

Rekayasa Pakan Fungsional Untuk Produksi Ayam Petelur Afkir dalam Penguatan Program MBG dan *Green Economy*

Rikardo Silaban^{1*}, Agung Adi Candra², Riko Noviadi³, Dina Tri Marya⁴

¹⁻³ Program Studi Teknologi Produksi Ternak, Politeknik Negeri Lampung

⁴Program Magister Ketahanan Pangan, Sekolah Pascasarjana, Politeknik Negeri Lampung

*Korespondensi Author: rikardo.silaban@polinela.ac.id (1), adicandra@polinela.ac.id (2)
riko_noviadi@polinela.ac.id (3) dinatrimarya@polinela.ac.id (4)

ABSTRAK

Perunggasan merupakan usaha budidaya yang sangat diminati oleh masyarakat dan industri. Hal ini disebabkan oleh periode produksi yang lebih singkat dibandingkan ternak ruminansia, sistem pemeliharaan yang praktis dan pangsa pasar yang luas. Sektor peternakan berkontribusi sampai 80.77% terhadap penyediaan pangan nasional dimana produksi unggas menyumbang 60% dari total produksi terhadap PDB peternakan dengan status supply-demand yang mengalami peningkatan sebesar 5.09-7.47%. Seiring dengan potensi produk hasil pengolahan ternak unggas tentunya dapat menjadi solusi dalam penyediaan pangan asal hewani khususnya dalam mendukung program makan bergizi gratis (MBG). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak teknik rekayasa pakan fungsional melalui pendekatan suplementasi tepung herbal andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) terhadap performa ayam petelur afkir pasca *lost-management*. Penelitian didesain dengan 4 ransum yang berbeda dengan level suplementasi tepung herbal andaliman (THA) berbeda diantaranya 0%, 1.5%, 2%, dan 2.5%. Masing-masing pakan perlakuan diujikan secara *in vivo* selama 1 bulan setelah proses adaptasi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan dengan setiap unit percobaan menggunakan 5 ekor ayam petelur afkir strain ISA Brown berumur 92 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan THA 2% berpengaruh nyata terhadap performa produksi telur harian (*hen day production*) dengan peningkatan sampai 22.86%, peningkatan IOFC 17.19%, konversi ransum dan produksi massa telur. Sementara, suplementasi THA 1.5-2% tidak nyata mempengaruhi konsumsi ransum selama penelitian. Kesimpulan dari penelitian yaitu penambahan tepung herbal andaliman dalam ransum komersial dapat memulihkan produktivitas pasca *lost-management* dan secara ekonomi dapat menguntungkan peternak.

Kata Kunci: Andaliman, Petelur Afkir, Rekayasa Pakan

ABSTRACT

Poultry farming is a highly sought-after cultivation business by the public and industry. This is due to its shorter production period compared to ruminant livestock, practical maintenance system, and broad market share. The livestock sector contributes up to 80.77% to the national food supply, where poultry production contributes 60% of total production to livestock GDP, with a supply-demand status that has increased by 5.09-7.47%. Along with the potential of processed poultry products, it can certainly be a solution in the provision of animal-based food, especially in supporting the free nutritious meal (MBG) program. This study aims to determine the impact of functional feed engineering techniques through the andaliman herbal flour (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) supplementation approach on the performance of culled laying hens after *lost management*. The study was designed with four different rations with different levels of andaliman herbal flour (THA) supplementation, including 0%, 1.5%, 2%, and 2.5%. Each treatment feed was tested *in vivo* for 1 month after the adaptation process. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 5 replications with each experimental unit using 5 92-week-old ISA Brown strain laying hens. The results showed that treatment with the addition of 2% THA significantly affected the performance of daily egg production (*hen day production*) with an increase of up to 22.86%, an increase in IOFC of 17.19%, ration conversion and egg mass production. Meanwhile, 1.5-2% THA supplementation did not significantly affect ration consumption during the study. The conclusion of the study is that the addition of andaliman herbal flour in commercial rations can restore productivity after *lost management* and can be economically profitable for farmers.

Keywords: Andaliman, Afkir Layer, Feed Technology.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang diperoleh dari hasil pruning tanaman kelapa sawit. Satu hektar tanaman kelapa sawit mampu menghasilkan 6.400-7.500 pelepah pertahun. Pelepah kelapa sawit merupakan biomaterial yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar karbon aktif (bioadsorben). Komposisi kimia yang dikandung oleh pelepah kelapa sawit ini adalah selulosa (43,00%), hemiselulosa (18,51%), silika (3,8%) dan lignin (14,23%) (Rahayu *et al.*, 2017). Adsorben adalah bahan yang dapat melakukan penyerapan (adsorpsi) terhadap senyawa kimia atau partikel halus lainnya. Adsorpsi merupakan proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Perpindahan massa yang terjadi melalui batas antara dua fasa dan adsorpsi merupakan proses eksotermis (Paryanto *et al.*, 2018). Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk mengaktivasi bioadsorben yaitu secara fisika dan kimia. Aktivasi secara fisika adalah metode yang digunakan dengan cara menggunakan karbon dioksida sebagai gas pengoksidasi sedangkan secara kimia dilakukan dengan cara menggunakan larutan kimia seperti KOH, NaOH, H₃PO₄ dan H₂SO₄ (Rustiah, 2016). Penelitian terkait pengaruh aktivasi larutan adsorpsi yang telah dilakukan adalah: penelitian penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair industri tahu menggunakan arang aktif dari pelepah kelapa sawit (*Elaeis guenensis Jacq.*) dengan aktivator HCl 1 N (Khairuddin *et al.*, 2022). Penelitian pemanfaatan karbon aktif dari limbah sekam padi dan bonggol jagung untuk mengurangi kadar pencemar pada sungai sekanak. Penelitian ini telah dilakukan untuk menurunkan nilai COD, BOD, TDS dan Fe, serta meningkatkan pH air sesuai standar baku mutu air (Roni *et al.*, 2020). Penggunaan adsorben untuk memperbaiki kualitas LCPKS dengan bahan dasar arang aktif biji kapuk untuk penurunan nilai COD dengan aktivator NaHCO₃ (Siregar *et al.*, 2015). Adsorben dengan bahan dasar kulit buah kakao (*Theobroma cacao l.*) untuk menurunkan *Chemical Oxygen Demand* dengan aktivator HNO₃ (b:v) (Setiaty Pandia *et al.*, 2017).

2. Perumusan Masalah

Kualitas pakan yang buruk cenderung menghasilkan performans yang fluktuatif sehingga berdampak pada biaya produksi yang terus membengkak. Kemudian, pentingnya upaya eksistensi produksi telur periode afkir sebagai strategi dalam pengembalian modal usaha serta inovasi pakan berkualitas dan ramah lingkungan untuk menekan tingkat stres pada ternak melalui strategi mitigasi amonia.

3. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi pakan rekayasa dengan teknik suplementasi bahan yang diperkaya kandungan fitokimia (*Phytochemical compounds*) dari herbal andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*) terhadap produksi dan kualitas telur ayam periode afkir guna pemenuhan pangan hewani untuk mendukung program makanan bergizi nasional (MBG) dan upaya mitigasi amonia guna perbaikan kualitas lingkungan yang berorientasi pada *Green Economy*.

4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai acuan dalam optimasi teknologi rekayasa pakan fungsional untuk unggas petelur atau sejenisnya yang dapat diaplikasikan oleh praktisi peternak dilapangan dan menjadi solusi untuk mitigasi dan resiliensi antibiotik sintetis pada unggas.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di TEFA Layer Hens di Politeknik Negeri Lampung dengan menggunakan 100 ekor ayam petelur ISA Brown umur 92 minggu yang ditempatkan dalam kandang baterai dengan sistem semi *closed house*. Tahapan penelitian meliputi persiapan kandang, ayam dan pakan yang meliputi tahap sanitasi kandang, formulasi dan pencampuran ransum komersial dengan tepung herbal andaliman. Teknik formulasi dengan pendekatan *trial and error method*, sedangkan suplementasi THA setelah dikonversi dengan hasil formulasi dengan menggunakan kandungan nutrisi ransum komersial. Ransum komersial yang digunakan merupakan HiProvit 324R. Kemudian, tahap selanjutnya yaitu proses adaptasi, *in vivo* dengan pakan perlakuan selama 1 bulan, proses recording performa dan evaluasi kandungan nutrisi ransum perlakuan dilaboratorium ALIN (*Animal Logistic Indonesia Netherland*) IPB University. Desain pakan perlakuan dalam penelitian ini meliputi: R0: ransum tanpa rekayasa suplementasi THA, R1: ransum dengan rekayasa suplementasi 1.5% THA, R2: ransum dengan rekayasa suplementasi 2.0% THA, dan R3: ransum dengan rekayasa suplementasi 2.5% THA. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi konsumsi ransum, konversi ransum, produksi telur harian (*hen day production/HDP*), produksi massa telur, dan income over feed cost (IOFC). Data yang diperoleh akan diuji normalitas, ditabulasikan dan dianalisis statistik dengan menggunakan SPSS 21. Apabila terdapat pengaruh nyata makan akan dilanjutkan dengan uji lanjut duncan kemudian dilanjutkan dengan pembahasan dan penarikan kesimpulan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data produktivitas selama penelitian yang meliputi konsumsi pakan, konversi pakan, produksi telur harian (*hen day production*), produksi massa telur dan IOFC disajikan pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Rerata Konsumsi Ransum Ayam Petelur Fase Afkir (Umur 92-96 Minggu) yang Diberi Pakan Rekayasa dengan Suplementasi Tepung Herbal Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*)

Umur (Minggu)	Konsumsi Ransum (Kg)			
	R0	R1	R2	R3
92	17.49±0.65	17.45±0.68	17.48±0.67	17.46±0.68
93	18.79±0.18	19.21±0.01	18.63±0.23	18.71±0.20
94	19.25±0.02	19.25±0.00	19.25±0.00	19.25±0.00
95	19.11±0.04	19.25±0.04	19.21±0.01	19.25±0.00
96	17.64±0.45	19.00±0.09	19.00±0.09	19.00±0.09
Rata-Rata	18.46±0.83	18.83±0.78	18.71±0.73	18.73±0.75
<i>p-value : 0.124</i>				

Selanjutnya pengaruh suplementasi THA terhadap konversi ransum disajikan dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Rerata Konversi Ransum Ayam Petelur Fase Afkir (Umur 92-96 Minggu) yang Diberi Pakan Rekayasa dengan Suplementasi Tepung Herbal Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*)

Umur (Minggu)	Konversi Ransum			
	R0	R1	R2	R3
92	32.03±15.12	34.63±21.36	47.36±17.58	10.40±10.69
93	7.72±6.90	7.91±3.25	8.20±16.64	4.25±2.42
94	3.08±0.64	3.28±0.73	3.58±0.79	2.80±0.70
95	2.21±0.42	2.23±0.34	2.09±0.26	2.14±0.57
96	1.89±0.45	1.81±0.18	1.82±0.23	1.86±0.13
Rata-Rata	3.73±0.71^a	3.81±0.80^a	3.93±0.96^a	2.76±0.07^b
<i>p-value : 0.026</i>				

Selanjutnya pengaruh suplementasi THA terhadap produksi telur harian/HDP dan produksi massa telur disajikan dalam Tabel 4 dan Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 4. Rerata HDP Ayam Petelur Fase Afkir (Umur 92-96 Minggu) yang Diberi Pakan Rekayasa dengan Suplementasi Tepung Herbal Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*)

Umur (Minggu)	Hen Day Production/HDP (%)			
	R0	R1	R2	R3
92	4.57±3.60	4.57±4.28	2.86±3.02	13.71±7.61
93	21.71±12.62	21.71±8.28	18.86±13.55	37.14±11.97
94	50.29±11.28	49.14±9.99	44.00±10.07	56.00±8.00
95	72.00±11.78	70.86±10.76	71.43±8.14	71.43±15.57
96	79.17±11.08	86.29±10.55	84.00±12.86	85.71±11.94
Rata-Rata	55.79±25.82^a	57.00±28.03^a	54.57±29.08^a	62.57±20.85^b
<i>p-value</i> : 0.035				

Tabel 5. Rerata Produksi Massa Telur (PMT) Ayam Petelur Fase Afkir (Umur 92-96 Minggu) yang Diberi Pakan Rekayasa dengan Suplementasi Tepung Herbal Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*)

Umur (Minggu)	Produksi Massa Telur (kg)			
	R0	R1	R2	R3
92	0.55±0.06	0.50±0.07	0.37±0.05	1.68±0.14
93	2.43±0.19	2.43±0.13	2.27±0.21	4.40±0.18
94	6.24±0.20	5.87±0.19	5.38±0.18	6.88±0.13
95	8.93±0.21	8.64±0.18	9.17±0.16	8.98±0.28
96	9.35±0.20	10.48±0.18	10.42±0.22	10.19±0.25
Rata-Rata	6.74±3.18^a	6.85±3.51^a	6.81±3.71^a	7.62±2.54^b
<i>p-value</i> : 0.031				

Kemudian pengaruh suplementasi THA terhadap income over feed cost (IOFC) disajikan dalam Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Rataan IOFC/*income over feed cost* Selama Pemeliharaan dengan Perlakuan Suplementasi Tepung Herbal Andaliman pada Ayam Petelur Periode Afkir

Parameter	R0	R1	R2	R3
Harga Pakan (Rp/kg)*	7200	7180	7140	7120
Harga Jual Telur (Rp/kg)**	28500	28500	28500	28500
Konsumsi Pakan (kg/ekor/selama pemeliharaan)	18,455	18,833	18,714	18,734
Produksi Telur (kg/ekor)	6,737	6,853	6,811	7,616
Biaya Pakan (Rp/ekor)	132876	134655	130997	128329
Pendapatan (Rp/ekor)	192005	195311	194114	217056
IOFC (Rp/ekor/selama pemeliharaan)	59129	60091	60497	83668

Keterangan: *Harga pakan pada bulan Juli-September 2025, **Harga telur pada bulan Juli-September 2025

a. Pengaruh Suplementasi Tepung Herbal Andaliman terhadap Konsumsi Ransum Selama Penelitian

Berdasarkan tabel 2, hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suplementasi tepung herbal andaliman tidak menunjukkan pengaruh signifikan ($P > 0.05$) terhadap rata-rata konsumsi pakan mingguan selama penelitian walaupun angka rata-rata konsumsi pakan ayam yang diberi perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Angka konsumsi pakan sangat dipengaruhi oleh kualitas (nutrisi) dan elemen yang dapat merangsang palatabilitas ternak. Dalam hal ini, suplementasi tepung herbal andaliman menunjukkan respon positif terhadap konsumsi pakan, selain itu, kandungan senyawa aromatik dalam tepung herbal andaliman diduga merangsang respon fisik selama proses *feeding*. Konsumsi pakan merupakan tolak ukur dalam mengetahui kesesuaian partisi nutrisi dalam tubuh ayam serta untuk pembentukan produk, seperti halnya untuk produksi telur (Hendrix, 2021 dan Silaban *et al.* 2017).

b. Pengaruh Suplementasi Tepung Herbal Andaliman terhadap Konversi Ransum Selama Penelitian

Berdasarkan tabel 3, analisis sidik ragam menunjukkan bahwa suplementasi tepung herbal andaliman berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap konversi ransum. Konversi ransum (*Feed Conversion Ratio/FCR*) merupakan cerminan dari kualitas pakan yang diberikan yang dapat membuktikan kuantitas produk yang dihasilkan (dapat menguntungkan). Penambahan tepung buah andaliman dalam ransum tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol terhadap nilai FCR. Nilai FCR sangat dipengaruhi oleh tingkat konsumsi dan produksi massa telur. Oleh karena itu, apabila palatabilitas ternak yang tinggi terhadap suatu pakan yang diberikan tidak diikuti dengan nilai massa telur yang tinggi pula, maka ransum atau pakan yang diberikan belum dapat dikatakan berkualitas baik. Angka FCR yang diberi pakan perlakuan berkisar 3.93-2.76 dan masih tergolong tinggi dibandingkan dengan standar yakni 2.12-2.11 (Hendrix, 2021). Beberapa faktor yang mempengaruhi konversi pakan diantaranya jumlah pakan yang dikonsumsi, umur ternak, kualitas ransum yang diberikan khususnya kandungan nutrient yang dapat mempengaruhi produksi, dan total produksi massa telur (Silaban *et al.* 2017).

c. Pengaruh Suplementasi Tepung Herbal Andaliman terhadap Produksi Telur Harian/*Hen Day Production* Selama Penelitian

Berdasarkan tabel 4, analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap produksi telur harian. Penambahan tepung herbal andaliman sampai 2.5% menunjukkan rerata produksi telur harian (HDP) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Mengingat proses penelitian dilakukan dalam kondisi ayam menghadapi tata laksana pemeliharaan yang tidak stabil (dibawah standar), dampak yang paling terlihat yaitu produksi telur yang rendah yakni 2.86-13.71%. Awalnya, penelitian tidak berfokus pada peningkatan HDP melainkan untuk tujuan mitigasi ammonia (penurunan kadar NH_3). Seiring berjalannya pemeliharaan yang memasuki minggu ke-2 dan seterusnya diperoleh trend kenaikan *hen day* untuk semua perlakuan. Dalam hal ini, terdapat dua temuan yang menarik yakni diduga senyawa aktif dan komponen fenolik dalam herbal andaliman mempengaruhi metabolisme dan peningkatan fungsi hormon dalam tubuh ayam yang ditargetkan pada peningkatan FSH (yang mempengaruhi langsung perkembangan folikel *yolk* serta merangsang pembentukan telur (Leenstra *et al.* 2014), dan dampak pemulihan pasca *lost management* terhadap perbaikan performa.

d. Pengaruh Suplementasi Tepung Herbal Andaliman terhadap Produksi Massa Telur Selama Penelitian

Berdasarkan tabel 5, analisis sidik ragam menunjukkan bahwa suplementasi tepung herbal andaliman menunjukkan pengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap produksi massa telur (PMT). Massa telur yang diperoleh merupakan imbas dari yang dikonsumsi oleh ayam dalam bentuk produk yang dihasilkan (telur). Semakin tinggi produksi massa telur tentunya akan lebih menguntungkan bagi peternak. Pada penelitian ini, perlakuan dengan penambahan 2.5% tepung herbal andaliman menghasilkan massa telur yang lebih optimum dibandingkan perlakuan lainnya. Dari temuan ini, diduga kuat bahwa peningkatan konsentrasi tepung herbal andaliman akan mempengaruhi ketersediaan komponen aktif dalam ransum yang dapat mempercepat proses sekresi hormon FSH dalam merangsang pembentukan telur. Selain itu, kandung nutrisi lainnya seperti protein juga berkontribusi pada proses percepatan pembentukan telur (proses percepatan ovulasi). Hasil penelitian Li *et al.* (2012) dan Silaban *et al.* (2017) menunjukkan bahwa pemanfaatan nitrogen yang terbatas mempengaruhi produksi massa telur yang artinya ketersediaan N dalam protein pakan pada penelitian ini dapat memenuhi kebutuhan sehingga diperoleh telur dengan bobot yang lebih besar.

e. Pengaruh Suplementasi Tepung Herbal Andaliman terhadap IOFC Selama Penelitian

IOFC merupakan indikator untuk mengetahui efisiensi pakan perlakuan yang diberikan kepada ternak dan cerminan dari treatment pakan apakah menguntungkan atau tidak. Nilai IOFC dipengaruhi oleh konsumsi pakan, harga pakan setelah adanya proses suplementasi dan harga jual produk (telur) selama proses pengamatan. Berdasarkan tabel 12, perlakuan menunjukkan nilai IOFC yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Faktor yang sangat mempengaruhi dan menyebabkan peningkatan nilai IOFC yaitu biaya produksi massa telur yang mencukupi atau

melebihi dari total biaya pakan yang dikonsumsi. Apabila total biaya konsumsi yang dihasilkan tidak sebanding dengan total produksi massa telur yang diperoleh maka akan mencerminkan IOFC yang rendah dan terindikasi usaha merugikan (bahkan tidak dapat menutupi modal yang dikeluarkan). Penambahan tepung herbal andaliman dalam ransum tidak berbeda jauh dalam menghasilkan jumlah telur (butir) dibandingkan dengan kontrol akan tetapi produksi massa yang dihasilkan berpengaruh sangat nyata sehingga berdampak pada peningkatan biaya dari hasil penjualan telur. Rata-rata persentase selisih IOFC ayam yang diberi pakan perlakuan mencapai 6,38%. Kemudian, perlakuan R3 menunjukkan nilai IOFC tertinggi dengan selisih persentase mencapai 17,19% dibandingkan dengan R0. Hal ini mengindikasikan bahwa, senyawa aromatik dan total fenolik dalam tepung herbal andaliman selain merangsang peningkatan palatabilitas juga mampu memperbaiki kualitas fisik telur (bobot telur lebih tinggi) sehingga akan berdampak baik bagi peningkatan pendapatan peternak (Silaban *et al.* (2017)).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa suplementasi tepung herbal andaliman sampai 2.5% dalam ransum menunjukkan performa (konsumsi ransum, produksi massa telur, rerata berat telur, konversi ransum dan mortalitas) yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Kemudian, pemanfaatan tepung herbal andaliman dalam ransum berpotensi dalam proses pemulihan produktivitas ayam pasca *molting* dan *lost management* pada pemeliharaan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrizal, Patterson, P.H., Hullet, R.M., Bates, R.M., Despot, D.A., Wheeler, E.F., Topper, P.A., Anderson, D.A., Thompson, J.R. 2015. The potential for plants to trap emission from farm with laying hens: 2. Ammonia and Dust. *The Journal of Applied Poultry Research* 17: 398-411, 10.3382/japr.2007-00104.
- Ahammed, M., Chae, B. J., Lohakare, J., Keohavong, B., Lee, M. H., Lee, S. J., ... & Ohh, S. J. (2014). Comparison of aviary, barn and conventional cage raising of chickens on laying performance and egg quality. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(8), 1196. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13394>
- Amarulla, R. 2004. *Nutrisi Ayam Broiler*. Lembaga Satu Gedung Budi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Anwar, P., Jiyanto and M.A. Santi. 2019. Persentase karkas, bagian karkas dan lemak abdominal broiler dengan suplementasi andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* dc) dalam ransum. *Ternak Tropika Journal of Tropical Animal Production*. 20(2): 172–178.
- Asbur, Y dan K. Khairunnisyah. 2018. Pemanfaatan andaliman (*Zanthoxylum Acanthopodium Dc*) sebagai tanaman penghasil minyak atsiri. *Cultivate*. 17(1): 537–543.
- Ball, M.E.E., Smyth, S., Beattie, V.E., McCracken, J.K., McCormack, U., Muns, R., Gordon, F.J., Bradford, R., Reid, L.A., Magowan, E. 2022. The environmental impact of lowering dietary crude protein in finishing diets-the effect on ammonia, odour and slurry production. *Sustainability*, 14(19): 12016. <https://doi.org/10.3390/su141912016>.
- Chen B, Koziel JA, Białowiec A, Lee M, Ma H, O'Brien S, Li P, Meiirkhanuly Z and Brown RC. 2021. Mitigation of Acute Ammonia Emissions with Biochar During Swine Manure Agitation Before Pump-Out: Proof-of-the-Concept. *Front. Environ. Sci.* 9:613614. doi: 10.3389/fenvs.2021.613614
- Costantini, M., Lovarelli, D., Orsi, L., Ganzaroli, A., Ferrante, V., Febo, P., ... & Bacenetti, J. (2020). Investigating on the environmental sustainability of animal products: The case of organic eggs. *Journal of Cleaner Production*, 274, 123046. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123046>

- Faradillah, F., M.A. Santi., L. W. Sipahutar., A. Nurmi and A. Mahmud., 2020. Effects of andaliman (*Zantoxylumachantopodium*, Dc) supplementation on broiler immunity. *Journal Of Physics: Conference Series*. 1477(7): 1742-6596.
- Farid, M., Widodo, E., & Natsir, M. H. 2019. Identifikasi Pengaruh Maksimal Level Bekatul Terhadap Penampilan Produksi Ayam Petelur. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 2(2), 59–64. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jnt.2019.002.02.5>
- Farooq, M.S., Wang, X., Uzair, M., Fatima, H., Fiaz, S., Maqboo, Z., Rehman, O.U., Yousuf, M., Khan, M.R. 2022. Recent trends in nitrogen management strategies. *Frontiers lant Sci*. 2022.
- Fitroh, M.N., Pagala, M.A., Has, H. 2016. Pengaruh metode *force molting* yang berbeda terhadap rontok bulu ayam petelur afkir. *JITRO* 3(2): 87-92.
- Forte, C., Moscati, L., Acuti, G., Mugnai, C., Franciosini, M. P., Costarelli, S., & Trabalza-Marinucci, M. 2016. Effects of dietary *Lactobacillus acidophilus* and *Bacillus subtilis* on laying performance, egg quality, blood biochemistry and immune response of organic laying hens. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 100(5), 977-987. <https://doi.org/10.1111/jpn.12408>
- Harahap, A. U., & Silaban, R. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Buah Andaliman Suplementasi Monensin Terhadap Mitigasi Gas Metan Pada Ternak Kambing. *Journal of Livestock and Animal Health*, 5(2), 42–48. <https://doi.org/10.32530/jlah.v5i2.320>
- Hendrix Genetic Guidance [HGG]. 2021. Performa ISA Brown Laying Hens. *Hendrix Genetic BV*. <https://layinghens.hendrix-genetics.com/en/market/indonesia/ISA/>
- Inggita A. 2015. Effects of Form and Storage Temperature on Antioxidant Activity and Sanshool Content of Dried Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Skripsi Universitas Pelita Harapan.
- Khairunnisyah, Y. 2018. Pemanfaatan andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC) tanaman penghasil minyak atsiri terhadap kualitas produk hewani. *Jurnal Kultivasi* 17(1): 537-545.
- Laily, D.W., Roidah, I.S., Rozci, F., Purnamasari, I. 2023. Impact of Risk Production of Laying Hens Livestock in Ringinsari Village, Kandat District, Kediri District. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 33(3): 413-427.
- Leenstra, F., Maurer, V., Galea, F., Bestman, M., Amsler-Kepalaite, Z., Visscher, J., & van Krimpen, M. (2014). Laying hen performance in different production systems; why do they differ and how to close the gap? Results of discussions with groups of farmers in The Netherlands, Switzerland and France, benchmarking and model calculations. *European Poultry Science*, 78, 1-10. <https://doi.org/10.1399/eps.2014.53>
- Lestari, A.M., Hudoyo, A., Kasymir, E. 2015. Proyeksi Produksi dan Konsumsi Telur Ayam Ras di Provinsi Lampung. *JIIA* 3(3): 287-293.
- Li, M., Feng, K., Chen, J., Liu, T., Wu, Y., Mi, J., Wang, Y. 2023. Chinese Herbal Extract Mitigate Ammonia Generation in the Cecum of Laying Hens: An In Vitro Study. *Animals*. 13(18): 2969. <https://doi.org/10.3390/ani13182969>
- Mikkelsen, B.A., Hess, J.B., Krehling, J.T., Macklin, S.K. 2021. Broiler performance and litter ammonia levels as affected by sulfur added to the bird's diet. *Journal of Applied Poultry Research*, vol 30(2): 100159..

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
22 Januari 2026	02 Februari 2026	08 Februari 2026	Ya