

Analisis Timbal Dalam *Hand Lotion* Kombinasi Ekstrak Kaktus (*Opuntia cochenillifera*) Dan Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) Menggunakan Metode Atomic Absorption Spectrophotometry

Analysis of Lead in Hand lotion Combining Cactus (*Opuntia cochenillifera*) and Jicama (*Pachyrhizus erosus*) Extracts Using Atomic Absorption Spectrophotometry

Miftahul Rokhma^{1*)}, Gatra Ervi Jayanti²⁾, Faisal³

1,2,3Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Indonesia

*) Penulis korespondensi, e-mail: filisthiya992@gmail.com

ABSTRAK

Kosmetik topikal seperti *hand lotion* berbahan alami berisiko tercemar logam berat, terutama timbal (Pb), yang dapat membahayakan kesehatan melalui penetrasi dermal. Penelitian ini bertujuan menganalisis kadar Pb pada dua formula *hand lotion* kombinasi ekstrak kaktus (*Opuntia cochenillifera*) dan bengkuang (*Pachyrhizus erosus*), yaitu F1 (proporsi kaktus lebih rendah) dan F2 (proporsi kaktus lebih tinggi), menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) pada panjang gelombang 283,3 nm. Sampel didestruksi secara basah menggunakan HNO₃ dan HCl sebelum dianalisis, dengan dua kali running dan tiga kali ulangan teknis untuk setiap formula. Kurva kalibrasi standar Pb menghasilkan persamaan regresi $Y = 0,013227X + 0,0061583$ dengan koefisien korelasi 0,9983, menunjukkan linearitas yang sangat baik. Hasil analisis menunjukkan rata-rata kadar Pb pada F1 sebesar 1,295 ppm dan F2 sebesar 1,780 ppm, keduanya jauh di bawah batas maksimum cemaran Pb dalam kosmetik yang ditetapkan Peraturan BPOM No. 16 Tahun 2024, yaitu 20 ppm. Perbedaan kadar Pb antarformula diduga berkaitan dengan proporsi ekstrak kaktus yang lebih tinggi pada F2. Hasil ini menegaskan bahwa metode AAS mampu mendeteksi cemaran logam berat secara sensitif dan selektif, serta membuktikan bahwa kedua formula *hand lotion* yang diuji memenuhi syarat keamanan dari aspek cemaran Pb, meskipun pengujian logam berat lain tetap disarankan untuk menjamin keamanan produk secara komprehensif.

Kata kunci: Timbal (Pb); *Hand lotion*; Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS); Kaktus (*Opuntia cochenillifera*); Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*)

ABSTRACT

Topical cosmetics such as *hand lotion* made from natural ingredients are at risk of heavy metal contamination, particularly lead (Pb), which can pose health risks through dermal penetration. This study aimed to analyze Pb levels in two *hand lotion* formulas combining cactus (*Opuntia cochenillifera*) and jicama (*Pachyrhizus erosus*) extracts, namely F1 (lower cactus proportion) and F2 (higher cactus proportion), using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) at a wavelength of 283.3 nm. Samples were wet-digested using HNO₃ and HCl prior to analysis, with two runs and three technical replicates for each formula. The Pb standard calibration curve produced the regression equation $Y = 0.013227X + 0.0061583$ with a correlation coefficient of 0.9983, indicating excellent linearity. The results showed that the average Pb level was 1.295 ppm in F1 and 1.780 ppm in F2, both far below the maximum contamination limit for cosmetics set by BPOM Regulation No. 16 of 2024, namely 20 ppm. The difference in Pb levels between formulas is thought to be related to the higher proportion of cactus extract in F2. These findings confirm that the AAS method is capable of sensitively and selectively detecting heavy metal contamination, and demonstrate that both *hand lotion* formulas tested meet safety requirements in terms of Pb contamination, although testing for other heavy metals is still recommended to ensure comprehensive product safety.

Keywords: Lead (Pb); *Hand lotion*; Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS); Cactus (*Opuntia cochenillifera*); Jicama (*Pachyrhizus erosus*)

Pendahuluan

Logam berat tergolong bahan pencemar yang tersebar luas di lingkungan, dan paparan berlebihan terhadapnya dapat memicu gangguan kesehatan mulai dari kerusakan sistem saraf hingga kelainan kulit [1]. Kosmetik, sebagai produk yang diaplikasikan pada permukaan luar tubuh, termasuk salah satu produk yang rentan tercemar logam berat, dan di antara berbagai logam berat, timbal (Pb) tergolong paling sering terdeteksi pada produk kosmetik akibat kontaminasi bahan baku, sumber air, maupun peralatan produksi yang tidak bersih [2]. *Hand lotion* merupakan salah satu jenis kosmetik yang paling sering dipakai masyarakat sekaligus berisiko terkontaminasi cemaran tersebut [3].

Pb yang terserap melalui kulit dapat masuk ke aliran darah melalui mekanisme absorpsi percutan pada jalur transelular, interelular, maupun transappendageal [4], sebelum akhirnya menghambat sintesis heme sehingga menurunkan produksi hemoglobin dan mengganggu berbagai organ, seperti ginjal, sistem reproduksi, sistem pembentukan darah, dan sistem saraf [5]. Pada tingkat seluler, Pb^{2+} meniru ion Ca^{2+} sehingga dapat menggantikan posisinya pada transporter kalsium dan mengganggu homeostasis kalsium seluler [6], merusak mitokondria dan retikulum endoplasma, serta memicu produksi reactive oxygen species (ROS) berlebih yang berujung pada kaskade apoptosis [7], [8]. Paparan Pb bersifat bioakumulatif dan dapat merusak sistem saraf, kardiovaskular, hematologi, ginjal, serta gastrointestinal, dengan kelompok anak-anak, ibu hamil, dan lansia tergolong paling rentan [9].

Guna melindungi konsumen, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menetapkan batas maksimum cemaran Pb pada produk kosmetik sebesar 20 mg/kg (20 ppm) melalui Peraturan BPOM Nomor 16 Tahun 2024 [10]. Kendati batas tersebut telah ditetapkan secara jelas, penelitian terdahulu masih menjumpai kadar Pb yang bervariasi pada produk kosmetik; Marta dan Iskandar [2] misalnya mendapati kadar Pb berkisar 1,7593–19,5966 ppm pada sebagian sampel hand body lotion, sedangkan Laili dan Fitri [3] melaporkan kadar Pb yang tidak terdeteksi pada seluruh sampel yang diuji. Variasi hasil ini menegaskan pentingnya pengujian kadar Pb pada setiap produk kosmetik, termasuk yang berbahan aktif ekstrak tumbuhan.

Ekstrak kaktus (*Opuntia cochenillifera*) dan bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) merupakan dua bahan alami yang belakangan banyak dikombinasikan dalam formulasi *hand lotion*. Meski demikian, penggunaan bahan alami tidak serta-merta membebaskan produk dari risiko cemaran logam berat, mengingat kedua tanaman berpotensi menyerap Pb dari tanah, air irigasi, ataupun pupuk yang tercemar selama masa budidaya [11]. Hingga kini, belum ditemukan penelitian yang secara spesifik mengkaji cemaran Pb pada *hand lotion* berbasis kombinasi ekstrak kaktus dan bengkuang, sehingga data ilmiah terkait keamanannya masih terbatas.

Salah satu metode analisis logam berat yang banyak digunakan adalah Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), karena waktu analisisnya relatif singkat serta memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi untuk mendeteksi logam bahkan pada kadar sangat rendah hingga satuan part per

million [12]. Prinsip kerja AAS didasarkan pada penyerapan energi radiasi oleh atom logam pada keadaan dasar, sehingga besarnya cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi logam dalam sampel [13]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar Pb pada dua formula *hand lotion* kombinasi ekstrak kaktus dan bengkuang dengan proporsi berbeda menggunakan metode AAS pada panjang gelombang 283,3 nm, serta membandingkan hasilnya terhadap batas maksimum yang ditetapkan BPOM.

Material dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam analisis kadar Pb meliputi asam nitrat (HNO_3) 65%, asam klorida (HCl) 37%, akuades, larutan baku $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm, serta dua sampel *hand lotion* kombinasi ekstrak kaktus dan bengkuang dengan proporsi berbeda yang telah tersedia sebagai objek penelitian, yaitu Formula 1 (F1: ekstrak kaktus 1,5 g dan bengkuang 3 g) dan Formula 2 (F2: ekstrak kaktus 3 g dan bengkuang 1,5 g). Alat yang digunakan meliputi Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), hot plate, neraca analitik, labu ukur, gelas beker, kertas saring Whatman No. 42, dan pipet ukur.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif komparatif laboratorium tanpa kelompok kontrol negatif; kontrol yang digunakan adalah batas regulasi BPOM sebagai acuan keamanan serta blanko reagen pada prosedur AAS sebagai kontrol teknis. Setiap formula dianalisis melalui dua kali running dengan tiga kali ulangan teknis (triplo), sehingga diperoleh enam data konsentrasi Pb untuk masing-masing formula dan total 12 data penelitian.

Preparasi Sampel dengan Destruksi Basah

Sampel *hand lotion* ditimbang sebanyak 0,2 g menggunakan neraca analitik, dimasukkan ke gelas beker, kemudian didestruksi basah dengan menambahkan 5 mL HNO_3 65% dan 15 mL HCl 37%. Campuran dipanaskan di atas hot plate pada suhu 100°C selama kurang lebih lima jam hingga asap cokelat hilang dan larutan menjadi jernih, mengacu pada prosedur SNI 06-6989.8-2004 [14]. Larutan hasil destruksi yang telah didinginkan disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42, dipindahkan ke labu ukur 50 mL, dan ditambahkan akuades hingga tanda batas.

Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Kalibrasi

Larutan baku stok Pb 1000 ppm disiapkan dengan melarutkan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dalam campuran HNO_3 0,05 M dan akuades. Larutan standar 100 ppm dibuat melalui pengenceran, kemudian diencerkan lebih lanjut menjadi lima seri konsentrasi kalibrasi, yaitu 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; dan 4,0 ppm. Larutan blanko dibuat dari campuran HNO_3 0,05 M dan akuades tanpa penambahan Pb.

Analisis dengan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Pengukuran absorbansi larutan standar dan sampel dilakukan menggunakan AAS pada panjang gelombang serapan maksimum Pb, yaitu 283,3 nm, dengan lebar celah 0,5 nm, lampu katoda Pb, dan kuat arus 10 mA. Data absorbansi larutan standar digunakan untuk membangun kurva kalibrasi berupa persamaan regresi linear $Y = a + bX$, dengan Y sebagai absorbansi, X sebagai konsentrasi Pb (ppm), b sebagai slope, dan a sebagai intersep [15]. Nilai absorbansi sampel selanjutnya disubstitusikan ke dalam persamaan regresi tersebut untuk menentukan konsentrasi Pb dalam sampel.

Analisis Data

Data konsentrasi Pb dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap batas maksimum cemaran Pb dalam kosmetik yang ditetapkan BPOM No. 16 Tahun 2024, yaitu 20 ppm [10]. Pendekatan ini digunakan untuk menilai tingkat keamanan produk berdasarkan nilai ambang batas regulasi, bukan untuk menguji perbedaan antarkelompok secara inferensial.

Hasil dan Diskusi

Hasil Penelitian

Kurva kalibrasi Pb dibangun dari lima seri konsentrasi larutan standar (Tabel 1) yang diukur absorbansinya pada panjang gelombang 283,3 nm.

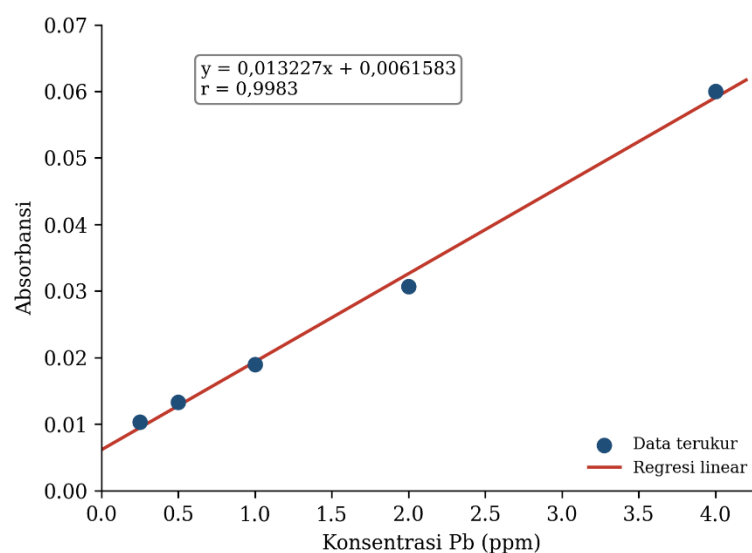
Tabel 1. Data Absorbansi Larutan Standar Pb

Konsentrasi Standar Pb (ppm)	Absorbansi
0,25	0,0103
0,50	0,0133
1,00	0,0190
2,00	0,0307
4,00	0,0600

Hasil pengukuran tersebut menghasilkan persamaan regresi linear $Y = 0,013227X + 0,0061583$ dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9983 (Tabel 2; Gambar 1), yang menunjukkan hubungan linear yang sangat baik antara konsentrasi dan absorbansi sesuai Hukum Lambert–Beer.

Tabel 2. Parameter Kurva Kalibrasi Pb

Parameter	Nilai
Panjang gelombang maksimum	283,3 nm
Persamaan regresi linear	$Y = 0,013227X + 0,0061583$
Koefisien korelasi (r)	0,9983
Koefisien determinasi (R^2)	0,9966

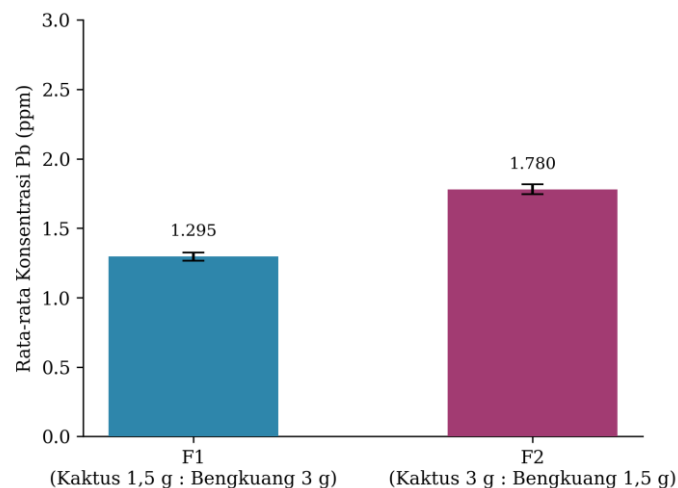


Gambar 1. Kurva Kalibrasi Standar Pb pada Panjang Gelombang 283,3 nm

Hasil analisis kadar Pb pada kedua formula *hand lotion* disajikan pada Tabel 3. Rata-rata konsentrasi Pb pada F1 tercatat $1,295 \pm 0,029$ ppm, sedangkan pada F2 sebesar $1,780 \pm 0,035$ ppm (Gambar 2).

Tabel 3. Hasil Analisis Kadar Pb pada Sampel *Hand lotion* F1 dan F2

Sampel	Running	Konsentrasi Pb (ppm)	Rata-rata $\pm$ SD (ppm)
F1	a	1,3456 / 1,2614 / 1,3056	
F1	b	1,2923 / 1,2734 / 1,2933	$1,295 \pm 0,029$
F2	a	1,7694 / 1,7267 / 1,7582	
F2	b	1,8087 / 1,8026 / 1,8154	$1,780 \pm 0,035$



Gambar 2. Rata-rata Konsentrasi Pb pada Formula F1 dan F2

Perbandingan kadar Pb terhadap batas maksimum BPOM No. 16 Tahun 2024 ditunjukkan pada Tabel 4. Kadar Pb pada kedua formula, F1 (1,295 ppm) maupun F2 (1,780 ppm), berada jauh di bawah batas maksimum 20 ppm sehingga keduanya dinyatakan memenuhi syarat keamanan.

Tabel 4. Perbandingan Kadar Pb dengan Batas Maksimum BPOM

Formula	Rata-rata Kadar Pb (ppm)	Batas Maksimum BPOM No.16/2024 (ppm)	Status
F1	1,295	20	Memenuhi syarat
F2	1,780	20	Memenuhi syarat

Pembahasan

Nilai slope sebesar 0,013227 menunjukkan bahwa setiap kenaikan konsentrasi Pb sebesar 1 ppm meningkatkan absorbansi sebesar 0,013227, sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9966 yang mendekati satu menandakan linearitas kurva kalibrasi yang sangat baik dan telah memenuhi syarat validasi metode [15]. Pemilihan panjang gelombang 283,3 nm bersifat spesifik untuk Pb sehingga menjamin selektivitas pengukuran, karena setiap unsur logam memiliki panjang gelombang serapan maksimum yang berbeda [12].

Rata-rata kadar Pb pada F2 (1,780 ppm) tercatat lebih tinggi dibandingkan F1 (1,295 ppm), sejalan dengan proporsi ekstrak kaktus pada F2 yang lebih dominan dibandingkan F1 yang lebih didominasi ekstrak bengkuang. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa proporsi ekstrak kaktus turut memengaruhi kadar Pb dalam sediaan, mengingat kaktus memiliki sistem perakaran dangkal yang menyebar luas sehingga berpotensi menyerap mineral, termasuk logam berat, secara lebih efisien dari

lapisan permukaan tanah [16]. Cemaran Pb pada bahan baku tanaman juga dapat bersumber dari kontaminasi selama proses preparasi menggunakan peralatan berbahan logam [11].

Secara umum, sumber Pb pada sediaan topikal seperti *hand lotion* dapat berasal dari air yang dipakai sebagai bahan dasar, peralatan produksi berbahan logam seperti solder atau cat, maupun pewarna kosmetik seperti PbO dan PbCrO₄ [17]. Pada penelitian ini, kadar Pb yang terdeteksi kemungkinan besar bukan berasal dari pewarna sintetis, melainkan dari bioakumulasi Pb pada bahan baku ekstrak tanaman atau kontak dengan peralatan logam selama preparasi.

Meskipun kadar Pb pada kedua formula masih jauh di bawah ambang batas BPOM, keberadaan Pb tetap perlu diwaspadai karena sifatnya yang bioakumulatif; paparan berulang melalui kulit, meski dengan laju penyerapan dermal yang tergolong rendah (sekitar 2–5% dari total paparan), dapat terakumulasi pada tulang, hati, ginjal, dan otak seiring waktu [4], [18]. Oleh karena itu, kepatuhan terhadap ambang batas regulasi perlu diiringi pengendalian mutu bahan baku secara berkelanjutan, terutama pada produk kosmetik berbahan aktif ekstrak tumbuhan yang berpotensi menyerap logam berat dari lingkungan tumbuhnya [19].

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Marta dan Iskandar [2] yang juga melaporkan kadar Pb pada pelembab kulit yang bervariasi namun sebagian besar masih berada dalam ambang aman, serta menegaskan pentingnya AAS sebagai metode andalan dalam pengujian keamanan kosmetik berkat sensitivitas, selektivitas, dan kepekaannya yang tinggi dalam mendeteksi logam berat pada kadar sangat rendah [12].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode AAS pada panjang gelombang 283,3 nm, kadar Pb pada *hand lotion* kombinasi ekstrak kaktus dan bengkuang tercatat sebesar 1,295 ppm pada F1 dan 1,780 ppm pada F2, keduanya jauh di bawah batas maksimum cemaran Pb dalam kosmetik yang ditetapkan Peraturan BPOM No. 16 Tahun 2024, yaitu 20 ppm. Perbedaan kadar Pb antara kedua formula diduga berkaitan dengan proporsi ekstrak kaktus yang lebih tinggi pada F2. Kurva kalibrasi yang dihasilkan menunjukkan linearitas sangat baik ($r = 0,9983$), yang menegaskan validitas metode AAS yang digunakan. Mengingat keamanan kosmetik secara komprehensif juga perlu mempertimbangkan logam berat lain, seperti kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan arsen (As), pengujian lanjutan terhadap parameter tersebut disarankan untuk memastikan keamanan produk secara lebih menyeluruh.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Gatra Ervi Jayanti, S.Si., M.Si. dan Faisal, S.Si., M.Kes. selaku pembimbing, serta Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si. selaku penguji, atas arahan dan masukan yang diberikan selama penelitian ini berlangsung.

Daftar Pustaka

- [1] Bhat, S. A., Hassan, T., & Majid, S. 2019. Heavy metal toxicity and their harmful effects on living organisms: A review. *International Journal of Medical Science and Diagnosis Research*, 3(1), 106-122.
- [2] Marta, R. R., & Iskandar, D. 2025. Analisis kadar logam berat Pb dalam pelembab kulit dengan metode spektrofotometri serapan atom (AAS). *De Facto: Journal of International Multidisciplinary Sciences*, 3(2), 107-113.
- [3] Laili, Z., & Fitri, E. 2022. Analisis logam berat timbal (Pb) dalam body lotion yang beredar di Pasar Jember. *Journal of Islamic Pharmacy*, 7(2), 94-99.
- [4] Niemeier, R. T., Maier, A., & Reichard, J. F. 2022. Rapid review of dermal penetration and absorption of inorganic lead compounds for occupational risk assessment. *Annals of Work Exposures and Health*, 66(3), 291-311.
- [5] Muliyadi, M. 2015. Paparan timbal udara terhadap timbal darah, hemoglobin, cystatin C serum pekerja pengecatan mobil. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(1), 87.
- [6] Bouron, A., & Oliveira Mello, A. 2017. Pb²⁺ modulates ryanodine receptors from the endoplasmic reticulum in rat brain. *Toxicology Letters*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041008X17304581>.
- [7] Sun, Y., et al. 2021. Lycopene antagonizes lead toxicity by reducing mitochondrial oxidative damage and mitochondria-mediated apoptosis. Diterima 20 Januari 2026. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8491193/>.
- [8] Skalnaya, A., et al. 2023. Mitochondrial oxidative stress is the general reason for apoptosis induced by different-valence heavy metals in cells and mitochondria. Diterima 20 Januari 2026. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10572412/>.
- [9] Laliyanto, S., Suriadi, S. S., Rohayati, S., Abdi, D. N., Ramadhansyah, M. F., & Maharani, A. F. 2025. Toksikologi Lingkungan: Dampak Bahan Kimia terhadap Kesehatan. Azzia Karya Bersama.

- [10] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2024. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 16 Tahun 2024 tentang Batas Cemaran dalam Kosmetik. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 555.
- [11] Mousavi, Z., Ziarati, P., Esmaeli Dehaghi, M., & Qomi, M. 2014. Heavy metals (lead and cadmium) in some medicinal herbal products in Iranian market. *Iranian Journal of Toxicology*, 8(24), 1004-1010.
- [12] Nasir, M. 2020. *Spektrometri Serapan Atom*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh.
- [13] Haswell, S. J. 1991. *Atomic Absorption Spectrometry: Theory, Design, and Applications*. Elsevier. Amsterdam.
- [14] Badan Standardisasi Nasional. 2004. Air dan Air Limbah – Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala (SNI 06-6989.8-2004). BSN. Jakarta.
- [15] Jeffery, G. H., Bassett, J., Mendham, J., & Denney, R. C. 1988. *Vogel's Quantitative Chemical Analysis*. 5th ed. John Wiley & Sons. New York.
- [16] Maiuolo, J., Nucera, S., Serra, M., Caminiti, R., Oppedisano, F., Macrì, R., & Mollace, V. 2024. Cladodes of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. possess important beneficial properties dependent on their different stages of maturity. *Plants*, 13(10), 1365.
- [17] Maharani, A. I. 2023. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Seng (Zn) dan Merkuri (Hg) dalam Hand & Body Lotion Whitening yang Tidak Teregistrasi BPOM Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- [18] Engwa, G. A., Ferdinand, P. U., Nwalo, F. N., & Unachukwu, M. N. 2019. Heavy metal toxicity in humans. Dalam: *Poisoning in the Modern World: New Tricks for an Old Dog*. Hal. 77.
- [19] Republik Indonesia. 2023. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 105, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6887.