

Pengaruh suplementasi nano zinc dalam pakan terhadap efisiensi pakan ayam KUB

The effect of nano zinc dietary supplementation on feed efficiency of KUB chickens

Nova Hidayati Diyah Larasati¹, Nanung Danar Dono², dan Bambang Ariyadi²

¹Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip Po Box 164, Jember, Jawa Timur

²Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 3, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

*Email Koresponden: nova_hidayati_dl@polije.ac.id

Abstrak. Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh suplementasi nano zinc (Zn) dalam pakan terhadap kinerja pertumbuhan Ayam KUB. Dua ratus ekor day old chick (DOC) KUB didistribusikan secara acak ke dalam lima tingkat perlakuan dengan empat ulangan, dan sepuluh ekor anak ayam di setiap kandang ulangan. Perlakuan suplementasi nano Zn dalam pakan adalah: pakan basal tanpa suplementasi nano Zn (NZ-0) dan pakan basal dengan suplementasi nano Zn pada konsentrasi 15 mg/kg (NZ-1), 30 mg/kg (NZ-2), 45 mg/kg (NZ-3), atau 60 mg/kg (NZ-4). Data variabel yang dianalisis adalah konsumsi pakan (FI), rasio konversi pakan (FCR), asupan protein (PI), rasio efisiensi protein (PER), asupan energi (EI), dan rasio efisiensi energi (EER) berdasarkan masa pemeliharaan 10 minggu. Data yang terkumpul dianalisis secara statistik dengan one way ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk data yang mempunyai perbedaan nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi pakan nano Zn 60 mg/kg meningkatkan konsumsi pakan, asupan protein, asupan energi ($P < 0,05$), menurunkan rasio konversi pakan ($P < 0,05$), dan meningkatkan rasio efisiensi energi ($P < 0,01$). Sedangkan suplementasi pakan nano Zn 60 mg/kg tidak berpengaruh terhadap rasio efisiensi protein ($P > 0,05$). Secara keseluruhan, data kami menunjukkan bahwa efisiensi pakan ayam KUB meningkat ketika pakan ditambah dengan 60 mg/kg nano Zn.

Kata kunci: efisiensi pakan, nanopartikel, suplementasi zinc, ayam KUB

Abstract. Current trial was intended to study the effects of nano zinc dietary supplementation on the growth performance of KUB Chickens. Two hundred KUB chicks were distributed randomly into five treatment levels with four replications, and ten chicks in each replicate pen. The dietary nano zinc treatments were: basal diet without nano zinc supplementation (NZ-0) and a basal diet supplementation with nanoparticle zinc oxide at concentrations of 15 mg/kg (NZ-1), 30 mg/kg (NZ-2), 45 mg/kg (NZ-3), or 60 mg/kg (NZ-4). The analyzed variable data were feed intake, feed conversion ratio (FCR), protein intake (PI), protein efficiency ratio (PER), energy intake (EI), and energy efficiency ratio (EER) based on the 10 weeks rearing period. The pooled data were analyzed statistically with one way ANOVA and followed subsequently with Duncan's test for the data with significant difference. Results indicated that dietary supplementation of 60 mg/kg nano zinc increased feed intake, protein intake, energy intake ($P < 0,05$), reduced feed conversion ratio ($P < 0,05$), and increased energy efficiency ratio ($P < 0,01$). Meanwhile, dietary supplementation of 60 mg/kg nano zinc did not affect the

protein efficiency ratio ($P>0,05$). Taken together, our data indicated that the feed efficiency of the KUB chickens improved when the diet were supplemented with 60 mg/kg nanoparticle zinc.

Keywords: *feed efficiency, nanoparticles, zinc supplementations, KUB chickens*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia, sehingga kebutuhan akan pemenuhan bahan pangan nabati dan hewani sangatlah tinggi. Ayam kampung adalah jenis unggas local yang berpotensi sebagai penghasil telur dan daging, sehingga banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Ayam Kampung Unggul Balitbangtan (KUB) merupakan ayam kampung galur baru yang diluncurkan oleh Kementerian Pertanian yang telah diseleksi secara genetik selama enam generasi (Masito et al., 2022). Sejalan dengan perkembangan tersebut, produsen pakan unggas (pabrik pakan) akan bekerja keras untuk memenuhi kebutuhan pakan ayam kampung yang berkualitas. Pakan yang diharapkan adalah pakan dengan harga ekonomis yang dapat meningkatkan produksi dan efisiensi ternak (Yunianta et al., 2023). Oleh karena itu, pakan haruslah dapat memenuhi seluruh kebutuhan nutrient ternak, termasuk kebutuhan mineral.

Seng (Zn) termasuk dalam kelompok mineral esensial bagi ternak unggas dan merupakan bagian penting pada proses metabolisme protein dan karbohidrat, serta pertumbuhan dan reproduksi ternak (Sheoran, 2017). Pathak et al., (2016) menggarisbawahi bahwa Zn memiliki peranan yang sangat penting karena merupakan kofaktor dari 240 enzim yang berperan penting dalam metabolisme nutrient seperti protein, lipid dan karbohidrat. Defisiensi Zn dapat terjadi sebab dalam saluran pencernaan unggas dengan kondisi pH rendah, Zn cenderung membentuk ikatan dengan elemen lain dalam digesta sehingga membentuk ikatan kuat yang menyebabkan tidak dapat dicerna dalam saluran pencernaan unggas (Yu et al., 2010). Dalam mengatasi defisiensi Zn, perlu dilakukan suplementasi Zn dalam pakan.

Aplikasi suplementasi Zn pada umumnya dalam bentuk anorganik seperti Zinc oxide (ZnO). ZnO merupakan sumber Zn anorganik yang mudah didapat di pasaran dengan harga yang murah. Pada industri perunggasan, untuk memenuhi kebutuhan tubuh ternak, suplementasi Zn diberikan 20-30 kali lebih besar dari pada kebutuhan normalnya dikarenakan rendahnya bioavailabilitas dari Zn anorganik (Bratz et al., 2013). Suplementasi Zn yang tinggi dalam ransum dapat menyebabkan gangguan keseimbangan nutrien lainnya dalam tubuh (Zhao et al., 2014).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi pemberian Zn berlebih yang dapat membahayakan bagi tubuh ternak adalah dengan memberikan Zn dalam bentuk nanopartikel. Nanopartikel memiliki ukuran antara 1-100 nm. Nanopartikel memiliki keunggulan komparatif, seperti: permeabilitas yang lebih tinggi, efisiensi katalis yang lebih tinggi, serta daya serap yang lebih tinggi pula (Wijnhoven et al., 2009). Permeabilitas yang tinggi tersebut dapat mencegah terjadinya ikatan antara Zn dan elemen lain pada saluran pencernaan unggas sehingga Zn dapat diserap secara optimal. Bunglavan et al., (2014) menyatakan bahwa mineral dalam nano dapat melewati dinding saluran pencernaan dan masuk ke sel-sel tubuh lebih cepat daripada mineral biasa dengan ukuran partikel yang lebih besar. Banyak penelitian terbaru yang menemukan bahwa mineral dalam bentuk nanopartikel berhasil dalam meningkatkan efisiensi pakan. Oleh karena itu, percobaan ini mengevaluasi kemungkinan pengaruh suplementasi nano zinc pada efisiensi pakan ayam KUB.

MATERI DAN METODE

Materi

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 200 ekor ayam KUB umur satu hari, bahan-bahan pakan yang digunakan dalam menyusun pakan basal: jagung, bekatul, soybean meal, meat bone meal, crude palm oil, L-lysine, DL-Methionine, vitamin-mineral premix, limestone, salt, nanomineral zinc dari sumber Zinc oxide (ZnO) dengan ukuran 50 nm, vaksin, seperangkat bahan kimia untuk analisis proksimat pakan, dan bahan-bahan untuk analisis mineral pakan.

Metode

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola searah dengan 5 perlakuan suplementasi nanomineral Zn dalam pakan ayam. Setiap perlakuan diberikan ulangan 4 kali, dengan jumlah ayam 10 ekor di setiap unit percobaan, dengan perincian sebagai berikut:

NZ- 0 = pakan basal tanpa suplementasi nanomineral Zn (kontrol)

NZ-15 = pakan basal + 15 mg/kg nanomineral Zn

NZ-30 = pakan basal + 30 mg/kg nanomineral Zn

NZ-45 = pakan basal + 45 mg/kg nanomineral Zn

NZ-60 = pakan basal + 60 mg/kg nanomineral Zn

Variabel yang diukur dan diamati pada penelitian ini adalah adalah konsumsi pakan, konversi pakan, konsumsi energi, konsumsi protein, efisiensi penggunaan energi, dan efisiensi penggunaan protein.

Manajemen Pemeliharaan

Penelitian ini dilaksanakan di Kandang unggas Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan kandang sebelum DOC ayam KUB didatangkan. Kandang dan peralatan seperti tempat pakan tempat minum, sekat kandang dibersihkan dan didesinfeksi terlebih dahulu. Sebelum kedatangan DOC air minum, pakan, dan lampu pemanas telah dipersiapkan di setiap petak kandang. Setelah seluruh perlengkapan siap, DOC ayam KUB ditempatkan secara acak pada 5 macam perlakuan pakan. Pakan perlakuan dan air minum diberikan secara ad libitum mulai hari ke satu hingga minggu ke-10. Program pencahayaan diterapkan berdasar pada buku panduan dari Balai Penelitian Ternak. Penimbangan pakan, sisa pakan, dan bobot badan ayam dilakukan setiap minggu, dimulai saat awal masa penelitian (pemasukan ayam atau chick-in), dan diikuti setiap pekan hingga minggu ke 10. Untuk mencegah penularan penyakit, vaksin ND diberikan pada umur 3 dan 21 hari, serta vaksin Gumboro diberikan pada umur 7 dan 28 hari.

Pakan Perlakuan

Pakan diformulasikan dan disusun sendiri sesuai dengan kebutuhan nutrisi ternak. Pakan perlakuan dibuat sesuai dengan level suplementasi nanomineral Zn pada masing-masing perlakuan. Kadar protein kasar, lemak kasar, bahan kering, abu dan serat kasar dianalisis menurut AOAC (2005). Kadar Ca, P dan Zn dalam ransum diuji menggunakan Atomic Absorption Spectromotometer. Pakan perlakuan diberikan sejak hari pertama penelitian. Komposisi bahan pakan dan kandungan nutrisi pakan ditampilkan pada Tabel 1. Kandungan Zn dari pakan basal diperoleh dari bahan-bahan pakan tanpa penambahan nanomineral Zn, untuk kandungan Zn pada perlakuan NZ-15, NZ-30, NZ-45, serta NZ-60 diperoleh dari bahan-bahan pakan basal dan suplementasi nanomineral Zn pada masing-masing level. Kandungan riil Zn masing-masing pakan perlakuan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi bahan pakan dan komposisi kimia pakan ayam KUB

Bahan Pakan	Komposisi (%)
Jagung kuning	45,49
Bekatul	19,00
Soybean meal	13,50
Meat bone meal	15,00
Crude palm oil	6,00
L-Lysine	0,10
DL-Methionine	0,11
Vitamin-mineral premix	0,25
Limestone	0,05
Salt	0,50
Total	100,00
Komposisi Kimia	Kandungan
Air (%) ¹⁾	10,45
Protein kasar (%) ¹⁾	18,03
Serat kasar (%) ¹⁾	6,82
Lemak kasar (%) ¹⁾	7,58
Kalsium (%) ²⁾	0,86
Fosfor total (%) ²⁾	2,06
Zinc (mg/kg) ²⁾	50,38
Energi termetabolis (kcal/kg) ³⁾	3214

¹⁾Hasil analisis Laboratorium Ilmu Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada

²⁾Hasil analisis Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada

³⁾Hasil perhitungan dengan Rumus Balton

Tabel 2. Kandungan rill Zn masing-masing pakan perlakuan

Pakan Perlakuan	Zn (mg/kg)
NZ-0	50,38
NZ-15	62,81
NZ-30	78,33
NZ-45	91,65
NZ-60	107,08

Hasil analisis Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM

Data yang diperoleh dianalisis statistik menggunakan analisis variansi rancangan acak lengkap dengan pola searah (*Oneway ANOVA*) melalui bantuan aplikasi *Statistical Package for Social Science* (SPSS GmbH, Munich, Germany). Indikasi perbedaan yang nyata pada penelitian ini didasarkan pada probabilitas kurang dari 5%. Setiap data dengan perbedaan yang nyata diuji lanjut menggunakan *Duncan's New Multiple Range Test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi penggunaan pakan pada ayam KUB yang mendapat suplementasi nanomineral Zn dalam pakan diamati menggunakan variabel konsumsi pakan (FI), konversi pakan (FCR), konsumsi protein (PI), rasio efisiensi protein (PER), konsumsi energi (EI), dan rasio efisiensi energi (EER). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa suplementasi nanomineral Zn 15 mg/kg hingga 45 mg/kg pakan tidak mempengaruhi konsumsi pakan seperti yang tertera pada Tabel 3. Namun demikian, ketika suplementasi nanomineral Zn ditingkatkan menjadi 60 mg/kg, konsumsi pakan ayam KUB meningkat ($P < 0,05$) dengan peningkatan sebesar 5,38%. Peningkatan ini diduga disebabkan karena adanya peningkatan kandungan Zn dalam pakan dan yang tersedia untuk tubuh.

Zinc bermanfaat dalam menstimulasi peningkatan nafsu makan. Ao et al., (2006) melaporkan bahwa konsumsi pakan akan meningkat seiring dengan peningkatan level Zn dalam pakan. Zinc merupakan komponen dari beberapa enzim, sehingga defisiensi Zn dapat memicu rendahnya aktivitas beberapa enzim yang dapat memicu penurunan nafsu makan (Park et al., 2004). Zn diduga mempengaruhi pengeluaran neuropeptida Y yang berfungsi menstimulasi peningkatan

nafsu makan pada hipotalamus (Hu et al., 2016). Hasil penelitian ini serupa dengan hasil penelitian Ahmadi, (2013) yang menyatakan bahwa suplementasi 90 mg/kg nano-ZnO dalam pakan dapat meningkatkan konsumsi pakan ayam broiler.

Suplementasi nanomineral Zn dalam level 60 mg/kg pakan dapat menurunkan nilai rasio konversi pakan Ayam KUB ($P < 0,05$) dengan penurunan sebesar 0,14 poin. Hal ini diduga disebabkan karena rasio konversi pakan dipengaruhi oleh konsumsi pakan dan penambahan bobot badan. Hasil dari penelitian ini selaras dengan hasil penelitian Sahoo et al., (2014) yang melaporkan bahwa suplementasi 75 ppm nano Zn dapat menurunkan nilai rasio konversi pakan ayam pedaging. Konversi pakan yang baik dapat disebabkan oleh ketersediaan Zn sebagai komponen dari berbagai macam enzim tercukupi.

Ketersediaan Zn dipengaruhi oleh penyerapan Zn dalam saluran pencernaan. Penyerapan partikel dalam saluran pencernaan dipengaruhi oleh ukuran partikel. Diameter partikel yang lebih kecil lebih cepat dalam proses difusi melalui mukosa saluran pencernaan untuk kemudian mencapai sel-sel lapisan usus, lalu diikuti oleh penyerapan untuk masuk ke saluran darah (Bunglavan et al., 2014). Zha et al., (2008) memaparkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin mudah diserap dan akan masuk ke dalam sistem tubuh lebih dalam. Ukuran partikel berkaitan dengan aktivitas fungsional, seperti aktivitas kimiawi, efek katalitik atau biologis (Rosi & Mirkin, 2021). Ketersediaan Zn yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas enzim-enzim metabolisme seperti aminopeptidase, karboksipeptidase, tripsin, kimotripsin, dan α -amilase (Tabatabaie et al., 2007).

Tabel 3. Efisiensi pakan ayam KUB dengan perlakuan suplementasi nanomineral Zn

Perlakuan	Variabel					
	FI (g/ekor)	FCR	PI (g)	PER (g/g)	EI (kcal)	EER (g/100kcal)
NZ – 0	2937,38 ^b	3,62 ^a	529,63 ^b	1,55	9441,12 ^b	24,19 ^d
NZ – 15	2985,03 ^{ab}	3,61 ^a	538,19 ^{ab}	1,53	9593,79 ^{ab}	24,32 ^d
NZ – 30	3017,90 ^{ab}	3,56 ^{ab}	544,10 ^{ab}	1,55	9699,04 ^{ab}	24,86 ^c
NZ – 45	3045,30 ^{ab}	3,52 ^{ab}	549,05 ^{ab}	1,58	9787,43 ^{ab}	25,50 ^b
NZ – 60	3095,70 ^a	3,48 ^b	558,20 ^a	1,59	9950,54 ^a	26,08 ^a

Keterangan:^{a,b,c,d} Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$). FI=Konsumsi Pakan, FCR=Konversi Pakan, PI=konsumsi protein, PER=rasio efisiensi protein, EI=konsumsi energi, EER=rasio efisiensi energi

Data hasil analisis statistik (Tabel 3) menunjukkan bahwa suplementasi 15 mg/kg nanomineral Zn dalam pakan, tidak mempengaruhi konsumsi protein ayam KUB, hasil tersebut juga didapat ketika level suplementasi nano Zn ditingkatkan menjadi 30 dan 45 mg/kg dalam pakan. Ketika level suplementasi nanomineral Zn mencapai 60 mg/kg dalam pakan ayam KUB terdapat peningkatan ($P < 0,05$) konsumsi protein pakan sebesar 5,39%. Peningkatan konsumsi protein disebabkan karena konsumsi pakan ayam KUB yang diberi pakan perlakuan suplementasi nanomineral Zn juga mengalami peningkatan. Konsumsi pakan dalam jumlah besar akan diikuti oleh konsumsi protein yang besar juga.

Perhitungan PER dan EER untuk mengukur efisiensi protein dan energi pakan per gram bobot badan unggas yang mewakili pencernaan (Dono, 2012). Oleh sebab itu, peningkatan nilai PER dan EER menunjukkan peningkatan efisiensi dalam penggunaan protein dan energi pakan. Perlakuan penambahan nano Zn tidak mempengaruhi rasio efisiensi penggunaan protein (PER). Meskipun demikian, suplementasi nanomineral Zn dalam pakan memiliki kecenderungan yang kuat untuk meningkatkan rasio efisiensi pakan pada ayam KUB ($P = 0,059$). Suplementasi nanomineral Zn diduga dapat meningkatkan rasio efisiensi protein karena Zn merupakan komponen dari beberapa enzim yang terlibat dalam metabolisme protein. Brugger & Windisch, (2016) melaporkan bahwa jumlah kandungan Zn dalam pakan berpengaruh terhadap aktivitas enzim tripsin, carboxypeptidase A dan B pada babi. PER menentukan tingkat efisiensi ternak dalam mengubah setiap gram protein menjadi sejumlah pertumbuhan bobot badan. Semakin tinggi nilai PER menunjukkan semakin baik efisiensi ternak dalam mengkonversi protein menjadi bobot badan. Penggunaan protein yang optimal penting dalam pemeliharaan ayam, oleh karena itu pakan imbuhan sering diberikan pada ternak agar dapat memperbaiki efisiensi penggunaan

ransum.

Suplementasi nanomineral Zn pada level 15, 30, dan 45 mg/kg dalam pakan, tidak mempengaruhi konsumsi energi pakan ayam KUB. Namun, ketika level suplementasi nanomineral Zn ditingkatkan menjadi 60 mg/kg dalam pakan terjadi peningkatan ($P < 0,05$) konsumsi energi pakan sebesar 5,40%. Peningkatan konsumsi energi ini diduga karena adanya peningkatan konsumsi pakan sebagai akibat dari peningkatan konsumsi pakan. Pada variable efisiensi penggunaan energy (EER), suplementasi nanomineral Zn pada level 15 mg/kg dalam pakan belum meningkatkan rasio efisiensi penggunaan energi pakan pada ayam KUB ditinjau dari hasil analisis statistik. Ketika level suplementasi nanomineral Zn ditingkatkan menjadi 30 mg/kg, terjadi peningkatan ($P < 0,01$) EER sebesar 2,76%. Hasil yang serupa juga diperoleh ketika terjadi penambahan level suplementasi nanomineral Zn menjadi 45 dan 60 mg/kg, EER mengalami peningkatan ($P < 0,01$) dengan peningkatan sebesar 5,41% dan 7,81%. Peningkatan EER ini diduga karena adanya peningkatan absorpsi Zn dan nutrisi lainnya pada usus halus.

Zinc berperan sebagai komponen dan kofaktor dari berbagai jenis enzim untuk katabolisme dan anabolisme nutrisi. Ibrahim et al. (2017) melaporkan bahwa aktivitas enzim amilase pankreas meningkat seiring dengan peningkatan Zn pada pakan pada babi. Adanya perbedaan rasio efisiensi energi (EER) di antara semua perlakuan, menunjukkan bahwa untuk setiap unit pertambahan bobot badan memerlukan energi yang berbeda. Energi yang diperoleh ternak akan digunakan untuk *maintenance*, produksi dan reproduksi. Ketika nutrisi yang mengandung energi dicerna dan diabsorpsi lebih banyak pada saluran cerna, maka setelah energi digunakan untuk *maintenance*, akan lebih banyak energi yang digunakan untuk produksi seperti pembentukan daging. Hasil penelitian ini serupa dengan hasil penelitian ElKatcha et al., (2017) yang melaporkan bahwa suplementasi nanomineral Zn pada level 30 mg/kg meningkatkan konsumsi protein, rasio efisiensi protein, konsumsi energi dan rasio efisiensi energi pada ayam broiler.

KESIMPULAN

Penggunaan suplementasi nano Zn 60 mg/kg dalam pakan ayam KUB hingga umur 10 minggu dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pakan yang meliputi konversi pakan, konsumsi protein, rasio efisiensi penggunaan protein, konsumsi energi dan rasio efisiensi penggunaan energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Yuniarta., Astuti, A., Mawardi, N. K., Darini, M. T., Sastrohartono, H., . K., & Sofi'ul Anam, M. (2023). The Effect of Nano-bentonite Supplementation on Reducing the Toxicity of Aflatoxin B1 in Kampung Unggul Balitbangtan Chickens Diet. *Journal of World's Poultry Research*. <https://doi.org/10.36380/jwpr.2023.27>
- Ahmadi, F. (2013). The effects of zinc oxide nanoparticles on performance, digestive organs and serum lipid concentrations in broiler chickens during starter period. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 3(7), 23–29. <https://doi.org/10.12692/ijb/3.7.23-29>
- Ao, T., Pierce, J. L., Power, R., Dawson, K. A., Pescatore, A. J., Cantor, A. H., & Ford, M. J. (2006). Evaluation of Bioplex Zn® as an organic zinc source for chicks. *International Journal of Poultry Science*, 5(9), 808–811. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.808.811>
- Bratz, K., Gözl, G., Riedel, C., Janczyk, P., Nöckler, K., & Alter, T. (2013). Inhibitory effect of high-dosage zinc oxide dietary supplementation on *Campylobacter coli* excretion in weaned piglets. *Journal of Applied Microbiology*, 115(5), 1194–1202. <https://doi.org/10.1111/jam.12307>
- Brugger, D., & Windisch, W. M. (2016). Subclinical zinc deficiency impairs pancreatic digestive enzyme activity and digestive capacity of weaned piglets. *British Journal of Nutrition*, 116(3), 425–433. <https://doi.org/10.1017/S0007114516002105>
- Bunglavan, S. J., Garg, A. K., Dass, R. S., & Shrivastava, S. (2014). Use of nanoparticles as feed additives to improve digestion and absorption in livestock. *Livestock Research International*, 2(3), 36–47. www.jakraya.com/journal/
- Dono, N. D. (2012). *Nutritional Strategies To Improve Enteric Health and Growth Performance of*.
- ElKatcha, M., Soltan, M., & Elbadry, M. (2017). Effect of Dietary Replacement of Inorganic Zinc by Organic or Nanoparticles Sources on Growth Performance, Immune Response and Intestinal Histopathology of Broiler Chicken. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 55(2),

129. <https://doi.org/10.5455/ajvs.266925>
- Hu, X., Sheikahmadi, A., Li, X., Wang, Y., Jiao, H., Lin, H., Zhang, B., & Song, Z. (2016). Effect of Zinc on Appetite Regulatory Peptides in the Hypothalamus of Salmonella-Challenged Broiler Chickens. *Biological Trace Element Research*, 172(1), 228–233. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0582-2>
- Masito, M., Putra, A. R. S., & Andarwati, S. (2022). The effect of Kampung Unggul Balitbangtan (KUB) chicken innovation characteristics toward the development of farmers perceptions in South Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1001(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1001/1/012027>
- Park, S. Y., Birkhold, S. G., Kubena, L. F., Nisbet, D. J., & Ricke, S. C. (2004). Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition, immunity, and reproduction. *Biological Trace Element Research*, 101(2), 147–163. <https://doi.org/10.1385/BTER:101:2:147>
- Pathak, S. S., Reddy, K. V., & Prasoon, S. (2016). Influence of different sources of zinc on growth performance of dual purpose chicken. *J.Bio.Innov*, 5(5), 663–672.
- Rosi, N. L., & Mirkin, C. A. (2021). Nanostructures in Biodiagnostics. *Spherical Nucleic Acids: Volume 1*, 1, 13–53. <https://doi.org/10.1201/9781003056676-3>
- Sahoo, A., Swain, R. K., Mishra, S. K., & Jena, B. (2014). Serum biochemical indices of broiler birds fed on inorganic, organic and nano zinc supplemented diets. *International Journal of Recent Scientific Research*, 5(11), 2078–2081.
- Sheoran, N. (2017). Role of Nanotechnology in Poultry Nutrition. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(5), 1237–1245. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5948>
- Tabatabaie, M. M., Aliarabi, H., Saki, A. A., Ahmadi, A., & Hosseini Siyar, S. A. (2007). Effect of different sources and levels of zinc on egg quality and laying hen performance. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(19), 3476–3478. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.3476.3478>
- Wijnhoven, S. W. P., Peijnenburg, W. J. G. M., Herberts, C. A., Hagens, W. I., Oomen, A. G., Heugens, E. H. W., Roszek, B., Bisschops, J., Gosens, I., Van De Meent, D., Dekkers, S., De Jong, W. H., Van Zijverden, M., Sips, A. J. A. M., & Geertsma, R. E. (2009). Nano-silver - A review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment. *Nanotoxicology*, 3(2), 109–138. <https://doi.org/10.1080/17435390902725914>
- Yu, Y., Lu, L., Wang, R. L., Xi, L., Luo, X. G., & Liu, B. (2010). Effects of zinc source and phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. *Poultry Science*, 89(10), 2157–2165. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00486>
- Zha, L. Y., Xu, Z. R., Wang, M. Q., & Gu, L. Y. (2008). Chromium nanoparticle exhibits higher absorption efficiency than chromium picolinate and chromium chloride in Caco-2 cell monolayers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92(2), 131–140. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2007.00718.x>
- Zhao, C. Y., Tan, S. X., Xiao, X. Y., Qiu, X. S., Pan, J. Q., & Tang, Z. X. (2014). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biological Trace Element Research*, 160(3), 361–367. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0052-2>