

## IDENTIFIKASI KECUKUPAN MINERAL MIKRO SELENIUM DAN SENG PADA PAKAN SAPI PERAH AWAL LAKTASI DI KOPERASI SARONO MAKMUR, SLEMAN, YOGYAKARTA

### *Identification of Micro Minerals Selenium and Zinc in Lactating Dairy Cattle Feed at Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta*

Moh Sofi'ul Anam<sup>1</sup>, Ali Agus<sup>1</sup>, Budi Prasetyo Widyobroto<sup>2</sup>, Gunawan<sup>3</sup>, dan Andriyani Astuti<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup>Departemen Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada

<sup>2</sup>Departemen Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada

Jl. Fauna No. 03, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta, 55281, Indonesia

<sup>3</sup>Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Raya Jakarta - Bogor KM 46, Cibinong, Bogor, 16911, Indonesia

### ABSTRAK

#### KORESPONDENSI

Andriyani Astuti  
Departemen Nutrisi dan  
Makanan Ternak, Fakultas  
Peternakan, Universitas  
Gadjah Mada

email :  
[andriyaniastuti@ugm.ac.id](mailto:andriyaniastuti@ugm.ac.id)

*Trace minerals*, seperti selenium (Se) dan seng (Zn) merupakan mikro elemen penting untuk menjaga sistem fisiologis dan imunologis pada sapi perah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kandungan dan kecukupan mineral mikro Se dan Zn dalam pakan sapi perah pada fase awal laktasi di Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta. Dilakukan pengambilan sampel pakan serat dan konsentrat yang digunakan sebagai ransum dari 24 ekor sapi perah awal laktasi (*days in milk* <100 hari). Mineral mikro dianalisis menggunakan instrumen *inductively coupled plasma mass spectrometry*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Se dalam bahan pakan serat berkisar antara 0,03-0,20 mg/kg bahan kering (BK) dan Se dalam pakan konsentrat berkisar antara 0,16-0,64 mg/kg BK. Kandungan Zn dalam pakan serat berkisar antara 12,75-33,10 mg/kg BK dan Zn dalam konsentrat berkisar antara 35,50-73,50 mg/kg BK. Kandungan Se dan Zn dalam ransum masing-masing yaitu 0,16 dan 28,93 mg/kg BK. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu kandungan mineral mikro Se dan Zn pada berbagai jenis pakan serat dan konsentrat di Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta menunjukkan nilai yang bervariasi. Selain itu, kadar Se dan Zn dalam ransum masih berada di bawah standar yang direkomendasikan untuk sapi perah laktasi. Oleh karena itu, suplementasi mineral Se dan Zn perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan kualitas ransum dan mendukung kesehatan serta produktivitas sapi perah awal laktasi.

**Kata Kunci:** kecukupan, pakan, sapi perah, selenium, seng

### ABSTRACT

*Trace minerals, such as selenium (Se) and zinc (Zn), are essential microelements for maintaining physiological and immunological systems in dairy cows. The aim of this study was to identify the content and adequacy of the trace minerals Se and Zn in the feed of dairy cows during the early lactation phase at Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta. Feed samples, including forages and concentrates used for 24 early lactation dairy cows (days in milk <100 days), were collected. The trace minerals were analyzed using inductively coupled plasma mass spectrometry. The results showed that the Se content in forage materials ranged from 0.03 to 0.20 mg/kg dry matter (DM), while Se in concentrate materials ranged from 0.16 to 0.64 mg/kg DM. Zn content in forages ranged from 12.75 to 33.10 mg/kg DM, and Zn in concentrates ranged from 35.50 to 73.50 mg/kg DM. The Se and Zn content in the total diet were 0.16 and 28.93 mg/kg DM, respectively. The study concluded that the levels of trace minerals Se and Zn in various types of forage and concentrate feed at Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta varied. Additionally, the Se and Zn levels in the diet were still below the recommended standards for lactating dairy cows. Therefore, trace mineral supplementation should be considered to improve feed quality and support the health and productivity of early lactation dairy cows.*

**Keywords:** *adequacy, dairy cows, feed, selenium, zinc*

### PENDAHULUAN

Hingga saat ini, produksi susu nasional masih belum dapat memenuhi permintaan konsumen. Produksi Susu Segar Dalam Negeri (SSDN) hanya mampu mencakup 22% dari kebutuhan nasional, sehingga 78% sisanya harus diimpor (BPS, 2021). Oleh karena itu, berbagai upaya diperlukan untuk mencukupi kebutuhan susu dalam negeri, seperti meningkatkan produksi dan populasi ternak sapi perah. Sebagian besar produksi ternak di Indonesia berasal dari peternakan kecil berskala terbatas, yang sering kali kurang memperhatikan pemenuhan kebutuhan nutrisi ternak melalui pakan (Anam *et al.*, 2022). Secara umum, karakteristik peternak kecil mencakup kepemilikan ternak yang rendah (kurang dari 5 ekor), ternak berperan sebagai tabungan hidup, kandang terletak di pemukiman padat, lahan pemeliharaan yang sempit, usaha diwariskan secara turun-temurun, dan

peternak mengadopsi sistem bagi hasil apabila modal usaha terbatas (Agus & Widi, 2018; Zakiah *et al.*, 2017). Jumlah dan kualitas ransum merupakan salah satu faktor utama yang berkontribusi besar pada peternakan sapi perah yang efisien dan menguntungkan, terutama pada peternakan kecil (Wanapat *et al.*, 2018). Selanjutnya, kecukupan dan keseimbangan nutrisi yang tepat sangat penting dalam program pengembangan ternak ruminansia. Potensi genetik sapi perah untuk produksi susu yang optimal hanya dapat terwujud apabila nutrisi yang memadai dapat tersedia dengan baik (Bhandari *et al.*, 2016).

Periode awal laktasi pada ternak perah merupakan periode yang penting dan membutuhkan penyesuaian fisiologis yang besar. Pada periode tersebut, sapi dapat mengalami stres metabolik yang tinggi karena meningkatnya kebutuhan energi untuk produksi susu yang maksimal (Gross, 2023). Tingginya produksi susu juga mendorong terjadinya

keseimbangan energi negatif dan inflamasi yang dapat mengganggu fungsi hati (Trevisi *et al.*, 2015). Selama periode transisi, sapi perah mengalami perubahan metabolisme yang besar dikarenakan adanya perubahan hormon dan kebutuhan energi untuk menghasilkan susu. Dengan adanya keseimbangan energi negatif pada periode transisi, juga dapat memberikan pengaruh terhadap penurunan sistem kekebalan tubuh dan peningkatan resiko penyakit inflamasi seperti mastitis dan ketosis (Ringseis *et al.*, 2015). Selain itu, inflamasi pada awal laktasi sering dikaitkan dengan penurunan produksi susu dan masalah pada reproduksi (Olagaray *et al.*, 2019). Lebih lanjut, sapi perah mengalami stres oksidatif dikarenakan adanya perubahan dalam metabolisme lemak dan protein sehingga memicu peningkatan *reactive oxygen species* (ROS) (Ayemele *et al.*, 2021). Ketidakseimbangan antara produksi ROS dan ketersediaan antioksidan selama masa transisi dari kebuntingan menuju awal laktasi dapat meningkatkan resiko terjadinya stres oksidatif (Gong & Xiao, 2016). Defisiensi nutrisi merupakan penyebab utama penurunan imunitas, sementara pemberian ransum yang baik dapat meningkatkan kesehatan sapi perah pada periode tersebut (Ingvarsen & Moyes, 2013).

Mineral mikro merupakan elemen nutrisi yang kecil dalam kebutuhannya namun memiliki peran penting dalam ransum sapi perah. Mineral mikro berfungsi sebagai kofaktor metalloenzim dan dibutuhkan untuk beberapa proses biologis, termasuk pengaturan keseimbangan oksidatif, sintesis vitamin dan protein, serta fungsi sel imun (Mion *et al.*, 2022). Di antara beberapa mineral mikro yang mempunyai efek penting terhadap produktivitas dan imunitas

ternak adalah selenium (Se) dan seng (Zn). Selenium merupakan komponen struktural enzim *glutathione peroxidase* (GSH-Px) yang mengkatalisis reduksi hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Enzim ini penting dalam menyediakan *nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* (NADPH) untuk proses respirasi intensif bersama dengan *glutathione reductase*, serta menjaga kapasitas bakterisidal neutrofil. Selain itu, enzim tersebut juga menonaktifkan produksi ROS, sehingga dapat mencegah kerusakan leukosit. Selenium berperan besar dalam migrasi neutrofil ke jaringan dan proses inflamasi yang menyertainya (Palomares, 2022). Selanjutnya, Zn termasuk mineral mikro esensial yang mengatur enzim dalam berbagai jalur biokimia dalam tubuh. Seng merupakan komponen penting dari respon imun dan diperlukan untuk menjaga kelenjar timus. Oleh karena itu, Zn memiliki dampak positif pada produksi antibodi seperti imunoglobulin. Kekurangan Zn dalam ransum dapat meningkatkan kejadian mastitis pada sapi perah (Oconitrillo *et al.*, 2024). Selenium dan seng berperan penting dalam sistem imunitas dan aktivitas antioksidan, membantu mengurangi stres oksidatif dan penyakit seperti mastitis (Oltamari *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 1997; Zigo *et al.*, 2014).

Kandungan Se dan Zn dalam pakan sangat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, seperti kondisi iklim, jenis tanah, dan varietas tanaman pakan (Overton & Yasui, 2014; Spears, 2003). Sebagian besar peternak sapi perah di Yogyakarta dikategorikan sebagai kelompok peternak kecil yang bersifat mandiri, sehingga mereka menghadapi berbagai tantangan dalam menyediakan pakan yang cukup dan berkualitas (Widyobroto *et al.*, 2019). Namun demikian, belum banyak diketahui terkait

profil dan kecukupan mineral mikro dalam pakan terutama Se dan Zn yang digunakan oleh peternak sapi perah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan dan kecukupan mineral mikro Se dan Zn dalam pakan sapi perah pada fase awal laktasi di Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2023 hingga Januari 2024 di Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta (-7.65798° N, 110.44358° E). Tahap awal yang dilakukan adalah survei untuk mengidentifikasi sapi awal laktasi yang dijadikan sampel penelitian. Sebanyak 24 ekor sapi awal laktasi dengan *days in milk* (DIM) kurang dari 100 hari digunakan dalam penelitian ini. Ternak yang digunakan dalam penelitian berasal dari 21 orang peternak. Periode pengamatan dilakukan selama 7 minggu. Dilakukan pengambilan sampel pakan serat dan konsentrat yang digunakan sebagai pakan untuk sapi-sapi tersebut. Pakan yang diberikan ditimbang bobot segarnya setiap hari selama 1 minggu dan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 200-300 gram. Pakan yang terkumpul disimpan dalam refrigerator dan dilakukan komposit pada akhir penelitian.

### Penentuan Kandungan Bahan Kering

Pakan serat yang meliputi rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*), jerami tebon jagung (*Zea mays*), jerami padi (*Oryza sativa*), gamal (*Gliricidia sepium*), jerami kacang tanah (*Arachis hypogaea*), rumput Bermuda (*Cynodon dactylon*) dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama 96 jam. Sampel pakan serat dan konsentrat kemudian di-*grinding*

menggunakan *hammer mill* dengan ukuran *screen* 1 mm. Sebanyak 2 gram sampel bubuk lalu dioven selama 24 jam untuk mengetahui kadar bahan kering (BK) sampel.

### Penentuan Kandungan Mineral Selenium dan Seng

Sebanyak 250 gram sampel pakan ditambahkan dengan 2 mL aquadest dan 5 mL asam nitrat, kemudian diabukan menggunakan *microwave digestion*. Setelah proses pengabuan, sampel diencerkan hingga 50 mL dengan aquadest dan dibiarkan selama 1 malam sebelum diukur kadar mineralnya. Kadar mineral dalam pakan selanjutnya diukur menggunakan instrumen *inductively coupled plasma mass spectrometry* (ICP-MS, Agilent 7850, Agilent, Santa Clara, USA). Setelah didapatkan hasil kadar Se dan Zn dalam pakan serat dan konsentrat, selanjutnya dilakukan kalkulasi kandungan mineral dalam ransum, dengan rumus:

Total kandungan mineral dalam ransum =

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i}{100} \times Y_i \right)$$

Keterangan:

$n$  = Jumlah bahan dalam ransum

$X_i$  = Persentase bahan ke- $i$  dalam ransum

$Y_i$  = Kandungan mineral dalam bahan ke- $i$

### Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Profil Mineral Mikro Se dan Zn dalam Bahan Pakan

Kandungan mineral Se dan Zn dalam bahan pakan sapi perah laktasi awal laktasi di Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis kandungan mikro mineral menunjukkan bahwa terdapat variasi pada kandungan Se dalam pakan serat yang digunakan sebagai pakan sapi perah awal laktasi. Kandungan Se dalam pakan serat berkisar antara 0,03 mg/kg BK hingga 0,20 mg/kg BK. Tanaman gamal memiliki kandungan Se tertinggi yaitu sebesar 0,20 mg/kg BK, diikuti oleh jerami kacang tanah sebesar 0,10 mg/kg BK dan jerami padi memiliki kandungan Se terendah yaitu sebesar 0,03 mg/kg BK. Pada pakan konsentrat, Lactoplus memiliki kandungan Se tertinggi sebesar 0,64 mg/kg BK dibandingkan dengan konsentrat lainnya. *Bran pollard* dan Calfeed memiliki kandungan Se yang

relatif lebih rendah, masing-masing sebesar 0,16 mg/kg BK dan 0,15 mg/kg BK.

Kandungan Zn dalam pakan serat berkisar antara 12,75 mg/kg BK hingga 33,10 mg/kg BK. Jerami kacang tanah memiliki kandungan Zn tertinggi yaitu sebesar 33,10 mg/kg BK dan gamal memiliki kandungan terendah yaitu 12,75 mg/kg BK. Pada kelompok konsentrat, Lactoplus juga menunjukkan kandungan Zn tertinggi yaitu sebesar 73,50 mg/kg BK, diikuti oleh *bran pollard* sebesar 58,45 mg/kg BK. Calfeed memiliki kandungan Zn terendah di antara konsentrat, yaitu 15,05 mg/kg BK. Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa kandungan Se dan Zn dalam pakan serat cenderung lebih rendah dibandingkan dengan pakan konsentrat.

Tabel 1. Kandungan mineral Se dan Zn dalam Bahan Pakan Sapi Perah Laktasi Awal Laktasi di Koperasi Saroni Makmur, Sleman, Yogyakarta

| Bahan Pakan                                     | Kandungan mineral mikro |               |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|                                                 | Se (mg/kg BK)           | Zn (mg/kg BK) |
| Hijauan                                         |                         |               |
| Rumput Gajah ( <i>Pennisetum purpureum</i> )    | 0,04                    | 26,00         |
| Jerami tebon jagung ( <i>Zea mays</i> )         | 0,04                    | 27,25         |
| Jerami padi ( <i>Oryza sativa</i> )             | 0,03                    | 18,75         |
| Gamal ( <i>Gliricidia sepium</i> )              | 0,20                    | 12,75         |
| Jerami kacang tanah ( <i>Arachis hypogaea</i> ) | 0,10                    | 33,10         |
| Rumput Bermuda ( <i>Cynodon dactylon</i> )      | 0,09                    | 28,25         |
| Konsentrat                                      |                         |               |
| <i>Bran pollard</i>                             | 0,16                    | 58,45         |
| Hadi Feed                                       | 0,33                    | 35,50         |
| Lactoplus                                       | 0,64                    | 73,50         |
| BAR A-18                                        | 0,27                    | 38,05         |
| Calfeed                                         | 0,15                    | 15,05         |

Secara umum, pakan serat yang berasal dari limbah pertanian memiliki kadar Se dan Zn yang relatif rendah. Hal ini sesuai dengan Peripolli *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa limbah pertanian seperti jerami padi cenderung memiliki komposisi nutrisi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan pakan lainnya. Rendahnya kandungan Se dan

Zn pada bahan pakan serat juga dilaporkan di negara lain seperti Kosovo, yaitu masing-masing sebesar 0,027 mg/kg BK dan 24 mg/kg BK (Ademi *et al.*, 2017). Namun demikian, Khalil *et al.* (2023) melaporkan bahwa kandungan Se dalam jerami padi segar adalah sebesar 0,21 mg/kg BK. Kandungan Se yang



yang berbeda dalam pakan dapat disebabkan oleh adanya variasi kondisi tanah (Wei *et al.*, 2019).

Pada penelitian ini, tanaman gamal memiliki kandungan Se yang tertinggi sedangkan kadar Zn yang tinggi terkandung dalam jerami kacang tanah. Gamal dan kacang tanah termasuk jenis tanaman legum (Ndjurumanna *et al.*, 2022; Nugroho *et al.*, 2022). Abdollahi *et al.* (2019) menyatakan bahwa tanaman legum mempunyai kemampuan yang lebih efektif untuk menyerap dan menyimpan mineral. Selain itu, legum berperan penting dalam memperbaiki siklus nutrisi tanah melalui interaksi dengan mikroorganisme tanah, yang dapat meningkatkan ketersediaan mineral (Epihov *et al.*, 2021). Kandungan mineral mikro dalam tanaman pakan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, jenis tanah, dan varietas tanaman pakan (Overton & Yasui, 2014).

Konsentrat merupakan campuran bahan pakan yang kaya akan sumber energi, protein, dan mineral (baik makro maupun mikro), yang diharapkan mampu menyediakan nutrisi yang diperlukan untuk pembentukan susu. Secara umum, konsentrat yang banyak digunakan oleh peternak sapi perah di Koperasi Saron Makmur adalah konsentrat komersial

yang meliputi Hadi Feed, Lactoplus, BAR A-18, dan Calfeed. Kandungan Se dan Zn pada konsentrat komersial yang digunakan memiliki nilai yang bervariasi. Konsentrat komersial yang digunakan oleh peternak mungkin berbeda kandungan nutrisinya bergantung pada formulasi dari industri manufaktur (Kamal *et al.*, 2020) . Selain itu, perbedaan bahan baku pakan yang digunakan untuk menyusun konsentrat juga dapat mempengaruhi komposisi nutrisi pakan yang dihasilkan (Aprilia *et al.*, 2018).

### Evaluasi Kecukupan Mineral Se dan Zn

Berdasarkan data pada Tabel 2, diketahui bahwa kandungan Se dan Zn dalam ransum masing-masing sebesar 0,16 mg/kg BK dan 28,93 mg/kg BK. Menurut NRC (2001) , kebutuhan Se untuk sapi perah laktasi adalah sekitar 0,30 mg/kg BK, sedangkan kebutuhan Zn adalah sekitar 60 mg/kg BK. Kandungan Se dan Zn dalam ransum sapi perah dalam penelitian ini masih di bawah angka kebutuhan minimum yang direkomendasikan untuk sapi perah. Selisih kandungan mineral mikro dalam ransum dibandingkan dengan kebutuhan standar mikro mineral Se dan Zn masing-masing sebesar -0,14 mg/kg BK -31,07 mg/kg BK.

Tabel 2. Kandungan Mineral Se dan Zn dalam Ransum Sapi Perah Awal Laktasi di Koperasi

Saron Makmur, Sleman, Yogyakarta

| Parameter                            | Kandungan mineral mikro |               |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------|
|                                      | Se (mg/kg BK)           | Zn (mg/kg BK) |
| Kandungan dalam ransum (A)           | 0,16                    | 28,93         |
| Kebutuhan standar mineral mikro (B)* | 0,30                    | 60,00         |
| Selisih (B-A)                        | -0,14                   | -31,07        |

\*Sumber: NRC (2001)

Secara keseluruhan, ransum sapi perah yang diamati masih kekurangan mineral mikro Se dan Zn, dengan

defisiensi masing-masing sebesar 46,67% dan 51,78%. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya variasi kandungan mineral

mikro pada pakan serat dan konsentrat yang digunakan. Kekurangan Se dan Zn merupakan masalah yang luas di seluruh dunia, bukan hanya terkait dengan kekurangan Se dan Zn dalam tanah, tetapi juga dengan ketersediaannya untuk tanaman dan ternak (Ademi *et al.*, 2017).

Kandungan Se dan Zn dalam bahan pakan merupakan faktor penting dalam memastikan kesehatan dan produktivitas ternak, terutama sapi perah. Mineral Se termasuk unsur mikro penting yang berperan dalam fungsi enzim antioksidan seperti GSH-Px yang melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Anam *et al.*, 2022; Gong & Xiao, 2018). Selain itu, Zn mempunyai fungsi penting pada berbagai fungsi biologis, termasuk sistem kekebalan tubuh, sintesis protein, dan aktivitas enzimatis (Cortinhas *et al.*, 2012; Salama *et al.*, 2003; Vanvalin *et al.*, 2018). Kedua mineral mikro tersebut juga memiliki peran penting dalam perkembangan mikrobia rumen yang berhubungan erat dengan efisiensi pencernaan nutrisi (Anam *et al.*, 2023a; b; 2024). Dengan melihat kondisi tersebut, maka diperlukan upaya untuk mengatasi defisiensi mineral Se dan Zn dalam ransum, salah satunya adalah dengan metode suplementasi. Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa suplementasi Se dan Zn dalam ransum sapi perah mampu meningkatkan produktivitas dan imunitas sapi perah laktasi (Arshad *et al.*, 2021; Gong & Xiao, 2018; Hilal *et al.*, 2016; Mehdi & Dufrasne, 2016; Surai *et al.*, 2019; Weiss, 2017). Berdasarkan bentuknya, terdapat dua jenis mineral mikro yaitu anorganik dan organik. Namun demikian, penggunaan mineral organik sebagai suplemen pakan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan anorganik, seperti tingkat bioavailabilitas yang lebih tinggi, toksisitas yang rendah, dan

transfer mineral ke produk ternak juga lebih tinggi (Azorin *et al.*, 2020).

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kandungan mineral mikro Se dan Zn pada berbagai jenis pakan serat dan konsentrat di Koperasi Saron Makmur, Sleman, Yogyakarta menunjukkan nilai yang bervariasi. Selain itu, kadar Se dan Zn dalam ransum saat ini masih berada di bawah standar yang direkomendasikan untuk sapi perah laktasi. Oleh karena itu, suplementasi mineral tersebut perlu dipertimbangkan sebagai langkah rekomendasi untuk meningkatkan kualitas pakan dan mendukung kesehatan serta produktivitas sapi perah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BRIN dan LPDP yang telah memberikan pendanaan pada riset ini melalui skema RIIM (B-733/II.7.5/FR.06/4/2023).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, M., Rezaei, J., & Fazaeli, H. (2019). Performance, rumen fermentation, blood minerals, leukocyte and antioxidant capacity of young Holstein calves receiving high-surface ZnO instead of common ZnO. *Archives of Animal Nutrition*, 74(3), 1–17. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1690389>
- Ademi, A., Bernhoft, A., Govasmark, E., Bytyqi, H., Sivertsen, T., & Singh, B. R. (2017). Selenium and other mineral concentrations in feed and

- sheep's blood in Kosovo. *Translational Animal Science*, 1(1), 97–107.  
<https://doi.org/10.2527/tas2016.0010>
- Agus, A., & Widi, T. S. M. (2018). Current situation and future prospects for beef cattle production in Indonesia - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 976–983.  
<https://doi.org/10.5713/ajas.18.0233>
- Anam, M. S., Astuti, A., Widyobroto, B. P., & Agus, A. (2023). Effect of dietary supplementation with zinc-methionine on ruminal enzyme activities, fermentation characteristics, methane production, and nutrient digestibility: An in vitro study. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 10(4), 696–703.  
<https://doi.org/10.5455/javar.2023.j725>
- Anam, M. S., Astuti, A., Widyobroto, B. P., & Agus, A. (2024). Effects of combined organic selenium and zinc Supplementation on in vitro ruminal enzyme activities and relative populations of several bacterial species. *World's Veterinary Journal*, 14(2), 178–183.  
<https://doi.org/10.54203/scil.2024.wvj22>
- Anam, M. S., Astuti, A., Widyobroto, B. P., Gunawan, & Agus, A. (2023). In vitro ruminal cumulative gas and methane production, enzyme activity, fermentation profile and nutrient digestibility on feed supplemented with organic selenium. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 18(4), 261–272.  
<https://doi.org/10.3844/ajavsp.2023.261.272>
- Anam, M. S., Widyobroto, B. P., Agus, A., Astuti, A., & Retnaningrum, S. (2022). Effect of mixed mineral-enriched essential oils supplementation on milk production and feed efficiency of lactating dairy cows. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 17(2), 165–171.  
<https://doi.org/10.3844/ajavsp.2022.165.171>
- Aprilia, R. M., Hartutik, & Marjuki. (2018). Evaluasi kandungan nutrisi konsentrat sapi perah rakyat di Kabupaten Malang. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 1(1), 54–59.
- Arshad, M. A., Ebeid, H. M., & Hassan, F. ul. (2021). Revisiting the effects of different dietary sources of selenium on the health and performance of dairy animals: A review. *Biological Trace Element Research*, 199(9), 3319–3337.  
<https://doi.org/10.1007/s12011-020-02480-6>
- Ayemele, A. G., Tilahun, M., Lingling, S., Elsaadawy, S. A., Guo, Z., Zhao, G., Xu, J., & Bu, D. (2021). Oxidative stress in dairy cows: Insights into the mechanistic mode of actions and mitigating strategies. *Antioxidants*, 10(12), 1–21.  
<https://doi.org/10.3390/antiox10121918>
- Bhandari, B. M., Goswami, A., Garg, M. R., & Samanta, S. (2016). Study on minerals status of dairy cows and their supplementation through area specific mineral mixture in the state of Jharkhand. *Journal of Animal Science and Technology*, 58(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.1186/s40781-016-0124-2>
- BPS. (2021). *Produksi Susu Perusahaan Sapi Perah 2018-2020*.  
<https://www.bps.go.id/indicator/24/376/1/produksi-susu-perusahaan-sapi-perah.html>
- Cortinhas, C. S., Júnior, J. E. de F., Naves, J. de R., Porcionato, M. A. de F., Silva, L. F. P., Rennó, F. P., & dos Santos, M. V. (2012). Organic



- and inorganic sources of zinc, copper and selenium in diets for dairy cows: intake, blood metabolic profile, milk yield and composition. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(6), 1477–1483. [www.sbz.org.br](http://www.sbz.org.br)
- Epihov, D. Z., Saltonstall, K., Batterman, S. A., Hedin, L. O., Hall, J. S., Breugel, M. V., Leake, J. R., & Beerling, D. J. (2021). Legume–microbiome interactions unlock mineral nutrients in regrowing tropical forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(11), 1–10. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022241118/-DCSupplemental>
- Gong, J., & Xiao, M. (2016). Selenium and antioxidant status in dairy cows at different stages of lactation. *Biological Trace Element Research*, 171(1), 89–93. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0513-2>
- Gong, J., & Xiao, M. (2018). Effect of organic selenium supplementation on selenium status, oxidative stress, and antioxidant status in selenium-adequate dairy cows during the periparturient period. *Biological Trace Element Research*, 186(2), 430–440. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1323-0>
- Gross, J. J. (2023). Dairy cow physiology and production limits. *Animal Frontiers*, 13(3), 44–50. <https://doi.org/10.1093/af/vfad014>
- Hilal, E. Y., Elkhairy, M. A. E., & Osman, A. A. A. (2016). The role of zinc, manganese and copper in rumen metabolism and immune function: A review article. *Open Journal of Animal Sciences*, 06(04), 304–324. <https://doi.org/10.4236/ojas.2016.64035>
- Ingvarsen, K. L., & Moyes, K. (2013). Nutrition, immune function and health of dairy cattle. *Animal*, 7(SUPPL.1), 112–122. <https://doi.org/10.1017/S175173111200170X>
- Kamal, M., Hashem, M., Mamun, M. Al, Hossain, M., Razzaque, M., & Ritu, J. (2020). Investigating the quality of commercial beef cattle feeds and feed ingredients used in Bangladesh. *SAARC Journal of Agriculture*, 18(1), 197–208. <https://doi.org/10.3329/sja.v18i1.48393>
- Khalil, Ananta, D., Andri, & Hermon. (2023). Mineral composition and nutritive value of fresh and supplemented rice straws preserved in manual stacking, balling, and wrapping storage methods. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 23(10), 24907–24922. <https://doi.org/10.18697/AJFAND.125.23900>
- Mehdi, Y., & Dufrasne, I. (2016). Selenium in cattle: A review. *Molecules*, 21(4), 1–4. <https://doi.org/10.3390/molecules21040545>
- Mion, B., Van Winters, B., King, K., Spricigo, J. F. W., Ogilvie, L., Guan, L., DeVries, T. J., McBride, B. W., LeBlanc, S. J., Steele, M. A., & Ribeiro, E. S. (2022). Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in pre- and postpartum diets on feeding behavior, rumen fermentation, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6693–6709. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21908>
- Ndjurumanna, E. L. W., Nganji, M. U., & Lewu, L. D. (2022). Identifikasi varietas kacang tanah sandle

- berdasarkan karakter morfologi pada varietas kacang tanah lokal di Kecamatan Haharu. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(1), 14–25.
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. In *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (Seventh). The National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Nugroho, S. A., Setyoko, U., Fatimah, T., & Novenda, I. L. (2022). Pengaruh alelopati tanaman gamal (*Glericida manuculata*) dan kirinyuh (*Eupatorium odoratum*) terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata*). *Agropross : National Conference Proceedings of Agriculture*, 180–188. <https://doi.org/10.25047/agropross.2022.287>
- Oconitrillo, M., Wickramasinghe, J., Omale, S., Beitz, D., & Appuhamy, R. (2024). Effects of elevating zinc supplementation on the health and production parameters of high-producing dairy cows. *Animals*, 14(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ani14030395>
- Olagaray, K. E., Brouk, M. J., Mamedova, L. K., Sivinski, S. E., Liu, H., Robert, F., Dupuis, E., Zachut, M., & Bradford, B. J. (2019). Dietary supplementation of *Scutellaria baicalensis* extract during early lactation decreases milk somatic cells and increases whole lactation milk yield in dairy cattle. *PLoS ONE*, 14(1), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210744>
- Oltramari, C. E., Pinheiro, M. da G., de Miranda, M. S., Arcaro, J. R. P., Castalani, L., Toledo, L. M., Ambrósio, L. A., Leme, P. R., Manella, M. Q., & Arcaro Júnior, I. (2014). Selenium sources in the diet of dairy cows and their effects on milk production and quality, on udder health and on physiological indicators of heat stress. *Italian Journal of Animal Science*, 13(1), 48–52. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.2921>
- Overton, T. R., & Yasui, T. (2014). Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 92(2), 416–426. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7145>
- Palomares, R. A. (2022). Trace minerals supplementation with great impact on beef cattle immunity and health. *Animals*, 12(20), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ani12202839>
- Peripolli, V., Jardim Barcellos, J. O., Prates, Ê. R., McManus, C., da Silva, L. P., Stella, L. A., Gonçalves Costa, J. B., & Lopes, R. B. (2016). Nutritional value of baled rice straw for ruminant feed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(7), 392–399. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000700006>
- Ringseis, R., Gessner, D. K., & Eder, K. (2015). Molecular insights into the mechanisms of liver-associated diseases in early-lactating dairy cows: Hypothetical role of endoplasmic reticulum stress. In *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (Vol. 99, Issue 4, pp. 626–645). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/jpn.12263>
- Salama, A. A. K., Caja, G., Albanell, E., Such, X., Casals, R., & Plaixats, J. (2003). Effects of dietary supplements of zinc-methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *Journal of Dairy Research*, 70(1), 9–17. <https://doi.org/10.1017/S0022029902005708>

- Smith, K. L., Hogan, J. S., & Weiss, W. P. (1997). Dietary Vitamin E and Selenium Affect Mastitis and Milk Quality. *Journal of Animal Science*, 75(6), 1659–1665. <https://doi.org/10.2527/1997.7561659x>
- Spears, J. W. (2003). Comparative trace element nutrition trace mineral bioavailability in ruminants. *The Journal of Nutrition*, 133(11), 1506S–1509S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1506S>
- Surai, P. F., Kochish, I. I., Fisinin, V. I., & Juniper, D. T. (2019). Revisiting oxidative stress and the use of organic selenium in dairy cow nutrition. *Animals*, 9(7), 1–25. <https://doi.org/10.3390/ani9070462>
- Trevisi, E., Jahan, N., Bertoni, G., Ferrari, A., & Minuti, A. (2015). Pro-inflammatory cytokine profile in dairy cows: Consequences for new lactation. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3), 285–292. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3862>
- Vanvalin, K. R., Genter-schroeder, O. N., Carmichael, R. N., Blank, C. P., Deters, E. L., Hartman, S. J., Niedermayer, E. K., Laudert, S. B., & Hansen, S. L. (2018). Influence of dietary zinc concentration and supplemental zinc source on nutrient digestibility, zinc absorption, and retention in sheep. *Journal of Animal Science*, 96(12), 5336–5344. <https://doi.org/10.1093/jas/sky384>
- Wanapat, M., Foiklang, S., Sukjai, S., Tamkhonburi, P., Gunun, N., Gunun, P., Phesatcha, K., Norrapoke, T., & Kang, S. (2018). Feeding tropical dairy cattle with local protein and energy sources for sustainable production. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 232–236. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1288627>
- Wei, J. Y., Wang, J., Liu, W., Zhang, K. Z., & Sun, P. (2019). Short communication: Effects of different selenium supplements on rumen fermentation and apparent nutrient and selenium digestibility of mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3131–3135. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15455>
- Weiss, W. P. (2017). A 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc—Mineral and vitamin nutrition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10045–10060. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12935>
- Widyobroto, B. P., Rochijan, Noviandi, C. T., & Astuti, A. (2019). Microenvironment identification and the feed availability for dairy cows during dry and wet seasons in the main dairy areas of Yogyakarta – Indonesia. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 7(2), 86–91. <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v7n2p86-91>
- Zakiah, Saleh, A., & Matindas, K. (2017). Gaya kepemimpinan dan perilaku komunikasi GPPT dengan kapasitas kelembagaan sekolah peternakan rakyat di Kabupaten Muara Enim. *Jurnal Penyuluhan*, 13(2), 133–142.
- Zigo, F., Farkašová, Z., Elečko, J., Lapin, M., Chripková, M., & Czerski, A. (2014). Effect of parenteral administration of Selenium and vitamin e on health status of mammary gland and on selected antioxidant indexes in blood of dairy cows. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 17(2), 217–223. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2014-0031>