarkan Tabel 21, dapat diketahui bahwa konsumsi ampo serut pada kelompok usia dewasa dengan dosis 10–70 g menunjukkan nilai THQ kurang dari 1, yang mengindikasikan tidak adanya potensi risiko non-karsinogenik. Namun demikian, pada kelompok usia anak-anak, ampo serut asal Jawa Timur dan DI Yogyakarta yang dikonsumsi pada dosis 50 dan 70 g, serta ampo serut asal Jawa Tengah pada dosis 70 g menunjukkan nilai THQ melebihi 1. Hal ini mengindikasikan adanya potensi risiko non-karsinogenik pada kelompok anak-anak pada kondisi paparan tersebut.

Adapun penelitian yang mengkaji THQ pada produk geofagia yang dikonsumsi 100 mg/hari di Tanzania menunjukkan nilai 0,41 yang berarti kurang dari 1, sehingga tidak dapat menimbulkan potensi risiko non karsinogenik akibat kadmium (Rukondo *et al.*, 2024). Logam berat kadmium bersifat kumulatif yang dapat memberikan bahaya secara non karsinogenik. Kadmium dapat terakumulasi dalam tubuh dengan waktu paruh yang panjang dan menimbulkan efek non karsinogenik berupa kerusakan hati dan ginjal, serta meningkatkan risiko osteoporosis, yang terutama disebabkan oleh stres oksidatif dan kerusakan mitokondria meskipun terdapat mekanisme perlindungan melalui pengikatan ion kadmium oleh metallothionein (Genchi *et al.*, 2020).

Selain analisis THQ pada logam berat timbal, evaluasi risiko dapat pula dilakukan dengan analisis *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk mengetahui efek karsinogenik pada kandungan timbal dari ampo serut. Berikut nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) dari 3 dosis konsumsi ampo meliputi dosis 1 yaitu 10 g, dosis 2 yaitu 50 g, dan dosis 3 yaitu 70 g.

Tabel 22. Nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) pada Kadmium

Perlakuan	ECR anak-anak			ECR dewasa		
	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3
Jawa Timur	$1,02 \times 10^{-5}$	$5,08 \times 10^{-5}$	$7,12 \times 10^{-5}$	$1,52 \times 10^{-5}$	$7,62 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-4}$
Jawa Barat	$2,93 \times 10^{-6}$	$1,46 \times 10^{-5}$	$2,05 \times 10^{-5}$	$4,39 \times 10^{-6}$	$2,20 \times 10^{-5}$	$3,07 \times 10^{-5}$
Jawa Tengah	$4,60 \times 10^{-6}$	$2,30 \times 10^{-5}$	$3,22 \times 10^{-5}$	$6,89 \times 10^{-6}$	$3,45 \times 10^{-5}$	$4,82 \times 10^{-5}$
DI Yogyakarta	$8,10 \times 10^{-6}$	$4,05 \times 10^{-5}$	$5,67 \times 10^{-5}$	$1,22 \times 10^{-5}$	$6,08 \times 10^{-5}$	$8,51 \times 10^{-5}$
DKI Jakarta	$2,19 \times 10^{-6}$	$1,09 \times 10^{-5}$	$1,53 \times 10^{-5}$	$3,28 \times 10^{-6}$	$1,64 \times 10^{-5}$	$2,30 \times 10^{-5}$

Analisis *Excess Cancer Risk* (ECR) pada logam berat kadmium digunakan untuk mengetahui risiko potensi karsinogenik. Adanya potensi risiko karsinogenik dapat diketahui jika nilai ECR sama dengan 10^{-4} atau lebih dari 10^{-4} (Ekosse *et al.*, 2021). Berdasarkan Tabel 22, dapat diketahui bahwa nilai ECR untuk dosis

konsumsi 10-70 g pada usia anak-anak dan usia dewasa menunjukkan kurang dari 10^{-4} , namun pada dosis 70 g dengan usia dewasa pada ampo serut dari Jawa Timur menunjukkan nilai ECR melebihi 10^{-4} . Sementara itu, dosis 70 g masih di bawah nilai MTI kadmium pada usia dewasa yang sudah diketahui berkisar 86,18-400,52 g. Meskipun demikian, hal tersebut ditemukan pula pada penelitian sebelumnya. Kajian mengenai tanah liat yang dikonsumsi di Nigeria Selatan menunjukkan nilai paparan harian atau pada estimated daily intake (EDI) pada kadmium menunjukkan di bawah batas toleransi PMTDI yang ditentukan WHO dan menunjukkan pula nilai ECR pada kadmium yang telah melebihi batas ($>10^{-4}$) yang mengindikasikan potensi karsinogenik masih dapat terjadi meskipun tingkat asupan berada di bawah nilai yang direkomendasikan (Orisakwe *et al.*, 2020).

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perbedaan daerah menghasilkan variasi pada nilai pH, nilai *lightness*, nilai *a**, nilai *b**, *water retention capacity* (WRC), kandungan mineral kalsium, dan kandungan logam berat kadmium. Sementara itu, perbedaan daerah menghasilkan nilai *°hue*, nilai *chroma*, kandungan mineral besi, dan kandungan logam berat timbal yang relatif seragam. Tingkat keamanan ampo berdasarkan logam berat timbal menunjukkan bahwa semua daerah melebihi batas ambang maksimum timbal yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia, sementara itu berdasarkan kandungan logam berat kadmium menunjukkan bahwa daerah Jawa Timur, Jawa Tengah, dan DI Yogyakarta melebihi batas ambang maksimum kadmium pada pangan yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia.

Berdasarkan nilai PMTDI yang ditetapkan WHO yaitu 4 µg/kg bb/hari untuk timbal, diperoleh nilai batas konsumsi yang masih dapat ditoleransi atau MTI yaitu sebesar 5,31- 9 g/hari pada anak-anak dan 17,71- 29,99 g/hari pada orang dewasa, sedangkan kadmium dengan PMTDI sebesar 0,83 µg/kg bb/hari diperoleh MTI sebesar 25,85- 120,16 g/hari pada anak-anak dan 86,18– 400,52 g/hari pada orang dewasa. Sementara itu, perkiraan asupan harian 10–70 g, paparan timbal menunjukkan bahwa anak-anak lebih rentan mengalami risiko non-karsinogenik dibandingkan orang dewasa. Sementara itu, paparan kadmium umumnya masih

berada dalam batas aman pada orang dewasa, namun pada anak-anak pada dosis tertentu menunjukkan adanya potensi risiko non-karsinogenik.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan agar dapat mengkaji pemanfaatan ampo sebagai bahan bantu pengolahan pangan secara lebih luas, khususnya dalam mengurangi senyawa penyebab rasa tidak diinginkan seperti rasa pahit pada bahan pangan yang mengandung enzim papain pada daun pepaya. Adapun saran lainnya untuk mengetahui rata-rata konsumsi ampo serut di Indonesia, sehingga rata-rata konsumsi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui analisis risiko potensi kesehatan non karsinogenik dan karsinogenik yang lebih realistis dan representatif terhadap kondisi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, R.M., Arhin, E., dan Arhin, J.A.A. 2023. Mineralogy and geochemistry of geophagic materials at Mfensi-Adankwame in the Ashanti region of Ghana and possible health implications. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 7(4): 281–292. <https://doi.org/10.1080/24749508.2021.1952775>
- Ajibade, O.M., Oladipupo, S.D., Osobamiro, T.M., dan Bankole, J.K. 2022. Geophagic Clay Predominance And Its Possible Health Implications In The South-East Region Of Nigeria. *Journal of Sustainability Science and Management*, 17(8): 99–119. <https://doi.org/10.46754/jssm.2022.08.006>
- Akram, Z., Riaz, S., Kayani, M.A., Jahan, S., Ahmad, M.W., Ullah, M.A., Wazir, H., dan Mahjabeen, I. 2019. Lead induces DNA damage and alteration of ALAD and antioxidant genes mRNA expression in construction site workers. *Archives of Environmental and Occupational Health*, 74(4): 171–178. 108. <https://doi.org/10.1080/19338244.2018.1428523>
- Andriani, T., Agustin, F., Chadijah, S., Adawiah, S.R., dan Nur, A. 2022. Analisa Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang Beredar di Pelelangan Ikan Paotere Kota Makassar. *Chimica et Natura Acta*, 10(3): 112–116. <https://doi.org/10.24198/cna.v10.n3.42296>
- Anisya, R.B. 2023. Deskripsi Proses Pembuatan Ampo Dengan Foto Dokumenter. Jurusan Fotografi Fakultas Seni Media Rekam Institut Seni Indonesia Yogyakarta.
- Aulian Barry, D.S.P. 2023. Analisis Besi (Fe) Terlarut dalam Air Tanah pada Lahan Gambut dengan Sekat Kanal. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4): 813.
- Awad, M.E., López-Galindo, A., El-Rahmany, M.M., El-Desoky, H.M., dan Viseras, C. 2017. Characterization of Egyptian kaolins for health-care uses. *Applied Clay Science*, 135: 176–189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2016.09.018>
- Badu, J.K., Nude, P.M., Dodor, D.E., Nartey, E.K., dan Adjadeh, T.A. 2021. Characterization of the Geophagic Materials and Their Associated Rocks and Soils from Anfoega, Ghana. *Ghana Journal of Science*, 61(2): 133–155. <https://dx.doi.org/10.4314/gjs.v61i2.13133>
- Bernardo, B., Candeias, C., dan Rocha, F. 2022. Geophagic Materials Characterization and Potential Impact on Human Health: The Case Study of Maputo City (Mozambique). *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(10): 1–16. <https://doi.org/10.3390/app12104832>
- Bonglaisin, J.N., Kunsoan, N.B., Bonny, P., Matchawe, C., Tata, B.N., Nkeunen, G., dan Mbofung, C.M. 2022. Geophagia: Benefits and potential toxicity to

- human—A review. *Frontiers in Public Health*, 10:893831: 01–10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.893831>
- Bonglaisin, J.N., Mbofung, C.M.F., dan Lantum, D.N. 2015. Geophagy and heavy metals (Pb, Cd and Hg) content of local kaolin varieties in the cameroon market: Assessment indices for contamination and risk of consumption or toxicity to the population. *Journal of Medical Sciences (Faisalabad)*, 15(1): 1–9. <https://doi.org/10.3923/jms.2015.1.9>
- BPS 2019. Persentase Rumah Tangga Kumuh Perkotaan, Menurut Provinsi, 2019.
- Budisyah Tambunan, S.L., Adam, D.H., Dalimunthe, B.A., Ayu, I., dan Septyani, P. 2025. Bioakumulasi Logam Cu dan Pb Pada Tanah Sawah. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Komputer dan Sains*, 3(1): 260–265. <https://prosiding.seminars.id/sainteks>
- Clara, O., Haeruddin, and Ayuningrum, D. 2022. Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Tiram (*Crassostrea Sp.*) Di Sungai Tapak, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6: 55–65.
- CO, E., BN, N., dan IO, I. 2013. Physico Chemical Investigations and Health Implications of Geophagial Clays of Edo State, Mid-Western Nigeria. *Journal of Geology & Geosciences*, 03(01): 2329–6755. <https://doi.org/10.4172/2329-6755.1000140>
- Collin, M.S., Venkatraman, S.K., Vijayakumar, N., Kanimozhi, V., Arbaaz, S.M., Stacey, R.G.S., Anusha, J., Choudhary, R., Lvov, V., Tovar, G.I., Senatov, F., Koppala, S., dan Swamiappan, S. 2022. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7: 100094. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094>
- Dianawati, N., dan Sugiarso, R.D. 2015. Penentuan Kadar Besi Selama Fase Pematangan Padi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 4 (2): 2337–3520.
- Duplex, K.K.E., Ludovic, W.A.S., Daniel, N., dan Ivo, E.G. 2018. Physico-chemical Characterization of Clayey Materials Consumed by Geophagism in Locality of Sabga (North-western Cameroon): Health Implications. *International Journal of Applied Science and Technology*, 8(3): 57–68. <https://doi.org/10.30845/ijast.v8n3p6>
- Dutta, K., dan Nath, R. 2023. Application of Colorimetry in Food Industries, *Advances in colorimetry*.
- Ebrahimi, M., Khalili, Neda, Razi, S., Keshavarz-Fathi, M., Khalili, Nastaran, and Rezaei, N. 2020. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(1): 335–343. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00455-2>

- Ekosse, G.I., Nkeng, G.E., Bukalo, N., dan Oyeбанjo, O. 2021. Geophagic clays from Cameroon: Provenance, metal contamination and health risk assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16): 1–20. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168315>
- Fitrianah, L., Agus Rachmad Purnama, dan, and Sidoarjo, U. 2019. Sebaran Timbal Pada Tanah Di Areal Persawahan Kabupaten Sidoarjo, *Journal of Research and Technology*.
- Fosso-Kankeu, E., Waanders, F., Iorna Netshitanini, T., Ubomba-Jaswa, E., dan Abia, K. 2015. Identification of Metals in Geophagic Clays: Investigation of their Behaviour in Simulated Gastric Fluid. 7th International Conference on Latest Trends in Engineering & Technology. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
- Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A., dan Catalano, A. 2020. The effects of cadmium toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11): 3782.
- Generalova, A., Davidova, S., dan Satchanska, G. 2025. The Mechanisms of Lead Toxicity in Living Organisms. *Journal of Xenobiotics*, 14: 146-188. <https://doi.org/10.3390/jox15050146>
- Girikallo, G.G., Joseph, W.B.S., dan Maddusa, S.S. 2022. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Masyarakat Sekitar Sungai yang Mengonsumsi Ikan Nilem (*Osteochillus vittatus*) dari Sungai Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal KESMAS*, 11(2): 90–96.
- Hawali Abdul Matin, H., Rachmawati, S., Sastrani Naluri Allobua, B., Chesta, R.A., Shofi Izdihar, N., Nur'l, F.L.D., Eyda, F., dan Fabiola Candraningtyas, C. 2025. Analysis of heavy metal pollution of iron (Fe) and zinc (Zn) in soil at Putri Cempo Landfill, Indonesia, in: *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515504001>
- Hutchings, J.B. 1999. *Food Colour and Appearance*. Springer.
- Indirawati, S.M. 2017. Pencemaran Logam Berat Pb Dan Cd Dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal JUMANTIK*, 2: 54–60.
- Iron-Segev, S., Luswet, J.N., Kamau-Mbuthia, E., dan Stark, A.H. 2018. Impact of Community-Based Nutrition Education on Geophagic Behavior and Dietary Knowledge and Practices among Rural Women in Nakuru Town, Kenya: A Pilot Study. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 50(4): 408-414.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2017.10.013>
- Iswara, F.V., dan Nuraini, Y. 2022. Pengaruh Pemberian Dolomit Dan Pupuk Anorganik Terhadap Serapan Fosfat, Populasi Bakteri Pelarut Fosfat Dan

- Produksi Padi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2): 255–265. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.6>
- Jomova, K., Alomar, S.Y., Nepovimova, E., Kuca, K., dan Valko, M. 2024. Heavy metals: toxicity and human health effects. *Archives of Toxicology*, 153–209. <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03903-2>
- Kambunga, S.N., Candeias, C., Hasheela, I., dan Mouri, H. 2019. Review of the nature of some geophagic materials and their potential health effects on pregnant women: some examples from Africa. *Environmental Geochemistry and Health*, 41(6): 2949–2975. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00288-5>
- Karwati, K., dan Yanti, D. 2019. Korelasi Asupan Zat Besi, Protein, Vitamin C Dan Mual Muntah Terhadap Kejadian Anemia Pada Ibu Hamil Trimester I (Pertama). *2-Trik: Tunas-Tunas Riset Kesehatan*, 9(4): 301. <http://dx.doi.org/10.33846/2trik9401>
- Khairunnisa, K., dan Indirawati, S.M. 2021. Analisis Risiko Kesehatan paparan Timbal pada Air Minum Masyarakat di Wilayah Eks Erupsi Sinabung Kecamatan Simpang Empat Karo. *JUMANTIK (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan)*, 6(3): 205–209. <https://doi.org/10.30829/jumantik.v6i3.8643>
- Kortei, N.K., Koryo-Dabrah, A., Akonor, P.T., Manaphraim, N.Y.B., Ayim-Akonor, M., Boadi, N.O., Essuman, E.K., dan Tettey, C. 2020. Potential health risk assessment of toxic metals contamination in clay eaten as pica (geophagia) among pregnant women of Ho in the Volta Region of Ghana. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 20(1): 160. <https://doi.org/10.1186/s12884-020-02857-4>
- Kristin, N., Lewi Jutomo, and Daniela L.A Boeky 2022. Hubungan Asupan Zat Gizi Besi Dengan Kadar Hemoglobin Remaja Putri. *Sehat Rakyat: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(3): 189–195. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v1i3.1077>
- Kubier, A., Wilkin, R.T., dan Pichler, T. 2019. Cadmium in soils and groundwater: A review. *Applied Geochemistry*, 108: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104388>
- Kumar, S., dan Sharma, A. 2019. Cadmium toxicity: effects on human reproduction and fertility. *Reviews on Environmental Health*, 34(4): 327–338. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13071587>
- Kunsah, B., Nastiti, K., dan Dan Diah, A. 2021. Analisa Cemar Logam Berat (Pb, Cd, Zn) Pada Makanan Dan Minuman Kemasan Kaleng Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Surabaya : The Journal of Muhamadiyah Medical Laboratory Technologist*, 1(4): 100–110.

- Lakudzala, D.D., dan Khonje, J.J. 2011. Nutritive potential of some ‘edible’ soils in Blantyre city, Malawi. *Malawi Medical Journal*, 23(2): 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2019.11.003>
- Lubiński, K., Lener, M.R., Marciniak, W., Pawłowski, J., Sadzikowska, J., Kiljańczyk, A., Matuszczak, M., Baszuk, P., Pietrzak, S., Derkacz, R., Bryskiewicz, M., Cybulski, C., Gronwald, J., Dębniak, T., Huzarski, T., Narod, S.A., Scott, R.J., dan Lubiński, J. 2025. Blood Lead (Pb) Levels as a Possible Marker of Cancer Risk in a Prospective Cohort of Women with Non-Occupational Exposure. *Biomedicines*, 13(7): 1587.
- Ly, B.C.K., Dyer, E.B., Feig, J.L., Chien, A.L., dan Del Bino, S. 2020. Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*, 140(1): 3-12.e1.
- Madziva, C., Chinouya, M.J., dan Njoroge, K. 2024. Experiences of geophagy during pregnancy among African migrant women in London: Implications for public health interventions. *SSM - Qualitative Research in Health*, 5: 2667–3215. <https://doi.org/10.1016/j.ssmqr.2024.100431>
- Mahanani, M., Warmada, I.W., dan Retnaningrum, E. 2023. Karakteristik Mineralogi, Geokimia Dan Mikrobiologi Ampo Di Desa Jamblang, Kecamatan Jamblang, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Universitas Gajah Mada.
- Mahaney, W.C., Milner, M.W., Mulyono, Hancock, R.G. V, Aufreiter, S., Reich, M., dan Wink, M. 2000. Mineral and chemical analyses of soils eaten by humans in Indonesia. *International Journal of Environmental Health Research*, 10: 93–109.
- Malebatja, M.F., Randa, M.B., Mokgatlhe, M.M., dan Oguntibeju, O.O. 2024. Geophagy: uses and perceptions of women of childbearing age in Tshwane District, Gauteng Province—a qualitative study. *BMJ Public Health*, 2(2): 1263.
- Mar’atin, W.F. 2022. Makna Teologi Dan Makanan Ampo Di Desa Bektiharjo Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban. Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.
- Marlinae, L., Biyatmoko, D., Irawan, C., Huasini, Arifin, S., Saidy, A.R., Biworo, A., Zubaidah, T., Khairiyati, L., Waskito, A., Rhamat, A.N., Theana, S., Taufik, Febriandy, A.Y., Gilmani, M., Jannah, W.S.S., Azizah, A.U., dan Jinan, R. 2021. Pengaruh Kondisi Lahan (Tanah, Warna Lahan, Ketebalan Bahan Organik Dan Tutupan Lahan) Dan Tata Air (Sumber Air, Kualitas, Air (Fisik, Kimia, Bakteriologis, Debit Air) Terhadap Ketersediaan Air Bersih Dirawan Banjir Dan Pertambangan Di Kabupaten Banjar. CV Mine.

- Maulana, R.N., Rahmawati, R., dan Khoiriyah, N. 2019. Pemanfaatan Ampo Sebagai Nutrisi Alternatif Bagi Ibu Hamil Di Jatiwangi, Majalengka. *SWADAYA: Indonesian Journal of Community Empowerment*, 1(2): 97–106.
- Mautuka, Z.A., Maifa, A., dan Karbeka, M. 2022. Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 1: 201–209.
- Meldawati 2020. Pengaruh Pemberian Kalsium Terhadap Penurunan Tekanan Darah Ibu Hamil Dengan Riwayat Preeklamsi. *Dinamika Kesehatan Jurnal Kebidanan dan Keperawatan*, 11(1): 2549–4058. <https://doi.org/10.33859/dksm.v11i1>
- Mensah, A.K., Sekyi-Annan, E., Adams, S., Yakubu, H.G., dan Asante, P.C. 2025. Potential Human Health Risks From Ingestion and Dermal Exposure to Geophagic Clays: Applications of Multivariate Analyses (MVA) and Near-Infrared (NIR) Spectroscopy. *Journal of Chemistry*, 2025(1): 1–28. <https://doi.org/10.1155/joch/2167390>
- Mouri, H., Malepe, R.E., dan Candeias, C. 2023. Geochemical composition and potential health risks of geophagic materials: an example from a rural area in the Limpopo Province of South Africa. *Environmental Geochemistry and Health*, 45(8): 6305–6322. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01551-6>
- Muharram, F.R., Tjandra, S., Madani, N.J., Rokx, C., dan Abdullah, A. 2025. Trends in the double burden of malnutrition among Indonesian adults, 2007 to 2023. *Scientific Reports*, 15(1): 34883. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17348-9>
- Mursyid, Anwar, A., Siahaan, A.S.A., Citraresmini, I.A., Satriawan, H., Fitri, T.P.R., Junairiah, and Paulina, I.A.P.S.M. 2023. Sifat dan Morfologi Tanah. Yayasan Kita Menulis.
- Naipon, J.F., Ariani, M., Latifah, H., dan Manto, O.A.D. 2024. Hubungan Hyperemesis Gravidarum Dan Kekurangan Energi Kronik Dengan Kejadian Anemia Pada Ibu Hamil Di Wilayah Puskesmas Gadang Hanyar Banjarmasin. *Jurnal Delima Harapan*, 11 (2): 13–19.
- NIH 2025. Calcium : Fact Sheet for Health Professionals.
- Ningrum, A.N.F., Aditya, H.F., Fatiha, C.Z., dan Kusuma, R.M. 2024. Karakteristik Kimia pada Tanah Merah, Humus, dan Kapur: Implikasi untuk Pengelolaan Tanah dan Produktivitas Pertanian. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(4): 2755–2763.
- Nkansah, M.A., Korankye, M., Darko, G., dan Dodd, M. 2016. Heavy metal content and potential health risk of geophagic white clay from the Kumasi

- Metropolis in Ghana. *Toxicology Reports*, 3: 644–651.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.08.005>
- Nsawir, B.J. 2015. Induced geophagy with local kaolin from Cameroon market and heavy metals (Lead, cadmium and mercury) profile of rat blood, liver, placentas and litters. *Journal of Medical Sciences (Faisalabad)*, 15(1): 10–17.
- Nyanza, E.C., Joseph, M., Premji, S.S., Thomas, D.S.K., dan Mannion, C. 2014. Geophagy practices and the content of chemical elements in the soil eaten by pregnant women in artisanal and small scale gold mining communities in Tanzania. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 14(1): 144.
<http://www.biomedcentral.com/1471-2393/14/144>
- Ojo, O.J., Adepoju, S.A., Awe, A., Adedoyin, A.D., Abdulraman, S.O., dan Omoyajowo, B.T. 2024. Physicochemical and mineralogical composition studies of clays from Share and Tshonga areas, Northern Bida Basin, Nigeria: Implications for Geophagia. *Open Geosciences*, 16(1): 20220507.
<https://doi.org/10.1515/geo-2022-0507>
- Oladimeji, T.E., Oyedemi, M.O., Odunfa, M.K., Agboola, O., Adeoye, J.B., Oke, M.A., dan Akindele, O.O. 2025. From origin to oversight: properties, impacts and management of heavy metals. *Discover Applied Sciences*,.
- Orisakwe, O.E., Udowelle, N.A., Azuonwu, O., Nkeiruka, I.Z., Nkereuwem, U.A., dan Frazzoli, C. 2020. Cadmium and lead in geophagic clay consumed in Southern Nigeria: health risk from such traditional nutraceutical. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(11): 3865–3875.
<https://doi.org/10.1007/s10653-020-00632-0>
- Panichev, A.M., Baranovskaya, N. V., Seryodkin, I. V., Chekryzhov, I.Y., Soktoev, B.R., Ivanov, V. V., Vakh, E.A., Desyatova, T. V., Lutsenko, T.N., Popov, N.Y., Ruslan, A. V., Elovskiy, E. V., Vetoshkina, A. V., Patrusheva, O. V., Ostapenko, D.S., Kholodov, A.S., dan Golokhvast, K.S. 2023. The Main Cause of Geophagy According to Extensive Studies on Olkhon Island, Lake Baikal. *Geosciences (Switzerland)*, 13(7): 211.
<https://doi.org/10.3390/geosciences13070211>
- Piskin, E., Cianciosi, D., Gulec, S., Tomas, M., dan Capanoglu, E. 2022. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega*, 7(24): 20441–20456. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>
- Priatni, H.L., dan Pauziah, R. 2023. Perbandingan Kadar Kalsium (Ca) Susu Sapi Murni Dan Susu Sapi Kemasan Dengan Metode Spektrofotometri Ultraviolet Visibel Yang Beredar Di Kecamatan Cigugur Kuningan. *Jurnal Farmasi Muhammadiyah Kuningan*, 8 (1): 1–6.
- Rukondo, C.E., Mgina, C.A., dan Pratap, H.B. 2024. Mineral composition and heavy metal risk assesment of selected geophagic soils from Tanzania.

- Rusdiansyah 2024. Perbaikan Karakteristik Tanah Laterit. Manggu Makmur Tanjung Lestari, Bandung.
- Sackey, D.S., Larbie, C., dan Mensah, F.O. 2018. Geophagia, nutrition and health of women with pregnancy-induced hypertension. *African Health Sciences*, 18(4):1243–1254.
<http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP>
- Salsabilla, R.O., Pratama, B., dan Angraini, D.I. 2020. Kadar Timbal Darah Pada Kesehatan Anak. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 2(2): 119–124.
<http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP>
- Sandoval, J.R.M., Sandoval, E.M., Rosas, M.E.M., dan Velasco, M.M.M. 2018. Color Analysis and Image Processing Applied in Agriculture, in: *Colorimetry and Image Processing. InTech*.
<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71539>
- Satriawan, E.F., Widowati, I., dan Suprijanto, J. 2021. Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Didaratkan di Tambak Lorok Semarang. *Journal of Marine Research*, 10(3): 437–445.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v10i3.30155>
- Shihab, A., Baharuddin, and Suwardji 2025. Penilaian Status Unsur Hara Fe (Besi) Pada Tanah Inceptisol Di Lahan Sawah Intensif Di Kecamatan Narmada. *Journal of Soil Quality and Management (JSQM)*, 1: 15–20.
<https://doi.org/10.1111/nyas.14758>
- Shlisky, J., Mandlik, R., Askari, S., Abrams, S., Belizan, J.M., Bourassa, M.W., Cormick, G., Driller-Colangelo, A., Gomes, F., Khadilkar, A., Owino, V., Pettifor, J.M., Rana, Z.H., Roth, D.E., dan Weaver, C. 2022. Calcium deficiency worldwide: prevalence of inadequate intakes and associated health outcomes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1512(1): 10–28.
- Simmat-Durand, L., dan Toutain, S. 2022. Addiction and Substance Abuse Clay eating in pregnancy in French Guiana: How does one understand the practices and act for prevention? *Addict Subst Abuse*, 1(1): 25–32.
- Siwi, R.S., Nurcholis, M., dan Virgawati, S. 2023. Morfologi Dan Klasifikasi Tanah Pada Formasi Waturanda Dengan Penggunaan Lahan Hutan Dan Tegalan Di Desa Lebakwangi, Banjarnegara, Jawa Tengah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(2): 307–318.
- Słota, M., Wąsik, M., Stołtny, T., Machoń-Grecka, A., dan Kasperczyk, S. 2022. Effects of environmental and occupational lead toxicity and its association

- with iron metabolism. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 434: 115794. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2021.115794>
- SNI 2009. SNI 7387:2009 tentang Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan.
- Syachroni, S.H. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Tanah Sawah Di Kota Palembang 23–29.
- Uchenna, O.G., Vuyo, M., dan Antoine, F.M.-B. 2016. Mineralogical profile of geophagic clayey soils sold in selected South African informal markets, in: *Int'l Conf. on Advances in Science, Engineering, Technology & Natural Resources*. pp. 191–197.
- Valdez-Cárdenas, M. del C., Martínez-Rodríguez, B.A., Quintero-Ramos, A., Meléndez-Pizarro, C.O., Mendoza, J., Sánchez-Madrigal, M.Á., Meza-Velázquez, J.A., dan Linares-Morales, J.R. 2025. Effect of intensive smoking combined with drying process for chipotle pepper production: Physicochemical properties, volatile compounds profile and anthraquinone level. *Food Chemistry Advances*, 9: 101179.
- Viunita, I.S., dan Husain, F. 2023. Analisis Pengetahuan Makanan Ampo Pada Kesehatan di Dusun Trowulan Desa Bektiharjo Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban. *SOLIDARITY*, 12 (2): 288–296.
- WHO 2025. Antenatal iron supplementation.
- WHO 2011. Evaluation of certain food additives and contaminants : seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization.
- WHO, and FAO 2005. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. World Health Organization.
- Yusni, Y., dan Meutia, F. 2019. Anthropometry analysis of nutritional indicators in Indonesian adolescents. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 14(5): 460–465. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2019.07.001>
- Zhang, Y.Y., Wu, W., dan Liu, H. 2019. Factors affecting variations of soil pH in different horizons in hilly regions. *PLoS ONE*, 14(6): 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218563>
- Zhou, J.M. 2024. The relationship between soil pH and geochemical components. *Environmental Earth Sciences*, 83(13): 402. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11711-1>
- Zulkarnain, L.A., Safiuddin, L.O., Usman, I., and Sudiana, I.N. 2025. Analisis Geologi dan Potensi Sumber Daya Batuan Kapur untuk Pertambangan di Kabupaten Muna. *Einstein's: Research Journal of Applied Physics*, 3 (2): 2985–3672.