

Original Article

Penambahan inulin dan *Lactobacillus acidophilus* dalam pakan menggunakan sumber protein mikropartikel terhadap pertumbuhan tulang broiler

Lilik Krismiyanto^{1*}, Nyoman Suthama¹, Bambang Sukamto¹, Azki Azhari Azmi²

¹Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang, 50275

²Program Studi S1 Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang, 50275

*Correspondence: lilikkrismiyanto@lecturer.undip.ac.id

Received: January 10th, 2022; Accepted: July 25th, 2022; Published online: November 4th, 2022

Abstrak

Tujuan: Tujuan penelitian yaitu untuk mengkaji pengaruh kombinasi inulin dari ekstrak umbi dahlia (*Dahlia variabilis*) dan *Lactobacillus acidophilus* dalam pakan yang memanfaatkan sumber protein mikropartikel terhadap populasi bakteri, pH usus halus, pencernaan protein, retensi kalsium (Ca), panjang dan bobot tulang, massa Ca tulang, rasio daging-tulang dan penambahan bobot badan broiler.

Metode: *Day old chicks* (DOC) broiler strain *Cobb unsex* sebanyak 216 ekor dengan rata – rata bobot badan $42,62 \pm 0,20$ g/ekor sebagai ternak percobaan. Penelitian disusun berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial 3×3 dengan 3 ulangan dan masing – masing 8 ekor. Faktor A inulin dari inulin ekstrak umbi dahlia/IEUD 3 level yaitu A1 (0%), A2 (0,58%), dan A3 (1,16%). Faktor B *L. acidophilus* 3 level yaitu B1 (0%), B2 (0,6%), dan B3 (1,2%). Parameter yang diukur meliputi populasi bakteri asam laktat, pH usus halus, populasi *coliform*, retensi Ca, panjang dan bobot tulang, massa Ca tulang, rasio daging-tulang dan penambahan bobot badan. Data terolah menggunakan uji sidik ragam pada taraf 5% dan uji beda lanjut Duncan pada taraf 5%.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi IEUD dan *L. acidophilus* yang ditambahkan pada pakan mengandung sumber protein mikropartikel menunjukkan interaksi nyata ($P < 0,05$) terhadap populasi bakteri, pH usus halus, pencernaan protein, retensi Ca, massa Ca tulang, panjang tibia, bobot tulang femur dan tibia, rasio daging-tulang serta penambahan bobot badan, tetapi tidak adanya interaksi terhadap panjang femur. Perlakuan pada masing-masing faktor A dan B tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap panjang femur.

Kesimpulan: Penambahan kombinasi inulin ekstrak umbi dahlia pada level 1,16% dan *L. acidophilus* sebanyak 1,2% pada pakan menggunakan sumber protein mikropartikel dapat meningkatkan populasi BAL, pencernaan protein, retensi kalsium, bobot tulang femur dan tibia, rasio daging tulang, penambahan bobot badan broiler serta menurunkan pH usus halus dan populasi *coliform*, namun menghasilkan panjang tulang femur sama panjang.

Kata Kunci: Broiler; Inulin; *Lactobacillus acidophilus*; Pertumbuhan tulang; Protein mikropartikel

Abstract

Objective: This study aimed to examine the effect of the combination of inulin from dahlia tuber extract (*Dahlia variabilis*) and *Lactobacillus acidophilus* in rations using microparticle protein sources on

bacteria population, pH of intestinal, protein digestibility, calcium (Ca) retention, bone length, and weight, bone Ca mass, bone-meat ratio and body weight gain in broiler chickens.

Methods: The livestock used were 216-day old chicks (DOC) Cobb strain broiler chickens with an average body weight of $42,62 \pm 0,20$ g. The study was arranged based on a completely randomized design (CRD) with a 3×3 factorial pattern with 3 replications and 8 bird each. Factor A inulin from inulin from dahlia tuber extract/IDTE 3 levels, namely A1 (0%), A2 (0,58%), and A3 (1,16%). Factor B *L. acidophilus* 3 levels, namely B1 (0%), B2 (0,6%), and B3 (1,2%). Parameters measured included bacteria population, pH of intestinal, protein digestibility, Ca retention, bone length, and weight, bone Ca mass, meat-bone ratio and body weight gain, but there is no interaction with femur length. The data was processed using the variance test at the 5% level and Duncan's further difference test at the 5% level.

Results: The results showed that the combination of IDTE and *L. acidophilus* added to feed containing a protein source of microparticles showed a significant interaction ($P < 0,05$) on bacteri population, pH of intestinal, protein digestibility, Ca retention, bone length, and weight, bone Ca mass, and meat-bone ratio. The treatment of each factor A and B had no significant effect ($P > 0,05$) on the length of the femur.

Conclusions: The addition of a combination of dahlia tuber extract inulin at the level of 1,16% and *L. acidophilus* as much as 1,2% of a diet using microparticle protein sources increased lactic acid bacteria population, protein digestibility, calcium retention, femur and tibia bone weight, bone meat ratio, body weight gain in broiler chickens and lower the pH of the small intestine and coliform population, but resulted in long femur bones.

Keywords: Broiler chicken; Inulin; *Lactobacillus acidophilus*; Bone growth; Microparticle protein

PENDAHULUAN

Broiler diberi pakan mengandung *feed additive* berupa *antibiotic growth promotor* (AGP) agar memiliki laju pertumbuhan cepat. Namun, penggunaan antibiotik sebagai AGP dilarang oleh pemerintah melalui Surat Keputusan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2017 tentang klasifikasi obat hewan. Dampak negatif penggunaan antibiotik dapat menimbulkan resistensi bakteri dan memunculkan residu pada produk ternak yang tidak baik untuk kesehatan konsumen [1]. Larangan penggunaan AGP mendorong para ahli nutrisi untuk mencari bahan alternatif pengganti seperti prebiotik dan probiotik. Penggunaan aditif alami tersebut diharapkan dapat memperbaiki efisiensi penggunaan pakan dan meningkatkan produktivitas ternak.

Feed additive diformulasikan pada pakan yang mengandung berbagai sumber seperti energi, protein, mineral dan vitamin. Salah satu sumber protein yang menyumbangkan biaya bahan pakan tinggi yaitu bungkil kedelai dan tepung ikan. Bungkil kedelai dan tepung ikan merupakan bahan pakan sumber protein yang digunakan sebagai komponen penyusun pakan ayam. Penggunaan bahan pakan sumber protein yang biasanya berharga mahal,

apalagi dalam jumlah banyak dapat meningkatkan biaya pakan. Kondisi ini menyebabkan diperlukan upaya peningkatan efisiensi penggunaan bahan pakan sumber protein melalui pengolahan menjadi mikropartikel. Hasil penelitian [2] bahwa pakan dalam bentuk *mash* dan pellet ukuran partikel 0,10, 0,20, 0,35 dan 0,45 μm menghasilkan ukuran lebih kecil, ukuran partikel 0,56 dan 0,80 μm menghasilkan ukuran sedang, dan ukuran 1, 1,6 dan 2,5 μm menghasilkan ukuran besar. Ukuran partikel diperkecil dapat meningkatkan jumlah partikel dan luas permukaan bahan pakan berdampak positif terhadap gizzard dan saluran pencernaan [3]. Kelebihan dari mikropartikel yaitu meningkatkan efisiensi pakan, lebih mudah dicerna dan diserap saluran pencernaan [4]. Penggunaan sumber protein berbentuk bungkil kedelai serta tepung ikan mikropartikel bisa meningkatkan pencernaan protein, asam amino serta retensi Ca pada broiler [5].

Aditif serat alami yang digunakan pada penelitian ini berasal dari umbi dahlia disebut inulin yang ditambahkan ke dalam pakan menggunakan protein mikropartikel. Dahlia (*Dahlia variabilis*) merupakan tanaman hias yang banyak dibudidayakan di daerah dataran tinggi di Indonesia. Tanaman dahlia dimanfaatkan sebagai penghasil bunga potong, sedangkan

umbinya dibuang sebagai limbah. Limbah umbi dahlia terdapat manfaat mengandung sumber karbohidrat berupa inulin [6]. Berdasarkan hasil laboratorium Saraswanti Bogor bahwa kadar inulin dari umbi dahlia kering sebesar 88,95% dari total karbohidrat. Inulin digunakan sebagai substrat atau makanan untuk bakteri menguntungkan yang berdampak terhadap kesehatan dan keseimbangan bakteri di dalam saluran pencernaan. Inulin dari umbi dahlia bisa dimanfaatkan sebagai prebiotik. Umbi dahlia sebagai sumber inulin diberikan kepada ternak berupa ekstrak kering berbentuk tepung yang berwarna putih abu - abu.

Prebiotik inulin adalah polimer karbohidrat yang tidak di cerna oleh ternak inang, tetapi bisa dimanfaatkan oleh bakteri baik dalam usus. Monomer fruktosa yang dihubungkan oleh jalinan β (2-1) fruktosil menimbulkan inulin tidak bisa didegradasi oleh enzim pencernaan [7]. Inulin tidak di cerna oleh enzim dalam saluran pencernaan, sehingga tidak terjadi pergantian struktur dalam usus namun sebagai substrat yang bisa difermentasi oleh bakteri menguntungkan. Pemberian inulin dapat meningkatkan perkembangan bakteri asam laktat (BAL) dan menghambat bakteri patogen, sehingga berdampak positif pada kesehatan saluran pencernaan dan penyerapan nutrisi lebih baik [8]. Pemberian prebiotik memberikan efek lebih baik bila disertai dengan penambahan probiotik. Penambahan probiotik berupa *L. acidophilus* diharapkan meningkatkan keberadaan bakteri asam laktat karena prebiotik inulin merupakan sumber "makanan" bagi bakteri probiotik. Probiotik dapat meningkatkan pencernaan nutrisi dan menurunkan kolesterol [9]. *L. acidophilus* termasuk ke dalam BAL. Bakteri asam laktat bisa memproduksi asam organik dalam bentuk asam laktat dan *short chain fatty acid* (SCFA) yang bisa mengubah pH dan menghambat pertumbuhan bakteri patogen [10].

Pemberian pakan dengan sumber protein mikropartikel (tepung ikan dan bungkil kedelai) pada broiler dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi bisa didukung dengan penambahan zat aditif dalam bentuk kombinasi IEUD dan *L. acidophilus*. Pemberian IEUD sebagai penyedia substrat berupa inulin untuk difermentasi, sehingga menambah populasi bakteri asam laktat. Pemberian *L. acidophilus* mempunyai kemampuan mengubah karbohidrat

dari inulin dalam bentuk asam laktat dan SCFA sehingga mengubah suasana pH usus halus menjadi rendah dan menghambat populasi bakteri patogen. Kondisi saluran pencernaan yang sehat mencerminkan perluasan vili usus halus meningkat sehingga menghasilkan keseimbangan bakteri dan mampu meningkatkan aktivitas enzim, khususnya pencernaan protein meningkat. Protein berperan penting mengikat kalsium dalam bentuk *calcium binding protein* (CaBP) untuk melewati mukosa usus. Kalsium yang diabsorpsi 98% dideposisi pada tulang dan hanya 2% dalam cairan ekstra seluler [11]. Kalsium yang diabsorpsi didistribusikan untuk pertumbuhan tulang sebagai penyokong tubuh dan tempat melekat daging yang akhirnya berdampak positif terhadap produktivitas pada broiler.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi inulin dari ekstrak umbi dahlia dan *L. acidophilus* dalam pakan yang menggunakan sumber protein mikropartikel terhadap retensi Ca, panjang dan bobot tulang, massa Ca tulang dan rasio daging-tulang pada broiler.

MATERIALS AND METHODS

Ternak, pakan dan peralatan penelitian

Day old chick broiler strain *Cobb unsex* sebanyak 216 ekor dengan rata-rata bobot badan awal $42,62 \pm 0,20$ g sebagai ternak percobaan. Kombinasi IEUD dan *L. acidophilus* sebagai perlakuan. Pemeliharaan awal menggunakan kandang pen yang berjumlah 27 buah dengan ukuran 80×80 cm. Kandang koloni dilengkapi tempat pakan, tempat minum dan lampu bohlam ukuran 50 watt. Alat yang dibutuhkan untuk menampung ekskreta pada saat total koleksi yaitu kardus dan trashbag, serta timbangan untuk menimbang ekskreta.

Ayam pada umur satu minggu pertama diberi pakan *starter* komersial dengan kode pakan CP 511 produksi PT Charoen Popkphand. Pakan perlakuan diberikan setelah umur 1 minggu berupa pakan basal yang ditambah kombinasi inulin dari ekstrak umbi dahlia dan *L. acidophilus*. Susunan bahan pakan dan kadar nutrisi tertera pada Tabel 1. Pemberian pakan dan air minum diberikan secara *ad libitum*. Ayam umur 8-14 hari merupakan periode adaptasi diberi campuran pakan komersial dan

Tabel 1. Susunan bahan pakan dan kadar nutrisi pakan penelitian

Bahan Pakan	Komposisi (%)
Jagung kuning	54,48
Bekatul	15,26
Bungkil kedelai mikropartikel	20,41
Tepung ikan mikropartikel	9,00
CaCO ₃	0,30
Premix	0,25
Lisin	0,10
Metionin	0,20
Total	100,00
Kandungan nutrisi (%)	
Energi metabolis** (kkal/kg)	3.093,69
Protein*	18,30
Lemak*	4,01
Serat kasar*	5,88
Kalsium*	1,14
Fosfor*	0,60
Lisin***	1,03
Metionin***	0,46
Arginin***	1,30

* Hasil analisis pakan di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2021).

** Perhitungan menggunakan rumus [27].

*** Hasil analisis pakan di Laboratorium BPMSP, Bekasi (2021).

pakan basal pada hari ke-8 dengan perbandingan pemberian 75:25, hari ke-9 50:50, hari ke-10 25:75, dan hari ke-11 sampai 35 diberi 100% pakan basal. Selanjutnya, perlakuan selama masa adaptasi diberikan dalam pakan mulai umur 8 sampai 35 hari.

Rancangan penelitian dan perlakuan

Penelitian disusun berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) dengan pola faktorial 3 × 3 dengan 3 ulangan, dan masing – masing terdiri dari 8 ekor. Faktor A, 3 level inulin dari ekstrak umbi dahlia (IEUD) mengacu hasil penelitian [8], meliputi A1 (0%), A2 (0,58%), dan A3 (1,16%). Faktor B, 3 level *L. acidophilus* berdasarkan hasil penelitian [16] meliputi B1 (0%), B2 (0,6%), dan B3 (1,2%). Kombinasi perlakuan yang diuji sebagai berikut:

A1B1 = pakan tanpa IEUD dan *L. acidophilus*

A1B2 = pakan + IEUD 0% dan *L. acidophilus* 0,6%

A1B3 = pakan + IEUD 0% dan *L. acidophilus* 1,2%

A2B1 = pakan + IEUD 0,58% dan *L. acidophilus* 0%

A2B2 = pakan + IEUD 0,58% dan *L. acidophilus* 0,6%

A2B3 = pakan + IEUD 0,58% dan *L. acidophilus* 1,2%

A3B1 = pakan + IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 0%

A3B2 = pakan + IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 0,6%

A3B3 = pakan + IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 1,2%

Pembuatan ekstrak umbi dahlia dan protein mikropartikel

Pembuatan ekstrak umbi dahlia diawali dengan memotong umbi tipis-tipis dengan diameter ± 1 mm, kemudian dikeringkan pada sinar matahari sampai kering udara dan dihaluskan menggunakan grinder. Metode ekstraksi berdasarkan penelitian [12] yaitu tepung ekstrak umbi dahlia sebanyak 400 g ditambahkan 2 liter alkohol 70% dan 2 liter aquades, kemudian direbus menggunakan suhu 80°C selama 30 menit. Kemudian disaring untuk memisahkan larutan dan residu, larutan ditampung dalam wadah toples dan didiamkan selama 1 hari di dalam kulkas pada suhu 4°C. Selanjutnya, jika supernatan dan filtrat terpisah, supernatan diambil dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam, kemudian sampel yang kering digrinder hingga menjadi tepung. Kadar nutrisi ekstrak umbi dahlia tertera pada Tabel 2. Penambahan inulin dan *L. acidophilus* diberikan tiap pagi pada ransum dengan jumlah ± 20 g, jika pakan yang mengandung aditif habis kemudian diberikan pakan tanpa aditif.

Pembuatan sumber protein mikropartikel menggunakan dua bahan pakan protein yaitu tepung ikan dan bungkil kedelai. Bungkil kedelai digrinder terlebih dahulu, kemudian diayak dengan ukuran *mess* 100, sedangkan

Tabel 2. Kadar nutrisi ekstrak umbi dahlia

Komponen nutrisi	Kadar nutrisi (%)
Air*	8,12
Abu*	0,11
Protein kasar*	2,11
Lemak kasar*	0,60
Serat kasar*	0,07
Bahan ekstrak tanpa nitrogen**	88,99
Karbohidrat***	91,03
Inulin***	88,95

* Hasil analisis ekstrak di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2021).

** Perhitungan menggunakan rumus [27].

*** Hasil analisis pakan di Laboratorium Saraswanti, Bogor (2021).

tepung ikan langsung diayak tidak melalui proses grinding. Tepung bungkil kedelai dan tepung ikan dilarutkan dalam aquades dan virgin coconut oil (VCO) dengan perbandingan 50 : 200 : 1 (50 g bahan, 200 ml aquades, dan 1 ml VCO), kemudian dilakukan ultrasonik menggunakan alat *ultrasound transducer* selama 60 menit [5]. Kedua sumber protein yang disonifikasi kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Hasil uji *particle size analysis* tepung ikan sebesar 1,78 μm dan bungkil kedelai sebesar 0,53 μm .

Pengambilan data dan pengukuran

Parameter yang diukur adalah retensi Ca, panjang dan bobot bagian tulang femur dan tibia (Ilustrasi 1), massa Ca tulang dan rasio daging-tulang. Data retensi Ca diperoleh dengan menampung ekskreta melalui metode total koleksi ekskreta [29] selama 4 hari pada umur 32–35 hari dengan menggunakan indikator Fe_2O_3 , kemudian dikeringkan dan dianalisis untuk mengetahui kandungan Ca. Daging dan tulang dipisah untuk mengukur bobot dan panjang tulang. Tulang ditimbang menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g untuk menentukan berat dan pita ukur untuk menentukan panjang tibia dan femur. Retensi

Ca dihitung menggunakan rumus menurut [13] sebagai berikut:

$$\text{Retensi Ca (g)} = \text{Konsumsi Ca (g)} - \text{jumlah Ca ekskreta (g)}$$

Rumus perhitungan massa Ca tulang mengacu pada penelitian [30] sebagai berikut:

$$\text{Massa Ca tulang (g)} = \text{Kadar Ca tulang (\%)} \times \text{bobot tulang (g)}$$

Analisis data

Data yang telah diolah diuji variannya dan uji Duncan pada taraf 5% menggunakan program Statistical Product and Service Solutions (SPSS) versi 25 [14].

HASIL

Pemberian pakan yang mengandung sumber protein mikropartikel yang ditambahkan IEUD dan *L. acidophilus* menunjukkan interaksi nyata ($P < 0,05$) terhadap populasi BAL, pH dan *coliform* (Tabel 3). Populasi BAL pada perlakuan A3B3 nyata ($P < 0,05$) paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Begitu sebaliknya, perlakuan A1B1 nyata paling rendah ($P < 0,05$) dibandingkan

Tabel 3. Populasi bakteri dan pH usus halus pada broiler yang diberi pakan sumber protein mikropartikel dengan penambahan kombinasi IEUD dan *L. acidophilus*

Perlakuan	Parameter		
	BAL (10^{10} cfu/g)	pH	<i>Coliform</i> (10^5 cfu/g)
Level IEUD x <i>L. acidophilus</i>			
A1B1	7,55±0,20 ^f	6,23±0,03 ^a	7,70±0,54 ^a
A1B2	11,56±0,66 ^d	5,99±0,04 ^b	5,29±0,55 ^{bc}
A1B3	14,39±0,91 ^c	5,85±0,05 ^{cd}	4,94±0,13 ^{bc}
A2B1	9,53±0,37 ^e	5,99±0,06 ^b	5,58±0,31 ^b
A2B2	14,68±0,76 ^c	5,86±0,03 ^{cd}	4,61±0,15 ^c
A2B3	17,00±0,53 ^b	5,83±0,03 ^{cd}	3,57±0,25 ^d
A3B1	11,09±0,45 ^d	5,91±0,04 ^{bc}	5,25±0,14 ^{bc}
A3B2	15,09±0,59 ^c	5,79±0,04 ^d	3,60±0,15 ^d
A3B3	20,32±0,55 ^a	5,70±0,02 ^e	2,76±0,21 ^e
Level IEUD			
A1	11,16±2,81 ^c	6,02±0,14 ^a	6,08±1,46 ^a
A2	13,74±3,12 ^b	5,89±0,08 ^{ab}	4,58±0,85 ^b
A3	15,50±3,78 ^a	5,80±0,09 ^b	3,87±1,05 ^b
Level <i>L. acidophilus</i>			
B1	9,39±1,45 ^c	6,03±0,13 ^a	6,29±1,09 ^a
B2	13,77±1,58 ^b	5,88±0,09 ^{ab}	4,50±0,77 ^b
B3	17,24±2,43 ^a	5,80±0,08 ^b	3,76±0,91 ^b

Superskrip berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

perlakuan lainnya. Populasi *coliform* dan pH usus halus pada perlakuan A3B3 paling rendah ($P<0,05$) dibandingkan perlakuan lainnya. Sebaliknya pada perlakuan A1B1 menunjukkan hasil paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Penambahan IEUD dan *L. acidophilus* dalam pakan mengandung protein mikropartikel menunjukkan interaksi nyata ($P<0,05$) terhadap pencernaan protein dan retensi kalsium (Tabel 4). Kecernaan protein dan retensi Ca pada perlakuan A3B3 nyata ($P<0,05$) paling tinggi diikuti oleh A3B2, meskipun keduanya tidak berbeda dengan A2B2 dan A2B3 (Tabel 4). Sebaliknya, pencernaan protein dan retensi Ca pada A1B1 paling rendah diikuti oleh A1B1, A1B2, dan A1B3, dan berbeda nyata ($P<0,05$) terhadap semua kombinasi perlakuan lainnya.

Massa Ca tulang pada broiler menunjukkan interaksi nyata ($P<0,05$) akibat ditambahkan kombinasi IEUD dan *L. acidophilus* dalam pakan mengandung protein mikropartikel. Dibandingkan dengan perlakuan lainnya, perlakuan A3B3 paling tinggi ($P<0,05$), sebaliknya perlakuan A1B1 paling rendah.

Penambahan kombinasi IEUD dan *L. acidophilus* tidak menunjukkan interaksi ($P>0,05$) terhadap panjang tulang femur, tetapi adanya interaksi ($P<0,05$) terhadap panjang tulang

tibia (Tabel 5). Kombinasi IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 1,2% (A3B3) pada panjang tulang tibia nyata paling tinggi ($P<0,05$) diikuti perlakuan A3B2, A3B1, A2B3, dan A1B3, sedangkan perlakuan A1B1 tidak berbeda dengan A1B2, A1B3, A2B1, A2B3, A3B1, dan A3B2.

Hasil pada perlakuan kombinasi IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 1,2% (A3B3) menunjukkan interaksi nyata ($P<0,05$) terhadap bobot tulang femur dan tibia (Tabel 5). Bobot tulang femur pada perlakuan A3B3 nyata ($P<0,05$) paling tinggi, meskipun tidak berbeda nyata dengan A2B3 dan A3B2. Sebaliknya, perlakuan A1B1 menghasilkan bobot tulang femur nyata ($P<0,05$) paling rendah dan berbeda dengan semua perlakuan lainnya. Demikian pula dengan bobot tulang tibia perlakuan A3B3 paling tinggi, tetapi tidak berbeda dengan perlakuan A2B3, A2B2, dan A1B3 dan paling rendah pada perlakuan A1B1.

Rasio daging-tulang memperlihatkan bahwa adanya interaksi nyata ($P<0,05$) akibat ditambahkan kombinasi IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 1,2% (A3B3). Perlakuan A3B3 menunjukkan pengaruh paling tinggi, walaupun sama dengan perlakuan A3B2, A2B3, dan A2B2. Sebaliknya perlakuan A1B1 dan A1B2 paling rendah dan tidak berbeda pada perlakuan A1B3 dan A2B1.

Tabel 4. Kecernaan Protein, Retensi kalsium dan massa Ca tulang pada broiler yang diberi pakan sumber protein mikropartikel dengan penambahan kombinasi IEUD dan *L. acidophilus*

Perlakuan	Parameter		
	Kecernaan protein (%)	Retensi Ca (g)	Massa Ca tulang (g)
Level IEUD x <i>L. acidophilus</i>			
A1B1	66,17±1,49 ^c	0,49±0,03 ^e	12,97±0,46 ^e
A1B2	78,09±4,42 ^{cd}	0,75±0,03 ^c	15,64±0,43 ^{bc}
A1B3	80,62±3,55 ^{bcd}	0,77±0,03 ^c	15,66±0,43 ^{bc}
A2B1	75,29±0,05 ^d	0,64±0,05 ^d	14,16±0,59 ^d
A2B2	75,10±4,12 ^{bcd}	0,84±0,04 ^{abc}	14,67±0,45 ^{cd}
A2B3	84,88±2,53 ^{ab}	0,89±0,03 ^{ab}	16,37±0,33 ^b
A3B1	83,42±2,28 ^{abc}	0,83±0,06 ^{bc}	15,44±0,34 ^{bc}
A3B2	85,28±1,08 ^a	0,91±0,05 ^{ab}	15,92±0,57 ^b
A3B3	85,64±1,53 ^a	0,92±0,03 ^a	17,95±0,51 ^a
Level IEUD			
A1	74,96±4,15 ^b	0,67±0,13 ^b	14,19±1,32 ^b
A2	79,76±4,83 ^{ab}	0,79±0,11 ^b	15,41±1,06 ^{ab}
A3	84,78±2,54 ^a	0,88±0,06 ^a	16,66±1,27 ^a
Level <i>L. acidophilus</i>			
B1	74,96±4,51 ^b	0,65±0,15 ^b	14,76±1,11 ^b
B2	80,82±4,41 ^a	0,83±0,08 ^a	15,07±0,68 ^{ab}
B3	83,71±3,07 ^a	0,86±0,07 ^a	16,44±1,38 ^a

Superskrip berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$).

Tabel 5. Panjang, bobot tulang femur dan tibia pada broiler yang diberi pakan sumber protein mikropartikel penambahan kombinasi IEUD dan *L. acidophilus*

Perlakuan	Parameter			
	Panjang femur (cm)	Panjang tibia (cm)	Bobot femur (g)	Bobot tibia (g)
Level IEUD x <i>L. acidophilus</i>				
A1B1	9,75±0,2 ^{ns}	7,30±0,1 ^b	11,67±0,9 ^c	8,33±0,9 ^d
A1B2	9,90±0,4 ^{ns}	7,57±0,2 ^b	17,00±0,8 ^b	12,00±0,8 ^{bc}
A1B3	10,57±0,5 ^{ns}	7,77±0,2 ^{ab}	18,00±1,4 ^b	12,33±0,5 ^{ab}
A2B1	10,32±0,5 ^{ns}	7,32±0,2 ^b	17,00±0,8 ^b	10,32±0,5 ^c
A2B2	10,33±0,5 ^{ns}	7,57±0,3 ^b	18,33±1,2 ^b	12,33±0,5 ^{ab}
A2B3	10,38±0,4 ^{ns}	7,83±0,5 ^{ab}	19,33±1,2 ^{ab}	12,67±0,5 ^{ab}
A3B1	10,62±0,4 ^{ns}	7,67±0,2 ^{ab}	17,33±0,5 ^b	11,00±0,9 ^{bc}
A3B2	10,68±0,9 ^{ns}	8,00±0,4 ^{ab}	18,67±0,9 ^{ab}	11,33±0,8 ^{bc}
A3B3	10,73±0,9 ^{ns}	8,33±0,5 ^a	20,67±0,9 ^a	13,67±0,9 ^a
Level IEUD				
A1	10,07±0,5 ^{ns}	7,55±0,3 ^b	15,56±2,9 ^b	10,89±1,9 ^b
A2	10,34±0,5 ^{ns}	7,74±0,4 ^{ab}	18,22±1,5 ^a	11,77±1,2 ^{ab}
A3	10,68±0,8 ^{ns}	8,00±0,5 ^a	18,89±1,6 ^a	12,00±1,4 ^a
Level <i>L. acidophilus</i>				
B1	10,23±0,5 ^{ns}	7,43±0,2 ^{ns}	15,33±2,7 ^b	9,85±1,4 ^b
B2	10,30±0,7 ^{ns}	7,71±0,4 ^{ns}	18,00±1,2 ^a	11,89±0,7 ^{ab}
B3	10,56±0,7 ^{ns}	7,98±0,5 ^{ns}	19,33±1,6 ^a	12,89±1,0 ^a

Superskrip berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05).

Pertambahan bobot badan pada perlakuan A3B3 tidak berbeda nyata (P>0,05) dengan A3B2, tetapi perlakuan A3B3 nyata (P<0,05) lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Begitu sebaliknya, perlakuan A1B1 nyata paling rendah (P<0,05) dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan A2B3 menunjukkan hasil yang sama dengan perlakuan A2B2 dan A1B3, tetapi perlakuan tersebut lebih tinggi dibandingkan perlakuan A3B1, A2B1 dan A1B2.

PEMBAHASAN

Perlakuan A3B2 dan A3B3 menghasilkan jumlah BAL tinggi dan pH usus halus dan populasi patogen (*coliform*) rendah menandakan *coliform* tidak tahan suasana asam (Tabel 3). Krismiyo *et al.* [12] menyatakan bahwa pemberian inulin dapat meningkatkan perkembangan BAL dan menurunkan bakteri patogen, sehingga meningkatkan kesehatan saluran pencernaan. Peningkatan BAL karena produksi SCFA berkaitan dengan penurunan pH saluran pencernaan. Kondisi ini mencerminkan bahwa saluran pencernaan lebih sehat, dan didasari dengan pemberian ransum menggunakan protein mikropartikel, sehingga berdampak pada

peningkatan pencernaan protein dan retensi Ca meningkat (Tabel 4). Menurut [15], campuran inulin dan *Lactobacillus* meningkatkan jumlah BAL yang dapat menurunkan pH dan menekan perkembangan bakteri patogen. Efek tidak langsung dari kondisi ini berdampak pada peningkatan aktifitas enzim, sehingga memperbaiki pencernaan dan penyerapan nutrisi khususnya protein dan kalsium. Protein memiliki peran penting dalam penyerapan Ca untuk pembentukan CaBP di dalam mukosa usus yang selanjutnya dapat ditransportasi ke jaringan target termasuk tulang. Fenomena sejenis seperti pada A3B3 juga terjadi pada perlakuan A2B2 dan A2B3 meskipun efektivitas lebih lemah karena ketersediaan inulin dari ekstrak umbi dahlia lebih sedikit untuk dapat difermentasi.

Sebaliknya, pada perlakuan A1B1 dan A2B1 (Tabel 4) kebalikan dari kondisi diatas, apalagi tanpa kedua aditif seperti A1B1. Pakan tanpa ekstrak umbi dahlia dan *L. acidophilus* (A1B1) menghasilkan retensi Ca paling rendah. Penurunan pH tidak terjadi dalam saluran pencernaan pada perlakuan tersebut menyebabkan bakteri patogen (*E. Coli*) dapat tumbuh dengan baik. Faradila *et al.* [16] menyatakan bahwa kombinasi umbi dahlia dan *Lactobacillus*

Tabel 6. Rasio daging-tulang dan penambahan bobot badan broiler yang diberi pakan sumber protein mikropartikel penambahan kombinasi IEUD dan *L. acidophilus*

Perlakuan	Parameter	
	Rasio daging tulang	PBB (g/ekor)
Level IEUD x <i>L. acidophilus</i>		
A1B1	2,52±0,1 ^c	1.158,52±13,95 ^f
A1B2	2,59±0,1 ^c	1.262,48±17,79 ^{de}
A1B3	2,86±0,3 ^{bc}	1.298,22±17,70 ^{bc}
A2B1	3,05±0,4 ^{bc}	1.248,01±15,12 ^e
A2B2	3,25±0,2 ^{ab}	1.282,35±15,18 ^{cd}
A2B3	3,37±0,1 ^{ab}	1.313,90±16,18 ^{bc}
A3B1	3,07±0,3 ^{bc}	1.248,50±13,45 ^e
A3B2	3,31±0,1 ^{ab}	1.325,62±11,57 ^{ab}
A3B3	3,45±0,1 ^a	1.354,57±16,41 ^a
Level IEUD		
A1	2,66±0,3 ^b	1.239,74±30,84 ^b
A2	3,22±0,3 ^a	1.281,42±32,74 ^a
A3	3,27±0,3 ^a	1.309,56±36,08 ^a
Level <i>L. acidophilus</i>		
B1	2,88±0,4 ^b	1.218,34±33,95 ^c
B2	3,05±0,3 ^{ab}	1.290,15±33,19 ^b
B3	3,23±0,3 ^a	1.322,23±25,94 ^a

Superskrip berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

meningkatkan bakteri asam laktat yang dapat menekan pertumbuhan *E. coli*. Kesehatan saluran pencernaan yang kurang kondusif menyebabkan terganggunya kecernaan dan penyerapan protein. Rendahnya penyerapan protein berbanding lurus dengan retensi Ca karena Ca diserap dalam bentuk CaBP. Menurut [11], kalsium membutuhkan protein sebagai pengikat untuk dapat diserap ke dalam mukosa usus halus. Kondisi ini tidak mendukung penyerapan atau retensi Ca seperti terjadi pada perlakuan A1B1 dan A2B1 (Tabel 4).

Massa Ca tulang dengan perlakuan A3B3 mempunyai nilai paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 4). Perlakuan A3B3 mempunyai massa Ca tulang yang tinggi, karena pakan mengandung protein mikropartikel 18%, sehingga bisa diasumsikan semakin tinggi CaBP yang terbentuk maka Ca yang diserap juga semakin tinggi. Setiawati *et al.* [17] menyatakan ketersediaan protein dalam saluran pencernaan membantu proses penyerapan Ca (CaBP) yang kemudian di deposisikan pada tulang dengan baik. Kalsium yang berikatan dengan protein semakin tinggi, maka deposisi kalsium pada tulang meningkat. Saputro *et al.* [4] menyatakan semakin banyak kalsium yang dapat diserap maka kalsium yang terdeposisi

pada tulang tinggi. Selain adanya kontribusi protein mikropartikel terhadap penyerapan Ca, perlakuan A3B3 dengan ada penambahan IEUD 1,16% dan *L. acidophilus* 1,2% membantu dalam peningkatan massa Ca tulang.

Pengaruh IEUD sebagai prebiotik dan *L. acidophilus* sebagai probiotik pada pakan mengandung protein mikropartikel dapat mendukung peningkatan populasi BAL dan menurunkan populasi bakteri patogen. Bakteri asam laktat dan patogen merupakan indikasi pada pencernaan yang sehat sehingga penyerapan protein meningkat dan berdampak pada pembentukan CaBP yang tinggi sehingga dapat meningkatkan retensi kalsium. Hajela *et al.* [18] menyatakan bahwa bakteri *Lactobacillus* sebagai probiotik memiliki peranan yang baik untuk kesehatan tubuh terhadap inangnya. Perlakuan yang lain (A3B2-A1B2) dengan penambahan IEUD dan *L. acidophilus* pada pakan mengandung protein mikropartikel memiliki dampak positif terhadap retensi kalsium, karena selain berikatan dengan protein (CaBP), kalsium juga dipengaruhi perubahan pH sehingga meningkatkan retensi kalsium dan massa kalsium tulang lebih tinggi. Khan *et al.* [19] menyatakan bahwa perubahan pH diakibatkan produksi SCFA selain berdampak terhadap peningkatan populasi bakteri menguntungkan dan menghambat

bakteri patogen, juga meningkatkan penyerapan mineral dan kepadatan tulang.

Pertumbuhan tulang dalam hal ini panjang tulang femur yang sama, disebabkan mineralisasi di daerah diafisis pada tulang femur lebih rendah dan lambat dibandingkan tulang tibia, peristiwa ini terjadi merata pada semua perlakuan. Tulang bagian femur mudah sensitif dibandingkan tulang tibia terhadap perubahan yang diberikan pada broiler [19]. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tulang adalah kandungan kalsium didukung oleh komponen protein dan energi pakan. Aurora *et al.* [20] menyatakan bahwa kandungan protein dan energi yang tinggi dalam pakan dapat meningkatkan pertumbuhan tulang lebih cepat, kaitannya dengan regulasi Ca. Kondisi pada penelitian ini meskipun kombinasi IEUD dan *L. acidophilus* menyebabkan perbedaan asupan nutrisi, terutama protein dan retensi Ca (Tabel 4), tetapi berpengaruh sama terhadap panjang femur.

Pakan dengan kandungan Ca 1,14% dan P 0,66% sudah memenuhi kebutuhan Ca dan P untuk pertumbuhan tulang. Kebutuhan Ca antara 0,98–1,22% dan P antara 0,65–0,74% sudah memenuhi kebutuhan [28]. Pertumbuhan tulang sangat membutuhkan suplai mineral yang seimbang, seperti halnya Ca dan P. [20]. Peningkatan penyerapan Ca terjadi akibat pemberian kombinasi IEUD dan *L. acidophilus*, sebagaimana telah dibahas sebelumnya. Namun, hasil penelitian ini dapat diasumsikan bahwa peningkatan penyerapan Ca (Tabel 4) lebih dominan digunakan untuk pembentukan bobot tulang (Tabel 5).

Bobot tulang femur lebih tinggi dipengaruhi oleh peningkatan penyerapan kalsium dan protein, karena pakan menggunakan protein mikropartikel yang dikombinasi oleh pemberian IEUD dan *L. acidophilus*. Pemberian kombinasi IEUD pada level 1,16% dan *L. acidophilus* 1,2% dapat meningkatkan retensi Ca (Tabel 4) dan pencernaan protein (85,27% (A3B3) vs 66,17–83,42% (A1B1-A3B2)). Saputro *et al.* [4] menyatakan bahwa penggunaan prebiotik dan probiotik dalam pakan dapat meningkatkan penyerapan mineral, khususnya Ca, melalui penurunan pH saluran pencernaan. Weglarz dan Angel [21] menyatakan bahwa protein berperan dalam penyerapan Ca dengan mengikat kalsium

dalam bentuk CaBP. Kalsium yang diserap dan diedarkan melalui sirkulasi darah ke berbagai jaringan tubuh yang membutuhkan diantaranya tulang dan otot daging. Selanjutnya, kalsium memberi kontribusi dalam meningkatkan aktivitas Ca-ATPase yang berkaitan dengan bobot tulang femur. Wahju [22] menyatakan bahwa konsentrasi Ca yang meningkat dapat merangsang aktivitas Ca-ATPase, sehingga proses mineralisasi matriks tulang meningkat.

Penyerapan protein meningkat akibat penggunaan pakan dengan protein mikropartikel memberi kontribusi positif terhadap pembentukan matriks kolagen. Menurut [19], peningkatan pencernaan protein memberikan pengaruh terhadap pembentukan matriks kolagen. Pembentukan matriks kolagen merupakan bagian dari proses transportasi protein pengikat Ca dan pembawa Ca, untuk dideposisikan ke dalam tulang. Kolagen merupakan indikator dari kemampuan deposisi Ca untuk pembentukan matriks tulang. Patriani dan Hafid [25] menyatakan bahwa penyerapan atau retensi Ca yang tinggi dapat meningkatkan deposisi Ca pada bobot tulang.

Rasio daging dan tulang diartikan sebagai perbandingan bobot daging dan tulang dalam karkas. Rasio daging dan tulang dapat menjadi indikator tinggi rendahnya daging per satuan tulang dalam karkas. Faktor lain yang dapat mempengaruhi rasio daging dan tulang adalah deposisi Ca dan protein. Retensi Ca yang ditunjukkan pada Tabel 2 pada perlakuan A3B3 mengalami peningkatan yang tinggi dan sejalan pada massa Ca tulang terjadi peningkatan pula di A3B3 (Tabel 4). Menurut [23], deposisi protein secara kimiawi didukung oleh Ca dalam bentuk ion dan CaNP dalam daging. Kalsium memiliki peran dalam deposisi protein terutama Ca yang diserap melalui usus halus. Penyerapan kalsium melalui pembuluh darah dan ditransportasikan ke masing-masing jaringan yang membutuhkan (tulang dan daging), proses penyerapan kalsium dibagi dalam tiga bentuk yaitu ion bebas, terikat dengan protein, dan ion yang tidak dapat larut [4].

Hasil penelitian ini juga didukung bobot tulang femur dan tibia (Tabel 3) yang merupakan bagian tulang karkas penopang tubuh. Penambahan IEUP dan *L. acidophilus* melalui proses kompetisi dengan bakteri, ketahanan

terhadap paparan enzim pencernaan, fermentasi dan penyerapan nutrisi mampu menghasilkan deposisi Ca pada tulang yang tinggi (A3B3). Sebaliknya, Wahyuni *et al.* [24] menyatakan bahwa jumlah daging dalam karkas tinggi dapat memperlihatkan jumlah tulang karkas rendah. Perubahan yang terjadi pada tulang baik dalam bentuk maupun kepadatan, dapat disebabkan umur dan perubahan bobot badan [17]. Broiler umur lima minggu ke atas kurang sensitif terhadap Ca, karena sudah berhentinya pertumbuhan tulang dibandingkan broiler muda yang masih dalam masa pertumbuhan. Hasil ini dapat dilihat pada perlakuan A3B3 menghasilkan rasio paling tinggi sebesar 3,45 artinya jumlah daging yang terbentuk dan melekat pada tulang lebih tinggi.

KESIMPULAN

Penambahan kombinasi inulin ekstrak umbi dahlia pada level 1,16% dan *L. acidophilus* sebanyak 1,2% pada pakan menggunakan sumber protein mikropartikel dapat meningkatkan populasi BAL, pencernaan protein, retensi kalsium, bobot tulang femur dan tibia, rasio daging tulang, penambahan bobot badan broiler serta menurunkan pH usus halus dan populasi coliform, namun menghasilkan panjang tulang femur sama panjang.

KONFLIK KEPENTINGAN

Kami menyatakan bahwa dalam penulisan artikel ini tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan keuangan, pribadi, atau organisasi lain yang berhubungan dengan materi yang dituliskan dalam naskah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro melalui pendanaan hibah tahun 2021 dapat mendukung penelitian hingga publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pasaribu, T. 2019. Peluang zat bioaktif tanaman sebagai alternatif imbuhan pakan antibiotik pada ayam. *Jurnal Litbang*

Pertanian. 38:96-104. Doi: 10.21082/jp3.v38n2.2019.p96-104

2. Abadi, M. G., M. Hossein, M. Hossein, S. Mahmoud, K. Torshizi, M. Amir, and K. W. Kyun. 2019. Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. *Poult. Sci.* 98:1432-1440. Doi: 10.3382/ps/pey488
3. Mingbin, L., L. Yan, Z. Wang, S. An, M. Wu and Lv. Zunzhou. 2015. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Anim. Nutr.* 1(3):252-256. Doi: 10.1016/j.aninu.2015.06.001
4. Saputro, C., N. Suthama, dan B. Sukamto. 2019. Pertumbuhan tulang ayam broiler diberi pakan dengan protein dan kalsium mikropartikel ditambah *Lactobacillus acidophilus* atau asam sitrat. *Prosiding: Seminar Nasional Sains dan Enterpreneurship*. 1:1-5.
5. Suthama, N. and P. J. Wibawa. 2018. Amino acids digestibility of pelleted microparticle protein of fish meal and soybean meal in broiler chicken. *Journal of the Indonesian Trop. Anim. Agriculture*. 43:169-176. Doi: 10.14710/JITAA.43.2.169-176
6. Fanani, A. F., N. Suthama, dan B. Sukamto. 2014. Retensi nitrogen dan konversi pakan ayam lokal persilangan yang diberi ekstrak umbi dahlia (*Dahlia variabilis*) sebagai sumber inulin. *Sains Peternakan*. 12:69-75. Doi: 10.20961/sainspet.v12i2.4762
7. Fanani, A. F., N. Suthama, dan B. Sukamto. 2016. Efek penambahan umbi bunga dahlia sebagai sumber inulin terhadap pencernaan protein dan produktivitas ayam lokal persilangan. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 10:58-62. Doi: 10.21157/j.ked.hewan.v10i1.3372
8. Krismiyanto, L., N. Suthama, dan H. I. Wahyuni. 2021. Populasi bakteri usus halus dan performan ayam kampung silangan kampung-leghorn akibat ditambahkan ekstrak umbi dahlia dalam pakan. *Jurnal Agripet*. 21:157-164. Doi: 10.17969/agripet.v21i2.20351
9. Ningrumsari, I. dan L. Herlinawati, 2019. Peranan *Lactobacillus acidophilus* dalam pakan terfermentasi untuk meningkatkan kualitas daging ayam broiler (protein, kolesterol). *Jurnal Pertanian*. 10:93-101. Doi: 10.30997/jp.v10i2.1954

10. Sa'diyah, S. N., N. B. Sukamto, F. Wahyono, dan L. Krismiyanto. 2020. Penambahan kombinasi ekstrak buah noni (*Morinda citrifolia* L.) dan *Lactobacillus acidophilus* dalam pakan terhadap profil lemak darah ayam pedaging. Jurnal Nutrisi Ternak Tropis. 3:81-89. Doi: 10.21776/ub.jnt.2020.003.02.5
11. Ain, O. N., N. Suthama, dan B. Sukamto. 2020. Pemberian pakan dengan protein dan kalsium mikropartikel ditambah *Lactobacillus acidophilus* atau acidifier terhadap ketahanan tubuh dan bobot karkas broiler. Jurnal Sain Peternakan Indonesia. 15:348-354. Doi: 10.31186/jspi.id.15.4.348-354
12. Krismiyanto, L., N. Suthama, and H. I. Wahyuni. 2014. Feeding effect of inulin derived from *Dahlia variabilis* tuber on intestinal microbes in starter period of crossbred native chickens. J. Indonesian Trop. Anim. Agric. 39:217-223. Doi: 10.14710/jitaa. 39.4.217-223
13. Scholz-Ahrens, K. E., P. Ade, B. Marten, P. Weber, W. Timm, Y. Asil, C. C. Gluer, and J. Schrezenmeir. 2007. Prebiotics, probiotics and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. J. Nutr. 137:838S-846S. Doi: 10.1093/jn/137.3.838S
14. Hamid, M., I. Sufi, W. Konadi, dan Y. Akmal. 2019. Analisis jalur dan aplikasi SPSS versi 25. Sefa Bumi Persada, Medan. Doi: 10.31219/osf.io/5vpgu
15. Sari, D. R., E. Suprijatna, S. Setyaningrum, dan L. D. Mahfudz. 2016. Suplementasi inulin umbi gembili dengan *Lactobacillus plantarum* (sinbiotik) terhadap nisbah daging-tulang ayam broiler. Jurnal Peternakan Indonesia 21:284-293. Doi: 10.25077/jpi.21.3.284-293.2019
16. Faradila, S., N. Suthama, dan B. Sukamto. 2016. Kombinasi inulin umbi dahlia-*Lactobacillus sp* yang mengoptimalkan perkembangan mikroflora usus dan pertumbuhan persilangan ayam *pelung-Leghorn*. Jurnal Veteriner. 17:168-175. Doi: 10.19087/jveteriner.2016.17.2.168
17. Setiawati, D., B. Sukamto dan H. I. Wahyuni. 2016. Pengimbuhan enzim fitase dalam pakan ayam pedaging meningkatkan pemanfaatan kalsium untuk pertumbuhan tulang dan bobot badan. Jurnal Veteriner. 17:468-476. Doi: 10.19087/jveteriner.2016.17.3.476
18. Hajela, N., B. S. Ramakhrisna, G. Balakrish Nair, P. Abraham, S. Gopalan, and N. K. Ganguly. 2015. Gut microbiome, gut function, and probiotics: Implications for health. Indian J. Gastroenterol. 34:93-107. Doi: 10.1007/s12664-015-0547-6
19. Khan, S., R. J. Moore, D. Stanley, and K. K. Chousalkar. 2020. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. App. Environ. Microb. 86: 1-18. Doi: 10.1128/AEM.00600-20
20. Aurora, N. E., L. D. Mahfudz, dan T. A. Sarjana. 2020. Potensi bawang putih dan *Lactobacillus achidophilus* sebagai sinbiotik terhadap karakteristik tulang ayam broiler. Jurnal Sain Peternakan Indonesia. 15:375-382. Doi: 10.31186/jspi.id.15.4.375-382
21. Weglarz, M. P. and R. Angel. 2013. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: Effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. J. App. Poult. Res. 22(3):609-627. Doi: 10.3382/japr.2012-00743
22. Wahju, J. 2004. Ilmu nutrisi unggas. Cetakan ke lima. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
23. Sadeghi, A. A. 2014. Bone mineralization of broiler chicks challenged with *Salmonella enteritidis* fed diet containing probiotic (*Bacillus subtilis*). Probiotics and Antimicro. Prot. 6:136-140. Doi: 10.1007/s12602-014-9170-6
24. Wahyuni, H. I., N. Suthama, I. Mangisah, and L. Krismiyanto. 2018. Improving protein mass and cumulative body weight gain of local chicken fed ration fortified with a combination of *Lactobacillus sp.* and dahlia inulin. IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci. 102:1-6. Doi: 10.1088/1755-1315/102/1/012072
25. Patriani, P. dan H. Hafid. 2019. Persentase boneless, tulang, dan rasio daging-tulang ayam broiler pada berbagai bobot potong. Jurnal Galung Tropika. 8:190-196. Doi: 10.31850/jgt.v8i3.511.
26. Wulandari, A. S., H. I. Wahyuni, dan N. Suthama. 2017. Penambahan ekstrak glukomanan dari umbi porang (*Amorphophallus onchophyllus*) dalam pakan ayam broiler terhadap retensi kalsium dan kualitas tulang. Prosiding: Seminar Nasional Industri Peternakan I. 1:31-35.
27. Bolton, W. 1967. Poultry nutrition. MAFF Bulletin, London.
28. Anggitasari, S., O. Sjojfan, dan I. H. Djunaidi. 2016. Pengaruh beberapa jenis

- pakan komersil terhadap kinerja produksi kuantitatif dan kualitatif ayam pedaging. *Buletin Peternakan* 40:187-196. Doi: 10.21059/buletinpeternak.v40i3.11622
29. Krismiyo, L., N. Suthama, dan I. Mangisah. 2020. Pemanfaatan sumber minyak berbeda terhadap pencernaan lemak dan kualitas daging ayam broiler. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*. 7(1):77-81. Doi: 10.33772/jitro.v7i1.9388