

Analisis Kandungan Logam Berat pada Daging Sapi di Wilayah Pertambangan Nikel Kabupaten Kolaka, Indonesia

Raodatul Jannah^{1*}, Sitti Aisyah May Wulandari¹, Ahmad Danil², Mohammad Ramasani²

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Peternakan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka

²Mahasiswa Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Peternakan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka

*datuljannah08@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 16 April 2026
Hasil revisi diterima 10 Juni 2026
Accepted 10 Juni 2026
Diterbitkan 10 Juni 2026

Kata-kata kunci:
Daging sapi;
Inductively coupled plasma;
Keamanan Pangan;
Kolaka;
Logam berat;

DOI: 10.47030/trolija.v6i1.1115

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), dan nikel (Ni) pada daging sapi yang berasal dari wilayah pertambangan di Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara, Indonesia. Total 16 sampel daging sapi (masing-masing 500 g) diambil dari empat lokasi berbeda dengan empat ulangan, yaitu Desa Sopura, Desa Oko-oko, Desa Watubangga, dan Desa Toari. Kandungan logam berat dianalisis menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma* (ICP) di Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar dan Laboratorium Terpadu Universitas Halu Oleo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Cd di seluruh lokasi masih berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 dan Codex Alimentarius (0,05 mg/kg). Namun, konsentrasi Pb di Desa Sopura (3,44 mg/kg) dan Desa Oko-oko (1,51 mg/kg) ditemukan jauh melampaui ambang batas aman (0,1 mg/kg). Demikian pula dengan kadar Ni di Desa Oko-oko (1,61 mg/kg), Desa Sopura (0,99 mg/kg), dan Desa Toari (0,43 mg/kg) yang telah melewati batas acuan aman internasional sebesar 0,2 mg/kg. Temuan ini mengindikasikan adanya risiko akumulasi logam berat yang tinggi, sehingga daging sapi di wilayah terdampak pertambangan nikel tersebut dikategorikan tidak aman untuk dikonsumsi rutin dalam jangka panjang. Penelitian ini menyediakan data dasar mengenai keamanan pangan hewani serta menjadi acuan penting bagi perumusan kebijakan dan pengawasan kesehatan masyarakat veteriner di daerah lingkaran tambang.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 16 April 2026
Received in revised form
10 June 2026
Accepted 10 June 2026
Available online 10 June
2026

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the concentrations of heavy metals lead (Pb), cadmium (Cd), and nickel (Ni) in beef originating from mining areas in Kolaka Regency, Southeast Sulawesi, Indonesia. A total of 16 beef samples (500 g each) were collected from four different sites with four replications, namely Sopura Village, Oko-oko Village, Watubangga Village, and Toari Village. Heavy-metal content was analyzed using Inductively Coupled Plasma (ICP) at the Public Health Laboratory in

Key words:
Beef;
Food safety;
Heavy metals;
Inductively coupled
plasma;
Kolaka;

DOI: 10.47030/trolija.v6i1.1115

Makassar and the Integrated Laboratory of Halu Oleo University. The results showed that Cd levels in all samples were below the maximum permissible limits set by the Codex Alimentarius and SNI 7387:2009 (0.05 mg/kg). However, Pb concentrations in Sopura Village (3.44 mg/kg) and Oko-oko Village (1.51 mg/kg) significantly exceeded the maximum permissible limit (0.1 mg/kg). Similarly, Ni concentrations in Oko-oko (1.61 mg/kg), Sopura (0.99 mg/kg), and Toari (0.43 mg/kg) were found to be above the international reference safety limit of 0.2 mg/kg. These findings indicate a high risk of heavy-metal accumulation in livestock products around nickel-mining regions, rendering the beef unsafe for long-term routine consumption. This research provides baseline data on food safety and serves as a critical reference for policy development to enhance livestock product quality and public health surveillance.

PENDAHULUAN

Kawasan Pomalaa di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, merupakan salah satu pusat pertambangan nikel terbesar di Indonesia. Aktivitas pertambangan nikel-laterit yang meliputi metode tambang terbuka (*open-pit mining*), pemindahan tanah penutup, pengolahan bijih, hingga pembuangan tailing berpotensi merusak struktur tanah serta menurunkan kualitas perairan permukaan dan air tanah di sekitarnya. Kondisi ini meningkatkan peluang masuknya logam-logam terkait ke lingkungan agraris setempat, termasuk lahan penggembalaan ternak. Studi geokimia dan survei kualitas air di wilayah Pomalaa melaporkan peningkatan konsentrasi beberapa logam di bagian tertentu, yang menegaskan adanya rute paparan ke manusia melalui jalur makanan dan air (Sugiono *et al.*, 2024).

Paparan logam berat pada rantai pangan hewani menjadi perhatian utama kesehatan masyarakat veteriner karena sifat beberapa logam yang mudah bioakumulatif dan berpotensi menimbulkan efek toksik kronis pada manusia. Logam non-esensial seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd), serta logam transisi seperti nikel (Ni), dapat terakumulasi di jaringan hewan. Melalui konsumsi daging, produk hewani tersebut menjadi salah satu jalur paparan utama bagi konsumen (Emami *et al.*, 2023). Sumber utama kontaminasi logam berat dalam produk ternak adalah lingkungan sekitar seperti pakan, air minum, dan debu

partikel yang mengendap pada tanaman pakan. Aktivitas industri seperti pertambangan dapat meningkatkan mobilitas logam dalam lingkungan melalui limpasan air, erosi, dan penyebaran debu, sehingga meningkatkan risiko akumulasi pada ternak yang hidup atau diberi pakan di sekitar area tersebut (Salim *et al.*, 2023).

Akumulasi logam berat ini berdampak negatif pada kesehatan hewan, termasuk gangguan fungsi organ, penurunan sistem kekebalan tubuh, serta gangguan reproduksi. Paparan kronis juga dapat memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas sapi, yang pada akhirnya menurunkan kualitas dan keamanan daging sebagai sumber pangan (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007; Tchounwou *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2019). Ternak yang mengonsumsi pakan atau merumput di lokasi yang tercemar area industri cenderung menunjukkan kadar logam berat yang lebih tinggi dibandingkan ternak di area kontrol (Ako *et al.*, 2019). Kondisi ini menjadi perhatian penting karena daging yang dikonsumsi manusia berpotensi menjadi jalur masuk logam berat ke rantai makanan yang dapat memicu gangguan neurologis, gangguan fungsi ginjal, reaksi hipersensitivitas, dan risiko karsinogenik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menyediakan data dasar mengenai status cemaran logam berat pada daging sapi di Kabupaten Kolaka sebagai bahan evaluasi dalam upaya peningkatan keamanan dan mutu produk pangan asal hewan (Chowdhury *et al.*, 2024).

METODE

Materi Dan Metode

Penelitian eksperimental eksploratif ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal. Taraf perlakuan yang diuji adalah lokasi pengambilan sampel yang terdiri dari 4 taraf, yaitu dua area pertambangan nikel (Desa Sopura dan Desa Oko-oko) serta dua area non-tambang (Desa Watubangga dan Desa Toari). Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali, sehingga diperoleh 16 unit (4 lokasi \times 4 ulangan sampel) percobaan.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli–September 2025. Sampel berupa daging sapi potong (*Longissimus dorsi*) seberat ± 500 g diambil secara acak dari rumah potong atau peternak di masing-masing lokasi perlakuan, kemudian dimasukkan ke dalam wadah steril berpendingin untuk dibawa ke laboratorium. Di laboratorium, sampel daging dikeringkan dan ditimbang menggunakan timbangan analitik (Ohaus, USA). Prosedur destruksi sampel (digestion) dilakukan secara basah dengan mencampurkan sampel daging bersama larutan asam nitrat pekat (HNO_3 65%, Merck, Germany) di dalam lemari asam pada suhu terkendali hingga diperoleh larutan jernih utuh. Larutan hasil destruksi kemudian disaring dan diencerkan dengan akuabides sebelum dilakukan pembacaan kadar logam.

Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini digolongkan ke dalam sub-bab berikut: 1. Kadar Timbal (Pb): Konsentrasi logam berat timbal pada jaringan daging sapi yang diukur menggunakan alat Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry (ICP-OES; *Agilent Technologies*, USA) di Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar dan Laboratorium Terpadu Universitas Halu Oleo. Hasil pembacaan dinyatakan dalam satuan mg/kg bobot basah. 2. Kadar Kadmium (Cd): Konsentrasi logam berat kadmium pada jaringan daging sapi yang

dianalisis menggunakan metode dan alat ICP-OES yang sama, dengan satuan pelaporan mg/kg bobot basah. 3. Kadar Nikel (Ni): Konsentrasi logam transisi nikel pada jaringan daging sapi yang dianalisis menggunakan metode dan alat ICP-OES yang sama, dengan satuan pelaporan mg/kg bobot basah.

Analisis Data

Data konsentrasi logam berat (Pb, Cd, dan Ni) yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% untuk melihat pengaruh perlakuan lokasi. Jika terdapat pengaruh yang nyata, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut (Post-Hoc Test) untuk membandingkan nilai antar lokasi perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Timbal (Pb) pada Daging Sapi

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa nilai rata-rata kandungan timbal (Pb) tertinggi ditemukan pada sampel daging sapi dari Desa Sopura sebesar 3,44 mg/kg, diikuti oleh Desa Oko-oko sebesar 1,51 mg/kg, Desa Toari sebesar 1,28 mg/kg, dan nilai terendah terdeteksi di Desa Watubangga sebesar 0,31 mg/kg. Merujuk pada standar keamanan pangan nasional berdasarkan SNI 7387:2009 serta standar internasional dari Codex Alimentarius, batas maksimum residu Pb yang diizinkan pada produk daging adalah sebesar 0,1 mg/kg.

Berdasarkan batas acuan tersebut, akumulasi logam berat Pb pada jaringan otot sapi di wilayah pertambangan nikel Kabupaten Kolaka khususnya di Desa Sopura dan Desa Oko-oko telah jauh melampaui ambang batas maksimum yang diizinkan. Konsentrasi Pb di Desa Sopura bahkan mencapai 34 kali lipat di atas batas aman. Temuan tingginya kandungan Pb di lokasi pertambangan ini konsisten dengan hasil penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa sapi bali yang dipelihara di lingkungan dengan paparan eksternal yang



Gambar 1. Perbandingan kandungan Pb (Timbal) di lokasi tambang dan non Tambang

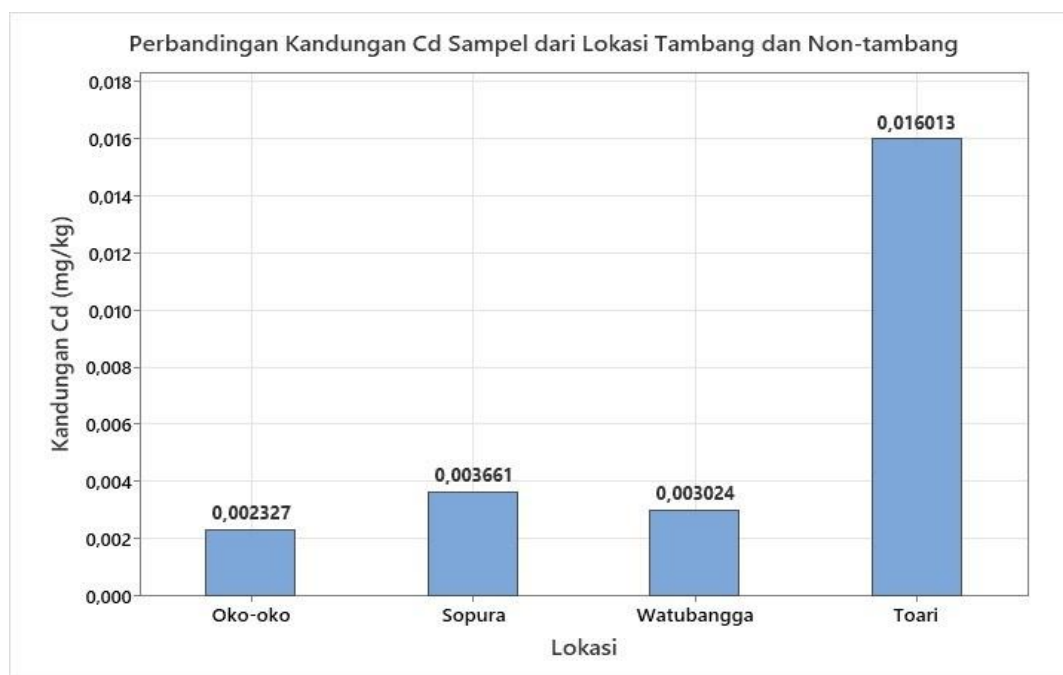
tinggi (seperti area pembuangan sampah atau kawasan industri) menunjukkan akumulasi Pb yang signifikan pada jaringan tubuhnya (Putra *et al.*, 2018). Aktivitas mekanis pertambangan nikel secara intensif memicu mobilitas logam di lingkungan melalui penyebaran debu partikal, aliran air permukaan, dan erosi tanah (Salim *et al.*, 2023). Partikel logam Pb yang terdispersi ke udara ini kemudian mengendap pada rumput penggembalaan dan tanah, yang menjadi rute paparan utama bagi ternak sapi potong setempat.

Fakta bahwa kadar Pb di area non-tambang seperti Desa Toari (1,28 mg/kg) juga melewati ambang batas menunjukkan sifat logam berat yang ubiquitous atau mudah berpindah melalui agen atmosfer dan transportasi (ATSDR, 2020; Li *et al.*, 2014). Dari perspektif kesehatan masyarakat veteriner, tingginya angka Pb ini bukan sekadar angka statistik, melainkan sebuah risiko biologis yang nyata karena paparan kronis Pb pada manusia melalui rantai pangan dapat memicu gangguan neurologis serius,

kerusakan fungsi ginjal, hingga efek karsinogenik (Chowdhury *et al.*, 2024; WHO, 2021).

Kandungan Kadmium (Cd) pada Daging Sapi

Kandungan kadmium (Cd) pada daging sapi dari seluruh lokasi penelitian terpantau relatif rendah. Konsentrasi tertinggi tercatat di area non-tambang, yaitu Desa Toari sebesar 0,016 mg/kg, sedangkan lokasi lainnya memiliki konsentrasi yang lebih rendah dan seragam, berkisar antara 0,002 hingga 0,004 mg/kg (Desa Sopura 0,0036 mg/kg; Desa Watubangga 0,0030 mg/kg; Desa Oko-oko 0,0023 mg/kg). Nilai akumulasi Cd di keempat lokasi pengambilan sampel ini secara keseluruhan masih berada jauh di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 dan Codex Alimentarius, yaitu sebesar 0,05 mg/kg untuk produk daging. Hal ini mengindikasikan bahwa risiko toksisitas akut akibat cemaran kadmium pada daging



Gambar 2. Perbandingan kandungan Cd (Kadmium) di lokasi tambang dan non tambang

sapi di Kabupaten Kolaka masih berada dalam kategori aman.

Meskipun nilainya di bawah ambang batas, tingginya kadar Cd di area non-tambang (Desa Toari) dibandingkan dengan dua wilayah pertambangan menjadi anomali yang memerlukan eksplorasi mendalam. Kondisi ini diduga kuat dipengaruhi oleh karakteristik wilayah Desa Toari yang merupakan basis kawasan pertanian aktif dengan penggunaan input agrokimia yang intensif. Logam kadmium sering kali masuk ke dalam tanah pertanian sebagai senyawa pengotor (impurity) yang terkandung di dalam pupuk fosfat dan pestisida kimia komersial (Rahman *et al.*, 2019). Praktik pemupukan intensif jangka panjang menyebabkan akumulasi Cd di dalam tanah dan diserap oleh tanaman pakan terdekat, yang pada akhirnya ikut dikonsumsi oleh ternak sapi dan mengendap di dalam jaringan daging. Hal ini mempertegas bahwa faktor lingkungan luar dan pola agrikultur setempat berkontribusi besar terhadap profil logam berat pada produk peternakan (Pramesti *et al.*, 2020).

Kandungan Nikel (Ni) pada Daging Sapi

Analisis kandungan nikel (Ni) pada jaringan daging sapi memperlihatkan variasi konsentrasi yang linier dengan kedekatan aktivitas penambangan. Kadar Ni tertinggi ditemukan pada sampel dari wilayah lingkaran tambang aktif, yaitu Desa Oko-oko sebesar 1,61 mg/kg dan Desa Sopura sebesar 0,99 mg/kg. Sementara itu, untuk wilayah non-tambang, kadar Ni di Desa Toari tercatat sebesar 0,43 mg/kg dan nilai terendah ditemukan di Desa Watubangga sebesar 0,17 mg/kg. Hingga saat ini, Indonesia belum menetapkan regulasi standar nasional (SNI) khusus mengenai batas maksimum residu nikel pada produk pangan asal hewan. Namun, beberapa kajian toksikologi internasional dan batasan keamanan dari Codex Alimentarius merekomendasikan batas aman konsumsi rutin Ni pada kisaran 0,2 mg/kg.

Jika merujuk pada ambang acuan internasional 0,2 mg/kg tersebut, maka produk daging sapi di Desa Oko-oko, Desa Sopura, dan Desa Toari telah dikategorikan melampaui batas aman konsumsi. Tingginya retensi logam Ni pada daging sapi di Oko-oko dan Sopura



Gambar 3. Perbandingan kandungan Ni (Nikel) di lokasi tambang dan non tambang

secara langsung mengonfirmasi dampak dari aktivitas pertambangan nikel-laterit (open-pit mining) dan pengolahan bijih nikel yang masif di wilayah Pomalaa, Kabupaten Kolaka. Bagi masyarakat konsumen, mengonsumsi daging sapi dengan kadar Ni di atas batas acuan secara kontinu dalam jangka panjang dapat menimbulkan ancaman bahaya kesehatan kronis, termasuk risiko reaksi hipersensitivitas, dermatitis kontak, gangguan sistem imun, hingga potensi karsinogenik (ATSDR, 2020; Pramesti *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menyediakan data dasar mengenai status cemaran logam berat pada daging sapi di Kabupaten Kolaka, yang menunjukkan bahwa produk daging sapi dari wilayah terdampak pertambangan nikel dikategorikan tidak aman untuk dikonsumsi secara rutin. Meskipun akumulasi kadmium (Cd) di seluruh lokasi masih berada di bawah ambang batas aman (0,05 mg/kg), kandungan timbal (Pb) di Desa Sopura (3,44 mg/kg) dan Desa Oko-oko (1,51 mg/kg) telah melampaui

ambang batas maksimum SNI 7387:2009 dan Codex Alimentarius (0,1 mg/kg) hingga puluhan kali lipat. Selain itu, akumulasi nikel (Ni) di wilayah pertambangan (Oko-oko dan Sopura) serta wilayah pertanian (Toari) telah melewati batas acuan aman internasional (0,2 mg/kg). Temuan ini menjadi bahan evaluasi krusial bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan untuk segera merumuskan kebijakan manajemen penggembalaan yang ketat dan pengawasan rutin guna menjamin keamanan serta mutu pangan asal hewan di Kabupaten Kolaka.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Program Bantuan Pendanaan Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2025 yang telah memberikan dukungan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2020). Toxicological Profile for Nickel. US: Department of Health and Human Services.
- Ako, A., Utamy, R.F., & Rahatta, R.I. (2019). Heavy metal contents in beef cattle grazing in landfill of Makassar City. *Online Journal of Biological Sciences*, 19 (2), 115–120.
- Chowdhury, M.T., Rahman, M.S., Ahmed, S., & Hossain, M.A. (2024). Heavy metal contamination in livestock and associated health risks: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 31 (5), 7821–7835.
- Emami, M.H., Saberi, F., Mohammadzadeh, S., Fahim, A., Abdolvand, M., Dehkordi, S.A.E., & Maghool, F. (2023). A review of heavy metals accumulation in red meat and meat products in the Middle East. *Journal of Food Protection*, 86(3), 100048.
- Kabata-Pendias, A., & Mukherjee, A.B. (2007). *Trace Elements from Soil to Human*. Springer.
- Li, X., Feng, L., Liu, Y., Chang, E.E., & Fu, Y. (2014). Atmospheric deposition of Pb and its bioavailability in a rural area of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (13), 8091–8100.
- Pramesti, K.L., Suartha, I.N., & Adnyana, I.B. (2020). Profil hematologi, kadar timbal dan kadmium dalam darah sapi Bali yang rumennya mengandung sampah plastik. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9 (2), 222–229.
- Putra, A.A.G., Dewi, I.A.I., & Sudaryanto, A. (2018). Kandungan timbal (Pb) pada organ sapi Bali yang dipelihara di area TPA Suwung, Denpasar. *Jurnal Veteriner*, 19 (4), 512–519.
- Rahman, A., Hidayat, A., & Siregar, H. (2019). Cadmium accumulation in agricultural soil due to phosphate fertilizer application in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, The 3rd International Conference on Agricultural Engineering and Technology. Vol. 393. 2019, Makassar, Indonesia.
- Sugiono, N.R. (2024). Assessment of groundwater metals contamination using geoelectric methods: Pomalaa, Kolaka Regency. *BIO Web of Conferences*, The 5th International Conference on Bioscience and Biotechnology. Vol. 65. 2024, Mataram, Indonesia.
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., & Sutton, D.J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia Supplementum*, 101, 133–164.
- World Health Organization [WHO]. (2021). *Lead Poisoning and Health*. Geneva: World Health Organization.