



PN-004

## ANALISIS KANDUNGAN UNSUR LOGAM PADA PAKAN TERNAK DENGAN METODE ANALISIS AKTIVASI NEUTRON (AAN) REAKTOR KARTINI

### *ANALYSIS OF METAL ELEMENTS IN ANIMAL FEED WITH NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS (NAA) METHOD IN THE KARTINI REACTOR*

Taxwim, Sri Murniasih, dan Maria M.W.R.Y.

#### ABSTRAK

Telah dilakukan analisis kandungan logam pada pakan ternak berupa konsentrat untuk itik petelur (A), ayam pedaging (B), burung puyuh petelur (C), pelet ayam Bangkok (D), dedak (E), dan susu pengganti/replacer (F). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan dan konsentrasi logam (Ca, As, Hg, Cr, Fe, Zn, Co) dari pakan unggas (ayam, itik, puyuh) yang diberikan oleh kelompok peternak unggas setiap hari. Kandungan logam tersebut kemungkinan dapat terakumulasi pada ternak dan dapat membahayakan kesehatan masyarakat jika mengonsumsinya. Kandungan logam yang melebihi nilai batas ambang akan berbahaya terhadap manusia jika dikonsumsi dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Metode penelitian ini menggunakan Analisis Aktivasi Neutron pada Reaktor Kartini dengan fluks neutron sebesar  $\pm 10^{12} \text{ n cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Dari hasil penelitian, diperoleh kandungan Ca terbesar pada sampel (A), yaitu  $4,622 \pm 0,098\%$ , kandungan As terbesar pada sampel (D), yaitu  $0,188 \pm 0,032 \text{ mg/kg}$ , kandungan terbesar Hg pada sampel (A), yaitu  $0,225 \pm 0,028 \text{ mg/kg}$ , kandungan terbesar Cr pada sampel (E), yaitu  $20,137 \pm 0,247 \text{ mg/kg}$ , kandungan terbesar Fe pada sampel (A), yaitu  $0,068 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$ , kandungan terbesar Zn pada sampel (A), yaitu  $1088,789 \pm 5,503 \text{ mg/kg}$ , dan kandungan terbesar Co pada sampel (A), yaitu  $1,713 \pm 0,043 \text{ mg/kg}$  dengan masing-masing unsur mempunyai pengaruh terhadap ternak dan manusia sehingga kelompok peternak dapat memilih pakan yang sesuai. Dari data analisis kandungan logam berat pada pakan ternak tersebut dapat disimpulkan masih dalam batas aman.

**Kata kunci:** Pakan Ternak; Logam Berat; Irradiasi Neutron; AAN.

#### ABSTRACT

*An analysis of the metal content in animal feed has been carried out in the form of concentrate for laying ducks (A), broilers (B), laying quail (C), Bangkok chicken pellets (D), milk powder/replacer (E),*

Taxwim, S. Murniasih, & M. W. R. Y. Maria

\*Pusat Riset Teknologi Akselerator BRIN dan Dinas Pertanian, Pangan, dan Perikanan Sleman, e-mail: taxw001@brin.go.id atau taxwim@batan.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN

Taxwim, S. Murniasih, dan M. W. R. Y. Maria, "Analisis kandungan unsur logam pada pakan ternak dengan metode analisis aktivasi neutron (AAN) reaktor kartini," Dalam *Prosiding Seminar APISORA 2021 "Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing,"* T. Wahyono, A. Citraresmini, D. P. Rahayu, Oktaviani, dan N. Robifahmi, Eds. Jakarta: Penerbit BRIN, November 2023, ch. 3, pp. 27–36, DOI: 10.55981/brin.690.c644

E-ISBN: 978-623-8372-02-7



and bran flour (F). This study aims to determine the metal content and concentration of (Ca, As, Hg, Cr, Fe, Zn, Co) in poultry feed (chicken, duck, quail) was given by poultry farmer groups every day. The metal content can accumulate in livestock and can endanger the health of the people if consuming it. The metal content that exceeds the threshold value will be harmful to humans if consumed and can cause environmental pollution. This research method uses Neutron Activation Analysis in the Kartini Reactor with a neutron flux ranging  $\pm 10^{12} \text{ n cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . The results of analysis obtained the largest Ca content in sample (A), is  $4.622 \pm 0.098\%$ , the largest As content in sample (D), is  $0.188 \pm 0.032 \text{ mg/kg}$ , the largest content of Hg in sample (A), is  $0.225 \pm 0.028 \text{ mg/kg}$ , the largest content of Cr in the bran sample (E), is  $20.137 \pm 0.247 \text{ mg/kg}$ , the largest content of Fe in sample (A), is  $0.068 \pm 0.001 \text{ mg/kg}$ , the highest content of Fe in sample (A), is  $0.068 \pm 0.001 \text{ mg/kg}$ , the largest Zn in sample (A), is  $1088.789 \pm 5.503 \text{ mg/kg}$ , and the largest Co content in sample (A), is  $1.713 \pm 0.043 \text{ mg/kg}$ , with each element affecting livestock and humans so that the farmer group can choose the appropriate feed. The results of data analysis of heavy metal content using the NAA method in animal feed can be concluded that it is still within safe limits.

**Keywords:** Animal Feed; Heavy Metals; Neutron Irradiation; NAA.

## PENDAHULUAN

Kebutuhan nutrisi bagi manusia banyak diperoleh dari konsumsi makanan sehari-hari, seperti beras, gandum, daging, telur, buah-buahan, susu, dan sayuran. Nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dibagi menjadi 2 jenis, yaitu makro nutrisi dan mikro nutrisi. Unsur-unsur sebagai makro nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah  $\sim 150 \text{ mg/hari}$ , antara lain Ca, Mg, K, dan Na. Unsur yang termasuk dalam mikro nutrisi, antara lain Fe, Zn, Co, dan Cr [1].

Kalsium (Ca) merupakan unsur yang sangat berperan sebagai pembentuk dan kesehatan tulang. Kekurangan asupan Ca dapat menyebabkan seseorang lebih rentan mengalami penyakit osteoporosis. Magnesium (Mg) di dalam tubuh sering dikaitkan dengan kesehatan tulang. Tubuh membutuhkan magnesium untuk membangun sel tulang yang baru. Selain itu, Mg juga berperan dalam membantu aktivasi vitamin D dalam mengatur kebutuhan Ca dan P guna menunjang pertumbuhan dan pembentukan tulang. Kebutuhan mineral Mg dalam tubuh antara  $330\text{--}360 \text{ mg/hari}$  [8]. Kalium (K) dibutuhkan dalam bentuk elektrolit di dalam tubuh yang berperan penting dalam mengatur cairan tubuh, menghantar sinyal listrik pada saraf, dan mengatur kontraksi otot. Natrium (Na) berperan dalam kerja otot dan saraf, serta menjaga tekanan darah dalam tubuh [2].

Beberapa mikro nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh termasuk ke dalam golongan logam berat, di mana pada jumlah tertentu sangat bermanfaat bagi tubuh, tetapi apabila jumlahnya melebihi batasan toleransi dibutuhkan, dapat menyebabkan *toxic* [3]. Besi (Fe) di dalam tubuh dibutuhkan  $\sim 18 \text{ mg/hari}$ , di mana Fe berfungsi untuk membantu mengantarkan oksigen ke seluruh bagian tubuh. Selain itu, mineral Fe juga dibutuhkan untuk pembentukan sel darah, kofaktor enzim, fungsi otak dan otot, serta memperkuat sistem imunitas dalam tubuh. Kekurangan Fe dapat memicu terjadinya anemia yang memiliki gejala pusing, lemas, dan tidak bertenaga [4]. *Zinc*



(Zn) di dalam tubuh dibutuhkan  $\sim 15$  mg/hari, di mana ia memegang peran dalam menjaga fungsi membran, sistem imun, juga sebagai antioksidan [4],[5]. *Cobalt* (Co) merupakan *trace element* yang penting bagi tubuh baik pada jumlah  $\sim 6$   $\mu\text{g}$ /hari. Unsur Co merupakan bagian integral dari vitamin B12 dan memiliki peran penting dalam pembentukan asam amino dan neurotransmitter [4],[5],[6]. Krom (Cr) merupakan *trace element* yang mempunyai peran penting dalam metabolisme glukosa dengan berfungsi sebagai kofaktor untuk kerja insulin. Kebutuhan Cr dalam tubuh tidak lebih dari 120  $\mu\text{g}$ /hari [1].

Kebutuhan nutrisi dalam bentuk protein yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia adalah daging dan telur ayam/unggas. Daging dan telur ayam mempunyai harga yang relatif cukup terjangkau oleh masyarakat, menyebabkan kebutuhan konsumsi masyarakat makin meningkat. Hal ini mengakibatkan makin meningkatnya perkembangan kelompok peternak sebagai penyuplai pasokan daging ayam dan telur. Ayam ras petelur merupakan salah satu unggas yang populasinya terus meningkat sejak tahun 2010 dikarenakan meningkatnya kebutuhan konsumsi telur oleh masyarakat [6],[7]. Berdasarkan hasil Rakor (Rapat Koordinasi) Kemenko Perekonomian tanggal 18 November 2020, diketahui bahwa kebutuhan konsumsi daging ayam nasional sebesar 11,75 kg/kapita/tahun. Potensi produksi daging ayam tahun 2021 mencapai 4.034.794 ton, sementara proyeksi kebutuhan daging ayam ras tahun 2021 adalah sebanyak 3.198.920 ton dengan jumlah penduduk sebanyak 272.248.500 jiwa [8].

Di setiap kabupaten/wilayah terdapat kelompok peternak yang perlu diperhatikan, dibina, dan diawasi oleh Pemda setempat untuk mengembangkan hasil peternakannya. Pakan ternak biasanya banyak beredar di pasaran berupa campuran dari berbagai bahan, seperti konsentrat dari tepung, ikan, kepala udang, tulang, dan penambahan beberapa unsur sebagai suplemen bagi pertumbuhan binatang ternak. Potensial kontaminasi logam berat, baik oleh bahan baku atau pun selama proses produksi pakan ternak, dapat memengaruhi kesehatan binatang ternak. Hal ini juga dapat memengaruhi kesehatan masyarakat sebagai konsumen yang menduduki puncak piramida rantai makanan. Beberapa logam berat yang dapat mengontaminasi bahan makanan, seperti Hg, Pb, dan Cd menjadi tidak aman bagi konsumen karena akan mengganggu proses fisiologis dalam tubuh [1],[9],[10]. Logam esensial seperti Fe, Co, Cu, dan Zn juga dapat berpengaruh buruk bagi tubuh bila kandungannya dalam bahan makanan berlebihan [11]. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terhadap keamanan pakan ternak, terutama kandungan logam berat sehingga meminimalisasi dampak yang lebih luas.

Penelitian ini bertujuan mengetahui kandungan konsentrasi logam (Ca, As, Hg, Cr, Fe, Zn, Co) dari pakan unggas (Ayam, Itik, Puyuh), susu *replacer*/pengganti pada ternak yang diberikan setiap hari oleh kelompok peternak unggas yang dapat terakumulasi pada binatang ternak dan dapat membahayakan kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi.



## METODE PERCOBAAN

Analisis kandungan logam berat pada penelitian ini dengan memanfaatkan iradiasi neutron thermal yang dihasilkan oleh reaktor nuklir yang lebih dikenal dengan nama Analisis Aktivasi Neutron (AAN). Metode AAN adalah salah satu teknik atau metode uji tak merusak yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur dalam suatu bahan, baik kualitatif maupun kuantitatif. Metode ini didasarkan pada reaksi nuklir ( $n, x$ ) antara neutron dan bahan (materi) uji, yang kemudian dideteksi hasil interaksinya, berupa radiasi gamma yang sangat spesifik bagi setiap unsurnya. Metode ini mempunyai keunggulan tersendiri, yaitu selain tidak merusak bahan yang diuji, mampu menganalisis dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi, mencapai orde ppb (part per bilion) yang tidak mungkin dihasilkan oleh metode lain, multi unsur dalam satu kali pengujian [12].

### Bahan

Bahan yang digunakan, antara lain sampel pakan ternak berupa konsentrat dalam bentuk pelet atau bubuk kasar yang digunakan sebagai pakan untuk itik petelur (A), ayam pedaging (B), burung puyuh petelur (C), pelet ayam bangkok (D), dedak (E), dan susu pengganti/*replacer* buatan pabrik (F). Sampel diperoleh dari beberapa kelompok peternak yang berada di Kabupaten Sleman (Tabel 1). Larutan standar tunggal Merk untuk unsur Ca, Fe, Co, As, Hg, Cr, Zn, SRM *Tomato Leaves*, dan NIST *Milk Powder*.

**Tabel 1.** Jenis Sampel Pakan

No.	Sampel	Pakan	Jenis pakan	Asal
1	A	Itik petelur	Konsentrat	Sleman
2	B	Ayam pedaging	Konsentrat	Sleman
3	C	Burung Puyuh	Konsentrat	Sleman
4	D	Ayam Bangkok	Pelet	Sleman
5	E	Unggas	Dedak	Sleman
6	F	<i>Replacer</i> unggas	Susu bubuk	Sleman

### Alat

Alat yang dipergunakan pada penelitian ini, antara lain peralatan preparasi sampel Ball Mill untuk menghaluskan sampel agar diperoleh kelembutan 100 mesh, ayakan, seperangkat alat analisis spektrometer Gamma ( $\gamma$ ) yang dilengkapi dengan detektor semikonduktor HPGe dan *software Genie 2000*, vial sampel yang terbuat dari bahan *polyethelene*, serta Reaktor Kartini dengan fluks neutron sebesar  $\pm 10^{12}$  n cm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> sebagai penghasil neutron thermal dengan batas limit deteksi pengukuran dapat mencapai orde ppb (part per bilion).

### Tata Kerja

Sampel yang telah kering dihaluskan menggunakan mesin Ball Mill (Gambar 1) untuk masing-masing bahan dengan berat 37,5 gram selama 60 menit dengan



kecepatan 200 rpm, agar diperoleh kehalusan 100 mesh. Sampel yang telah halus dan homogen ditimbang 100 mg menggunakan timbangan analitik semimikro Sartorius dan dimasukkan dalam vial *polyethelene* serta diberi identitas. SRM *Tomato Leaves* dan NIST *Milk Powder* digunakan untuk *Quality Control* (QC) hasil analisis, di mana SRM ditimbang seberat 100 mg, dan dimasukkan ke dalam vial *polyethelene* serta diperlakukan sama dengan sampel. Standar kering campuran ini dibuat dari beberapa standar tunggal Merck yang digunakan untuk analisis kuantitatif. Semua sampel disusun dalam kelongsong iradiasi, di mana sampel, standar, SRM, dan blanko berada dalam 1 layer. Tiap sampel disiapkan dalam 9 vial (Gambar 2), di mana 3 vial untuk analisis unsur umur pendek (Ca), 3 vial untuk umur sedang (As), dan 3 vial untuk umur panjang (Cr, Co, Fe, Hg, dan Zn). Iradiasi unsur umur pendek dilakukan pada fasilitas *pneumatic* selama 5 menit, kemudian didiamkan selama 8 menit, dan diukur menggunakan spektrometer gamma yang dilengkapi detektor HPGe dan *software Genie-2000* (Gambar 3) selama 5 menit. Iradiasi unsur umur sedang dilakukan pada fasilitas Lazy Suzan selama 6 jam, kemudian didiamkan selama 1–2 hari, dan diukur menggunakan spektrometer gamma selama 20 menit. Iradiasi unsur umur panjang dilakukan pada fasilitas Lazy Suzan selama 3×7 jam, kemudian didiamkan selama 10–30 hari, dan diukur menggunakan spektrometer gamma selama 2–10 jam.



**Gambar 1.** Mesin Ball Mill



**Gambar 2.** Sampel Siap Diiradiasi

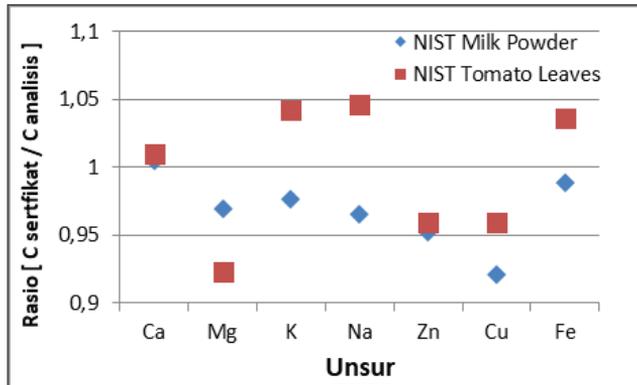


**Gambar 3.** Peralatan Spectrometer Gamma

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis logam berat pada sampel dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), XRF, ICP-MS, ICP-OES, dan AAN. Dalam penelitian ini, metode AAN dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan metode analisis lainnya. Beberapa di antaranya, yaitu tidak memerlukan perlakuan awal (pre-treatment) dalam preparasi sampel, memiliki batas limit deteksi pengukuran hingga orde ppb, memiliki selektivitas tinggi, dan mampu melakukan analisis multi-elemen [13].

Analisis kuantitatif dilakukan dengan membandingkan intensitas sinar gamma yang dipancarkan isotop tertentu dalam sampel dengan intensitas sinar gamma yang dipancarkan oleh isotop yang sama dalam standar atau lebih dikenal dengan istilah metode komparatif (Gambar 4), sedangkan analisis kualitatif dilakukan berdasarkan energi sinar gamma karakteristik yang dipancarkan oleh isotop tertentu sehingga dapat diketahui kandungan unsur apa saja yang ada dalam sampel (Gambar 5).



**Gambar 4.** Rasio Nilai Sertifikat Dengan Nilai Hasil Analisis

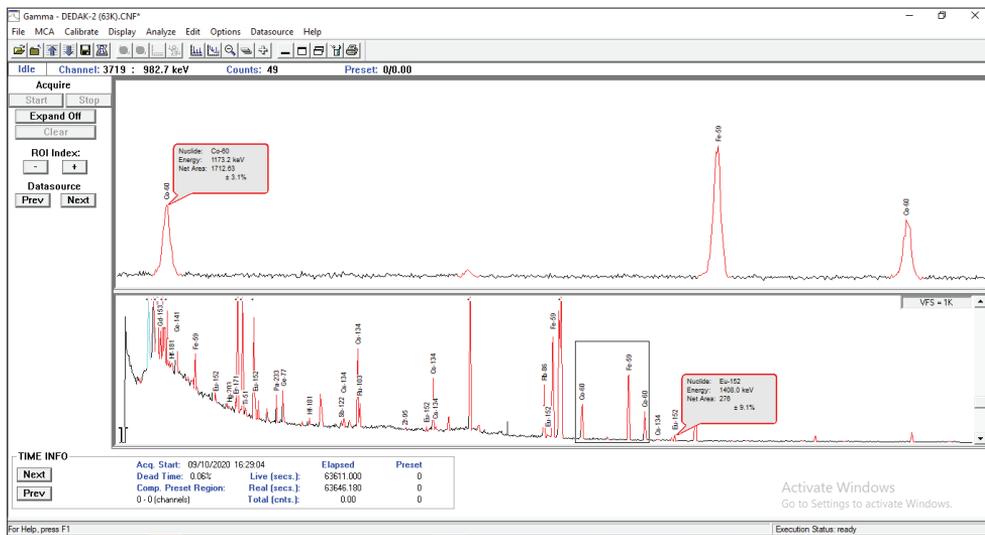
*Quality Control* dibutuhkan untuk menjamin hasil analisis. Pada penelitian ini, digunakan 2 *Standard Reference Material* (SRM), yaitu 1549a *Whole Milk Powder* dan 1573a *Tomato Leaves*. SRM diperlakukan sama dengan sampel. *Relative Standard Error* (RSD) hasil analisis kedua SRM menunjukkan nilai  $0,9 < x < 1,1$ . Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisis sampel menggunakan metode AAN mempunyai error  $< 10\%$ . Hasil analisis dinyatakan valid dan dapat dipercaya kebenarannya [13].

Hasil analisis kualitatif (Gambar 3) diketahui bahwa pada 5 sampel pakan ternak mengandung unsur Ca pada tenaga 3084 keV, unsur As pada tenaga 559 keV, unsur Cr pada tenaga 320 keV, unsur Fe pada tenaga 1099 keV, unsur Hg pada tenaga 279 keV, unsur Co pada tenaga 1173 ke V, dan unsur Zn pada tenaga 1115 keV.

Hasil analisis kuantitatif sampel disajikan pada Tabel 2. Dari hasil analisis, diperoleh kandungan Ca terbesar pada sampel (A), yaitu  $4,622 \pm 0,098\%$ . Kandungan Ca sangat dibutuhkan oleh tubuh dan kelebihanannya secara alami akan dikeluarkan oleh tubuh melalui ekskresi. Kandungan As dalam sampel pakan hewan unggas masih di bawah nilai yang diizinkan, di mana batas kandungan As dalam pakan hewan berbulu tidak boleh lebih dari 2 mg/kg. Kandungan As terbesar pada sampel D, yaitu  $0,188 \pm 0,032$  mg/kg. Konsentrasi As pada pakan ternak bersifat *toxic* jika dalam jumlah 100 mg/kg [14]. Hampir semua sampel pakan hewan unggas masih di bawah nilai yang diizinkan, di mana batas kandungan Hg dalam pakan hewan berbulu tidak boleh lebih dari 0,1 mg/kg. Hanya sampel A yang mempunyai kandungan Hg melebihi izin yang diberikan, yaitu sebesar  $0,225 \pm 0,028$  mg/kg. Kandungan Hg dalam pakan ternak bersifat *toxic* jika dalam jumlah  $\geq 1$  mg/kg [14],[15]. Hampir semua sampel mempunyai kandungan Cr lebih kecil dibandingkan batas izin yang direkomendasikan. Hanya sampel E yang mempunyai nilai konsentrasi Cr yang melebihi izin yang diberikan, yaitu sebesar  $20,137 \pm 0,247$  mg/kg, di mana batas kandungan Cr dalam pakan hewan berbulu tidak boleh lebih dari 10 mg/kg. Kandungan Cr pada pakan ternak dapat bersifat *toxic* apabila konsentrasi 50–300



mg/kg [14]. Kandungan terbesar Fe pada sampel (A), yaitu  $0,540 \pm 0,007\%$ . Besi dibutuhkan tubuh ayam dalam jumlah yang cukup besar, yaitu 4.500 mg/kg. Kandungan terbesar Zn pada sampel (A), yaitu  $1088,789 \pm 5,503$  mg/kg, di mana besarnya kandungan Zn masih dapat dinyatakan aman untuk konsumsi binatang ternak. Kandungan Zn dalam pakan ternak yang dapat bersifat *toxic* adalah 4.000 mg/kg [14,16]. Kandungan terbesar Co pada sampel (A), yaitu  $1,713 \pm 0,043$  mg/kg. Nilai ini masih dinyatakan aman karena batasan jumlah Co dalam pakan ternak dinyatakan bersifat *toxic* dalam jumlah 100–200 mg/kg [14].



Gambar 5. Hasil Pengukuran Sampel E Pakan Unggas Menggunakan Spektrometer Gamma

Tabel 2. Hasil Analisis Kuantitatif Sampel Pakan Ternak Menggunakan Metode AAN

Sampel	Konsentrasi						
	Ca (%)	As (mg/kg)	Hg(mg/kg)	Cr (mg/kg)	Fe (%)	Zn (mg/kg)	Co (mg/kg)
A	4,522±0,098	0,082±0,004	0,225±0,028	8,514±0,592	0,540±0,007	1088,789±5,503	1,713±0,043
B	1,278±0,037	0,030±0,009	0,068±0,009	1,948±0,043	0,038±0,001	253,349±1,881	0,662±0,027
C	1,488±0,033	0,037±0,008	0,043±0,004	2,511±0,335	0,189±0,004	208,355±2,368	0,431±0,028
D	1,327±0,037	0,188±0,032	0,052±0,005	2,721±0,197	0,249±0,005	189,810±2,150	0,056±0,002
E	0,073±0,002	0,064±0,005	0,031±0,005	20,137±0,247	0,068±0,001	22,608±0,524	0,024±0,001
F	0,921±0,016	< 0,010	< 0,001	0,186±0,058	0,010±0,001	112,005±1,400	0,003±0,001



Pengendalian kandungan logam berat dalam pakan ternak perlu terus dipantau mengingat sifat logam berat yang *toxic* dan mudah terakumulasi dalam tubuh melalui jalur makanan, pernafasan, maupun penyerapan (bioakumulasi).

## KESIMPULAN

Kandungan unsur esensial pada pakan ternak perlu dikendalikan mengingat beberapa unsur esensial termasuk logam berat yang dibutuhkan bagi pertumbuhan binatang ternak dengan jumlah tertentu. Kandungan logam berat yang melebihi nilai rekomendasi yang diterapkan dapat menyebabkan bersifat *toxic* bagi binatang ternak dan dapat mengalami bioakumulasi sampai ke tubuh manusia. Analisis kandungan 5 jenis pakan ternak yang banyak digunakan oleh peternak di Sleman, Yogyakarta mengandung unsur Ca, As, Fe, Co, Hg, Cr, dan Zn. Kandungan unsur tersebut pada sampel pakan ternak hampir semuanya masih dikategorikan aman dan tidak bersifat *toxic*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf reaktor Kartini, seluruh staf laboratorium AAN dan seluruh staf lingkungan Bidang Keselamatan dan Keteknikan-PRTA, atas kerja sama yang baik dalam mengiradiasi dan preparasi sampel serta terima kasih pula kepada perorangan dan atau institusi yang membantu penulis dalam melakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. T. Bhattacharya, S. R. Misra, dan M. Hussain, "Nutritional aspects of essential trace elements in oral health dan disease: an extensive review," *Scientifica* (Cairo), doi:10.1155/2016/5464373, 2016.
- [2] M. López-Alonso, "Trace minerals and livestock: not too much not too little," *ISRN Vet Sci*, pp. 1–18, Des. 2012, doi:10.5402/2012/704825.
- [3] A. Rosihan dan Husaini, "*Logam berat sekitar manusia, Lambung Mangkurat*," Banjarmasin: University Press, 2017.
- [4] N. Pagrut dan S. Ganguly, "Importance of trace elements in animal reproduction: a review," *Int. J. Pharm. Res. Bio-Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 11–17, Jun. 2018.
- [5] Anonim, "Essential trace elements for plants, animals dan humans," dalam *Pros. Seminar NEJ No. 370*, Agricultural University of Iceland, 2005.
- [6] Sholikha, dkk., "Analisis kandungan logam timbal (Pb), besi (Fe) dan magnesium (Mg) pada pakan ayam ras petelur dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA)," *Sainstech Farma*, e-ISSN 2776-1878 p-ISSN 2086-7816, vol. 14, no.2, pp.109–113, 2021.
- [7] Setiawati, dkk., "Performa produksi dan kualitas telur ayam petelur pada sistem litter dan cage dengan suhu kandang berbeda," *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, vol. 4, no. 1, pp. 197–203, Jan. 2016, doi: 10.29244/4.1.197-203.



## SEMINAR APISORA 2021

Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing

- [8] Yulianto, "Tabun 2021, diprediksi orang Indonesia makan 2,7 miliar ekor ayam," [Online]. Tersedia: <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/ternak/15459-Tahun-2021-Diprediksi-Orang-Indonesia-Makan-27-Miliar-Ekor-Ayam>.
- [9] L. Prashanth, dkk., "A review on role of essential trace elements in health dan disease," *J. Dr. NTR Univ. Health Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2015.
- [10] M. M. Onakpa, A. A. Njan, dan O. C. Kalu, "A review of heavy metal contamination of food crops in Nigeria," *Ann Glob Health*, vol. 84, no. 3, pp. 488–494, 2018, doi: 10.29024/aogh.2314.
- [11] Darmono, "Suplementasi logam dan mineral untuk kesehatan ternak dalam mendukung swasembada daging," *J. Pengemb. Inovasi Pertan.*, 2011.
- [12] S. Murniasih dan A. Taftazani, "Perbandingan hasil analisis dua laboratorium menggunakan metode yang berbeda," *Ganendra*, vol. 20, no. 1, pp. 2503–5029, Jan. 2017, doi: 10.17146/gnd.2017.20.1.3115.
- [13] A. Taftazani, dkk., "Comparison of NAA XRF dan ICP-OES methods on analysis of heavy metals in coals dan combustion residues," *Indones. J. Chem.*, vol. 17, no. 2, pp. 228–237, Jul. 2017, doi: 10.22146/ijc.17686.
- [14] M. A. Korish dan Y. A. Attia, "Evaluation of heavy metal content in feed, litter, meat, meat products, liver, dan table eggs of chickens," *Animals*, vol. 10, no. 727, Apr. 2020, doi: 10.3390/ani10040727.
- [15] P. F. Gerber, N. Gould, dan E. McGahan, "Potential contaminants and hazards in alternative chicken bedding materials and proposed guidance levels: a review," *Poultry Sci.*, vol. 99, no. 12, pp. 6664–6684, Des. 2020, doi: 10.1016/j.psj.2020.09.047.
- [16] H. M. Salim, C. Jo, dan B. D. Lee, "Zinc in broiler feeding dan nutrition," *Avian Biol. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–18, Jul. 2008, doi: 10.3184/175815508X334578.