

**Integrasi Probiotik Cair dalam Sistem Peternakan Berkelanjutan untuk Meningkatkan Kandungan Protein Telur Ayam Ras (*Gallus sp.*)**  
(Integrating Liquid Probiotics into Sustainable Poultry Systems to Enhance Egg Protein Content in *Gallus sp.*)

**Nurul Magfirah Sukri<sup>1\*</sup>, Eddy Soekendarsi<sup>2</sup>, Zaraswati Dwyana<sup>3</sup>, Herlina Rante<sup>4</sup>**

<sup>1\*</sup> Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sulawesi Barat, Majene, Indonesia

<sup>2,3</sup> Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

<sup>4</sup> Departemen Farmasi Sains dan Teknologi, Fakultas Farmasi, Universitas Sulawesi Barat, Majene, Indonesia

**ARTICLE INFO**

*Article history:*

Received : August 20, 2025

Revision in revised from : September 2, 2025;

Accepted : September 20, 2025;

Available Online : September 30, 2025.

**KEYWORDS :**

*Egg protein;*

*liquid probiotics;*

*Laying hens;*

*Sustainable poultry farming;*

*Kjeldahl method;*

*Nutritional optimization.*

**ABSTRACT**

The sustainability of livestock ecosystems increasingly depends on improving feed conversion efficiency and reducing reliance on synthetic chemical additives. Probiotics offer a biological alternative to enhance poultry productivity while maintaining ecological balance. This study aims to evaluate the enhancement of egg protein content in laying hens (*Gallus sp.*) through the integration of liquid probiotics into sustainable poultry systems. The research followed a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments: control (M0), liquid probiotic culture (M1), and commercial probiotic (M2). Egg protein content was analyzed using the Kjeldahl method, involving digestion, distillation, and titration to determine total nitrogen levels, which were converted into crude protein percentages. The findings indicate that while liquid probiotic integration showed a positive trend in enhancing egg protein levels, the statistical analysis revealed no significant difference ( $P > 0.05$ ) among treatments. The liquid probiotic culture (M1) yielded the highest mean protein content at  $11.26 \pm 1.361$  mg/g, compared to the control group ( $10.5 \pm 1.371$  mg/g). This numerical improvement suggests that probiotics support gut microflora health, potentially aiding nitrogen metabolism efficiency. Although not statistically significant in this trial, the implementation of probiotics in sustainable livestock systems supports ecosystem conservation by providing a chemical-free alternative for poultry management and promoting long-term biological resilience.



Copyright (c) 2025 @author(s).

## 1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan unggas merupakan pilar strategis dalam pemenuhan kebutuhan protein hewani global melalui produksi telur ayam ras (*Gallus sp.*) yang memiliki efisiensi konversi biologis tinggi (Gerber et al., 2021). Peningkatan intensitas produksi dalam ekosistem peternakan modern sering kali mengabaikan aspek keseimbangan lingkungan serta kesehatan jangka panjang. Ketergantungan yang tinggi pada penggunaan *Antibiotic Growth Promoters* (AGP) untuk memacu pertumbuhan telah memicu krisis global resistensi antimikroba (Antimicrobial Resistance/AMR) yang dapat menyebar melalui rantai makanan ke populasi manusia (WHO, 2024). Transisi menuju sistem peternakan yang mendukung konservasi lingkungan dan kesehatan ekosistem secara menyeluruh (One Health Approach) menjadi prioritas utama guna mengurangi residu kimia berbahaya dalam produk pangan (FAO, 2022).

Efisiensi metabolisme serta penyerapan nutrisi dalam saluran pencernaan induk sangat menentukan kualitas telur sebagai produk biologis. Rendahnya daya cerna protein pakan menjadi kendala utama dalam manajemen peternakan konvensional sehingga mengakibatkan tingginya ekskresi nitrogen ke lingkungan melalui feses. Akumulasi nitrogen organik yang tidak terkelola dengan baik dapat memicu eutrofikasi pada badan air di sekitar area peternakan serta meningkatkan emisi gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) yang merusak kualitas udara (Mottet dan Tempio, 2023). Pendekatan inovatif diperlukan untuk meningkatkan asimilasi nitrogen dalam tubuh ternak agar nutrisi pakan dapat dioptimalkan menjadi

protein telur alih-alih terbuang sebagai polutan ekosistem (Jha et al., 2020).

Intervensi menggunakan probiotik cair menawarkan solusi regeneratif untuk memperbaiki kesehatan mikroekosistem fungsional di dalam saluran pencernaan (Gastrointestinal Tract). Penelitian terdahulu oleh Anggraini et al. (2017) menunjukkan bahwa suplementasi probiotik dapat memperbaiki performa unggas melalui perbaikan mikroflora usus. Bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus* bekerja melalui mekanisme kompetisi eksklusi melawan mikroba patogen serta menstimulasi perkembangan morfologi vili usus (He et al., 2021; Khaerunnisa et al., 2024). Peningkatan integritas mukosa usus ini secara langsung memperluas permukaan absorpsi bagi asam amino esensial dan mineral mikro. Aktivitas enzimatis dari bakteri probiotik membantu memecah polimer protein kompleks menjadi dipeptida dan asam amino bebas yang lebih mudah diserap ke dalam sirkulasi darah serta ditransportasikan menuju oviduk untuk pembentukan albumin (Zhang et al., 2022).

Optimasi penggunaan kultur campuran probiotik cair yang spesifik terhadap peningkatan fraksi protein kasar pada telur di bawah kondisi lingkungan tropis Indonesia masih memerlukan kajian mendalam meskipun manfaat umum probiotik telah banyak dilaporkan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan isolat probiotik kultur campuran yang diuji viabilitasnya secara berkala untuk memastikan efektivitas kolonisasi selama masa produksi puncak ayam petelur. Penggunaan metode Kjeldahl dalam penelitian ini memberikan validasi kuantitatif yang presisi mengenai sejauh mana intervensi biologis dapat mengubah profil nutrisi produk akhir

(Saputra et al., 2021). Penelitian ini bertujuan mengembangkan model manajemen peternakan yang berkelanjutan (sustainable farming) dengan mengurangi ketergantungan pada input kimia. Penggunaan probiotik cair menjadi langkah strategis dalam menjaga resiliensi ekosistem pertanian serta menyediakan pangan sehat bagi masyarakat (Priyono et al., 2022).

## 2. BAHAN DAN METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Rangkaian penelitian ini dilaksanakan di tiga lokasi strategis di Sulawesi Selatan, meliputi Laboratorium Mikrobiologi (Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Hasanuddin) untuk tahap pembuatan dan peremajaan kultur, peternakan ayam di Kecamatan Empagae (Kabupaten Sidrap) untuk fase pemeliharaan dan koleksi sampel, serta Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat (BBLKM) Makassar untuk pengujian biokimia telur. Konsorsium bakteri yang digunakan berupa merupakan koleksi laboratorium yang terdiri dari *Lactobacillus paraplantarum*, *Lactobacillus bivirmentans*, dan *Enterococcus faecalis*. Selain itu, penelitian ini melibatkan dua isolat lokal potensial, yaitu isolat F dan isolat PBD, yang telah teruji secara laboratorium memiliki aktivitas proteolitik dan adaptasi optimal pada media *Man Ragosa Sharpe Broth* (MRSB) meskipun identifikasi molekuler lebih lanjut belum dilakukan

### Materi Penelitian dan Persiapan Subjek Hewan

Subjek penelitian yang digunakan adalah ayam ras petelur (*Gallus sp.*) fase layer yang berada dalam kondisi kesehatan optimal. Hewan uji sebanyak 12 ekor dibagi secara acak ke dalam tiga kelompok perlakuan (M0 = Kontrol

negatif/tanpa probiotik; M1 = diberikan Probiotik kultur campuran; dan M3 = Kontrol positif/probiotik komersial) berdasarkan prinsip Rancangan Acak Lengkap (RAL), di mana setiap perlakuan terdiri dari empat ulangan dengan satu ekor ayam per unit percobaan.

### Pembuatan Media Fermentasi

Media fermentasi cair disiapkan secara semi-sintetik untuk menyediakan nutrisi spesifik bagi pertumbuhan kultur bakteri. Sebanyak 10 g tepung jagung, 10 g glukosa, dan 5 ml molase dilarutkan ke dalam 200 ml akuades sebagai sumber karbon dan energi utama. Formulasi media juga dilengkapi dengan penambahan mineral berupa 2 g NaCl, 0,01 g MgSO<sub>4</sub>, dan 0,01 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai sumber nitrogen anorganik dan kofaktor enzimatis untuk mendukung stabilitas sel mikroba selama proses inkubasi. Seluruh bahan tersebut dihomogenkan di atas *hot plate* sebelum dimasukkan ke dalam botol sampel bervolume 300 ml. Tahap akhir penyiapan media dilakukan melalui sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit guna menjamin kondisi media yang aseptik sebelum proses inokulasi bakteri dilakukan

### Pembuatan Probiotik Cair dengan Kultur Campuran

Peremajaan bakteri dilakukan dengan menginokulasi satu ose isolat *L. paraplantarum*, *L. bivirmentans*, *E. faecalis*, isolat F, dan isolat PBD ke dalam 20 ml media MRSB, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Konsentrasi sel masing-masing isolat kemudian distandarisasi menggunakan spektrofotometer hingga mencapai nilai transmitansi 25%T dengan akuades sebagai blanko. Sebanyak 4 ml suspensi dari setiap isolat yang telah

terstandarisasi dicampurkan ke dalam 200 ml media fermentasi cair, kemudian diinkubasi kembali selama 24 jam untuk menghasilkan konsorsium probiotik cair yang siap diaplikasikan pada hewan uji

### Uji Viabilitas Probiotik Cair

Uji viabilitas bakteri asam laktat dilakukan setiap minggu menggunakan metode hitungan cawan (*pour plate method*) dengan seri pengenceran hingga  $10^{-14}$ . Sebanyak 1 ml sampel probiotik cair diambil secara aseptik, diencerkan, dan inokulum dari tingkat pengenceran  $10^{-10}$  hingga  $10^{-14}$  ditanam ke dalam cawan petri steril. Media *Man Ragoza Sharpe Agar* (MRSA) dituangkan di atas inokulum, dihomogenkan dengan penggoyangan cawan, lalu diinkubasi secara terbalik pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam. Kerapatan sel bakteri yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan Colony Forming Units per mililiter (CFU/ml) untuk memantau stabilitas populasi selama penelitian.

### Pemberian Perlakuan Probiotik Cair dan Pengumpulan Telur

Probiotik cair yang telah dibuat selanjutnya diberikan ke setiap kelompok ayam sesuai perlakuan masing-masing dengan pemberian secara oral, yaitu dengan mengambil probiotik cair sebanyak 1 ml dengan menggunakan disposable 1 cc lalu dimasukkan ke dalam mulut ayam. Pemberian probiotik cair dilakukan ketika ayam mencapai fase layer dan pemberian probiotik ini dilakukan di pagi hari setelah ayam diberi pakan. Koleksi telur dilakukan setiap hari pada waktu yang seragam, yaitu pukul 08.00 hingga 10.00 untuk menjaga konsistensi data dan meminimalisir variasi harian. Seluruh telur yang dikumpulkan segera diberi label berdasarkan kelompok perlakuan dan nomor ulangan, lalu diukur

bobotnya (gram), indeks telur (Lebar telur: Tinggi telur X 100%), kemudian disimpan pada suhu ruang yang terkontrol sebelum dikirim ke Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar untuk analisis kadar protein kasar.

### Prosedur Analisis Protein dengan Metode Kjeldahl

Kandungan protein kasar pada sampel telur diuji menggunakan metode Kjeldahl berdasarkan standar internasional AOAC (2019) yang terdiri dari tiga tahapan utama: destruksi, destilasi, dan titrasi. Sampel telur ditimbang sebanyak 0,5 g menggunakan neraca analitik, kemudian didestruksi dengan 25 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat serta penambahan katalisator di atas hotplate hingga larutan menjadi jernih kehijauan, yang menandakan konversi nitrogen organik menjadi amonium sulfat. Selanjutnya, dilakukan destilasi dengan penambahan NaOH (alkalisasi) untuk melepaskan amonia ( $\text{NH}_3$ ) yang ditampung dalam larutan asam borat  $\text{H}_3\text{BO}_3$  4%. Tahap akhir adalah titrasi menggunakan larutan standar HCl atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N untuk menghitung total nitrogen. Data yang diperoleh dari hasil timbangan dengan neraca analitik berupa berat sampel, dan volume titrasi kemudian dimasukkan ke dalam rumus (AOAC, 2019):

Kadar Protein:

$$\frac{(V_1 - V_2) \times N \times 14,007}{x \text{ fk}} \times 100\%$$

w

Keterangan

- $V_1$ : Volume larutan peniter (HCl atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) untuk titrasi sampel (ml).
- $V_2$ : Volume larutan peniter untuk titrasi blanko (ml).
- N: Normalitas larutan peniter (misal 0,1 N).
- 14,007: Berat atom Nitrogen.

- fk: Faktor Konversi Protein (untuk telur Ibu menggunakan 6,25).
- W: Berat sampel awal dalam miligram (mg). Jika menggunakan gram, maka angka 14,007 biasanya disesuaikan menjadi 1,4007 atau pembagiannya dikalikan 1000.

### Analisis Data dan Dokumentasi Ilmiah

Data kandungan protein telur yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) satu arah (*one-way*) pada taraf kepercayaan 95% (= 0,05). Uji ini bertujuan untuk menentukan pengaruh signifikan pemberian konsorsium probiotik cair terhadap kadar protein telur antar kelompok perlakuan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata ( $P < 0,05$ ), maka dilakukan uji lanjut menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) atau Tukey's HSD untuk mengetahui perbedaan signifikan spesifik di antara rata-rata perlakuan. Seluruh tahapan pengerjaan didokumentasikan secara digital untuk menjamin otentisitas prosedur, sementara korelasi antara dosis probiotik dengan peningkatan kualitas protein telur dikaji secara deskriptif dalam perspektif ekofisiologi dan manajemen peternakan berkelanjutan.

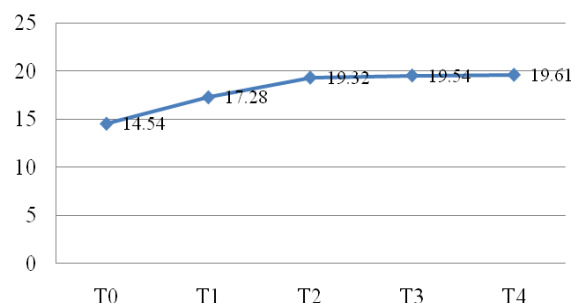
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Viabilitas Probiotik Kultur Campuran

Pengujian viabilitas dilakukan selama empat minggu untuk memastikan kestabilan populasi bakteri asam laktat (BAL) dalam media cair. Berdasarkan hasil metode *Standard Plate Count* (SPC) pada media MRSA, viabilitas probiotik menunjukkan tren peningkatan yang konsisten (Gambar 1).

Nilai densitas bakteri ditransformasikan ke dalam satuan logaritmik ( $\log_{10}$  CFU/ml) untuk memudahkan interpretasi data pertumbuhan eksponensial. Populasi

awal pada minggu ke-0 ( $T_0$ ) tercatat sebesar 14,54  $\log_{10}$  CFU/ml. Setelah penyimpanan selama empat minggu, jumlah koloni terus meningkat dan mencapai puncaknya pada minggu keempat ( $T_4$ ) sebesar 19,61  $\log_{10}$  CFU/ml.



Gambar 1. Grafik hasil uji viabilitas probiotik kultur campuran (satuan  $\log_{10}$  CFU /ml)

Pertumbuhan aktif BAL ini dikonfirmasi melalui terbentuknya zona bening di sekitar koloni pada media yang diperkaya  $\text{CaCO}_3$  1%. Hal ini mengindikasikan kemampuan isolat dalam memproduksi asam laktat secara efektif yang melarutkan kalsium karbonat, sekaligus membuktikan bahwa konsorsium bakteri tetap berada dalam fase generatif yang optimal selama periode aplikasi.

### Parameter Fisik: Bobot dan Indeks Telur

Pemberian konsorsium probiotik cair menunjukkan tren positif terhadap peningkatan bobot telur (Tabel 1), di mana perlakuan M1 (kultur campuran) secara numerik melampaui performa kontrol negatif (M0) maupun probiotik komersial (M2). Meskipun secara statistik tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ) (Tabel 2), keunggulan perlakuan M1 mengindikasikan bahwa sinergi bakteri penyusun konsorsium mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi pakan dan metabolisme protein

secara lebih optimal dibandingkan dengan produk komersial.

Tabel 1. Hasil rata-rata bobot telur (g), indeks telur (%), dan protein telur (mg/g) dari ketiga kelompok (M0 = tanpa probiotik; M1 = probiotik kultur campuran; M2 = probiotik komersial)

Perlakuan	Rataan Bobot (g)	Indeks (%)	Protein (mg/g)
M0	64,7 ± 2,11	76,39 ± 3,09	10,50 ± 1,37
M1	66,49 ± 3,39	75,37 ± 2,01	11,26 ± 1,36
M2	66,06 ± 3,60	76,90 ± 2,12	10,51 ± 0,53

Tabel 2. Hasil Uji ANOVA untuk parameter Bobot telur

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	251,238	2	125,619	,130	,880
Galat	8706,129	9	967,348		
Total	8957,367	11			

Nilai indeks telur (Tabel 1) yang mencerminkan perbandingan lebar dan tinggi telur. Pemberian probiotik kultur campuran menghasilkan variasi nilai indeks telur yang berada pada kisaran proporsional (72-76%), meskipun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan nyata ( $P > 0,05$ ) antar kelompok perlakuan (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil ANOVA parameter indeks telur

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	175,134	2	87,567	,412	,674
Galat	1912,373	9	212,486		
Total	2087,508	11			

Secara numerik, kelompok kontrol positif (M2) memiliki nilai indeks tertinggi, disusul oleh kontrol negatif (M0) dan perlakuan M1 (probiotik kultur campuran). Meskipun perlakuan M1 memiliki nilai indeks yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan kelompok lainnya, seluruh hasil penelitian tetap berada dalam rentang standar indeks

telur ideal (tipe oval), yang mengindikasikan bahwa intervensi probiotik lokal tidak mengubah morfologi telur secara drastis namun tetap menjaga kualitas bentuk telur yang baik untuk dipasarkan.

### Kandungan Protein Telur

Analisis kadar protein menggunakan metode Kjeldahl menunjukkan bahwa penggunaan probiotik kultur campuran (M1) menghasilkan rata-rata protein telur tertinggi (Tabel 1). Meskipun perlakuan M1 menunjukkan angka absolut yang lebih tinggi, hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh tersebut tidak berbeda nyata secara statistik ( $P > 0,05$ ) (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil ANOVA parameter kandungan protein telur

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	1160,212	2	580,106	,479	,634
Galat	10903,445	9	1211,494		
Total	12063,657	11			

### Pembahasan Dinamika Populasi dan Aktivitas Metabolik BAL

Stabilitas populasi Bakteri Asam Laktat (BAL) yang mencapai puncaknya pada minggu keempat menunjukkan bahwa medium fermentasi cair berbasis isolat lokal mampu menyediakan lingkungan mikro yang optimal untuk pertumbuhan eksponensial. Peningkatan densitas sel hingga 19,61 log<sub>10</sub> CFU/ml melampaui standar minimal viabilitas probiotik yang dipersyaratkan untuk memberikan efek kesehatan pada inang. Pembentukan zona bening pada media CaCO<sub>3</sub> merupakan indikator definitif produksi asam organik, terutama asam laktat, yang berperan dalam menurunkan pH saluran pencernaan. Kondisi asam ini menciptakan lingkungan yang tidak menguntungkan bagi patogen enterik

seperti *Salmonella sp.* dan *Escherichia coli*, sehingga meningkatkan integritas vili usus untuk penyerapan nutrisi yang lebih efisien (Mæhre et al., 2018; Moore et al., 2017).

### **Mekanisme Peningkatan Bobot dan Kualitas Fisik Telur**

Peningkatan bobot telur pada perlakuan M1 (isolat lokal) secara numerik membuktikan adanya sinergi fungsional antarspesies dalam konsorsium probiotik yang mampu meningkatkan bioavailabilitas nutrisi pakan. Mekanisme utama yang mendasari fenomena ini adalah kemampuan Bakteri Asam Laktat (BAL) dalam mensekresi enzim ekstraseluler, terutama protease, amilase, dan lipase ke dalam lumen usus (Olnood et al., 2015; Wang et al., 2017). Enzim-enzim ini berperan krusial dalam menghidrolisis makromolekul pakan (protein dan pati) menjadi unit molekul yang lebih sederhana (asam amino dan glukosa), sehingga lebih mudah diabsorpsi oleh mikrovili usus.

Peningkatan aktivitas enzimatis ini secara langsung berdampak pada kenaikan retensi nitrogen dalam tubuh ayam. Menurut Yadav & Jha (2019), keberadaan konsorsium mikroba yang stabil dapat memperbaiki morfologi usus (meningkatkan tinggi vili), yang memperluas area penyerapan nutrisi. Nitrogen yang terserap secara optimal kemudian didistribusikan melalui sirkulasi darah menuju hati untuk disintesis menjadi protein telur (egg protein synthesis). Hal ini menjelaskan mengapa massa telur, khususnya pada bagian albumin yang kaya akan protein (ovalbumin), mengalami peningkatan pada kelompok yang diberi intervensi probiotik (Khan et al., 2020). Penggunaan isolat lokal (M1) diduga memberikan efek yang lebih stabil karena bakteri asli (indigenous) memiliki

daya adaptasi dan kemampuan kolonisasi yang lebih kuat pada traktus gastrointestinal ayam di lingkungan tropis dibandingkan isolat introduksi.

### **Sintesis Protein Telur dan Implikasi Ekofisiologi**

Pencapaian kadar protein tertinggi pada kelompok M1 (11,26 mg/g) memberikan gambaran mengenai efektivitas isolat lokal dalam memodulasi metabolisme protein pada fase layer. Bakteri probiotik dalam sediaan cair bekerja dengan memperbaiki morfologi usus halus, terutama meningkatkan tinggi vili dan kedalaman kripta pada duodenum serta jejunum (Awad et al., 2009; Inatomi et al., 2017). Perbaikan struktur histologis ini memperluas permukaan absorpsi, sehingga asam amino hasil hidrolisis pakan lebih banyak yang terserap ke dalam sirkulasi portal menuju hati (hepar). Di dalam hati, asam amino tersebut disintesis menjadi prekursor protein telur, seperti vitelogenin dan lipoprotein densitas sangat rendah (VLDL), yang kemudian ditransportasikan ke ovarium untuk pembentukan kuning telur (yolk) dan ke magnum untuk sekresi albumin (Fouad et al., 2016).

Dalam perspektif manajemen peternakan rendah emisi, efisiensi penyerapan protein yang tinggi pada kelompok M1 merupakan langkah strategis untuk mitigasi pencemaran lingkungan. Menurut Applegate et al. (2008) dan Selle et al. (2012), peningkatan efisiensi penggunaan nitrogen (N) melalui imbuhan probiotik secara langsung mengurangi ekskresi nitrogen ke dalam feses dan urin (ekskreta). Semakin banyak nitrogen yang terkonversi menjadi protein telur, semakin sedikit substrat nitrogen yang tersedia bagi bakteri ureolitik di kandang untuk diubah menjadi gas amonia ( $\text{NH}_3$ ).

Hal ini mendukung konsep peternakan berkelanjutan (sustainable livestock) di mana penggunaan imbuhan pakan berbasis mikroba lokal mampu mengoptimalkan produksi tanpa membebani daya dukung lingkungan melalui pengurangan polusi udara dan bau kandang (Moore et al., 2017). Keunggulan numerik M1 dibandingkan dengan probiotik komersial (M2) juga menegaskan teori host-specificity, di mana isolat asli (indigenous) memiliki kemampuan adhesi pada reseptor epitel usus yang lebih superior dan persistensi kolonisasi yang lebih lama pada sistem pencernaan ternak lokal dibandingkan isolat introduksi (Olnood et al., 2015).

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan kebaruan pendekatan melalui pemanfaatan konsorsium probiotik cair berbasis isolat lokal yang tidak hanya berfungsi sebagai suplemen nutrisi, tetapi sebagai agen biologis yang mengoptimalkan efisiensi metabolisme nitrogen dalam sistem peternakan berkelanjutan. Meskipun tidak menunjukkan perbedaan signifikan secara statistik, tren peningkatan protein telur mengindikasikan adanya mekanisme ekofisiologis yang relevan antara mikrobiota usus dan sintesis produk ternak. Temuan ini memperkuat konsep bahwa probiotik lokal memiliki potensi adaptif lebih tinggi dibandingkan produk komersial, sehingga membuka peluang pengembangan teknologi pakan ramah lingkungan berbasis sumber daya hayati lokal untuk mendukung sistem produksi unggas yang resilien dan rendah emisi.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sulawesi Barat dan Universitas Hasanuddin atas dukungan fasilitas laboratorium dan teknis selama

penelitian. Apresiasi juga diberikan kepada Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar atas bantuan analisis sampel. Seluruh pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian ini turut dihargai atas kontribusinya dalam mendukung terselesainya penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, K. E., Tharrington, J. B., Curtis, P. A., & Jones, F. T. (2004). Shell characteristics of eggs from historic and modern commercial egg-laying stocks. *Poultry Science*, 83(9), 1477-1483.  
<https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1477>
- Anggraini, L., Marlida, Y., Wizna, W., Jamsari, J., & Mirzah, M. (2017). Optimization of liquid media for *Pediococcus acidilactici* as a candidate probiotic for poultry. *International Journal of Poultry Science*, 16(12), 482-487.
- AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.
- Applegate, T. J., Angel, R., & Adeola, O. (2008). Nitrogen excretion across poultry species and potential for reduction through diet manipulation. *Poultry Science*, 87(7), 1270-1278.  
<https://doi.org/10.3382/ps.2007-00445>
- Awad, W. A., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S., & Böhm, J. (2009). Effects of addition of probiotic and prebiotic on the performance and gut morphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 88(1), 49-54.  
<https://doi.org/10.3382/ps.2008-00210>

- Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H., & Camci, O. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science*, 80, 1-9. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.117>
- FAO. (2022). The future of food and agriculture - Drivers and triggers for transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fouad, A. M., Chen, W., Ruan, D., Wang, S., Xia, W. G., & Zheng, C. T. (2016). Nutritional factors affecting egg quality and egg protein composition. *World's Poultry Science Journal*, 72(4), 723-734. <https://doi.org/10.1017/S004393391600075X>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A., & Tempio, G. (2021). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- He, Y., Yang, Y., Dong, Z., Hou, B., Zhang, B., Cao, Y., & Ni, X. (2021). Effects of probiotics on the adhesion of enteropathogens, mucosal immune responses, and gut microbiota in poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 753.
- Inatomi, T., Amarasinghe, A. M. M. T., & Sodani, H. I. (2017). Effects of probiotic *Bacillus subtilis* on growth performance and intestinal morphology in layer chickens. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1), 1-8.
- Jha, R., Das, R., Oak, S., & Mishra, P. (2020). Probiotics (Direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: A systematic review. *Animals*, 10(10), 1863.
- Khan, S., Moore, R. J., Stanley, D., & Chousalkar, K. K. (2020). Probiotics in poultry feed: A comprehensive review on its mucosal immune response and gut health. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(1), 169-182. <https://doi.org/10.1111/jpn.13257>
- Khaerunnisa, K., Dwyana, Z., & Sulfahri, S. (2024). Bioprospecting bakteri asam laktat berpotensi probiotik dari usus ayam buras (*Gallus domesticus*) pada ekosistem tempat pembuangan akhir Antang. *Indonesian Journal of Ecology and Conservation*, 1(2). <https://doi.org/10.31605/ijec.v1i2.6332>
- Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O., & Jensen, I. J. (2018). Protein determination—Method matters. *Molecules*, 23(5), 1045. <https://doi.org/10.3390/molecules23051045>
- Moore, J. C., DeVries, J. W., Lipp, M., Griffiths, J. C., & Abernethy, D. R. (2017). Total protein methods and their applications in food safety and quality. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 343-348). Academic Press.
- Mottet, A., & Tempio, G. (2023). Global livestock environmental assessment model (GLEAM). FAO Animal Production and Health Paper.
- Olnood, C. G., Beski, S. S., Choct, M., & Iji, P. A. (2015). Screening of chicken-derived *Lactobacillus* for their probiotic properties and adherence to intestinal epithelial cells. *Poultry Science*, 94(7), 1594-1600. <https://doi.org/10.3382/ps/pev118>

- Priyono, A., dkk. (2022). Manajemen limbah nitrogen pada peternakan ayam petelur berbasis probiotik. *Jurnal Ekosistem Pertanian Berkelanjutan*, 5(2), 88-95.
- Saputra, A., dkk. (2021). Aplikasi metode Kjeldahl dalam analisis mutu protein pangan asal ternak. *Jurnal Teknologi Pangan Indonesia*, 12(3), 145-152.
- Selle, P. H., Liu, S. Y., Cai, J., & Cowieson, A. J. (2012). Protein-binding agents in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1-2), 18-35.
- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1995). Prinsip dan prosedur statistika: Suatu pendekatan biometrik (B. Sumantri, Trans.). Gramedia Pustaka Utama.
- Wang, Y., Li, A., Liu, J., Ni, X., Tang, Y., & Zhang, J. (2017). Effect of probiotics on the meat quality and growth performance of chickens: A meta-analysis. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 193-197. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1150845>
- WHO. (2024). Antimicrobial resistance: Global report on surveillance. World Health Organization.
- Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Zhang, L., dkk. (2022). Mechanism of probiotics in enhancing egg shell quality and protein synthesis in laying hens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(4), 112-12