

**PENGARUH ENKAPSULASI EKSTRAK BUAH PARIJOTO PADA
RANSUM TERHADAP DEPOSISI KALKSIUM DAN UKURAN
TULANG FEMUR SERTA TIBIA BROILER
DENGAN KEPADATAN TINGGI**

SKRIPSI

Oleh

HALIZA ITSNAWINDIRA



**PROGRAM STUDI S-1 PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
S E M A R A N G
2 0 2 5**

PENGARUH ENKAPSULASI EKSTRAK BUAH PARIJOTO PADA
RANSUM TERHADAP DEPOSISI KALSIUM DAN UKURAN
TULANG FEMUR SERTA TIBIA BROILER
DENGAN KEPADATAN TINGGI

Oleh

HALIZA ITSNAWINDIRA
NIM: 23010121140232

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Peternakan pada Program Studi S-1 Peternakan
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
S E M A R A N G
2 0 2 5

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Haliza Itsnawindira
N I M : 23010120140232
Program Studi : S-1Peternakan

dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul: **Pengaruh Enkapsulasi Ekstrak Buah Parijoto pada Ransum terhadap Deposisi Kalsium dan Ukuran Tulang Femur serta Tibia Broiler dengan Kepadatan Tinggi** merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan yang berasal dari orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari pembimbing yaitu: **Prof. Ir. Vitus Dwi Yuniarto B. I., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.** dan **Lilik Krismiyanto, S.Pt., M.Si.**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Semarang, Juni 2025



Penulis,

Haliza Itsnawindira

Mengetahui:

Pembimbing Utama

Prof. Ir. Vitus D. Y. B. I., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.

Pembimbing Anggota

Lilik Krismiyanto, S.Pt., M.Si.

Judul Skripsi : PENGARUH ENKAPSULASI EKSTRAK
BUAH PARIJOTO PADA RANSUM
TERHADAP DEPOSISI KALSIUM DAN
UKURAN TULANG FEMUR SERTA TIBIA
BROILER DENGAN KEPADATAN TINGGI

Nama Mahasiswa : HALIZA ITSNAWINDIRA

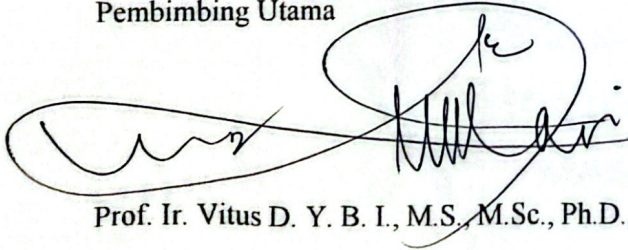
Nomor Induk Mahasiswa : 23010121140232

Program Studi/Departemen : S-1 PETERNAKAN/PETERNAKAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

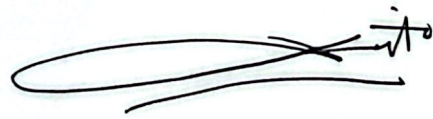
Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal...26 JUN 2025

Pembimbing Utama



Prof. Ir. Vitus D. Y. B. I., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.

Pembimbing Anggota



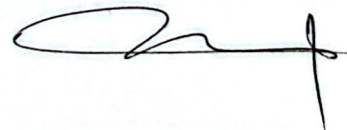
Lilik Krismiyanto, S.Pt., M.Si.

Ketua Program Studi



Ir. Rudy Hartanto, S.Pt., M. P., Ph.D., IPM.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program



Agung Subrata, S.Pt., M.P.



Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.

Ketua Departemen



Dr. Ir. Sri Sumarsih, S.Pt., M.P., IPM.

RINGKASAN

HALIZA ITSNAWINDIRA. 23010121140232. 2025. Pengaruh Enkapsulasi Ekstrak Buah Parijoto pada Ransum terhadap Deposisi Kalsium dan Ukuran Tulang Femur serta Tibia Broiler dengan Kepadatan Tinggi (Pembimbing: **VITUS DWI YUNianto BUDI ISMADI** dan **LILIK KRISMIYANTO**)

Penelitian bertujuan untuk mengkaji penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum terhadap deposisi kalsium, ukuran tulang femur dan tibia ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2024 di Kandang Unggas, Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Ternak percobaan menggunakan *day old chicks* broiler *unsexed* strain *Ross* sebanyak 300 ekor dengan bobot badan rata-rata sebesar $43,7 \pm 0,46$ g. Perlakuan diberikan pada umur 8 hari sebanyak 290 ekor dengan bobot badan rata-rata sebesar $196,01 \pm 1,12$ g. Ekstrak buah Parijoto sebagai *natural feed additive*. Penelitian disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang diterapkan terdiri dari T0 = ayam dengan kepadatan normal, T1 = ayam dengan kepadatan tinggi, T2 = ayam dengan kepadatan tinggi + ekstrak buah Parijoto 0,08%, dan T3 = ayam dengan kepadatan tinggi + enkapsulasi ekstrak buah Parijoto 0,08%. Parameter yang diukur meliputi retensi kalsium, massa kalsium tulang, panjang dan bobot femur serta tibia ayam broiler. Data diolah menggunakan analisis ragam pada taraf signifikansi 5%, jika perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap retensi kalsium tulang, massa kalsium tulang, panjang femur dan bobot femur serta tibia femur ayam broiler. Retensi kalsium pada perlakuan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0, T1 dan T2. Massa kalsium tulang pada perlakuan perlakuan T0, T2 dan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T1. Panjang dan bobot tulang femur pada perlakuan T3 dan T2 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan perlakuan T1 dan T0. Panjang tibia pada perlakuan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Bobot tibia pada perlakuan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Simpulan penelitian adalah penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto sebanyak 0,08% (T3) pada ransum mampu meningkatkan retensi kalsium, massa kalsium tulang, panjang dan bobot tulang femur serta tibia ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi.

KATA PENGANTAR

Konsumsi daging ayam broiler yang meningkat seiring pertumbuhan penduduk di Indonesia menjadikan peternak berupaya meningkatkan produksi daging ayam broiler melalui penambahan populasi pada pemeliharaannya sehingga kepadatan kandang menjadi meningkat yang dapat menyebabkan ternak mengalami stres panas. Upaya untuk mencegah dampak dari stres panas pada ayam broiler yaitu dengan menambahkan *natural feed additive* pada ransum berupa enkapsulasi ekstrak buah parijoto dengan harapan dapat mengoptimalkan produktivitas ayam broiler.

Puji syukur atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang selalu melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Enkapsulasi Ekstrak Buah Parijoto pada Ransum terhadap Deposisi Kalsium dan Ukuran Tulang Femur serta Tibia Broiler dengan Kepadatan Tinggi” sebagai tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana peternakan. Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Ir. Vitus Dwi Yuniarto Budi Ismadi, M.S., M.Sc., Ph.D., IPU. selaku dosen Pembimbing Utama dan Lilik Krismiyo, S.Pt., M.Si. selaku dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, dan memberikan pengarahan dalam penyusunan skripsi.
2. Dr. Istna Mangisah, S. Pt., M.P. dan Dr. Dra. R.R. Endang Widiastuti, M.Si. selaku Dosen Penguji ujian skripsi, serta Ir. Daud Samsudewa S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM. selaku Dosen Panitia.

3. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Pimpinan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Dr. Sri Sumarsih, S.Pt., M.P., IPM. selaku Ketua Departemen Peternakan, Ir. Rudy Hartanto, S.Pt., M.P., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi S1 Peternakan Ir. Daud Samsudewa, S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM. selaku Sekretaris Prodi S1 Peternakan yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
4. Dr. Ir. Mulyono, M.Si. selaku Koordinator Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan yang telah memberikan izin dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut Dr. Vita Restitrisnani, S.Pt., M.Si. selaku Dosen Wali yang telah mendukung dalam pelaksanaan Penelitian dan Skripsi.
5. Kedua orang tua, Bapak Asnawi dan Ibu Nurrahmah, serta Kakak Muhammad Irfan Setiawan dan Adik Muhammad Dzawil Fachril Ali yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, doa, perhatian, motivasi, dan dorongan spiritual maupun material.
6. Tim penelitian (Maura, Balqis, Rachel, Ryos, Hafidz, Faik, dan Sofyan) yang telah bekerja sama dalam melaksanakan penelitian di kandang maupun Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro periode bulan Juni sampai Juli 2024.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk perkembangan pada bidang peternakan terutama bidang nutrisi ternak.

Semarang, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR ILUSTRASI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Ayam Broiler dan Kepadatan Kandang	4
2.2. Ransum dan Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler	6
2.3. Buah Parijoto	10
2.4. Enkapsulasi	11
2.5. Deposisi Kalsium dan Pertumbuhan Tulang	12
BAB III. MATERI DAN METODE	15
3.1. Materi	15
3.2. Metode	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap Retensi Ca pada Ayam Broiler	22
4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap Massa Ca Tulang pada Ayam Broiler	25
4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap Panjang dan Bobot Femur pada Ayam Broiler	28
4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Panjang dan Bobot Tibia pada Ayam Broiler	31
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1. Simpulan	37

5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	48
RIWAYAT HIDUP.....	77

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Standar Performa Ayam Broiler	4
2. Kepadatan Kandang berdasarkan Bobot Badan	6
3. Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler	7
4. Komposisi Bahan Pakan dan Kadar Nutrien Ransum Penelitian ..	16
5. Kadar Bioaktif Ekstrak Buah Parijoto	18
6. Retensi Kalsium Ayam Broiler.....	22
7. Massa Ca Tulang Ayam Broiler	25
8. Panjang dan Bobot Femur Ayam Broiler	28
9. Panjang Tibia Ayam Broiler	31
10. Bobot Tibia Ayam Broiler	35

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Tanaman Buah Parijoto	10
2. Tulang Ayam	13

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Perhitungan Retensi Ca.....	48
2. Analisis Stastistik Retensi Ca	51
3. Perhitungan Massa Kalsium	55
4. Analisis Stastistik Massa Kalsium Tulang	56
5. Analisis Statistik Panjang Femur.....	60
6. Analisis Statistik Bobot Femur	64
7. Analisis Statistik Panjang Tibia.....	68
8. Analisis Statistik Bobot Tibia	72
9. Data Pendukung Penelitian.....	76

BAB I

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara yang menempati posisi keempat sebagai negara yang memiliki penduduk paling banyak di dunia. Badan Pusat Statistik melaporkan bahwa total penduduk Indonesia tahun 2022 mencapai 275,7 juta jiwa, dan pada tahun 2023 meningkat menjadi 278,7 juta jiwa. Penduduk Indonesia yang meningkat dari tahun ke tahun menjadikan kebutuhan pangan di Indonesia terus meningkat. Badan Pangan Nasional (2024) melaporkan bahwa rata-rata konsumsi daging ayam broiler di Indonesia pada tahun 2022 yaitu sebesar 7,15 kg/kapita/tahun, dan meningkat menjadi 7,46 kg/kapita/tahun pada tahun 2023. Permintaan ayam broiler yang meningkat menjadikan peternak menambahkan populasi dalam pemeliharaannya sehingga kepadatan kandang menjadi meningkat. Kepadatan kandang yang tinggi memiliki kelebihan dapat mengurangi biaya produksi, namun terdapat dampak negatif yaitu stres panas (Evans *et al.*, 2023). Kondisi stres panas pada ayam dapat dicegah dengan menambahkan *natural feed additive* berupa buah Parijoto.

Buah Parijoto mengandung antioksidan dan senyawa polifenol berupa flavonoid yang dapat berpotensi menjadi zat aditif alami yang digunakan untuk meningkatkan produksi ayam. Buah Parijoto memiliki kandungan antioksidan 33,75µg/ml, flavonoid 3,61% b/b, dan saponin 3,71% b/b (Wijayanti dan Ardigurnita, 2019). Hasil penelitian Zumaroh *et al.* (2023) menyatakan bahwa penambahan enkapsulasi ekstraksi buah Parijoto sebesar 0,08% pada ransum

mampu meningkatkan panjang usus halus dan bobot relatif usus halus ayam broiler secara optimal. Senyawa aktif pada ekstrak buah Parijoto dapat dimanfaatkan secara maksimal di dalam usus halus karena dilakukan enkapsulasi.

Enkapsulasi merupakan suatu proses pembungkusan suatu bahan inti seperti zat bioaktif menggunakan bahan penyalut tertentu. Enkapsulasi bermanfaat untuk melindungi senyawa aktif dari kerusakan akibat kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti panas, bahan kimia, asam lambung, dan garam empedu (Sumanti *et al.*, 2016). Bahan penyalut yang digunakan pada penelitian ini yaitu maltodekstrin. Kelebihan maltodekstrin yaitu stabil terhadap oksidasi, tahan di dalam saluran pencernaan, memiliki daya ikat kuat terhadap senyawa tersalut dan mempunyai kelarutan yang tinggi pada air (Putri *et al.*, 2021). Metode enkapsulasi menggunakan *freeze drying*. Kelebihan *freeze drying* yaitu baik dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan dan dapat mempertahankan stabilitas zat aktif yang terkandung pada produk (Pratiwi *et al.*, 2023).

Kepadatan kandang yang tinggi dapat mengakibatkan stress panas pada ayam karena adanya peningkatan suhu dan kelembaban dalam kandang serta sirkulasi udara yang buruk. Buah Parijoto mengandung antioksidan dan senyawa polifenol berupa flavonoid (Qulub *et al.*, 2022). Aktivitas antioksidan dapat mengurangi stres oksidatif sehingga mencegah sel tubuh ayam dari kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas. Antioksidan mampu mengurangi stres oksidatif pada broiler dengan menghambat gangguan radikal bebas sehingga metabolisme tubuh berjalan dengan baik dan nutrisi dapat terserap dengan optimal (Zairiful *et al.*, 2024). Senyawa flavonoid berperan sebagai antibakteri dapat menjaga keseimbangan bakteri usus

halus. Peningkatan bakteri asam laktat (BAL) dapat mengubah pH usus halus menjadi rendah (Aurora *et al.*, 2020). Kondisi pH rendah dapat meningkatkan aktivitas protease untuk mencerna protein. Selain penyerapan protein, kalsium diserap bersama dengan protein melalui ikatan *calcium binding protein* (CaBP). Kalsium diserap dan dideposisikan ke dalam tulang dan daging (Syafitri *et al.*, 2015). Kalsium dibutuhkan untuk pembentukan mineral tulang khususnya tulang bagian femur dan tibia, karena kedua tulang ini berperan menompang tubuh, sehingga memerlukan asupan kalsium yang lebih tinggi. Deposisi kalsium yang tinggi dapat memaksimalkan pertumbuhan tulang dan bobot badan ayam broiler.

Penelitian bertujuan untuk mengkaji penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum terhadap deposisi kalsium, ukuran tulang femur dan tibia ayam broiler yang dipelihara pada kepadatan tinggi. Manfaat penelitian yaitu memperoleh hasil eksplorasi lebih lanjut tentang penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum terhadap deposisi kalsium, ukuran tulang femur dan tibia ayam broiler yang dipelihara pada kepadatan tinggi. Hipotesis penelitian adalah penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum mampu meningkatkan deposisi kalsium dan ukuran tulang femur serta tibia ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ayam Broiler dan Kepadatan Kandang

Ayam broiler merupakan jenis ayam ras unggul hasil perkawinan silang dengan bangsa-bangsa ayam yang memiliki produktivitas tinggi, terutama produksi daging (Tamalluddin, 2014). Ciri – ciri ayam broiler antara lain berkaki pendek dan tegap, dada lebar, gerakannya lamban, badannya besar dengan daging yang bersifat lunak, mempunyai pertumbuhan yang cepat (Subowo dan Saputra, 2019). Jenis strain ayam broiler yang beredar di pasaran yang pada umumnya perbedaan tersebut terletak pada pertumbuhan ayam, konsumsi ransum dan konversi ransum (Banamtuan, 2019). Strain yang ada di Indonesia yaitu *Hubbard*, *Cobb*, *Ross*, *Lohman* dan *Hybro* (Amrullah *et al.*, 2024). Standar performa ayam broiler tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Performa Ayam Broiler

Umur	Bobot Badan	Konsumsi Ransum Komulatif	Konversi Ransum
(Minggu)	-----(g)-----		
0	44		
1	213	166	0,780
2	533	535	1,005
3	1.012	1.155	1,142
4	1.616	2.051	1,269
5	2.296	3.211	1,399

Sumber: Ross Management Guide (2022).

Pertumbuhan ayam broiler saat ini sangat cepat, dalam jangka waktu pemeliharaan 30-35 hari dapat dicapai bobot badan sebesar 1,5-2,0 kg per ekor

ayam dan pada waktu ini pula banyak peternak mulai memanen ayam tersebut (Pratama *et al.*, 2015). Fase pemeliharaan ayam broiler dibagi menjadi 2 yaitu *starter* dan *finisher* (Susanto *et al.*, 2021). Fase *starter* dimulai umur 1-21 hari dan *finisher* dimulai umur 22-35 hari atau sesuai umur dan bobot potong yang diinginkan (Afandi *et al.*, 2024). Anak ayam berumur 1-14 hari terjadi perbanyakan sel atau “*hyperplasia*”, perbanyakan sel ini meliputi perkembangan saluran pencernaan, perkembangan saluran pernapasan, dan perkembangan sistem kekebalan (Fatmaningsih *et al.*, 2016). Fase *finisher* merupakan fase dimana ayam sudah mencapai titik akhir pertumbuhan dan siap untuk dipanen (Kartika dan Adekamtari, 2021).

Kepadatan kandang merupakan indikator dalam menentukan jumlah ayam yang dipelihara dalam kandang dengan luas tertentu, kepadatan kandang sangat berpengaruh terhadap performan ayam broiler (Setiaji *et al.*, 2021). Kepadatan normal bagi ayam broiler sebesar 10 ekor/ m² (Woro *et al.*, 2019). Kepadatan tinggi sampai dengan 16 ekor/m² memberikan pengaruh penurunan performa ayam broiler seperti PBBH, bobot panen, dan efisiensi ransum (Sapsuha *et al.*, 2023). Kepadatan kandang yang terlalu tinggi memberikan pengaruh negatif diantaranya dapat menurunkan aktivitas ayam sehingga berpengaruh pada kesehatan kaki dan meningkatkan kematian ayam broiler (Bergeron *et al.*, 2020). Kepadatan kandang yang terlalu tinggi memiliki efek negatif terhadap peningkatan suhu dan kelembaban dalam kandang serta sirkulasi udara yang buruk (Mahmud *et al.*, 2017). Kepadatan kandang yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan konsentrasi oksigen, peningkatan panas lingkungan, merangsang frekuensi pernafasan,

kenaikan frekuensi denyut jantung, dan peningkatan suhu kandang yang disebabkan oleh panas yang dihasilkan suhu tubuh ayam melalui proses metabolisme (Rukmini *et al.*, 2019). Standar kepadatan kandang *close house* berdasarkan bobot badan tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kepadatan Kandang berdasarkan Bobot Badan

Bobot Badan	Kepadatan
-----(g)-----	----- (ekor/m ²)-----
0,80 – 0,99	11,0 – 11,1
1,00 – 1,19	10,0 – 10,5
1,20 – 1,39	9,0 – 9,5
1,40 – 1,59	8,0 – 8,5
1,60 – 1,89	7,5 – 8,0
>1,90	7,0 – 7,5

Sumber: PT Charoen Pokphand (2024).

2.2. Ransum dan Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler

Ransum merupakan susunan dari beberapa bahan pakan yang didalamnya harus mengandung nutrien yang lain sebagai satu kesatuan, dalam jumlah, waktu, dan proporsi yang dapat mencukupi semua kebutuhan ternak serta tidak berbahaya bagi kesehatan ternak (Woro *et al.*, 2019). Fungsi ransum yang diberikan kepada ayam pada dasarnya untuk memenuhi kebutuhan pokoknya, membentuk jaringan tubuh, mengganti bagian-bagian yang rusak dan selanjutnya untuk keperluan produksi (Suhartina, 2018). Ransum dikatakan berkualitas jika dapat memenuhi kebutuhan nutrien yang diperlukan dan tidak berbahaya bagi kesehatan ayam broiler (Manafe *et al.*, 2017).

Ransum ayam pedaging dibedakan menjadi dua yaitu ransum untuk fase *starter* dan *finisher*, hal ini disebabkan oleh perbedaan kebutuhan nutrien ransum

sesuai dengan periode pertumbuhan ayam (Herlina *et al.*, 2015). Ayam broiler tidak tumbuh optimal jika pemberian ransumnya terbatas karena asupan nutrisi untuk pertumbuhan ayam broiler tidak mencukupi untuk hidup pokok dan pertumbuhannya (Fadli, 2015). Kebutuhan nutrisi yang lengkap dan seimbang yang dibutuhkan oleh ayam broiler meliputi energi metabolis, protein, lemak, serat kasar, vitamin, mineral, dan asam amino (Anggitasari *et al.*, 2016). Standar nutrisi untuk ayam broiler tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Nutrien Ayam Broiler

Nutrien	<i>Starter</i> (umur 1-21 hari)	<i>Finisher</i> (umur 22-panen)
Energi Metabolis (kkal/kg)*	2.975	3.100
Protein Kasar (%)*	23,00	19,50
Lemak Kasar (%)**	7,40	8,00
Serat Kasar (%)**	3-5	3-6
Kalsium (%)*	0,95	0,65
Fosfor Tersedia (%)*	0,50	0,36

Sumber: *Ross Management Guide (2022).

**Nutrient Requirement Council (1994).

Energi metabolis adalah perbedaan antara kandungan energi bruto ransum dengan energi bruto yang dikeluarkan melalui ekskreta (Mulyana *et al.*, 2017). Semakin sedikit energi yang dikeluarkan, maka semakin tinggi energi ransum yang diserap atau dicerna oleh tubuh ayam, sehingga efisiensi penggunaan energi ransum tinggi (Siabandi *et al.*, 2018). Energi metabolis sebagai sumber energi utama yang dibutuhkan oleh otak agar dapat bekerja secara optimal dalam mengendalikan seluruh aktivitas tubuh ayam (Haryuni *et al.*, 2022). Ransum dengan energi metabolis yang lebih rendah akan memacu ayam pedaging untuk mengonsumsi ransum tambahan untuk memenuhi kebutuhan energi (Anggitasari *et al.*, 2016).

Protein merupakan nutrisi yang berperan untuk membentuk jaringan tubuh, memperbaiki jaringan yang rusak, untuk keperluan berproduksi dan kelebihannya akan diubah menjadi energi (Anggitasari *et al.*, 2016). Protein yang dikonsumsi akan disintesis menjadi asam amino dan digunakan untuk pembentukan daging sehingga bobot badan ayam akan bertambah (Sumerah *et al.*, 2020). Faktor yang mempengaruhi asupan protein yaitu konsumsi protein dan pencernaan protein, semakin tinggi konsumsi protein dan pencernaan protein maka asupan protein dalam tubuh ternak semakin tinggi, namun tingginya konsumsi protein akan menyebabkan rendahnya rasio efisiensi penggunaan protein (Varianti *et al.*, 2017). Rasio efisiensi protein akan menunjukkan tingkat koefisien seekor ternak untuk mengubah setiap gram protein yang dikonsumsi menjadi pertambahan bobot badan (Sumerah *et al.*, 2020).

Lemak bagi tubuh ayam broiler diperlukan sebagai sumber tenaga (energi) dan sebagai pelarut vitamin A, D, E, K sehingga dapat diserap usus (Sulistyoningsih, 2015). Proses hidrolisis lemak berlangsung baik dan efektif bila lemak yang dikonsumsi oleh broiler dapat lebih dimanfaatkan broiler untuk melakukan proses pertumbuhan bagi tubuhnya dengan kata lain kelebihan energi yang dikonsumsi ternyata mampu dimanfaatkan oleh broiler untuk melakukan metabolisme tubuh sehingga tidak akan terjadi penimbunan lemak yang tinggi (Tama *et al.*, 2017). Penimbunan lemak pada tubuh ayam dapat terjadi karena adanya kelebihan energi yang dikonsumsi sehingga melebihi kebutuhan untuk metabolisme tubuh secara normal (Pahlepi *et al.*, 2015). Energi yang digunakan tubuh umumnya berasal dari karbohidrat dan cadangan lemak, sumber karbohidrat

dalam tubuh mampu memproduksi lemak tubuh yang disimpan di sekeliling jeroan dan di bawah kulit (Pontoh *et al.*, 2019).

Serat kasar merupakan senyawa karbohidrat yang sulit dicerna oleh ternak monogastrik, namun berfungsi untuk mengatur kerja usus, mempercepat laju digesta dan memacu perkembangan organ pencernaan (Mait *et al.*, 2019). Ayam broiler tidak dapat mencerna serat kasar yang terlalu tinggi yang akan menyebabkan efisiensi penggunaan nutrisi mengalami penurunan (Bagau *et al.*, 2022). Serat kasar yang tinggi menyebabkan laju digesta semakin cepat, sehingga nilai pencernaan nutrisi lain mengalami penurunan yang keluar bersama ekskreta dan mengakibatkan penurunan konsumsi ransum yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap konsumsi nutrisi lainnya (Sari *et al.*, 2014).

Mineral kalsium (Ca) dan fosfor (P) adalah dua jenis mineral yang banyak dibutuhkan ternak karena memiliki beragam fungsi dalam tubuh ternak seperti pembentukan tulang, proses metabolisme, aktivator enzim dan hormon serta pengaturan fungsi saraf (Noviandi *et al.*, 2023). Proses kalsifikasi tulang memerlukan jumlah kalsium dan fosfor yang seimbang guna dibawa ke dalam matriks tulang yang akan mempengaruhi kepadatan, kekuatan, dan struktur tulang (Wahidin *et al.*, 2023). Keseimbangan Ca dan P sebesar 2:1 tidak menjadi penghambat dalam penyerapan nutrisi, khususnya kalsium (Syafitri *et al.*, 2015). Kalsium yang berlebih dikeluarkan sebagai trikalsium fosfat, dan fosfor yang berlebih dalam ransum dikeluarkan sebagai fosfat dari kalsium, sehingga kedua mineral ini tidak dapat dimanfaatkan (Putri *et al.*, 2019).

2.3. Buah Parijoto

Parijoto (*Medinilla speciosa*) adalah tanaman yang berasal dari genus *Medinilla* yang tumbuh di wilayah beriklim tropis, tanaman ini banyak dijumpai di lereng-lereng gunung maupun hutan pada ketinggian sekitar 800-2.300 mdpl (Damayanti *et al.*, 2023). Buah Parijoto bewarna merah keunguan dengan bentuk bulat kecil seperti mempunyai rasa asam dan sepat (Sholikhati *et al.*, 2024). Parijoto di Indonesia banyak ditemukan di daerah Gunung Muria (Kudus, Jawa Tengah), Gunung Merapi (Yogyakarta), dan Gunung Kinabalu (Kalimantan) (Milanda *et al.*, 2021). Gambar tanaman dan buah Parijoto menurut Supriyanto *et al.* (2019) tertera pada Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Tanaman Buah Parijoto

Kandungan senyawa fitokimia pada buah Parijoto yaitu antioksidan, fenolik, flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, kardenolin dan glikosida (Ihtiarintyas *et al.*, 2024). Buah Parijoto memiliki kandungan antioksidan 33,75 μ g/ml, flavonoid 3,61% b/b, dan saponin 3,71% b/b (Wijayanti dan Ardigurnita, 2019). Sebagian besar senyawa fitokimia buah Parijoto seperti flavonoid dan saponin tergolong

senyawa fenol yang berguna untuk mengobati berbagai penyakit (Mulyono *et al.*, 2020). Flavonoid berperan sebagai antibakteri yang bekerja mengganggu pertumbuhan bakteri sedangkan saponin berperan untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh, anti bakteri dan antivirus (Mustafiroh dan Mulyono, 2023).

2.4. Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah suatu proses pelapisan suatu bahan aktif menggunakan bahan pelapis agar kandungan zat bioaktif suatu bahan dapat terlindungi sehingga dapat diserap dan bekerja secara optimal di usus (Mustafiroh dan Mulyono, 2023). Fungsi utama enkapsulasi adalah pelepasan terkontrol, yang diartikan sebagai metode pelepasan satu atau lebih zat aktif yang tersedia pada bagian yang diinginkan dan kecepatan tertentu (Jayanudin *et al.*, 2019). Tujuan enkapsulasi diantaranya yaitu melindungi zat yang sensitif dengan lingkungan, memungkinkan pelepasan terkontrol, memungkinkan imobilitas dari senyawa aktif, meningkatkan keamanan zat aktif (Agustin dan Wibowo, 2021).

Bahan yang dapat dijadikan sebagai bahan pelapis untuk proses enkapsulasi diantaranya dari jenis polisakarida seperti pati, maltodekstrin, inulin, alginat, gum arab, gelatin, karagenan, dan protein seperti albumin, kasein, dan *whey protein isolate* (Silaban *et al.*, 2020). Maltodekstrin merupakan salah satu turunan pati yang dihasilkan dari proses hidrolisis parsial oleh enzim α -amilase yang memiliki nilai dextrose equivalent (DE) kurang dari 20 (Satmah *et al.*, 2021). Polisakarida maltodekstrin sangat umum digunakan karena stabil terhadap oksidasi, viskositas rendah pada konsentrasi tinggi dan mempunyai kelarutan yang tinggi pada air

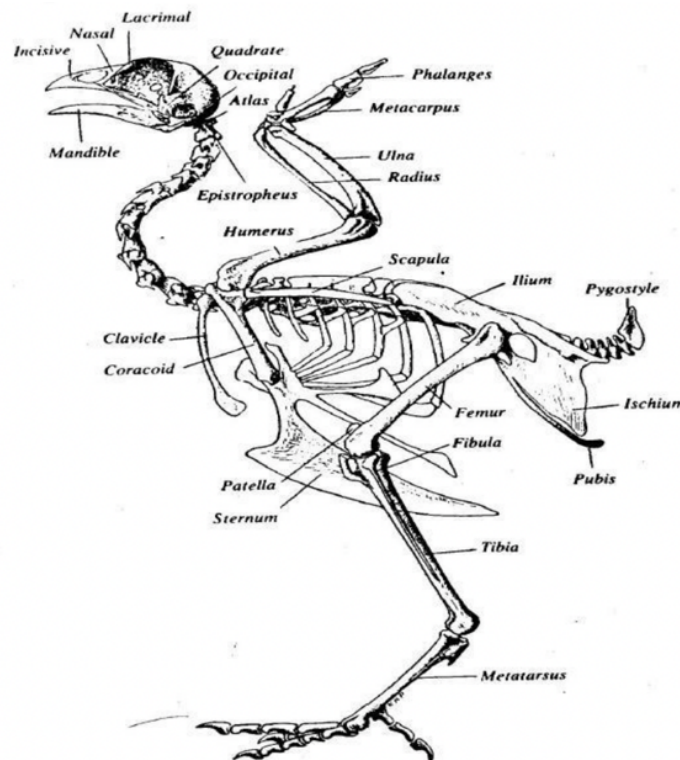
(Putri *et al.*, 2021). Maltodekstrin dapat melindungi komponen nutrisi termasuk antioksidan dan memiliki daya ikat yang kuat terhadap senyawa terlarut serta tahan di dalam saluran pencernaan (Gabriela *et al.*, 2022).

2.5. Deposisi Kalsium dan Pertumbuhan Tulang

Retensi kalsium merupakan indikator jumlah mineral kalsium yang diserap tubuh yang selanjutnya digunakan untuk proses metabolisme oleh ternak (Farida *et al.*, 2017). Protein berperan penting dalam absorpsi kalsium karena dapat mengikat kalsium atau dapat disebut *calcium binding protein* (CaBP), CaBP ini terdapat pada mukosa usus sebagai pembawa kalsium ke dalam mukosa usus halus (Radhiyanti *et al.*, 2017). Peningkatan pencernaan protein mempunyai kontribusi sangat penting dalam penyerapan kalsium karena dapat mengikat kalsium sehingga kalsium yang terserap juga meningkat (Fanani *et al.*, 2016).

Nilai massa kalsium tulang seiring dengan nilai retensi kalsium, peningkatan retensi kalsium diimbangi dengan peningkatan deposisi kalsium dalam tulang (Maghfiroh *et al.*, 2014). Deposisi kalsium yang meningkat menyebabkan panjang dan bobot tulang tibia dan femur serta massa kalsium tulang ayam broiler juga akan meningkat (Aurora *et al.*, 2020). Faktor yang menyebabkan massa kalsium tulang menurun atau meningkat yaitu fosfor dalam ransum, apabila fosfor terlalu tinggi dibandingkan dengan kalsium dapat berubah menjadi trikalsium fosfat, ikatan kalsium dengan fosfor tersebut mengakibatkan rendahnya ketersediaan kalsium (Mentari *et al.*, 2016).

Tulang femur merupakan organ eksterior tubuh yang berfungsi menopang tubuh dan menjaga keseimbangan (Lestari *et al.*, 2021). Tulang femur memiliki ukuran yang lebih pendek dari tulang tibia (Lukmanudin *et al.*, 2018). Semakin panjang tulang femur maka semakin banyak daging yang melekat (Lestari *et al.*, 2020). Bagian ujung distal dari femur miring secara kranioteral yang membawa banyak anggota badan bagian belakang mendekat ke pusat gravitasi (Amine dan Eddine, 2019). Kecepatan mineralisasi tulang femur terjadi lebih lambat dibandingkan dengan tulang tibia dan hal ini diduga bahwa tulang femur merupakan rangkaian penyebab abnormalitas perkembangan tulang panjang (Ardhianto *et al.*, 2016). Gambar tulang ayam menurut Card dan Nesheim (1972) tertera pada Ilustrasi 2.



Ilustrasi 4. Tulang Ayam

Tulang tibia merupakan tulang utama menopang tubuh, sehingga bobot dan panjang tulang tibia sangat berpengaruh terhadap aktivitas gerak tubuh (Komi *et al.*, 2021). Tulang tibia merupakan tulang yang terdapat di antara tulang pelvis bagian atas dan tulang tarsometatarsus di bagian bawah (Rajab *et al.*, 2022). Tulang tibia memiliki ukuran yang lebih panjang dari tulang femur, pertumbuhan pada tulang tibia berkaitan erat dengan pertumbuhan konformasi otot pada ayam (Lukmanudin *et al.*, 2018). Bobot badan berkorelasi positif dengan ukuran tulang tibia, bobot badan yang tinggi mengindikasikan bahwa pertumbuhan baik karena nutrisi dalam ransum mampu digunakan secara maksimal untuk pertumbuhan tulang (Lestari *et al.*, 2020).

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2024 di Kandang Digesti, Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

3.1. Materi

Ternak percobaan menggunakan *day old chicks* broiler *unsexed* strain Ross sebanyak 300 ekor dengan bobot badan rata-rata sebesar $43,7 \pm 0,46$ g. Perlakuan diberikan pada umur 8 hari sebanyak 290 ekor dengan bobot badan rata-rata sebesar $196,01 \pm 1,12$ g. Enkapsulasi ekstrak buah Parijoto sebagai aditif alami. Bahan yang digunakan untuk enkapsulasi dan ekstraksi buah Parijoto meliputi tepung buah Parijoto, etanol 96%, aquades, dan maltodekstrin. Bahan yang digunakan untuk pemeliharaan meliputi vitamin, vaksin, air mineral, ransum komersial dan ransum penelitian (Tabel 2). Alat yang digunakan untuk proses ekstraksi dan enkapsulasi meliputi timbangan analitik dengan ketelitian 0,001 g, *beaker glass*, gelas ukur, pengaduk, sendok, corong, kertas saring, sonikator, evaporator, *magnetic stirrer*, dan *freeze dryer*. Alat yang digunakan untuk pemeliharaan meliputi tempat ransum, tempat minum, kandang pemeliharaan, alat brooder dan alat sanitasi.

Tabel 4. Komposisi Bahan Pakan dan Kadar Nutrien Ransum Penelitian

Bahan Pakan	Komposisi	
	<i>Starter</i> (8-21 hari)	<i>Finisher</i> (22-35 hari)
	------(%)-----	
Jagung Kuning	51,16	52,01
Bekatul	13,99	18,14
Bungkil Kedelai	24,00	19,00
Tepung Ikan	10,00	10,00
<i>Limestone</i>	0,30	0,30
Premiks	0,25	0,25
Lisin	0,10	0,10
Metionin	0,20	0,20
Total	100,00	100,00
Kandungan Nutrien:		
Energi Metabolis (kkal/kg) ³	2.983,41	3.063,50
Protein Kasar (%) ¹	21,61	19,76
Lemak Kasar (%) ¹	4,32	4,70
Serat Kasar (%) ¹	4,31	4,68
Kalsium (%) ¹	1,03	1,04
Fosfor (%) ¹	0,75	0,77
Lisin(%) ²	1,20	1,17
Metionin(%) ²	0,48	0,47

Keterangan: ¹⁾ Ransum Dianalisis Proksimat dan Mineral di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2024).

²⁾ Ransum dianalisis asam amino (lisin dan metionin) dianalisis di Laboratorium Balai Pengujian Mutu dan Sertifikasi Pakan, Bekasi (2024)

³⁾ Kadar Energi Metabolis Dihitung Berdasarkan Rumus Bolton (1967).

3.2. Metode

3.2.1. Rancangan dan perlakuan

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan, sehingga terdapat 20 unit percobaan. Perlakuan yang diterapkan sebagai berikut:

T0 = Ayam dipelihara dengan kepadatan normal (10 ekor/m²)

T1 = Ayam dipelihara dengan kepadatan tinggi (16 ekor/m²)

T2 = Ayam dipelihara dengan kepadatan tinggi + 0,08% ekstrak buah Parijoto

T3 = Ayam dipelihara dengan kepadatan tinggi + 0,08% enkapsulasi ekstrak buah Parijoto

3.2.2. Pembuatan ekstrak buah parijoto dan enkapsulatnya

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi persiapan (ekstraksi, enkapsulasi, dan persiapan kandang), pemeliharaan, pemberian perlakuan, dan pengambilan data. Proses ekstraksi buah Parijoto dimulai dengan menguapkan kadar air menggunakan oven pada suhu 50°C hingga kering, kemudian diolah menjadi tepung. Prosedur ekstraksi mengacu pada metode Gouda *et al.* (2021) yaitu tahapan ekstraksi tepung buah Parijoto dilarutkan menggunakan etanol 96% dengan perbandingan 1:10 (b/v), kemudian disonifikasi menggunakan sonikator dengan suhu 37°C dan panjang gelombang 50 Hz selama 60 menit, setelah itu disaring menggunakan kertas saring halus. Larutan yang telah disaring kemudian diuapkan menggunakan evaporator untuk menghilangkan etanol sehingga hasil ekstrak buah Parijoto berbentuk seperti pasta.

Tahapan enkapsulasi yang dilakukan mengacu pada metode Agusetyaningsih *et al.* (2022) yaitu melarutkan maltodekstrin menggunakan aquades dengan perbandingan 1:3 (b/v). Larutan maltodekstrin yang sudah homogen dicampurkan dengan ekstrak buah Parijoto dengan perbandingan 3:1 (v/v), kemudian dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*. Hasil campuran larutan maltodekstrin dan ekstrak Parijoto yang sudah dihomogenkan kemudian dilanjutkan ke proses *freeze drying* hingga berbentuk serbuk kristal.

Tabel 5. Kadar Bioaktif Ekstrak Buah Parijoto

Bioaktif	Hasil
	----(%)----
Tanin	2,23
Polifenol	4,68
Aktivitas Antioksidan	13,83
Flavonoid	4,11

Keterangan: Hasil Analisis di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro (2024).

3.2.3. Persiapan kandang dan pemeliharaan ayam

Persiapan kandang dimulai dengan pencucian kandang dan pencucian peralatan kandang menggunakan deterjen dan desinfektan. Pengapuran ke seluruh bagian kandang hingga merata untuk membunuh telur dan sisa bakteri yang belum mati setelah dilakukan penyemprotan desinfektan. Pemasangan alat brooder dan pesebaran sekam. Fumigasi kandang menggunakan KMnO_4 dan formalin dengan perbandingan 1:2 kemudian diletakkan ditiga titik kandang (bagian depan, tengah, dan belakang). Penataan tempat ransum dan minum.

Pemeliharaan ayam dimulai dari umur 8-35 hari. Ayam datang diberikan larutan gula untuk memulihkan energi yang hilang selama perjalanan. Program vaksin dilakukan pada umur 3 hari dengan ND IBD dan 11 hari dengan Gumboro. Ayam diberikan ransum komersial (RK) dari umur 1-4 hari. Ayam umur 5-8 hari dilakukan adaptasi ransum penelitian (RP) dengan melakukan substitusi ransum secara bertahap. Ayam umur 5 hari dengan perbandingan 75% RK : 25% RP, ayam umur 6 hari dengan perbandingan 50% RK : 50% RP dan umur 7 hari dengan perbandingan 25% RK : 75% RP. Ransum penelitian 100% diberikan pada umur 8 hari. Perlakuan diberikan setiap pagi hari dengan mencampurkan enkapsulasi

ekstrak buah Parijoto dari konsumsi ransum. Pemberian air minum dilakukan secara *adlibitum*. Air minum diberikan secara *adlibitum* yang ditambahkan vitastres setelah dilakukan pemberian vaksin dan penimbangan ayam.

3.2.4. Pengambilan data

Parameter yang diukur meliputi retensi kalsium, massa kalsium tulang, panjang dan bobot tulang femur serta tibia. Pengukuran retensi kalsium dilakukan melalui metode total koleksi ekskreta menggunakan indikator Fe_2O_3 (indikator warna merah) yang dicampurkan dengan ransum dan diberikan ke ayam broiler pada umur 32, 33, 34, dan 35 hari. Setiap unit percobaan diambil 1 ekor, kemudian diletakkan ke dalam kandang *battery* yang sudah tersedia penampung ekskreta. Ransum indikator dan non indikator diberikan secara bergantian. Total koleksi hari pertama ayam diberi ransum indikator. Ekskreta mulai ditampung saat ekskreta yang keluar berwarna merah indikator. Total koleksi hari kedua ayam diberi ransum non indikator. Ekskreta mulai ditampung saat ekskreta yang keluar berwarna tidak merah. Total koleksi hari ketiga dan keempat prosedurnya sama dengan hari pertama dan kedua. Ekskreta yang ditampung disemprot menggunakan HCl 0,1 N setiap 2 jam sekali. Ekskreta yang tertampung, kemudian ditimbang sebagai berat basah, lalu dikeringkan dibawah matahari. Ekskreta yang sudah kering ditimbang sebagai berat kering udara dan dihaluskan kemudian diuji kalsium. Krismiyanto *et al.* (2022) menyatakan bahwa perhitungan retensi Ca menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Retensi Ca} = (\text{Konsumsi Ransum} \times \text{Ca ransum}) - (\text{Jumlah ekskreta} \times \text{Ca ekskreta})$$

Pengukuran panjang, bobot, serta massa tulang femur dan tibia dilakukan pada saat pemotongan ayam. Ayam dipisahkan bagian karkas dan non karkas. Karkas yang diperoleh dilakukan pemisahan antara daging dan tulang kemudian tulang femur dan tibia diukur panjangnya menggunakan pita ukur (cm) dan ditimbang bobotnya menggunakan timbangan (g). Tulang dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 48 jam. Tulang yang sudah dioven kemudian dihaluskan dan diuji kandungan kalsiumnya. Aurora *et al.* (2020) menyatakan bahwa perhitungan massa kalsium tulang menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Massa Ca Tulang} = \text{Bobot Tulang} \times \text{Kadar Ca Tulang}$$

3.3. Analisis statistik

Data dianalisis ragam pada taraf signifikansi 5%, jika perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Nurhidayat *et al.*, 2020). Model linear perlakuan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

- Y_{ij} = Deposisi Ca dan ukuran tulang pada ayam broiler perlakuan ke-i
ulangan ke-j
- μ = Nilai tengah dari retensi Ca dan ukuran tulang ayam broiler
- τ_i = Pengaruh aditif dari perlakuan ke-i
- ε_{ij} = Galat percobaan akibat perlakuan ke-i dan ulangan ke-j
- i = Perlakuan ke-i (1,2,3,4)
- j = Ulangan ke-j (1,2,3,4,5)

3.3.1. Hipotesis statistik

$H_0 = \tau_i = 0$; tidak ada pengaruh penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto terhadap retensi Ca dan ukuran tulang ayam broiler.

$H_1 = \tau_i \neq 0$; ada pengaruh penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto terhadap retensi Ca dan ukuran tulang ayam broiler.

3.3.2. Kriteria pengambilan keputusan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$: H_0 diterima (tidak ada pengaruh nyata pemberian enkapsulasi ekstrak buah Parijoto terhadap retensi Ca dan ukuran tulang ayam broiler).

$F_{hitung} > F_{tabel}$: H_1 diterima (ada pengaruh nyata pemberian enkapsulasi ekstrak buah Parijoto terhadap retensi Ca dan ukuran tulang ayam broiler).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap Retensi Ca pada Ayam Broiler

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap retensi Ca pada ayam broiler (Tabel 6). Analisis Duncan menunjukkan bahwa retensi Ca pada perlakuan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T0, T1 dan T2. Perlakuan T0 dan T2 menghasilkan retensi Ca nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T1. Perlakuan T1 menghasilkan retensi Ca nyata ($p < 0,05$) paling rendah dibandingkan dengan perlakuan T0, T2 dan T3. Perhitungan retensi Ca tertera pada Lampiran 1 dan analisis statistik tertera pada Lampiran 2.

Tabel 6. Retensi Kalsium Ayam Broiler

Perlakuan	Ulangan					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
	------(g)-----					
T0	0,71	0,66	0,73	0,7	0,76	0,71 ^b
T1	0,51	0,39	0,5	0,53	0,51	0,49 ^c
T2	0,73	0,72	0,76	0,71	0,79	0,74 ^b
T3	0,83	0,79	0,82	0,82	0,8	0,81 ^a

^{a-c}Superskrip yang berbeda pada kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Perlakuan T3 menghasilkan retensi Ca ($p < 0,05$) paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan T2, T1, dan T0 dapat disebabkan karena enkapsulasi ekstrak buah Parijoto bekerja lebih optimal di usus halus. Proses enkapsulasi menjaga ekstrak buah Parijoto dari kerusakan sebelum mencapai usus halus sehingga zat aktif dapat bekerja secara optimal di usus halus. Pemberian ransum yang ditambahkan

enkapsulasi ekstrak buah Parijoto menghasilkan pH paling rendah dan bakteri asam laktat (BAL) paling tinggi serta *coliform* paling rendah (Lampiran 9). Yuliyanti *et al.* (2019) menyatakan bahwa kondisi pH usus yang rendah menyebabkan terjadinya keseimbangan mikroorganisme dalam usus halus yaitu populasi BAL meningkat dan *coliform* menurun sehingga kondisi saluran pencernaan menjadi sehat dan meningkatkan penyerapan nutrisi. Penyerapan kalsium oleh usus halus pada perlakuan T3 tinggi dikarenakan pencernaan protein perlakuan T3 paling tinggi (Lampiran 9). Krismiyo *et al.* (2022) menyatakan bahwa pencernaan protein yang meningkat diikuti penyerapan Ca bersama protein melalui proses *calcium binding protein* (CaBP) menyebabkan protein dan Ca yang diserap tubuh ikut tinggi.

Perlakuan T2 menghasilkan retensi Ca tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan perlakuan T0 dapat disebabkan karena adanya penambahan ekstrak buah Parijoto, sehingga meningkatkan produktivitas ayam broiler meskipun dipelihara dengan kepadatan tinggi. Antioksidan di dalam buah Parijoto mampu mengurangi stres oksidatif pada ayam sehingga dapat menjaga usus halus dari kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas. Kondisi ini didukung malonaldehid (MDA) dan superoksida dimustase (SOD) pada perlakuan T0 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T2 (Lampiran 9). Abdullah *et al.* (2015) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan dengan mekanisme kerjanya dapat mereduksi radikal bebas sehingga dapat melindungi sel dan jaringan tubuh dari kerusakan. Senyawa flavonoid sebagai antibakteri sehingga dapat mengganggu pertumbuhan bakteri patogen. Bontjura *et al.* (2015) menyatakan bahwa mekanisme antibakteri senyawa flavonoid dalam membunuh mikroorganisme yaitu dengan mendenaturasi protein sel, ikatan

hidrogen yang terbentuk antara fenol dan protein mengakibatkan struktur protein menjadi rusak. Sari *et al.* (2019) menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri patogen yang rendah akan meningkatkan populasi bakteri asam laktat (BAL) dalam usus halus sehingga pH saluran pencernaan menjadi menurun dan menciptakan kondisi saluran pencernaan yang sehat serta penyerapan nutrisi menjadi optimal. Kecernaan protein yang meningkat akan meningkatkan retensi Ca karena kalsium diserap bersamaan dengan protein. Radhiyanti *et al.* (2017) menyatakan bahwa protein berperan dalam absorpsi kalsium yaitu dapat mengikat kalsium atau CaBP, kalsium yang terikat oleh protein atau CaBP terdapat di mukosa usus sebagai pembawa kalsium melewati mukosa usus.

Perlakuan T1 menghasilkan retensi Ca nyata ($p > 0,05$) paling rendah dibandingkan dengan perlakuan T0, T2, dan T3. Hal ini dapat disebabkan karena pada perlakuan T1 ayam broiler dipelihara dengan kepadatan tinggi tanpa ditambahkan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto sehingga berpotensi lebih mudah mengalami stres panas. Sugiarto dan Turrini (2022) menyatakan bahwa stres panas karena kepadatan tinggi menurunkan pertambahan bobot badan dan konsumsi ransum, dapat merusak fungsi usus terkait dengan penyerapan nutrisi yang terganggu. Stres panas pada ayam broiler dapat memicu terjadinya stres oksidatif yang menyebabkan kerusakan pada usus halus sehingga penyerapan nutrisi menjadi tidak optimal. Kondisi ini didukung oleh data SOD nyata lebih rendah dan MDA nyata paling tinggi pada perlakuan T1 dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Lampiran 9). Bilyaro *et al.* (2023) menyatakan bahwa ayam broiler yang terpapar suhu tinggi mengalami stres oksidatif yang dapat menyebabkan

peningkatan produksi malondialdehida (MDA), tingginya kandungan MDA dalam tubuh ayam broiler dapat menunjukkan adanya kerusakan seluler dan oksidasi yang berlebihan.

4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap Massa Ca Tulang pada Ayam Broiler

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap massa Ca tulang ayam broiler (Tabel 7). Analisis Duncan menunjukkan bahwa massa Ca tulang pada perlakuan T3, T2, dan T0 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T1. Perlakuan T1 menghasilkan massa Ca tulang nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perhitungan massa Ca tulang pada Lampiran 3 dan analisis statistik tertera pada Lampiran 4.

Tabel 7. Massa Ca Tulang Ayam Broiler

Perlakuan	Ulangan					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
	------(g)-----					
T0	101,25	106,14	91,95	96,28	100,08	99,14 ^a
T1	66,00	62,64	75,29	91,02	54,58	69,91 ^b
T2	91,27	115,83	101,19	111,84	114,26	106,88 ^a
T3	104,38	116,62	108,94	111,7	112,54	110,84 ^a

^{a-c}Superskrip yang berbeda pada kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

Perlakuan T3 menghasilkan nilai massa Ca tulang yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan perlakuan T2, akan tetapi T3 memiliki nilai massa Ca tulang yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kondisi tersebut berkaitan dengan pencernaan protein (Lampiran 9) dan retensi Ca (Tabel 6). Perlakuan T3 ayam diberikan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto sehingga ekstrak terjaga dari

kerusakan sebelum mencapai usus halus dan ekstrak dapat terserap secara optimal. Zat aktif di dalam buah Parijoto yang dienkapsulasi akan keluar dan bekerja setelah lapisan enkapsulasi berupa maltodekstrin dipecah oleh enzim amilase yang terdapat di usus halus. Flavonoid dalam buah Parijoto dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen tanpa merusak BAL. Berkurangnya bakteri patogen dapat menciptakan lingkungan yang baik bagi pertumbuhan BAL sehingga penyerapan nutrisi di dalam usus halus menjadi optimal dan berdampak pada massa Ca tulang yang tinggi. Yuliyanti *et al.* (2019) menyatakan bahwa peningkatan total BAL dalam usus halus dapat meningkatkan kesehatan saluran pencernaan sehingga pencernaan protein meningkat. Penyerapan protein dan kalsium yang meningkat mengakibatkan deposisi kalsium menuju tulang tinggi sehingga menghasilkan pertumbuhan tulang yang baik pada ayam broiler. Setiawati *et al.* (2016) menyatakan bahwa ketersediaan protein membantu proses penyerapan Ca yang dimanfaatkan untuk deposisi Ca tulang dengan baik. Krismiyo *et al.* (2022) menyatakan bahwa massa Ca tulang erat kaitannya dengan retensi Ca dan pencernaan protein, karena penyerapan Ca tergantung pada jumlah protein dalam bentuk CaBP.

Perlakuan T3 dan T2 menghasilkan nilai massa Ca tulang yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan perlakuan T0. Hal ini dapat disebabkan dari perbedaan besarnya jumlah pendeposisian Ca ke tulang, daging ataupun ke jaringan tubuh lainnya pada tubuh ayam. Saputro *et al.* (2019) menyatakan bahwa ayam pada fase *finisher* pertumbuhan tulangnya akan melambat dan kalsium lebih ditujukan pada pertumbuhan daging sehingga berat pada tulang tidak berbeda.

Setiawati *et al.* (2016) menyatakan bahwa tulang selalu mengalami perubahan baik dalam bentuknya maupun kepadatan, sesuai dengan umur dan perubahan bobot badan. Imbangan kalsium dan fosfor juga mempengaruhi massa Ca tulang, karena jika tidak seimbang maka akan terjadi pelapasan Ca dari tulang melalui proses resorpsi tulang. Proses resorpsi tulang akan terjadi mobilisasi Ca dari tulang guna menyeimbangkan konsentrasi Ca dalam darah, sehingga berpengaruh terhadap kandungan Ca dalam tulang. Rizkuna *et al.* (2024) menyatakan bahwa massa Ca tulang dipengaruhi juga oleh imbangan Ca dan fosfor ransum karena dalam deposisi Ca ke tulang perlu berikatan dengan fosfor, dalam deposisi Ca dibutuhkan fosfor sehingga di tulang dalam bentuk kalsium fosfat.

Perlakuan T1 menghasilkan massa Ca tulang nyata paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini terjadi dikarenakan pada perlakuan T1 ayam dipelihara dengan kepadatan tinggi tanpa adanya penambahan ekstrak buah Parijoto sehingga menyebabkan massa Ca tulang yang rendah. Sugiharto dan Turrini (2022) menyatakan bahwa stres karena kepadatan tinggi menyebabkan penurunan aktivitas enzim antioksidan. Buah parijoto mengandung senyawa antioksidan yang berperan sebagai penangkal radikal bebas sehingga mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan dari kondisi stres panas pada ayam. Noho *et al.* (2024) menyatakan bahwa stres akan membentuk radikal bebas (oksidan) di dalam tubuh, radikal dalam jumlah besar akan bersifat merusak sel dan jaringan tubuh. Akbarian *et al.* (2016) menyatakan bahwa stres dikaitkan dengan peningkatan kadar MDA dan penurunan kadar SOD yang merupakan respon perlindungan ayam broiler terhadap produksi radikal bebas yang berlebihan, konsentrasi MDA yang

tinggi menunjukkan adanya proses oksidasi dalam membran sel. Kerusakan pada membran sel, khususnya bagian usus halus akan menurunkan fungsi usus untuk menyerap nutrisi sehingga berdampak pada massa Ca tulang yang rendah.

4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap Panjang dan Bobot Femur pada Ayam Broiler

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap panjang dan bobot femur ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi (Tabel 8). Analisis Duncan menunjukkan bahwa panjang dan bobot femur pada perlakuan T3 dan T2 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan perlakuan T1 dan T0. Hasil sebaliknya, perlakuan T0 dan T1 menghasilkan panjang dan bobot femur nyata ($p < 0,05$) lebih rendah dibandingkan perlakuan T3 dan T2. Analisis statistik panjang dan bobot femur tertera pada Lampiran 5 dan 6.

Tabel 8. Panjang dan Bobot Femur Ayam Broiler

Ulangan	Perlakuan			
	T0	T1	T2	T3
Panjang	----- (cm) -----			
1	7,8	7,5	7,8	8,0
2	7,2	7,1	8,0	7,8
3	7,3	7,0	7,4	8,0
4	7,4	7,5	7,8	8,3
5	7,4	7,0	7,8	8,0
Rata-rata	7,42 ^b	7,22 ^b	7,76 ^a	8,02 ^a
Bobot	----- (g) -----			
1	11	9	12	12
2	10	9	13	12
3	12	10	12	13
4	11	12	12	14
5	9	10	12	14
Rata-rata	10,6 ^b	10 ^b	12,2 ^a	13 ^a

^{a-c}Superskrip yang berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Perlakuan T3 menghasilkan panjang dan bobot femur tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan perlakuan T2. Hal ini terjadi dikarenakan kalsium yang dideposisikan ke tulang pada saat ayam memasuki fase *finisher* tidak sebanyak saat ayam pada fase *starter* yang merupakan masa aktif pertumbuhan tulang sehingga hasil panjang dan bobot femur pada perlakuan T3 dan T2 sama. Setiawati *et al.* (2016) menyatakan bahwa ayam pedaging umur lima minggu ke atas kurang sensitif terhadap kalsium karena sudah berhentinya pertumbuhan tulang dibandingkan dengan ayam pedaging muda yang masih dalam masa pertumbuhan. Ayam memasuki umur fase *finisher* sudah menurun pertumbuhan tulangnya sehingga kalsium yang dibutuhkan juga sedikit dikarenakan pada fase *finisher* tubuh ayam broiler lebih fokus untuk meningkatkan berat badan melalui pertumbuhan daging. Saputro *et al.* (2019) menyatakan bahwa ayam pada fase *finisher* pertumbuhan tulangnya akan melambat dan kalsium lebih ditujukan pada pertumbuhan daging sehingga berat pada tulang tidak berbeda.

Perlakuan T3 dan T2 menghasilkan panjang dan bobot femur nyata ($p<0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T1 dan T0. Panjang dan bobot femur yang meningkat disebabkan adanya peran ekstrak buah Parijoto yang mampu meningkatkan pencernaan protein (Lampiran 9) yang membuat retensi kalsium ikut meningkat (Tabel 6) sehingga berdampak pada pertumbuhan tulang. Peningkatan penyerapan nutrisi protein sejalan dengan penyerapan kalsium, karena protein dan kalsium secara bersamaan diserap dalam usus halus. Syafitri *et al.* (2015) menyatakan bahwa pencernaan protein yang meningkat menyebabkan asupan kalsium lebih tinggi, karena kalsium diserap bersama protein yang disebut juga

dengan *calcium binding protein* (CaBP). Prabowo *et al.* (2019) menyatakan bahwa mekanisme kerja CaBP yaitu protein membawa kalsium ke dalam sel mukosa usus halus, kemudian diangkut ke darah dan diedarkan ke tubuh lalu masuk ke jaringan yang membutuhkan seperti tulang dan daging. Kalsium yang diserap oleh tubuh ayam sebagian besar akan disimpan dalam tulang dan digunakan sebagai komponen penyusun matriks tulang. Aurora *et al.* (2020) menyatakan bahwa peningkatan penyerapan nutrisi, khususnya kalsium pada usus halus membuat ketersediaan komponen penyusun matriks tulang tercukupi sehingga panjang femur dapat meningkat. Panjang femur yang meningkat akan berdampak pada luasan permukaan daging yang melekat semakin banyak. Lestari *et al.* (2020) menyatakan bahwa semakin panjang tulang femur maka semakin banyak daging yang melekat.

Perlakuan T0 menghasilkan panjang dan bobot tulang femur tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan perlakuan T1. Hal ini dapat terjadi karena ransum penelitian (Tabel 4) yang diberikan ke ayam memiliki kandungan kalsium yang sudah memenuhi kebutuhan untuk pertumbuhan tulang dan deposisi tulang ayam sehingga memberikan hasil panjang dan bobot femur yang tidak berbeda nyata. Aurora *et al.* (2020) menyatakan bahwa tulang femur lebih sensitif terhadap perubahan ransum dibandingkan dengan tulang tibia. Proses penyerapan kalsium sudah berjalan optimal namun memberikan hasil panjang dan bobot femur yang tidak berbeda nyata, hal ini disebabkan karena proses mineralisasi yang terjadi pada tulang femur lebih lambat dibandingkan tulang tibia. Saputro *et al.* (2019) menyatakan bahwa tulang femur mempunyai kecepatan mineralisasi tulang lebih lambat dibandingkan dengan tulang tibia, hal ini diduga bahwa tulang femur

sebagai penyebab kurangnya pertambahan panjang dan bobot tulang femur.

4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Panjang dan Bobot Tibia pada Ayam Broiler

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap panjang tibia ayam broiler (Tabel 9). Analisis Duncan menunjukkan bahwa panjang tibia pada perlakuan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T2 menghasilkan panjang tibia tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T0, tetapi nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T1. Perlakuan T1 menghasilkan panjang tibia tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T0 tetapi berbeda nyata lebih rendah dengan T2 dan T3. Analisis statistik panjang tibia tertera pada Lampiran 7.

Tabel 9. Panjang Tibia Ayam Broiler

Ulangan	Perlakuan			
	T0	T1	T2	T3
	------(cm)-----			
1	12,1	10,8	11	12
2	10,4	9,5	11	12
3	10,2	10,3	10,5	12
4	10,2	10,4	11,1	12,4
5	10	10	11,3	12,8
Rata-rata	10,58 ^{bc}	10,2 ^c	10,98 ^b	12,24 ^a

^{a-c}Superskrip yang berbeda pada baris rataaan menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Perlakuan T3 menghasilkan panjang tibia yang berbeda nyata ($p < 0,05$) paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi menunjukkan hasil pencernaan protein (Lampiran 9) dan retensi kalsium (Tabel 6) nyata paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya sehingga berpengaruh

terhadap pendeposisian kalsium ke tulang yang akhirnya meningkatkan panjang tibia. Suprijatna dan Atmomarsono (2015) menyatakan bahwa protein yang diserap dalam usus halus juga dimanfaatkan dalam transportasi kalsium, yaitu untuk mengikat kalsium pada mukosa usus yang dikenal dengan CaBP. Protein berperan penting dalam meningkatkan pendeposisian kalsium ke tulang. Wulandari *et al.* (2017) menambahkan bahwa sel-sel tulang (*osteoblast*) membentuk kolagen yaitu protein pengikat kalsium yang berfungsi membawa kalsium untuk dideposisikan dalam tulang. Krismiyo *et al.* (2022) menyatakan bahwa penyerapan protein dan kalsium yang meningkat mengakibatkan deposisi kalsium menuju tulang dan daging tinggi, sehingga menghasilkan pertumbuhan tulang yang baik dan daging ayam broiler yang sehat.

Perlakuan T2 menghasilkan panjang tibia tidak berbeda nyata ($P>0,05$) dengan T0, hal ini disebabkan karena adanya pemberian ekstrak buah Parijoto sehingga dapat meningkatkan panjang tibia meskipun dipelihara dengan kepadatan tinggi. Kecernaan protein (Lampiran 9) yang meningkat diikuti oleh retensi kalsium (Tabel 6) yang juga meningkat sehingga menghasilkan massa kalsium tulang (Tabel 7) yang tinggi dan berdampak pada deposisi kalsium ke tulang. Krismiyo *et al.* (2021) menyatakan bahwa protein memiliki peran penting dalam penyerapan kalsium untuk pembentukan CaBP di dalam mukosa usus yang selanjutnya dapat ditransportasi ke jaringan target termasuk tulang. Kecernaan protein yang meningkat memberikan pengaruh terhadap pembentukan matriks kolagen. Krismiyo *et al.* (2022) menyatakan bahwa pembentukan matriks kolagen merupakan bagian dari proses transportasi protein pengikat kalsium dan pembawa

kalsium untuk di deposisikan ke tulang. Nagari dan Sitasiwi (2023) menyatakan bahwa konsentrasi kalsium yang meningkat dapat merangsang aktivitas Ca-ATPase, sehingga proses mineralisasi matriks tulang meningkat.

Perlakuan T0 menghasilkan panjang tibia yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan T1. Hal ini dapat terjadi karena ransum penelitian (Tabel 4) yang diberikan sudah memenuhi kebutuhan dan keseimbangan nutrisi kalsium ayam broiler sehingga dapat mencukupi ketersediaan komponen penyusun matriks tulang yang menyebabkan tulang tibia menjadi meningkat. Wulandari *et al.* (2017) menyatakan bahwa pertumbuhan tulang dan mineralisasi sangat intensif pada dua minggu pertama sehingga kebutuhan kalsium perlu tersedia dalam ransum. Pratiwi *et al.* (2019) menyatakan bahwa kalsium yang dikonsumsi akan diabsorpsi oleh sel-sel di bagian duodenum kemudian akan ditransportasikan melalui vena porta menuju hati dan masuk ke dalam sistem peredaran darah, kemudian kalsium akan diedarkan melalui sistem sirkulasi sistemik ke berbagai jaringan yang dibutuhkan termasuk tulang. Kadar kalsium di dalam darah yang tinggi dari hasil absorpsi duodenum dapat meningkatkan aktivitas Ca-ATPase yang berdampak pada peningkatan panjang dan diameter tulang broiler. Nagari dan Sitasiwi (2023) menyatakan bahwa kadar kalsium yang seimbang akan diikuti dengan aktivitas enzim Ca-ATPase, yaitu terjadinya keseimbangan antara proses kalsifikasi dan dekalsifikasi dalam matriks tulang.

Perlakuan T1 menghasilkan panjang tibia yang berbeda nyata ($P<0,05$) lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan T2 dan T3. Hal ini disebabkan karena tidak adanya penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada pemeliharaan ayam

broiler dengan kepadatan tinggi sehingga kondisi saluran pencernaan kurang baik dan penyerapan nutrisi yang kurang optimal. Krismiyo *et al.* (2021) menyatakan bahwa kesehatan saluran pencernaan yang kurang kondusif menyebabkan terganggunya pencernaan dan penyerapan protein. Pencernaan protein yang menurun berdampak pada retensi kalsium yang rendah, hal ini dikarenakan kalsium diserap dalam bentuk CaBP. Penyerapan protein dan kalsium yang rendah dapat menyebabkan pendeposisian kalsium ke tulang menjadi tidak optimal. Koni dan Foenay (2020) menyatakan bahwa pencernaan protein maupun kalsium yang menurun menyebabkan tingkat penyerapan nutrisi tersebut di dalam tubuh rendah, sehingga kalsium yang dapat diretensi tubuh sedikit dan deposisi protein dan kalsium dalam daging maupun tulang juga rendah.

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap bobot tibia ayam broiler (Tabel 10). Analisis Duncan menunjukkan bahwa bobot tibia pada perlakuan T3 berbeda nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan T2, T1, dan T0 menghasilkan bobot tibia tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dan lebih rendah dibandingkan dengan T3. Analisis statistik bobot tibia tertera pada Lampiran 8.

Tabel 10. Bobot Tibia Ayam Broiler

Ulangan	Perlakuan			
	T0	T1	T2	T3
	------(g)-----			
1	17	17	20	19
2	20	17	21	19
3	17	17	16	26
4	18	19	16	29
5	17	15	18	27
Rata-rata	17,8 ^b	17 ^b	18,2 ^b	24 ^a

^{a-c}Superskrip yang berbeda pada baris rataaan menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Perlakuan T3 menghasilkan bobot tibia berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Bobot tibia yang meningkat akibat adanya penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto menunjukkan bahwa kemampuan pencernaan protein di usus halus (Lampiran 9) dan retensi kalsium (Tabel 6) serta massa kalsium tulang (Tabel 7) yang meningkat. Pencernaan protein berbanding lurus dengan retensi kalsium, ketika pencernaan protein meningkat retensi kalsium juga meningkat sehingga kalsium yang terserap oleh tubuh juga meningkat dan kalsium yang terdeposisi pada tulang tinggi. Setiawati *et al.* (2016) menyatakan bahwa kalsium yang terikat oleh CaBP akan diabsorpsi pada bagian duodenum dan jejunum proksimal kemudian diekskresikan oleh tubuh melalui ekskreta, semakin tinggi retensi kalsium berarti semakin banyak kalsium yang dapat diserap untuk dimanfaatkan oleh unggas. Aurora *et al.* (2020) menyatakan bahwa nilai massa kalsium tulang seiring dengan nilai retensi kalsium, yang diimbangi dengan peningkatan deposisi kalsium dalam tulang. Adnan *et al.* (2016) menyatakan bahwa peningkatan massa kalsium tulang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap meningkatnya berat tulang. Bobot tulang tibia yang meningkat didukung oleh data bobot badan (Lampiran 9) pada perlakuan T3 berbeda nyata ($p < 0,05$) paling tinggi

dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Lukmanudin *et al.* (2018) menyatakan bahwa bobot badan berkolerasi positif dengan ukuran tulang tibia.

Perlakuan T2, T1, dan T0 menghasilkan bobot tibia tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dan nyata lebih rendah dibandingkan dengan T3. Hal ini diduga disebabkan karena sudah adanya perubahan struktur matriks tulang. Aurora *et al.* (2020) menyatakan bahwa bobot tulang tibia yang tidak mengalami peningkatan secara signifikan diduga disebabkan karena sudah terjadi perubahan struktur matriks penyusun tulang akibat peningkatan penyerapan kalsium dan protein, namun belum sampai mempengaruhi bobot tulang. Hal tersebut akan mempengaruhi deposisi kalsium untuk pembentukan matriks tulang. Siahaan *et al.* (2014) menyatakan bahwa kemampuan broiler mencerna ransum terkhusus dalam absorpsi mineral kalsium tulang berlangsung baik sehingga deposisi kalsium pada tulang tibia tinggi. Wulandari *et al.* (2017) menyatakan bahwa protein berperan penting dalam meningkatkan stabilitas deposisi mineral dalam tulang, sel-sel tulang (*osteoblast*) membentuk kolagen, yaitu protein pengikat kalsium yang berfungsi membawa kalsium untuk dideposisikan dalam tulang. Berdasarkan hal tersebut pada perlakuan T2 adanya peningkatan pencernaan protein (Lampiran 9) dan retensi kalsium (Tabel 6) karena penambahan ekstrak buah Parijoto, namun diduga peningkatan perbaikan pencernaan protein dan penyerapan protein lebih dominan sehingga hanya berpengaruh terhadap panjang tibia dan belum sampai berpengaruh ke bobot tulang meskipun kalsium yang diserap juga meningkat.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Penambahan enkapsulasi ekstrak buah Parijoto sebanyak 0,08% (T3) pada ransum mampu meningkatkan retensi kalsium, massa kalsium tulang, panjang dan bobot tulang femur serta tibia ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi.

5.2. Saran

Enkapsulasi ekstrak buah Parijoto sebanyak 0,08% dapat digunakan sebagai *natural feed additive* ayam broiler yang dipelihara dengan kepadatan tinggi untuk meningkatkan performa ayam broiler.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, B., E. Kusumanti dan U. Atmomarsono. 2015. Pengaruh penambahan tepung temukunci (*Boesenbergia pandurata* Roxb.) dalam ransum terhadap bobot hidup, kadar sgot sgpt dan kondisi hati ayam broiler. *Animal Agriculture Journal*. 4(1): 41- 46.
- Adnan, K., N. Suthama dan W. Sarengat. 2016. Massa kalsium dan fosfor tulang pada ayam lokal persilangan yang diberi ransum menggunakan kayambang (*Salvinia molesta*). *J. Pengembangan Penyuluhan Pertanian*. 13(24): 39-46.
- Advistasari, Y. D. dan R. L. Vifta. 2018. Uji antidiabetes ekstrak etanol buah pari-joto (*Medinilla speciosa* B.) dan fraksinya. *Media Farmasi Indonesia*. 13(2): 1364-1373.
- Afandi, A., S. Handayani dan R. Raidayanti. 2024. Kelayakan usaha ternak ayam pedaging di Desa Guntarano Kecamatan Tanantovea Kabupaten Donggala. *J. Ilmu Pertanian*. 12(3): 672 - 681.
- Agusetyaningsih, I. E., H. I. Wahyuni, T. Yudiati, R. Murwani, T. A. Sartono dan Sugiharto. 2022. Effect of encapsulated *cosmos caudatus* leaf extract on the physiological conditions, immune competency, and antioxidative status of broilers at a high stocking density. *Sciend*. 22(2): 653-662.
- Agustin, D. A. dan A. A. Wibowo. 2021. Teknologi enkapsulasi: teknik dan aplikasinya. *J. Teknologi Separasi*. 7(2): 202 - 209.
- Akbarian, A., J. Michiels, J. Degroote, M. Majdeddin, A. Golian dan S. De Smet. 2016. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *J. of animal science and biotechnology*. 7(37): 1-14.
- Amine, F. M. dan R. D. Eddine. 2019. Effect of temperature and humidity on growth of chicken broilers in Algeria. *Approaches in Poultry, Dairy and Veterinary Sciences*. 7(1): 611- 612.
- Amrullah, D. T., N. Widodo, H. Khasanah dan M. W. Jadmiko. 2024. Analisis performa produksi ayam broiler strain *cobb* 500 dan *cobb* 700 pada fase *starter* di kandang *closed house* PT DMC Malang. *J. Peternakan Lingkungan Tropis*. 7(2): 7 - 13.
- Anggitasari, S., O. Sjoefjan dan I. H. Djunaidi. 2016. Pengaruh beberapa jenis pakan komersial terhadap kinerja produksi kuantitatif dan kualitatif ayam pedaging. *Buletin Peternakan*. 40(3): 187- 196.

- Ardhianto, R., L. D. Mahfudz dan E. Suprijatna. 2016. Pengaruh penggunaan tepung rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) fermentasi dalam ransum ayam broiler terhadap berat dan ukuran tulang femur, tibia dan tarsometatarsus. *J. Pengembangan Penyuluhan Pertanian*. 13(24): 130- 136.
- Aurora, N. E., L. D. Mahfudz dan T. A. Sarjana. 2020. Potensi bawang putih dan *Lactobacillus achidophilus* sebagai sinbiotik terhadap karakteristik tulang ayam broiler. *J. Sain Peternakan Indonesia*. 15(4): 375- 382.
- Badan Pangan Nasional. 2024. Konsumsi Daging Ayam per Kapita Indonesia Meningkat pada Tahun 2023. Jakarta.
- Bagau, B., C. J. Pontoh, Y. H. S. Kowel dan A. L. Wongkar. 2022. Kecernaan bahan kering, retensi nitrogen dan energi metabolis ransum ayam pedaging yang menggunakan tepung kulit nenas (*Ananas comosus* L. Merr) sebagai pengganti sebagian jagung. *Zootec*. 4(2): 479- 486.
- Banamtuan, A. N. 2019. Strain dan Karakteristik Ayam Broiler di Indonesia. Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Bergeron, S., E. Pouliot dan M. Doyon. 2020. Commercial poultry production stocking density influence on bird health and performance indicators. *Animals*. 10(8): 1253.
- Bilyaro, W., T. Rafian, D. Lestari, J. A. Lase, B. A. Putra dan U. F. Handayani. 2023. Pengaruh penambahan berbagai *feed additive* terhadap kandungan MDA pada ayam broiler yang mendapatkan cekaman panas. *J. Peternakan Borneo*. 2(1): 18-21.
- Bolton, W. 1967. Poultry Nutrition. London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Bontjura, S., O. A. Waworuntu dan K. V. Siagian. 2015. Uji efek antibakteri ekstrak daun leilem (*Clerodendrum minahassae* L.) terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. *J. Ilmiah Farmasi*. 4(4): 96 - 100.
- Card, L.E. dan M.C. Nesheim. 1972. Poultry Production (11th edition). Lea and Fibeger, Philadelphia.
- Damayanti, P. N., F. P. Luhurningtyas dan L. L. Indrayati. 2023. Penetapan kadar fenolik dan flavonoid total ekstrak etanol buah parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) dengan metode spektrofotometri UV-Vis. *J. Farmasi*. 12(1):1-6.
- Dato, D. D., N. M. A. G. R. Astiti dan N. K. S. Rukmini. 2019. Pengaruh kepadatan kandang terhadap komposisi fisik ayam broiler CP 707. *Gema Agro*. 24(2): 129-133.

- Evans, L., G. C. Brooks, M. G. Anderson, A. M. Campbell dan L. Jacobs. 2023. Environmental complexity and reduced stocking density promote positive behavioral outcomes in broiler chickens. *Animals*. 13(13): 2074.
- Fadli, C. 2015. Pertambahan bobot badan ayam broiler dengan pemberian ransum yang berbeda. *J. Ilmiah Sains dan Teknologi*. 15(16): 151- 455.
- Fanani, A. F., N. Suthama dan B. Sukanto. 2016. Efek penambahan umbi bunga dahlia sebagai sumber inulin terhadap pencernaan protein dan produktivitas ayam lokal persilangan. *J. Kedokteran Hewan Indonesian*. 10(1): 58-62.
- Farida, U. N., V. D. Yunianto dan N. Suthama. 2017. Deposisi kalsium dan protein daging pada itik peking yang diberi ransum dengan penambahan tepung temu hitam. *Agromedia*. 35(2): 49-54.
- Fatmaningsih, R., R. Riyanti dan K. Nova. 2016. Performa ayam pedaging pada sistem *brooding* konvensional dan *thermos*. *J. Ilmiah Peternakan Terpadu*. 4(3): 222-229.
- Gabriela, M. C., D. Rawung dan M. M. Ludong. 2020. Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan minuman instan serbuk buah pepaya (*Carica papaya L.*) dan buah pala (*Myristica fragrans H.*). *Cocos*. 12(3): 1-8.
- Gouda, M., A. E. D. Bekhit, Y. Tang, Y. Huang, L. Huang, Y. He dan X. Li. 2021. Recent innovations of ultrasound green technology in herbal phytochemistry. *Ultrasonics Sonochemistry*. 73: 1-15.
- Haryuni, N., L. Lestariningsih dan B. Khopsoh. 2022. Perbaikan kualitas semen ayam kampung melalui peningkatan energi metabolisme pakan. *J. of Science Nusantara*. 2(3):123-129.
- Herlina, B., R. Novita dan T. Karyono. 2015. Pengaruh jenis dan waktu pemberian ransum terhadap performans pertumbuhan dan produksi ayam broiler. *J. Sain Peternakan Indonesia*. 10(2):107- 113.
- Ihtiarintyas, S., R. Y. Pauzi dan M. R. Setyanto. 2024. Potensi buah parijoto (*Medinilla speciosa*) sebagai antimalaria. *Medical and Health Journal*. 4(1): 68-73.
- Jayanudin, J., M. Fahrurrozi, S. K. Wirawan dan R. Rochmadi. 2019. Chitosan concentration and cross-linker volume effect on the release kinetic of red ginger oleoresin microcapsule in simulated intestinal fluid (SIF) medium. *Eksergi*. 16(2): 47-52.
- Kartika, N. M. A. dan R. Adekamtari. 2021. Pemeliharaan ayam broiler pasca covid-19 di Desa Jagerage Kecamatan Kuripan Lombok Barat. *J. Agribisnis dan Peternakan*. 10(2): 29 – 34.

- Komi, A., T. A. Y. Foenay dan T. N. I. Koni. 2021. Tulang tibia ayam kampung super yang diberi pakan mengandung tepung umbi maek (*Amorphophallus companulatus*). J. Veteriner. 22(4): 575 - 582.
- Koni, T. N. I. dan T. A. Y. Foenay. 2020. Pengaruh level tapioka dan lama fermentasi terhadap kadar tanin dan mineral pada silase kulit pisang kepok. J. Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran. 20(2): 87 - 94.
- Krismiyo, L., N. Suthama, I. Mangisah dan I. S. Lubis. 2022. Pertumbuhan tulang dan produksi karkas broiler yang diberi ransum menggunakan sumber protein mikropartikel dan tepung umbi dahlia. J. Peternakan. 19(2): 123-133.
- Krismiyo, L., N. Suthama, V. D. Yunianto, F. Wahyono, C. Ardelia dan R. Z. Fawwaz. 2021. Feeding of calcium and protein macroparticle or microparticle with bitter mustard root on intestinal bacteria population and nutrient intake in quail. J. of Animal Science. 3(1): 1- 8.
- Krismiyo, L., N. Suthama, B. Sukanto dan A. A. Azmi. 2022. The addition of inulin and *Lactobacillus acidophilus* in feed using microparticle protein sources on broiler bone growth. Live Stock and Animal Research. 20(3): 231-242.
- Lestari, L., M. Maskur, R. Jan, T. Rozi, L. M. Kasip dan M. Muhsinin. 2020. Studi karakteristik sifat kualitatif dan morfometrik induk ayam kampung dengan berbagai tipe jengger di Pulau Lombok. J. Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia. 6(1): 24-32.
- Lestari, L., T. Rozi, L. M. Kasip dan A. Azis. 2021. Morfometric based on comb types of kampung chicken in Mataram City. J. Ilmu dan Teknologi Peternakan. 7(2): 85-94.
- Lukmanudin, M., C. Sumantri dan S. Darwati. 2018. Ukuran tubuh ayam lokal silangan IPB D-1 generasi kelima umur 2 sampai 12 minggu. J. Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan. 6(3): 113-120.
- Maghfiroh, K., B. Sukanto dan L. D. Mahfudz. 2014. Penggunaan sorgum atau kulit pisang terhidrolisis terhadap retensi kalsium dan massa kalsium tulang pada ayam broiler. Agromedia. 32(1): 54 - 62.
- Mahmud, A. T. B. A., R. Afnan, D. R. Ekastuti dan I. I. Arief. 2017. Profil darah, performans dan kualitas daging ayam persilangan kampung broiler pada kepadatan kandang berbeda. J. Veteriner. 18(2): 247 – 256.
- Mait, Y. S., J. E. G. Rompis, B. Tulung, J. Laihad dan J. J. M. R. Londok. 2019. Pengaruh pembatasan pakan dan sumber serat kasar berbeda terhadap bobot hidup, bobot karkas dan potongan komersial karkas ayam broiler strain lohman. Zootec. 39(1): 134 - 145.

- Manafe, M. E., M. L. Mullik dan F. M. S. Telupere. 2017. Performans ayam broiler melalui penggunaan tepung krokot (*Portulaca oleracea L*) yang disubtitusikan dalam ransum komersial. J. Sain Peternakan Indonesia. 12(4): 379-388.
- Mentari, A. S., L. D. Mahfudz dan N. Suthama. 2016. Massa protein dan lemak daging pada ayam broiler yang diberi tepung temukunci (*Boesenbergia pandurata Roxb.*) dalam ransum. Animal Agriculture Journal. 3(2): 211-220.
- Milanda, T., K. Lestari dan N. T. Tarina. 2021. Antibacterial activity of parijoto (*Medinilla speciosa Blume*) Fruit against *Serratia marcescens* and *Staphylococcus aureus*. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology. 8(2): 76-85.
- Mulyana, A. A., D. Sudrajat dan J. Jatmiko. 2017. Pengaruh substitusi pakan komersil oleh tepung bungkil inti sawit terhadap nilai energi metabolis dan pencernaan ransum ayam kampung. J. Pertanian. 8(1): 1- 6.
- Mulyono, I. U. W., T. C. Lukita, C. A. Sari, D. R. I. M. Setiadi, E. H. Rachmawanto, A. Susanto dan D. A. Santoso. 2020. Parijoto fruits classification using k-nearest neighbor based on gray level co-occurrence matrix texture extraction. J. of Physics. 1501(1): 12 - 17.
- Mustafiroh, S. F. dan L. K. Mulyono. 2023. Penambahan enkapsulasi buah parijoto pada ransum terhadap deposisi lemak pada broiler. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi Peternakan. Universitas Halu Oleo Press, Kendari. 53.
- Nagari, A. P. dan A. J. Sitasiwi. 2023. Somatometri itik pengging (*Anas platyrhynchos*) setelah pemberian nanokitosan dalam pakan. J. Sains dan Teknologi. 12(3): 583 - 592.
- National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. The National Academies Press, Washington DC.
- Noho, S. N. A. H., N. Humaidah dan D. Suryanto. 2024. Pengaruh pemberian ampas buah merah (*Pandanus conoideus*) pada air minum terhadap aktivitas SOD dan kadar MDA ayam KUB-2. J. Sains Peternakan. 12(2): 108-116.
- Noviandi, I., S. Sastrawan dan E. Erita. 2023. Penambahan kalsium terhadap pertumbuhan ayam broiler 1-45 hari. Biram Samtani Sains. 7(2): 48-62.
- Nurhidayat, F., L. D. Mahfudz dan D. Sunarti. 2020. Efek perbedaan dataran terhadap produksi karkas ayam broiler yang dipelihara di kandang *closed house*. J. Sain Peternakan Indonesia. 15(4): 406- 413.

- Pahlepi, R., H. Hafid dan A. Indi. 2015. Bobot akhir persentase karkas dan lemak abdominal ayam broiler dengan pemberian ekstrak daun sirih (*Piper betle L.*) dalam air minum. J. Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis. 2(3): 1-7.
- Pontoh, S. G., J. Mandey, F. R. Wolayan dan Y. Kowel. 2019. Pengaruh pemanfaatan bonggol pisang sepatu (*Musa paradisiaca l.*) dalam ransum terhadap persentase karkas dan lemak abdominal ayam broiler. Zootec. 39(2): 427- 434.
- Prabowo, P., L. D. Mahfudz dan U. Atmomarsono. 2019. Massa kalsium dan massa protein daging akibat penggunaan tepung limbah wortel (*Daucus carota l.*) dalam ransum ayam broiler. J. Sain Peternakan Indonesia. 14(2): 201-207.
- Pratama, A., K. Suradi, R. L. Balia, H. Chairunnisa, H. A. Lengkey, D. S. Sutardjo dan W. S. Putranto. 2015. Evaluasi karakteristik sifat fisik karkas ayam broiler berdasarkan bobot badan hidup. J. Ilmu Ternak. 15(2): 61-64.
- Pratiwi, A. N. P., G. A. R. Saputri dan A. M. Ulfa. 2023. Pengaruh waktu pengeringan beku (*freeze drying*) terhadap evaluasi fisik sediaan gel bunga telang (*Clitoria ternatea l.*) dengan variasi HPMC. J. Mandala Pharmacon Indonesia. 9(2): 552-561.
- Pratiwi, H. P., K. Kasiyati, S. Sunarno dan M. A. Djaelani. 2019. Bobot otot dan tulang tibia itik pengging (*Anas platyrhyncos domesticus L.*) setelah pemberian imbuhan tepung daun kelor (*Moringa oleifera Lam.*) dalam pakan. J. Biologi Tropika. 2(2): 54-61.
- PT Charoen Pokphand. 2024. Manual Manajemen Broiler. Jakarta.
- Putri, C. P. F., R. Roesdiyanto dan I. H. Sulistyawan. 2019. The effect of addition *Azolla microphylla* in feed towards weight of yolk, albumen and eggshells of quail (*Coturnix-coturnix japonica*). Angon: J. of Animal Science and Technology. 1(3): 227 - 233.
- Putri, D. N., Y. M. N. Wibowo dan N. Harini. 2021. Karakteristik mikrokapsul minyak ekstrak dari kepala kakap merah pada beberapa rasio bahan penyalut. J. Teknologi Pertanian. 22(2): 89 - 100.
- Qulub, A. S., F. Nurdyansyah, R. M. D. Ujianti, M. K. Ferdiansyah, D. A. Widyastuti, L. R. Dewi dan P. Rahayu. 2022. Penapisan fitokimia ekstrak buah parijoto (*Medinilla speciosa Blume*) berdasarkan perbedaan fraksi. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Sains and Entrepreneurship. Universitas PGRI. 361-370.
- Radhiyani, U. A., N. Suthama dan I. Mangisah. 2017. Pengaruh penambahan asam asetat pada ransum dengan level protein berbeda terhadap retensi kalsium dan massa protein daging pada ayam broiler. Agromedia. 35(1): 3-11.

- Rajab, R., W. M. Horhoruw dan F. F. Samal. 2022. Karakteristik morfobiometrik ayam kampung di kecamatan huamual berdasarkan jenis kelamin berbeda. *J. Ilmu dan Industri Peternakan*. 8(1): 20 – 33.
- Rizkuna, A., N. Erni dan A. Aldiyanti. 2024. Pengaruh protein dan lisin terhadap massa kalsium dan panjang tulang femur ayam kampung *finisher*. *Agribios*. 22(2): 272-278.
- Rizkuna, A., U. Atmomarsono dan D. Sunarti. 2014. Evaluasi pertumbuhan tulang ayam kampung umur 0-6 minggu dengan taraf protein dan suplementasi lisin dalam ransum. *J. Ilmiah dan Teknologi Peternakan*. 3(3): 121-125.
- Ross Management Guide. 2022. Broiler Performance Objective. USA.
- Rukmini, R., M. Mardewi dan R. Rejeki. 2019. Kualitas kimia daging ayam broiler umur 5 minggu yang dipelihara pada kepadatan kandang yang berbeda. *Wicaksana: J. Lingkungan dan Pembangunan*. 3(1): 31-37.
- Saputro, C., N. Suthama dan B. Sukamto. 2019. Pertumbuhan tulang ayam broiler diberi ransum dengan protein dan kalsium mikropartikel ditambah *Lactobacillus acidophilus* atau asam sitrat. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Sains and Entrepreneurship. Universitas Diponegoro. 1-6.
- Sapsuha, Y., V. D. Yulianto, Y. B. Pramono dan N. Sjafani. 2023. Penggunaan ekstrak daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) untuk perbaikan dampak stress broiler akibat kepadatan tinggi. *J. Agripet*. 23(2):149-156.
- Sari, D. R., E. Suprijatna, S. Setyaningrum dan L. D. Mahfudz. 2019. Suplementasi inulin umbi gembili dengan *Lactobacillus plantarum* (sinbiotik) terhadap nisbah daging-tulang ayam broiler. *J. Peternakan Indonesia*. 21(3): 284 - 293.
- Sari, K. A., B. Sukamto dan B. Dwiloka. 2014. Efisiensi penggunaan protein pada ayam broiler dengan pemberian pakan mengandung tepung daun kayambang (*Salvinia molesta*). *J. Agripet*. 14(2): 76 - 83.
- Satmah, A., N. Nurhaeni, J. Hardi dan I. Indriani. 2021. Produksi maltodekstrin secara enzimatis dengan menggunakan berbagai massa pati biji durian (*Durio zibethinus Murr.*). *Fullerene Journal of Chemistry*. 6(2): 76-80.
- Setiaji, A., B. Ma'rifah dan L. Krismiyanto. 2021. Mortalitas dan bobot badan tiga strain ayam broiler pada kepadatan kandang yang berbeda. *J. Ilmu Peternakan Terapan*. 5(1):13-18.
- Setiawati, D., B. Sukamto dan H. I. Wahyuni. 2016. Pengimbuhan enzim fitase dalam ransum ayam pedaging meningkatkan pemanfaatan kalsium untuk pertumbuhan tulang dan bobot badan. *J. Veteriner*. 17(3): 468-476.

- Sholikhati, A., S. D. Kurnia dan Y. Mundriyastutik. 2024. Kajian aktivitas farmakologis buah pariijoto (*Medinilla speciosa*). J. Medika Indonesia. 5(1): 27-32.
- Siabandi, R., B. Bagau, M. R. Imbar dan M. N. Regar. 2018. Retensi nitrogen dan energi metabolis ransum broiler yang mengandung tepung silase kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca formatypica*). Zootec. 38(1): 226-234.
- Siahaan, N. B., D. Sunarti dan V. D. Yuniarto. 2014. Pengaruh penggunaan kulit pisang biokonversi dalam ransum terhadap penyerapan kalsium serta kekuatan tulang ayam broiler. J. Ilmu-Ilmu Peternakan. 24(3): 18-23.
- Silaban, B. J. S., L. Nurhayati dan A. W. Hartanti. 2020. Viabilitas probiotik *Lactobacillus acidophilus* DLBSD102 setelah mikroenkapsulasi. J. Sains Natural. 10(1): 6-18.
- Subowo, E. dan M. Saputra. 2019. Sistem informasi peternakan ayam broiler di Kabupaten Pekalongan berbasis web dan android. J. Surya Informatika. 6(1): 53- 65.
- Sugiarto, S. dan T. Turrini. 2022. The effect of using acidified turmeric on some productive parameters and intestinal bacterial counts in broilers at high stocking density pens. J. of Advanced Veterinary and Animal Research. 9(1): 87.
- Suhartina, S. 2018. Tingkat efesiensi ransum dengan penggunaan cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) sebagai bahan pakan non konvensional sumber protein terhadap performans ayam broiler. J. Ilmu Peternakan. 2(3): 47-52.
- Sulistyoningsih, M. 2015. Pengaruh pemberian silase limbah ikan terhadap kadar protein daging dan lemak daging broiler sebagai upaya peningkatan kualitas pangan. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. Universitas PGRI Semarang. 378 - 382.
- Sumanti, D. M., I. Lanti, I. Hanidah, E. Sukarminah dan A. Giovanni. 2016. Pengaruh konsentrasi susu skim dan maltodekstrin sebagai penyalut terhadap viabilitas dan karakteristik mikroenkapsulasi suspensi bakteri *Lactobacillus plantarum* menggunakan metode *freeze drying*. J. Penelitian Pangan1(1): 7-13.
- Sumerah, M., A. Yudistira dan K. L. Mansauda. 2020. Uji aktivitas amara dari produk jst ternak, prebiotik ternak, dan asam amino ternak terhadap tikus putih jantan (*Rattus norvegicus l.*) galur wistar. Pharmacon. 9(2): 246-253.
- Suprijatna, K. T. A. E. dan U. Atmomarsono. 2015. Pengaruh penambahan enzim fitase pada ransum dengan level protein berbeda terhadap retensi nitrogen dan penggunaan protein netto (ppn) ayam broiler. Agromedia. 33(2): 10-16.

- Supriyanto, M., M. Kabib dan H. Setiawan. 2019. Perancangan mesin pengaduk sirup parijoto dengan sistem tiga blade. Dalam: Prosiding Snatif ke-6. Universitas Muria Kudus. 277-281.
- Susanto, A., A. G. Murwanto dan S. Hartini. 2021. Pemanfaatan jus buah merah (*Pandanus conoideus*) sebagai *feed additive* untuk meningkatkan performa ayam broiler fase *starter*. J. Ilmu Peternakan dan Veteriner Tropis. 11(2): 173-179.
- Syafitri, Y. E., V. D. Yuniarto dan N. Suthama. 2015. Pemberian ekstrak daun beluntas (*Pluchea indica Less*) dan klorin terhadap massa kalsium dan massa protein daging pada ayam broiler. Animal Agriculture Journal. 4(1): 155-164.
- Tama, C. A., D. Septinova dan T. Kurtini. 2017. Pengaruh pemberian jamu tradisional terhadap bobot hidup, bobot karkas, bobot giblet dan lemak abdominal broiler. J. Riset dan Inovasi Peternakan. 1(2): 16 - 21.
- Tamalluddin, Ferry. 2014. Panduan Lengkap Ayam Broiler. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Varianti, N. I., U. Atmomarsono dan L. D. Mahfudz. 2017. Pengaruh pemberian pakan dengan sumber protein berbeda terhadap efisiensi penggunaan protein ayam lokal persilangan. J. Agripet. 17(1): 53- 59.
- Wahidin, S. A. dan M. N. Hidayat. 2023. Pengaruh penggunaan aditif pakan terhadap kualitas kalsium tulang broiler. J. Ilmu dan Industri Peternakan. 9(2): 214-221.
- Wijayanti, D. dan F. Ardigurnita. 2019. Potential of parijoto (*Medinilla speciosa*) fruits and leaves in male fertility. Animal Production. 20(2): 81-86.
- Woro, I. D., U. Atmomarsono dan R. Muryani. 2019. Pengaruh pemeliharaan pada kepadatan kandang yang berbeda terhadap performa ayam broiler. J. Sain Peternakan Indonesia. 14(4): 418 - 423.
- Wulandari, A. S., H. I. Wahyuni dan N. Suthama. 2017. Penambahan ekstrak glukomanan dari umbi porang (*Amorphopallus onchophyllus*) dalam ransum ayam broiler terhadap retensi kalsium dan kualitas tulang. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Industri Peternakan. Universitas Diponegoro. 31-35.
- Yuliyanti, S., I. Yuanita, N. Suthama dan H. I. Wahyuni. 2019. Kecernaan protein dan massa protein daging pada ayam broiler yang diberi kombinasi ekstrak bawang dayak dan *Lactobacillus acidophilus*. Dalam: Prosiding Semnas Pengelolaan Sumber Daya Alam Berkesinambungan di Kawasan Gunung Berapi. Universitas Diponegoro. 1-3.

- Zairiful, Z., D. T. Marya dan R. D. Lustanti. 2024. Pemberian infusa kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap produktivitas ayam broiler. J. Peternakan Terapan. 6(1): 1- 7.
- Zumaroh, R. A., V. D. Yuniyanto dan L. Krismiyanto. 2023. Panjang dan bobot usus halus broiler akibat ransum ditambah enkapsulasi buah parijoto. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi Peternakan 2022. Universitas Halu Oleo Press. 45.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Retensi Ca

Kode Perlakuan	Konsumsi Ransum	Kadar Ca Ransum	Konsumsi Ca
	------(g)-----	------(%)-----	------(g)-----
T0U1	127,00	1,07	1,36
T0U2	127,00	1,07	1,36
T0U3	127,00	1,07	1,36
T0U4	128,67	1,07	1,38
T0U5	128,67	1,07	1,38
T1U1	127,00	1,07	1,36
T1U2	125,67	1,07	1,34
T1U3	121,67	1,07	1,30
T1U4	127,00	1,07	1,36
T1U5	128,67	1,07	1,38
T2U1	128,67	1,07	1,38
T2U2	127,00	1,07	1,36
T2U3	128,67	1,07	1,38
T2U4	127,00	1,07	1,36
T2U5	128,67	1,07	1,38
T3U1	128,67	1,07	1,38
T3U2	128,67	1,07	1,38
T3U3	128,67	1,07	1,38
T3U4	127,00	1,07	1,36
T3U5	128,67	1,07	1,38

Contoh perhitungan konsumsi Ca pada perlakuan T0U1:

Konsumsi Ca = Konsumsi ransum (g) × Kadar Ca ransum (%)

$$= 127,00 \times \frac{1,07}{100}$$

$$= 1,36 \text{ g}$$

Lampiran 1. (Lanjutan)

Kode Perlakuan	Jumlah Ekskreta	Kadar Ca Ekskreta	Jumlah Ca Ekskreta
	----(g)----	----(%)----	----(g)----
T0U1	32,67	2,00	0,65
T0U2	38,18	1,84	0,70
T0U3	35,06	1,80	0,63
T0U4	36,55	1,84	0,67
T0U5	32,29	1,92	0,62
T1U1	41,58	2,03	0,84
T1U2	44,76	2,14	0,96
T1U3	37,51	2,15	0,81
T1U4	41,33	2,01	0,83
T1U5	45,88	1,89	0,87
T2U1	36,14	1,80	0,65
T2U2	34,84	1,83	0,64
T2U3	35,22	1,74	0,61
T2U4	38,70	1,67	0,65
T2U5	33,95	1,72	0,58
T3U1	32,43	1,70	0,55
T3U2	33,53	1,74	0,58
T3U3	38,64	1,45	0,56
T3U4	31,38	1,73	0,54
T3U5	36,57	1,58	0,58

Contoh perhitungan jumlah Ca ekskreta pada perlakuan T0U1:

Jumlah Ca ekskreta = Jumlah ekskreta (g) × Kadar Ca ekskreta (%)

$$= 32,67 \times \frac{2,00}{100}$$

$$= 0,65 \text{ g}$$

Lampiran 1. (Lanjutan)

Kode Perlakuan	Konsumsi Ca	Jumlah Ca Ekskreta	Retensi Ca
	----(g)----	----(g)----	----(g)----
T0U1	1,36	0,65	0,71
T0U2	1,36	0,70	0,66
T0U3	1,36	0,63	0,73
T0U4	1,38	0,67	0,71
T0U5	1,38	0,62	0,76
T1U1	1,36	0,84	0,52
T1U2	1,34	0,96	0,38
T1U3	1,30	0,81	0,49
T1U4	1,36	0,83	0,53
T1U5	1,38	0,87	0,51
T2U1	1,38	0,65	0,73
T2U2	1,36	0,64	0,72
T2U3	1,38	0,61	0,77
T2U4	1,36	0,65	0,71
T2U5	1,38	0,58	0,80
T3U1	1,38	0,55	0,83
T3U2	1,38	0,58	0,80
T3U3	1,38	0,56	0,82
T3U4	1,36	0,54	0,82
T3U5	1,38	0,58	0,80

Contoh perhitungan konsumsi Ca pada perlakuan T0U1:

$$\begin{aligned}
 \text{Retensi Ca} &= \text{Konsumsi Ca (g)} - \text{Jumlah Ca ekskreta (g)} \\
 &= 1,36 - 0,65 \\
 &= 0,71 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Analisis Statistik Retensi Ca

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
	------(g)-----						
T0	0,71	0,66	0,73	0,7	0,76	3,56	0,71
T1	0,51	0,39	0,5	0,53	0,51	2,44	0,49
T2	0,73	0,72	0,76	0,71	0,79	3,71	0,74
T3	0,83	0,79	0,82	0,82	0,8	4,06	0,81
Total (G)	2,78	2,56	2,81	2,76	2,86	13,77	0,69

$$\Sigma X_i^2 = (0,71^2 + 0,51^2 + 0,73^2 + \dots + 0,8^2)$$

$$= 9,7983$$

$$\Sigma T_i^2 = (3,56^2 + 2,44^2 + \dots + 4,06^2)$$

$$= 48,8749$$

$$r : \text{jumlah ulangan} = 5$$

$$t : \text{jumlah perlakuan} = 4$$

$$\text{db total} = (rt) - 1$$

$$= (5 \times 4) - 1$$

$$= 19$$

$$\text{db perlakuan} = (t - 1)$$

$$= (4 - 1)$$

$$= 3$$

$$\text{db galat} = t(r - 1)$$

$$= 4(5 - 1)$$

$$= 16$$

Lampiran 2. (Lanjutan)

$$FK = \frac{G^2}{rt}$$

$$= \frac{13,77^2}{5 \times 4}$$

$$= 9,480645$$

$$JK (X) = \sum Xi^2 - FK$$

$$= 9,7983 - 9,480645$$

$$= 0,317655$$

$$JK (T) = \frac{\sum Ti^2}{r} - FK$$

$$= \frac{48,8749}{5} - 9,480645$$

$$= 0,294335$$

$$JK (G) = JK (X) - JK (T)$$

$$= 0,317655 - 0,294335$$

$$= 0,02332$$

Kuadrat Tengah (KT)

$$KT (T) = \frac{JK (T)}{t - 1}$$

$$= \frac{0,294335}{4 - 1}$$

$$= 0,09811167$$

Lampiran 2. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{KT (G)} &= \frac{\text{JK (G)}}{t(r - 1)} \\
 &= \frac{0,02332}{4(5 - 1)} \\
 &= 0,0014575
 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dan F tabel yang diperoleh dari $f_1 = \text{db perlakuan} = 3$ dan $f_2 = \text{db galat} = 16$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hit} &= \frac{\text{KT (T)}}{\text{KT (G)}} \\
 &= \frac{0,09811167}{0,0014575} \\
 &= 67,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CV} &= \frac{\sqrt{\text{KT Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{0,0014575}}{0,6885} \times 100\% \\
 &= 5,54 \% (\text{homogen})
 \end{aligned}$$

F (tabel) dengan $f_1 = 3$ $f_2 = 16$, akan bernilai 3,24 (5%)

Tabel Anova

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	0,294335	0,09811167	67,32*	3,24	5,29
Galat	16	0,02332	0,0014575			
Total	19	0,317655	0,09956917			

Keterangan: *berpengaruh nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 2. (Lanjutan)

Uji Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Urutan
T3	0,81	1
T2	0,74	2
T0	0,71	3
T1	0,48	4

Menentukan Nilai Galat Baku Selisih Nilai Tengah (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,0014575}{5}}$$

$$= 0,0171$$

$$RP = [(rp) \times (Sd)]$$

$$RP 2 = [(2,99) \times (0,0171)] = 0,051$$

$$RP 3 = [(3,14) \times (0,0171)] = 0,054$$

$$RP 4 = [(3,23) \times (0,0171)] = 0,055$$

P	2	3	4
rp 5%	2,99	3,14	3,23
Rp 5%	0,05	0,05	0,06

	T3 (0,81)	T2 (0,74)	T0 (0,71)	T1 (0,48)	Notasi
T3 (0,81)	0				a
T2 (0,74)	0,07*	0			b
T0 (0,71)	0,1*	0,03 ^{ns}	0		b
T1 (0,48)	0,33*	0,26*	0,23*	0	c

Keterangan: *berbeda nyata ($p < 0,05$); ^{ns}tidak berbeda nyata ($p < 0,05$)

Lampiran 3. Perhitungan Massa Kalsium

Kode Perlakuan	Bobot Tulang	Kadar Kalsium Tulang	Massa Kalsium Tulang
	----(g)----	----(%)----	----(g)----
T0U1	276,0	36,68	101,24
T0U2	288,0	36,85	106,13
T0U3	253,0	36,34	91,94
T0U4	265,0	36,33	96,27
T0U5	268,5	37,27	100,07
T1U1	187,5	35,20	66,00
T1U2	176,0	35,59	62,64
T1U3	219,0	34,38	75,29
T1U4	265,0	34,35	91,03
T1U5	163,5	33,55	54,85
T2U1	238,5	38,27	91,27
T2U2	294,5	39,33	115,83
T2U3	264,0	38,33	101,19
T2U4	285,5	39,17	111,83
T2U5	283,5	40,30	114,25
T3U1	264,0	39,54	104,38
T3U2	289,0	40,35	116,61
T3U3	264,0	41,27	108,95
T3U4	268,5	41,60	111,70
T3U5	282,0	39,91	112,54

Contoh perhitungan massa Ca tulang pada perlakuan T0U1:

Massa Ca tulang = Bobot tulang (g) × Kadar Ca (%)

$$= 276,0 \times \frac{36,68}{100}$$

$$= 101,24 \text{ g}$$

Lampiran 4. Analisis Statistik Massa Kalsium Tulang

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
	------(g)-----						
T0	101,25	106,14	91,95	96,28	100,08	495,7	99,14
T1	66,00	62,64	75,29	91,02	54,58	349,53	69,91
T2	91,27	115,83	101,19	111,84	114,26	534,39	106,88
T3	104,38	116,62	108,94	111,7	112,54	554,18	110,84
Total (G)	362,9	401,23	377,37	410,84	381,46	1933,8	96,69

$$\Sigma X_i^2 = (101,25^2 + 66^2 + 91,27^2 + \dots + 112,54^2)$$

$$= 193525,105$$

$$\Sigma T_i^2 = (495,7^2 + 349,53^2 + \dots + 554,18^2)$$

$$= 960577,855$$

$$r : \text{jumlah ulangan} = 5$$

$$t : \text{jumlah perlakuan} = 4$$

$$db \text{ total} = (rt) - 1$$

$$= (5 \times 4) - 1$$

$$= 19$$

$$db \text{ perlakuan} = (t - 1)$$

$$= (4 - 1)$$

$$= 3$$

$$db \text{ galat} = t(r - 1)$$

$$= 4(5 - 1)$$

$$= 16$$

Lampiran 4. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{G^2}{rt} \\
 &= \frac{1933,8^2}{5 \times 4} \\
 &= 186979,122 \\
 \text{JK (X)} &= \sum X_i^2 - \text{FK} \\
 &= 193525,105 - 186979,122 \\
 &= 6545,983 \\
 \text{JK (T)} &= \frac{\sum T_i^2}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{960577,855}{5} - 186979,122 \\
 &= 5136,4491 \\
 \text{JK (G)} &= \text{JK (X)} - \text{JK (T)} \\
 &= 6545,983 - 5136,44908 \\
 &= 1409,534 \\
 \text{Kuadrat Tengah (KT)} & \\
 \text{KT (T)} &= \frac{\text{JK (T)}}{t - 1} \\
 &= \frac{5136,44908}{4 - 1} \\
 &= 1712,149
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{KT (G)} &= \frac{\text{JK (G)}}{t(r - 1)} \\
 &= \frac{1409,5339}{4(5 - 1)} \\
 &= 88,096
 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dan F tabel yang diperoleh dari $f_1 = \text{db perlakuan} = 3$ dan $f_2 = \text{db galat} = 16$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hit} &= \frac{\text{KT (T)}}{\text{KT (G)}} \\
 &= \frac{1712,1497}{88,09587} \\
 &= 67,315
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CV} &= \frac{\sqrt{\text{KT Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{88,09587}}{96,69} \times 100\% \\
 &= 9,70 \% (\text{homogen})
 \end{aligned}$$

F (tabel) dengan $f_1 = 3$ $f_2 = 16$, akan bernilai 3,24 (5%)

Tabel Anova

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	5136,45	1712,15	19,44*	3,24	5,29
Galat	16	1409,53	88,09			
Total	19	6545,98	1800,24			

Keterangan: *berpengaruh nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 4. (Lanjutan)

Uji Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Urutan
T3	110,83	1
T2	106,87	2
T0	99,14	3
T1	69,90	4

Menentukan Nilai Galat Baku Selisih Nilai Tengah (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{88,09587}{5}}$$

$$= 4,197$$

$$RP = [(rp) \times (Sd)]$$

$$RP 2 = [(2,99) \times (4,197)] = 12,55$$

$$RP 3 = [(3,14) \times (4,197)] = 13,18$$

$$RP 4 = [(3,23) \times (4,197)] = 13,56$$

P	2	3	4
rp 5%	2,99	3,14	3,23
Rp 5%	12,55	13,18	13,56

	T3 (110,83)	T2 (106,87)	T0 (99,14)	T1 (69,90)	Notasi
T3 (110,83)	0				a
T2 (106,87)	3,96 ^{ns}	0			a
T0 (99,14)	11,69 ^{ns}	7,73 ^{ns}	0		a
T1 (69,90)	40,93*	36,97*	29,24*	0	b

Keterangan: * berbeda nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 5. Analisis Statistik Panjang Femur

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
	------(cm)-----						
T0	7,8	7,2	7,3	7,4	7,4	37,1	7,42
T1	7,5	7,1	7,0	7,5	7,0	36,1	7,22
T2	7,8	8,0	7,4	7,8	7,8	38,8	7,76
T3	8,0	7,8	8,0	8,3	8,0	40,1	8,02
Total (G)	31,1	30,1	29,7	31	30,2	152,1	7,605

$$\Sigma X_i^2 = (7,8^2 + 7,5^2 + 7,8^2 + \dots + 8^2)$$

$$= 1159,41$$

$$\Sigma T_i^2 = (37,1^2 + 36,1^2 + \dots + 40,1^2)$$

$$= 5793,07$$

$$r : \text{jumlah ulangan} = 5$$

$$t : \text{jumlah perlakuan} = 4$$

$$\text{db total} = (rt) - 1$$

$$= (5 \times 4) - 1$$

$$= 19$$

$$\text{db perlakuan} = (t - 1)$$

$$= (4 - 1)$$

$$= 3$$

$$\text{db galat} = t(r - 1)$$

$$= 4(5 - 1)$$

$$= 16$$

Lampiran 5. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{G^2}{rt} \\
 &= \frac{152,1^2}{5 \times 4} \\
 &= 1156,72 \\
 \text{JK (X)} &= \sum X_i^2 - \text{FK} \\
 &= 1159,41 - 1156,72 \\
 &= 2,69 \\
 \text{JK (T)} &= \frac{\sum T_i^2}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{5793,07}{5} - 1156,72 \\
 &= 1,89 \\
 \text{JK (G)} &= \text{JK (X)} - \text{JK (T)} \\
 &= 2,69 - 1,89 \\
 &= 0,8 \\
 \text{Kuadrat Tengah (KT)} & \\
 \text{KT (T)} &= \frac{\text{JK (T)}}{t - 1} \\
 &= \frac{1,8935}{4 - 1} \\
 &= 0,63
 \end{aligned}$$

Lampiran 5. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{KT (G)} &= \frac{\text{JK (G)}}{t(r-1)} \\
 &= \frac{0,796}{4(5-1)} \\
 &= 0,04975
 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dan F tabel yang diperoleh dari $f_1 = \text{db perlakuan} = 3$ dan $f_2 = \text{db galat} = 16$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hit} &= \frac{\text{KT (T)}}{\text{KT (G)}} \\
 &= \frac{0,6312}{0,04975} \\
 &= 12,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CV} &= \frac{\sqrt{\text{KT Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{0,04975}}{7,605} \times 100\% \\
 &= 2,93 \% \text{ (homogen)}
 \end{aligned}$$

F (tabel) dengan $f_1 = 3$ $f_2 = 16$, akan bernilai 3,24 (5%)

Tabel Anova

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	1,89	0,63	12,6*	3,24	5,29
Galat	16	0,80	0,05			
Total	19	2,69	0,68			

Keterangan: *berpengaruh nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 5. (Lanjutan)

Uji Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Urutan
T3	8,02	1
T2	7,76	2
T0	7,42	3
T1	7,22	4

Menentukan Nilai Galat Baku Selisih Nilai Tengah (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,04975}{5}}$$

$$= 0,0997$$

$$RP = [(rp) \times (Sd)]$$

$$RP 2 = [(2,99) \times (0,0997)] = 0,30$$

$$RP 3 = [(3,14) \times (0,0997)] = 0,31$$

$$RP 4 = [(3,23) \times (0,0997)] = 0,32$$

P	2	3	4
rp 5%	2,99	3,14	3,23
Rp 5%	0,30	0,31	0,32

	T3 (8,02)	T2 (7,76)	T0 (7,42)	T1 (7,22)	Notasi
T3 (8,02)	0				a
T2 (7,76)	0,26 ^{ns}	0			a
T0 (7,42)	0,6*	0,34*	0		b
T1 (7,22)	0,8*	0,54*	0,2 ^{ns}	0	b

Keterangan: *berbeda nyata ($p < 0,05$); ^{ns}tidak berbeda nyata ($p < 0,05$)

Lampiran 6. Analisis Statistik Bobot Femur

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
	------(g)-----						
T0	11	10	12	11	9	53	10,6
T1	9	9	10	12	10	50	10
T2	12	13	12	12	12	61	12,2
T3	12	12	13	14	14	65	13
Total (G)	44	44	47	49	45	229	11,45

$$\Sigma X_i^2 = (11^2 + 9^2 + 12^2 + \dots + 14^2)$$

$$= 2667$$

$$\Sigma T_i^2 = (53^2 + 50^2 + \dots + 65^2)$$

$$= 13255$$

$$r : \text{jumlah ulangan} = 5$$

$$t : \text{jumlah perlakuan} = 4$$

$$\text{db total} = (rt) - 1$$

$$= (5 \times 4) - 1$$

$$= 19$$

$$\text{db perlakuan} = (t - 1)$$

$$= (4 - 1)$$

$$= 3$$

$$\text{db galat} = t(r - 1)$$

$$= 4(5 - 1)$$

$$= 16$$

Lampiran 6. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{G^2}{rt} \\
 &= \frac{229^2}{5 \times 4} \\
 &= 2622,05 \\
 \text{JK (X)} &= \sum X_i^2 - \text{FK} \\
 &= 2667 - 2622,05 \\
 &= 44,95 \\
 \text{JK (T)} &= \frac{\sum T_i^2}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{13255}{5} - 2622,05 \\
 &= 28,95 \\
 \text{JK (G)} &= \text{JK (X)} - \text{JK (T)} \\
 &= 44,95 - 28,95 \\
 &= 16 \\
 \text{Kuadrat Tengah (KT)} & \\
 \text{KT (T)} &= \frac{\text{JK (T)}}{t - 1} \\
 &= \frac{28,95}{4 - 1} \\
 &= 9,65
 \end{aligned}$$

Lampiran 6. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{KT (G)} &= \frac{\text{JK (G)}}{t(r-1)} \\
 &= \frac{16}{4(5-1)} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dan F tabel yang diperoleh dari $f_1 = \text{db perlakuan} = 3$ dan $f_2 = \text{db galat} = 16$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hit} &= \frac{\text{KT (T)}}{\text{KT (G)}} \\
 &= \frac{9,65}{1} \\
 &= 9,65
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CV} &= \frac{\sqrt{\text{KT Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{1}}{11,45} \times 100\% \\
 &= 8,73 \% \text{ (homogen)}
 \end{aligned}$$

F (tabel) dengan $f_1 = 3$ $f_2 = 16$, akan bernilai 3,24 (5%)

Tabel Anova

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	28,95	9,65	9,65*	3,24	5,29
Galat	16	16,00	1,00			
Total	19	44,95	10,65			

Keterangan: *berpengaruh nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 6. (Lanjutan)

Uji Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Urutan
T3	13,00	1
T2	12,20	2
T0	10,60	3
T1	10,00	4

Menentukan Nilai Galat Baku Selisih Nilai Tengah (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{5}}$$

$$= 0,4472$$

$$RP = [(rp) \times (Sd)]$$

$$RP 2 = [(2,99) \times (0,4472)] = 1,34$$

$$RP 3 = [(3,14) \times (0,4472)] = 1,40$$

$$RP 4 = [(3,23) \times (0,4472)] = 1,44$$

P	2	3	4
rp 5%	2,99	3,14	3,23
Rp 5%	1,34	1,40	1,44

	T3 (8,02)	T2 (7,76)	T0 (7,42)	T1 (7,22)	Notasi
T3 (8,02)	0				a
T2 (7,76)	0,8 ^{ns}	0			a
T0 (7,42)	2,4*	1,6*	0		b
T1 (7,22)	3*	2,2*	0,6 ^{ns}	0	b

Keterangan: *berbeda nyata ($p < 0,05$); ^{ns}tidak berbeda nyata ($p < 0,05$)

Lampiran 7. Analisis Statistik Panjang Tibia

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
	------(cm)-----						
T0	12,1	10,4	10,2	10,2	10	52,9	10,58
T1	10,8	9,5	10,3	10,4	10	51	10,2
T2	11	11	10,5	11,1	11,3	54,9	10,98
T3	12	12	12	12,4	12,8	61,2	12,24
Total (G)	45,9	42,9	43	44,1	44,1	220	11

$$\begin{aligned}\Sigma X_i^2 &= (12,1^2 + 10,8^2 + 11^2 + \dots + 12,8^2) \\ &= 2436,54\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma T_i^2 &= (52,9^2 + 51^2 + \dots + 61,2^2) \\ &= 12158,86\end{aligned}$$

$$r : \text{jumlah ulangan} = 5$$

$$t : \text{jumlah perlakuan} = 4$$

$$\begin{aligned}\text{db total} &= (rt) - 1 \\ &= (5 \times 4) - 1 \\ &= 19\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{db perlakuan} &= (t - 1) \\ &= (4 - 1) \\ &= 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{db galat} &= t(r - 1) \\ &= 4(5 - 1) \\ &= 16\end{aligned}$$

Lampiran 7. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{G^2}{rt} \\
 &= \frac{220^2}{5 \times 4} \\
 &= 2420 \\
 \text{JK (X)} &= \Sigma X_i^2 - \text{FK} \\
 &= 2436,54 - 2420 \\
 &= 16,54 \\
 \text{JK (T)} &= \frac{\Sigma T_i^2}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{12158,86}{5} - 2420 \\
 &= 11,772 \\
 \text{JK (G)} &= \text{JK (X)} - \text{JK (T)} \\
 &= 16,54 - 11,772 \\
 &= 4,768 \\
 \text{Kuadrat Tengah (KT)} \\
 \text{KT (T)} &= \frac{\text{JK (T)}}{t - 1} \\
 &= \frac{11,772}{4 - 1} \\
 &= 3,924
 \end{aligned}$$

Lampiran 7. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{KT (G)} &= \frac{\text{JK (G)}}{t(r - 1)} \\
 &= \frac{4,768}{4(5 - 1)} \\
 &= 0,298
 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dan F tabel yang diperoleh dari $f_1 = \text{db perlakuan} = 3$ dan $f_2 = \text{db galat} = 16$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hit} &= \frac{\text{KT (T)}}{\text{KT (G)}} \\
 &= \frac{3,924}{0,298} \\
 &= 13,168
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CV} &= \frac{\sqrt{\text{KT Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{0,298}}{11} \times 100\% \\
 &= 4,96 \% \text{ (homogen)}
 \end{aligned}$$

F (tabel) dengan $f_1 = 3$ $f_2 = 16$, akan bernilai 3,24 (5%)

Tabel Anova

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	11,77	3,924	13,17*	3,24	5,29
Galat	16	4,77	0,298			
Total	19	16,54	4,222			

Keterangan: *berpengaruh nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 7. (Lanjutan)

Uji Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Urutan
T3	12,24	1
T2	10,98	2
T0	10,58	3
T1	10,20	4

Menentukan Nilai Galat Baku Selisih Nilai Tengah (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,298}{5}}$$

$$= 0,244$$

$$RP = [(rp) \times (Sd)]$$

$$RP \ 2 = [(2,99) \times (0,244)] = 0,73$$

$$RP \ 3 = [(3,14) \times (0,244)] = 0,77$$

$$RP \ 4 = [(3,23) \times (0,244)] = 0,79$$

P	2	3	4
rp 5%	2,99	3,14	3,23
Rp 5%	0,73	0,77	0,79

	T3 (12,24)	T2 (10,98)	T0 (10,58)	T1 (10,20)	Notasi
T3 (12,24)	0				a
T2 (10,98)	1,26*	0			b
T0 (10,58)	1,66*	0,4 ^{ns}	0		bc
T1 (10,20)	2,04*	0,78*	0,38 ^{ns}	0	c

Keterangan: *berbeda nyata ($p < 0,05$); ^{ns}tidak berbeda nyata ($p < 0,05$)

Lampiran 8. Analisis Statistik Bobot Tibia

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
	----- (g) -----						
T0	17	20	17	18	17	89	17,8
T1	17	17	17	19	15	85	17
T2	20	21	16	16	18	91	18,2
T3	19	19	26	29	27	120	24
Total (G)	73	77	76	82	77	385	19,25

$$\Sigma X_i^2 = (17^2 + 17^2 + 20^2 + \dots + 27^2)$$

$$= 7689$$

$$\Sigma T_i^2 = (89^2 + 85^2 + \dots + 120^2)$$

$$= 37827$$

$$r : \text{jumlah ulangan} = 5$$

$$t : \text{jumlah perlakuan} = 4$$

$$\text{db total} = (rt) - 1$$

$$= (5 \times 4) - 1$$

$$= 19$$

$$\text{db perlakuan} = (t - 1)$$

$$= (4 - 1)$$

$$= 3$$

$$\text{db galat} = t(r - 1)$$

$$= 4(5 - 1)$$

$$= 16$$

Lampiran 8. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{G^2}{rt} \\
 &= \frac{385^2}{5 \times 4} \\
 &= 7411,25 \\
 \text{JK (X)} &= \sum X_i^2 - \text{FK} \\
 &= 7689 - 7411,25 \\
 &= 277,75 \\
 \text{JK (T)} &= \frac{\sum T_i^2}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{37827}{5} - 7411,25 \\
 &= 154,15 \\
 \text{JK (G)} &= \text{JK (X)} - \text{JK (T)} \\
 &= 277,75 - 154,15 \\
 &= 123,6 \\
 \text{Kuadrat Tengah (KT)} & \\
 \text{KT (T)} &= \frac{\text{JK (T)}}{t - 1} \\
 &= \frac{154,15}{4 - 1} \\
 &= 51,383
 \end{aligned}$$

Lampiran 8. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{KT (G)} &= \frac{\text{JK (G)}}{t(r - 1)} \\
 &= \frac{123,6}{4(5 - 1)} \\
 &= 7,725
 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dan F tabel yang diperoleh dari $f_1 = \text{db perlakuan} = 3$ dan $f_2 = \text{db galat} = 16$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hit} &= \frac{\text{KT (T)}}{\text{KT (G)}} \\
 &= \frac{51,383}{7,725} \\
 &= 6,652
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CV} &= \frac{\sqrt{\text{KT Galat}}}{\text{Rataan Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{7,725}}{19,25} \times 100\% \\
 &= 14,43 \% \text{ (homogen)}
 \end{aligned}$$

F (tabel) dengan $f_1 = 3$ $f_2 = 16$, akan bernilai 3,24 (5%)

Tabel Anova

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	154,15	51,383	6,65*	3,24	5,29
Galat	16	123,60	7,725			
Total	19	277,75	59,108			

Keterangan: *berpengaruh nyata ($p < 0,05$).

Lampiran 8. (Lanjutan)

Uji Duncan

Perlakuan	Rata-rata	Urutan
T3	24,00	1
T2	18,20	2
T0	17,80	3
T1	17,00	4

Menentukan Nilai Galat Baku Selisih Nilai Tengah (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{KT \text{ Galat}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{7,725}{5}}$$

$$= 1,243$$

$$RP = [(rp) \times (Sd)]$$

$$RP 2 = [(2,99) \times (1,243)] = 3,72$$

$$RP 3 = [(3,14) \times (1,243)] = 3,90$$

$$RP 4 = [(3,23) \times (1,243)] = 4,01$$

P	2	3	4
rp 5%	2,99	3,14	3,23
Rp 5%	3,72	3,90	4,01

	T3 (24,00)	T2 (18,20)	T0 (17,80)	T1 (17,00)	Notasi
T3 (24,00)	0				a
T2 (18,20)	5,8*	0			b
T0 (17,80)	6,2*	0,4 ^{ns}	0		b
T1 (17,00)	7*	1,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0	b

Keterangan: * berbeda nyata ($p < 0,05$), ^{ns} tidak berbeda nyata ($p > 0,05$).

Lampiran 9. Data Pendukung Penelitian

Parameter*	T0	T1	T2	T3
BAL (Log CFU/g)	6,69 ^b	6,65 ^b	7,41 ^a	7,70 ^a
pH Usus Halus	6,40 ^b	6,54 ^a	6,32 ^b	6,12 ^c
<i>E. coli</i> (Log CFU/g)	4,41 ^b	4,49 ^a	3,93 ^b	3,64 ^c
Kecernaan Protein (%)	84,24 ^b	77,22 ^c	84,09 ^b	87,40 ^a
Bobot Badan (g)	2000,20 ^b	1867,60 ^c	2051,40 ^b	2162,60 ^a
Konversi Ransum	1,56 ^{ab}	1,63 ^a	1,54 ^b	1,44 ^c
Superoxide dismutase (U/ml)	42,95 ^b	35,18 ^c	48,22 ^b	55,83 ^a
Malondialdehid (U/ml)	3,76 ^b	4,86 ^a	3,46 ^c	3,13 ^d

Keterangan: *Krismiyanto *et al.* (belum dipublikasi)

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Haliza Itsnawindira lahir di Jakarta, Provinsi DKI Jakarta pada 24 Maret 2003 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Asnawi dan Ibu Nurrahmah. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDIT Al-Hikmah lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan sekolah di SMPIT Al-Ihsan lulus pada tahun 2018, kemudian melanjutkan sekolah di SMAIT Assyifa Boarding School Wanareja lulus pada tahun 2021. Penulis melanjutkan pendidikan dan diterima jalur ujian mandiri (UM) di Universitas Diponegoro Semarang pada Program S1 Peternakan, Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian.

Selama aktif menjadi mahasiswa penulis mengikuti organisasi “Himpunan Mahasiswa Peternakan” Divisi Minat dan Bakat periode 2023, kepanitiaan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Diponegoro pada program kerja “Upgrading social of Awareness” Divisi Acara pada tahun 2022, Asisten praktikum Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan tahun 2023-2025. Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dengan judul “Evaluasi Kecukupan Nutrien pada Ayam Petelur Fase Layer di PT. Trisakti Abadi Farm, Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah”. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik Universitas Diponegoro Semarang di Desa Getas, Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah pada 17 Oktober sampai 6 November 2024.