

**PENAMBAHAN ENKAPSULAT EKSTRAK BUAH MENKUDU, Zn DAN
Cu PADA RANSUM TERHADAP LAJU DIGESTA, KECERNAAN SERAT,
ENERGI METABOLIS DAN PERFORMA BROILER**

SKRIPSI

Oleh

NIRVANA TENDY ARIEZA



**PROGRAM STUDI S-1 PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
S E M A R A N G
2 0 2 6**

PENAMBAHAN ENKAPSULAT EKSTRAK BUAH MENKUDU, Zn
DAN Cu PADA RANSUM TERHADAP LAJU DIGESTA, KECERNAAN
SERAT, ENERGI METABOLIS DAN PERFORMA BROILER

Oleh

NIRVANA TENDY ARIEZA
NIM : 23010121130106

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
2026

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nirvana Tendy Arieza
NIM : 23010121130106
Program Studi : S-1 Peternakan

dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul : **Penambahan Enkapsulat Ekstrak Buah Mengkudu, Zn dan Cu pada Ransum terhadap Laju Digesta, Kecernaan Serat, Energi Metabolis dan Performa Broiler** dan penelitian yang terkait merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu : **Prof. Ir. Vitus Dwi Yunianto Budi Ismadi, 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, Mei 2026
Penulis,



Nirvana Tendy Arieza

Mengetahui :

Pembimbing Utama

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

Pembimbing Anggota

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

Judul Skripsi : PENAMBAHAN ENKAPSULAT EKSTRAK
BUAH MENGKUDU, Zn DAN Cu PADA
RANSUM TERHADAP LAJU DIGESTA,
KECERNAAN SERAT, ENERGI
METABOLIS DAN PERFORMA BROILER

Nama Mahasiswa : NIRVANA TENDY ARIEZA

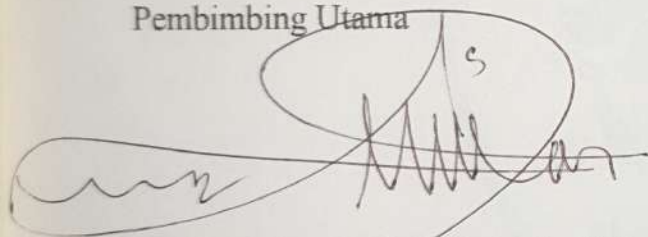
Nomor Induk Mahasiswa : 23010121130106

Program Studi/Departemen : S-1 PETERNAKAN/PETERNAKAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal ..08..MAY..2026

Pembimbing Utama



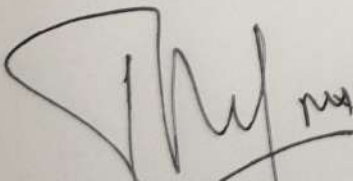
Prof. Ir. Vitus D. Y. B. I., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.

Pembimbing Anggota



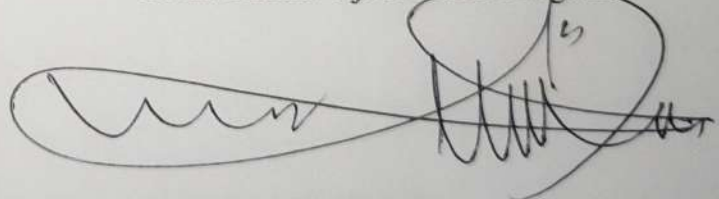
Lilik Krismiyanto, S.Pt., M.Si.

Ketua Program Studi



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

Ketua Panitia Ujian Akhir Program



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



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

Ketua Departemen



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

RINGKASAN

NIRVANA TENDY ARIEZA. 23010121130106. 2026. Penambahan Enkapsulat Ekstrak Buah Mengkudu, Zn dan Cu pada Ransum terhadap Laju Digesta, Kecernaan Serat, Energi Metabolis dan Performa Broiler. (Pembimbing : **VITUS DWI YUNianto BUDI ISMADI** dan **LILIK KRISMIYANTO**)

Penelitian bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan enkapsulat ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu pada ransum terhadap laju digesta, kecernaan serat, energi metabolis dan performa broiler. Penelitian telah dilakukan pada bulan Agustus sampai September 2024 di Kandang Unggas, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Ternak percobaan menggunakan *day old chick* ayam broiler strain *Ross unsexed* sebanyak 200 ekor dengan bobot badan rata-rata $47,8 \pm 1,47$ g/ekor serta perlakuan diberikan pada umur 8 hari dengan bobot badan rata-rata $233,69 \pm 7,47$ g/ekor. Bahan perlakuan yang digunakan sebagai bahan aditif adalah ekstrak buah mengkudu, yang ditambah dengan zat mineral seperti Zn (*zinc/seng*) dan Cu (*cuprum/tembaga*). Ransum ini disusun dengan campuran bahan pakan dengan kadar energi metabolis 2.993,57 kkal/kg sebesar dan protein kasar sebesar 21,22% (*fase starter*), sedangkan kadar energi metabolis sebesar 3018,24 kkal/kg dan protein kasar sebesar 19,33% (*fase finisher*). Penelitian disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan, masing-masing unit percobaan diisi 10 ekor. Perlakuan yang diterapkan meliputi T0 (ransum penelitian tanpa enkapsulat ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu/EEBMZnCu), T1 (ransum penelitian + EEBMZnCu 0,06%), T2 (ransum penelitian + EEBMZnCu 0,12%) dan T3 (ransum penelitian + EEBMZnCu 0,18%). Parameter yang diukur meliputi laju digesta, kecernaan serat, energi metabolis dan pertambahan bobot badan harian. Data diolah menggunakan *analysis of variance* pada taraf signifikansi 5%. Jika terdapat pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan EEBMZnCu pada ransum berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap laju digesta, kecernaan serat, energi metabolis dan pertambahan bobot badan harian ayam broiler. Analisis Duncan menunjukkan bahwa laju digesta pada T3 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan T2, tetapi nyata ($p < 0,05$) lebih lambat dibandingkan dengan T0 dan T1. Kecernaan serat pada T2 dan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan T0 dan T1. Energi metabolis murni pada T2 dan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan T0 dan T1. Pertambahan bobot badan harian pada T2 dan T3 nyata ($p < 0,05$) lebih tinggi dibandingkan dengan T0 dan T1.

Simpulan penelitian adalah penambahan enkapsulat ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu pada level 0,12% dapat memperlambat laju digesta, meningkatkan kecernaan serat, energi metabolis murni dan pertambahan bobot badan harian ayam broiler.

KATA PENGANTAR

Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kesadaran konsumsi protein hewani mendorong permintaan ayam broiler. Peningkatan kualitas ayam memerlukan strategi efisien, salah satunya melalui penambahan *natural feed additive*. Buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) mengandung flavonoid dominan yang berperan sebagai antioksidan, antibakteri, dan antikolesterol. Ekstrak mengkudu diberikan dalam bentuk enkapsulat yang diperkaya Zn untuk membantu penyerapan nutrisi dan Cu sebagai antioksidan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kesehatan pencernaan dan produktivitas ternak.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, berkah dan hidayah bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “Penambahan Enkapsulat Ekstrak Buah Mengkudu, Zn dan Cu pada Ransum terhadap Laju Digesta, Kecernaan Serat, Energi Metabolis dan Performa Broiler”. Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan serta hormat setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. Ir. Vitus Dwi Yudianto 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 membimbing dan memberikan arahan serta selalu memberikan motivasi dan saran yang membangun sejak awal penelitian hingga selesainya skripsi.
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian, Dr. Ir. 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 S-1 Peternakan dan seluruh staf akademik serta karyawan Universitas Diponegoro yang telah memberikan fasilitas selama masa perkuliahan.

3. Teysar Adi Sarjana, S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM. selaku dosen wali, Ir. Surono, M.P. selaku Koordinator Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan yang memfasilitasi menjalankan penelitian di kandang dan laboratorium.
4. Dr. Ir. Mulyono, M.Si. dan Prof. Ir. Dwi Sunarti, M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran untuk perbaikan skripsi penulis, serta Dr. drh. Enny Tantini Setiatin, M.Sc. selaku dosen panitia yang telah memandu jalannya sidang skripsi bagi penulis.
5. Orang tua tercinta Bapak Sudarto dan Ibu Rita Wahita dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, motivasi serta doa untuk penulis selama menempuh masa perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan kewajiban skripsi dengan lancar.
6. Tim Penelitian EEBMZnCu (Rasyid, Anto, Zein, Zahidah, Nurillah, Intan, Linda dan Savira) atas kerjasama dan bantuannya selama penelitian dan memberikan semangat maupun motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan kewajiban skripsi dengan lancar.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta memberikan manfaat untuk perkembangan keilmuan bidang peternakan.

Semarang, Mei 2026

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	4
2.2. Ransum dan Standar Nutrien untuk Ayam Broiler	5
2.3. Potensi Buah Mengkudu	9
2.4. Mineral Zn dan Cu	10
2.5. Enkapsulasi	11
2.6. Laju Digesta, Kecernaan Serat dan Energi Metabolis	13
BAB III. MATERI DAN METODE.....	16
3.1. Materi	16
3.2. Metode	18
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Pengaruh Perlakuan terhadap Laju Digesta Ayam Broiler	26
4.2. Pengaruh Perlakuan terhadap Kecernaan Serat pada Ayam Broiler	29
4.3. Pengaruh Perlakuan terhadap Energi Metabolis Murni pada Ayam Broiler.....	33
4.4. Pengaruh Perlakuan terhadap Pertambahan Bobot Badan Harian pada Ayam Broiler	35
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1. Simpulan	39

5.2. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	52
RIWAYAT HIDUP	76

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Performa Produksi Ayam Broiler	5
2. Standar Nutrien untuk Ayam Broiler	6
3. Komposisi dan Kadar Nutrien Ransum Basal	17
4. Laju Digesta pada Ayam Broiler	26
5. Kecernaan Serat pada Ayam Broiler	30
6. Energi Metabolis pada Ayam Broiler	33
7. Pertambahan Bobot Badan Harian Ayam Broiler.....	36

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Buah Mengkudu	10
2. Proses Pembuatan Ekstrak dan Pencampuran Zn serta Cu	19
3. Proses Pembuatan Enkapsulat	20

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Analisis Statistik Laju Digesta pada Ayam Broiler	52
2. Perhitungan Kecernaan Serat pada Ayam Broiler	56
3. Analisis Statistik Kecernaan Serat Ayam Broiler	59
4. Perhitungan Energi Metabolis Murni pada Ayam Broiler	63
5. Analisis Statistik Energi Metabolis pada Ayam Broiler	67
6. Analisis Statistik Pertambahan Bobot Badan Harian Ayam Broiler	71
7. Data Pendukung Penelitian	75

BAB I

PENDAHULUAN

Ayam broiler merupakan komoditas unggas untuk menghasilkan daging, dengan keunggulan utama berupa laju pertumbuhan yang cepat dan masa panen yang singkat (28-35 hari). Pertumbuhan yang pesat ini hanya dapat dicapai apabila kebutuhan nutrisi ayam terpenuhi secara maksimal melalui ransum yang berkualitas, baik dari segi kandungan nutrisi maupun jumlah pemberiannya (Utami *et al.*, 2023). Peningkatan kualitas ransum memerlukan biaya tambahan yang cukup besar, sehingga penggunaan *feed additive* diperlukan sebagai alternatif upaya meningkatkan nilai nutrisi ransum, yang diharapkan performa pertumbuhan broiler dapat lebih maksimal. *Natural feed additive* yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). Buah mengkudu sebagai salah satu tanaman obat herbal yang mudah tumbuh di wilayah tropis termasuk Indonesia.

Buah mengkudu diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, saponin, antrakuinon, dan triterpenoid. Senyawa-senyawa tersebut berperan penting dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh, menurunkan kadar lemak, serta merangsang nafsu makan (Liamirdi *et al.*, 2016). Kandungan tersebut berkontribusi terhadap peningkatan pencernaan nutrisi, daya tahan tubuh, serta kualitas daging melalui penurunan kadar lemak (Utami *et al.*, 2023). Senyawa aktif pada buah mengkudu agar lebih maksimal untuk meningkatkan kesehatan tubuh disuplementasi dengan mineral seng (Zn) dan

tembaga (Cu). Mineral Zn sebagai kofaktor lebih dari 300 jenis enzim yang berperan dalam berbagai proses metabolisme, termasuk dalam sistem pertahanan antioksidan tubuh (Fahrina *et al.*, 2021). Selain itu, Cu merupakan mineral mikro esensial yang penting bagi pertumbuhan, perkembangan, fungsi fisiologis organ dan memiliki sifat mudah melepas dan menerima elektron, sehingga berperan dalam berbagai reaksi biokimia (Lestari *et al.*, 2020).

Senyawa bioaktif dalam ekstrak mengkudu bersifat tidak stabil dan mudah terdegradasi di usus halus, sehingga diperlukan teknologi enkapsulasi untuk menjaga kestabilan dan efektivitasnya pada ayam broiler. Enkapsulasi merupakan proses pelapisan senyawa aktif dengan bahan penyalut khusus, yang bekerja dengan cara memerangkap senyawa tersebut di dalam zat lain sebagai dinding pelindung (Agustin dan Wibowo, 2021). Penggunaan enkapsulat dengan bahan penyalut maltodekstrin memungkinkan senyawa bioaktif mengkudu, seperti flavonoid, saponin, dan triterpenoid, dilepaskan secara lebih terkendali sehingga memperbaiki keseimbangan mikroflora usus. Metode enkapsulasi menggunakan teknik *freeze drying* atau metode pengeringan beku. Keunggulan *freeze drying* diantaranya adalah menjaga stabilitas senyawa aktif terhadap pH, suhu, fisikokimia, warna, dan aktivitas antioksidan bahan inti, terutama ketika dikombinasikan dengan bahan pelindung seperti maltodekstrin yang mampu memberikan lapisan pelindung dan meningkatkan efisiensi enkapsulat (Haris *et al.*, 2025).

Enkapsulat dapat melewati tembolok pH netral (7), proventrikulus dengan pH asam (2-4) dan ventrikulus dengan pH asam (4-5). Maltodekstrin ketika terkena asam tidak mudah larut atau terhidrolisis. Bahan penyalut (maltodekstrin) masuk di

usus halus dihidrolisis oleh enzim karbohidrat (amilase/maltase), sehingga ekstrak dan mineral Zn dan Cu berperan sebagai antioksidan dan antibakteri. Ekstrak buah mengkudu (flavonoid) berperan sebagai antioksidan dan antibakteri, menurunkan pH usus, serta meningkatkan populasi bakteri asam laktat, sehingga laju digesta lebih stabil. Laju digesta yang seimbang memungkinkan waktu retensi cukup bagi penyerapan protein dan serat secara maksimal (Sholichatunnisa *et al.*, 2022). Senyawa flavanoid bekerja sinergis dengan Zn sebagai anti-stres dan Cu sebagai kofaktor enzim pencernaan seperti tripsin, kimotripsin, amilase, dan lipase, yang mendukung metabolisme energi dan perlindungan sel epitel usus (Abdilah *et al.*, 2021). Ketersediaan energi metabolis yang tinggi berperan sebagai fasilitator reaksi metabolisme protein, sehingga meningkatkan sintesis jaringan otot dan penambahan bobot badan ayam broiler.

Penelitian bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan enkapsulat ekstrak buah mengkudu dengan Zn dan Cu pada ransum terhadap laju digesta, pencernaan serat, energi metabolis murni dan penambahan bobot badan harian (PBBH) ayam broiler. Manfaat penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas kombinasi enkapsulat ekstrak buah mengkudu dengan Zn dan Cu dalam meningkatkan efisiensi pencernaan dan metabolisme ayam broiler, sehingga menjadi alternatif strategi nutrisi untuk mendukung performa pertumbuhan yang maksimal. Hipotesis penelitian yaitu penambahan enkapsulat ekstrak buah mengkudu dengan Zn dan Cu pada level yang sesuai pada ransum diduga dapat memperlambat laju digesta, meningkatkan pencernaan serat, energi metabolis dan penambahan bobot badan harian ayam broiler.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ayam Broiler

Ayam broiler atau ayam pedaging merupakan salah satu komoditas unggas utama yang dibudidayakan untuk menghasilkan daging (Lestari dan Sumarauw, 2023). Broiler termasuk jenis ayam ras pedaging hasil persilangan berbagai galur unggul dengan produktivitas tinggi, sehingga memiliki potensi genetik yang sangat baik dalam menghasilkan daging berkualitas (Sanmorino, 2017). Keunggulan utama ayam broiler meliputi pertumbuhan yang sangat cepat dalam waktu sekitar 30 hari, pencapaian bobot badan tinggi dalam periode singkat, efisiensi konversi ransum yang baik, siap dipotong pada usia muda, serta menghasilkan daging dengan tekstur serat yang lembut (Hasanuddin dan Rosdiyany, 2025). Produktivitas ayam broiler dipengaruhi oleh ketersediaan ransum yang diformulasikan sesuai kebutuhan nutrisinya, baik dari aspek komposisi maupun jumlah konsumsi ransum (Sanjaya, 2025).

Ayam broiler mengalami dua fase pertumbuhan utama, yaitu fase *starter* dan *finisher*. Fase *starter* merupakan tahap paling krusial karena sangat memengaruhi kualitas dan performa pertumbuhan selanjutnya. Fase *starter* berlangsung pada umur 1–21 hari, sedangkan fase *finisher* dimulai pada umur 22–35 hari atau hingga mencapai umur potong yang diinginkan (Listyasari *et al.*, 2022). Ayam periode awal, yaitu pada umur 0–14 hari, terjadi proses perbanyakan sel (hiperplasia), diikuti pembesaran sel (hipertrofi) pada umur 2–4 minggu (Fatmaningsih *et al.*,

2016). Keberhasilan usaha peternakan ayam pedaging sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan (Dako *et al.*, 2020), dengan indikator performa yang meliputi konsumsi ransum, penambahan bobot badan, konversi ransum, serta bobot karkas (Marhayani dan Harmoko, 2022). Standar performa produksi ayam broiler strain *Ross* tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Performa Produksi Ayam Broiler

Umur	Bobot Badan	Konsumsi Ransum Kumulatif	Konversi Ransum
------(minggu)-----	------(g/ekor)-----		
1	213	166	0,78
2	533	535	1,00
3	1.012	1.155	1,14
4	1.616	2.015	1,26
5	2.296	3.211	1,39

Sumber : Aviagen Ross Management Guide (2022).

2.2. Ransum dan Standar Nutrien untuk Ayam Broiler

Ransum merupakan campuran berbagai bahan pakan yang disusun secara terencana dengan formulasi tertentu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak selama 24 jam tanpa menimbulkan gangguan kesehatan (Destarianto *et al.*, 2018). Ransum yang baik tidak hanya menyediakan nutrien dalam jumlah yang cukup, tetapi juga memiliki keseimbangan jenis dan komposisi yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis ternak (Putri *et al.*, 2025). Secara umum, nutrien utama yang terkandung dalam ransum ayam meliputi karbohidrat sebagai sumber energi, lemak sebagai cadangan energi dan pelarut vitamin, protein untuk pembentukan jaringan dan produksi daging/telur, mineral dan vitamin sebagai pengatur metabolisme, serta air sebagai komponen vital yang berperan dalam hampir seluruh proses fisiologis

(Fadilah, 2022). Meskipun ransum disediakan dalam jumlah yang cukup, ayam tidak selalu mengonsumsi seluruh porsi yang diberikan. Hanya sebagian ransum yang benar-benar dikonsumsi, dan bagian tersebut disebut sebagai zat ransum atau nutrisi (Afriyanti *et al*, 2019). Nutrien akan dilepaskan selama proses pencernaan, kemudian diserap ke dalam cairan tubuh dan jaringan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi, pembentuk jaringan, serta pengatur fungsi metabolisme (Sipayung *et al.*, 2024). Standar nutrisi disetiap fase ayam broiler tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Nutrien untuk Ayam Broiler

Nutrien	<i>Starter</i> (umur 1-22 hari)	<i>Finisher</i> (umur 22-panen)
Energi Metabolis (kkal/kg)*	2.975	3.100
Protein Kasar (%)*	21,50	19,00
Lemak Kasar (%)**	5,00	5,00
Serat Kasar (%)**	5,00	6,00
Kalsium (%)*	0,75	0,65
Fosfor (%)*	0,42	0,36
Zn(mg)***	40	40
Cu(mg)***	8	8

Sumber: *Aviagen Ross Management Guide (2022); **Standar Nasional Indonesia (2013);

***NRC (1994)

Energi metabolis (EM) adalah fraksi energi ransum yang benar-benar tersedia bagi ayam setelah dikurangi kehilangan melalui feses dan urin. Pada unggas, EM sering dinyatakan sebagai AMEn (*Apparent Metabolizable Energy, nitrogen-corrected*) (Hayuda *et al.*, 2022). Energi metabolis berperan penting dalam menentukan nilai nutrisi ransum dan bahan pakan karena kandungan energi sangat memengaruhi efisiensi pertumbuhan dan konversi ransum (Wahyudi *et al.*, 2022). Standar kebutuhan energi metabolis menurut SNI (2017) adalah sekitar 3.000–3.200 kkal/kg untuk fase starter dan 3.100–3.500 kkal/kg untuk fase finisher,

sehingga formulasi ransum harus disesuaikan dengan fase pertumbuhan broiler agar tidak terjadi defisit energi. Penurunan nilai energi metabolis akibat peningkatan serat kasar menyebabkan berkurangnya pencernaan bahan kering dan retensi nitrogen, sehingga energi yang terserap tubuh menurun dan pertumbuhan menjadi lambat (Bagau *et al.*, 2022).

Protein kasar merupakan senyawa yang mengandung unsur nitrogen dan menjadi salah satu komponen penting dalam ransum ternak. Kandungan nitrogen dalam protein kasar umumnya sekitar 10%, dengan kisaran antara 13% hingga 19% (Andriani *et al.*, 2022). Protein tersusun atas asam-asam amino yang saling terhubung melalui ikatan peptida, yaitu ikatan antara gugus amino (NH_2) dari satu asam amino dengan gugus karboksil dari asam amino lainnya, disertai pelepasan satu molekul air (H_2O), berperan penting dalam pembentukan jaringan tubuh, perbaikan jaringan yang rusak, serta mendukung proses produksi. Selain itu, protein juga berfungsi dalam pembentukan antibodi, enzim, hormon, dan menjaga struktur bulu (Novieta *et al.*, 2023).

Lemak kasar merupakan fraksi nutrisi dalam ransum yang berfungsi sebagai sumber energi padat, membantu penyerapan vitamin larut lemak (A, D, E, dan K), serta mendukung pembentukan jaringan tubuh pada ayam broiler. Kandungan lemak kasar merupakan salah satu komponen penting dalam analisis proksimat ransum karena memiliki kontribusi besar terhadap nilai energi metabolis (EM) ransum broiler, di mana peningkatan kadar lemak kasar dapat meningkatkan ketersediaan energi untuk metabolisme dan pertumbuhan (Wahyudi *et al.*, 2022). Kekurangan lemak kasar dalam ransum dapat menyebabkan penurunan

ketersediaan energi, gangguan penyerapan vitamin, dan penurunan efisiensi pertumbuhan karena tubuh harus memobilisasi cadangan energi dari jaringan lain (Nadia *et al.*, 2023).

Serat kasar merupakan bagian dari kandungan serat pada ransum yang tidak diekskresikan dalam feses/ekskreta (Antisa *et al.*, 2020). Serat kasar didefinisikan sebagai bagian dari dinding sel tumbuhan yang sulit diuraikan oleh unggas dalam sistem pencernaan dan memiliki sedikit kandungan nutrisi (Andriani *et al.*, 2022). Serat kasar terdiri atas lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang sebagian besar tidak dapat dicerna secara efisien oleh unggas. Serat kasar merupakan komponen penting dalam ransum unggas yang berfungsi memperlancar proses pencernaan zat-zat makanan, dan meskipun dibutuhkan dalam jumlah terbatas, keberadaannya tetap berperan penting dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan (Putri *et al.*, 2025). Kekurangan serat kasar dapat mengganggu fungsi pencernaan, dan meskipun kemampuan unggas dalam mencerna serat relatif rendah, keberadaan serat dalam jumlah yang sesuai tetap diperlukan karena dapat memengaruhi struktur histologis saluran pencernaan (Sahara *et al.*, 2018).

Kalsium dan fosfor adalah mineral yang berfungsi sebagai pembentuk rangka tubuh dan metabolisme tubuh (Lisnahan dan Nubatonis, 2021). Kalsium berperan penting sebagai komponen utama pembentuk tulang, serta turut berfungsi dalam proses pembekuan darah dan pengaturan kontraksi maupun relaksasi otot (Wahidin dan Hidayat, 2023). Sementara itu, fosfor berkontribusi besar dalam metabolisme energi, karbohidrat, asam amino, dan lemak, serta berperan dalam fungsi otot, jaringan saraf, keseimbangan kimia darah, dan pertumbuhan kerangka (Santi dan

Risal, 2021). Kalsium dan fosfor merupakan mineral esensial yang dibutuhkan dalam berbagai proses metabolisme tubuh serta menjadi fondasi utama bagi pertumbuhan dan kesehatan tulang, sehingga kekurangan kedua mineral ini dapat menghambat pembentukan tulang, menurunkan kekuatan struktur rangka, hingga menyebabkan kelumpuhan pada ternak (Barus *et al.*, 2022). Ransum harus mengandung kalsium dan fosfor dalam jumlah yang tidak hanya cukup secara minimum, tetapi juga dalam rasio yang seimbang agar penyerapannya optimal.

2.3. Potensi Buah Mengkudu

Mengkudu adalah salah satu buah yang mudah tumbuh di Indonesia dengan banyak manfaat herbal (Suhendriyo *et al.*, 2023). Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) merupakan tanaman herbal famili *Rubiaceae* yang telah lama dimanfaatkan sebagai fitobiotik alami karena kandungan senyawa bioaktifnya seperti flavonoid, fenolat, alkaloid, scopoletin, dan proxeronine, yang berperan sebagai antioksidan, antibakteri, serta imunostimulan (Azizah *et al.*, 2020). Buah mengkudu mengandung flavonoid $18,81 \pm 1,10$ mg RE/g, etanol $384,08 \pm 2,29$ μ g/mL mg dan antioksidan 22,95 μ g/ml (Wigati dan Pratoko, 2016; Satriari *et al.*, 2017). Senyawa aktif tersebut bekerja dengan menekan pertumbuhan bakteri patogen di saluran pencernaan, menjaga keseimbangan mikroflora, serta meningkatkan aktivitas enzim pencernaan yang pada akhirnya meningkatkan kecernaan serat dan efisiensi penyerapan nutrisi pada usus halus, mekanisme ini sekaligus mendukung peningkatan energi metabolis dan efisiensi ransum, karena serat yang lebih mudah dicerna mempercepat laju digesta melalui peningkatan aktivitas bakteri

menguntungkan dan sekresi enzim pencernaan (Irwani dan Candra, 2020).



Ilustrasi 1. Buah Mengkudu

Flavonoid berperan penting dalam pertumbuhan jaringan usus, terutama pada duodenum yang berkaitan erat dengan panjang vili dan bobot relatif duodenum, serta berfungsi sebagai protektor mukosa usus dari paparan bakteri patogen sehingga menjaga integritas dinding usus (Mistiani *et al.*, 2020). Flavonoid juga memiliki efek seperti antibiotik dan mampu merangsang perpanjangan vili usus sehingga memperluas bidang penyerapan nutrien (Gultom *et al.*, 2023). Peningkatan luas permukaan vili pada usus dua belas jari tersebut akan meningkatkan pencernaan serat dalam ransum, karena proses absorpsi menjadi lebih optimal dan sisa serat yang tidak tercerna dapat segera diekskresikan, sehingga memperlancar proses pencernaan pada ayam broiler (Satimah *et al.*, 2019).

2.4. Mineral Zn dan Cu

Seng (Zn) merupakan mineral esensial yang memiliki peran krusial dalam menjaga fungsi fisiologis dan metabolisme pada ternak unggas (Falah *et al.*, 2022). Unsur Zn terlibat aktif dalam proses metabolisme protein dan karbohidrat serta

mendukung pertumbuhan dan reproduksi ternak (Vinus dan Sheoran, 2017). Selain itu, Zn berfungsi sebagai kofaktor bagi sekitar 240 enzim yang berperan penting dalam metabolisme berbagai nutrisi seperti protein, lipid, dan karbohidrat (Pathak *et al.*, 2016). Pemberian suplementasi Zn sebanyak 60 ppm dalam ransum juga terbukti mampu meningkatkan pertambahan bobot badan dan menurunkan rasio konversi ransum, yang menandakan efisiensi penggunaan ransum menjadi daging lebih optimal, termasuk menjaga keseimbangan profil darah serta menurunkan kadar malondialdehid (MDA), sehingga dapat mencegah peroksidasi lipid, melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas, dan mempertahankan sistem kekebalan tubuh (Fahrina *et al.*, 2021).

Cu adalah salah satu mineral mikro yang sangat penting untuk laju pertumbuhan, perkembangan dan fungsi dari organ makhluk hidup (Lestari *et al.*, 2020). Cu memiliki kemampuan mudah untuk menerima dan memberikan elektron sehingga Cu banyak terlibat dalam proses biokimia (Lestari *et al.*, 2020). Tembaga (Cu) sangat penting untuk pertumbuhan normal, perkembangan tulang, respon imun, perkembangan janin, fungsi, saraf, dan dalam sistem antioksidan sebagai bagian atau kofaktor dari beberapa enzim (Patra dan Lalhriatpuii, 2020).

2.5. Enkapsulasi

Enkapsulasi merupakan proses pembungkusan (*coating*) suatu bahan inti dengan menggunakan bahan pengkapsul tertentu, bertujuan untuk mempertahankan probiotik atau zat tertentu selama proses pengolahan dan penyimpanan pada kondisi yang ekstrim dan pH asam dalam saluran pencernaan (Miskiyah *et al.*, 2020).

Bahan yang dienkapsulasi biasanya disebut sebagai bahan inti, bahan aktif, fase internal, ataupun pengisi, sedangkan bahan yang mengenkapsulasi disebut dengan bahan penyalut, pelapis, fase eksternal, maupun bahan pembawa (Agustin dan Wibowo, 2021). Enkapsulasi dapat dilakukan dengan beberapa teknik seperti koaservasi kompleks, gelasi ionik, sentrifugasi, liofilisasi, dan *spray drying* (Putri *et al.*, 2020).

Teknik *freeze drying* bekerja berdasarkan prinsip pengeringan pada suhu rendah dan tekanan vakum, di mana zat aktif bersama bahan penyalut terlebih dahulu didispersikan dalam air, kemudian dibekukan dan dikeringkan melalui proses sublimasi secara langsung di bawah kondisi tekanan serta suhu rendah (Agustin dan Wibowo, 2021). *Freeze drying* memiliki keunggulan utama karena tidak memerlukan pemanasan, sehingga mampu menjaga stabilitas bahan inti yang sensitif terhadap panas (Hidalgo *et al.*, 2018). Proses melalui air beku diubah menjadi uap tanpa melewati fase cair melalui sublimasi dan desorpsi molekul air yang terikat (Haris *et al.*, 2025). *Freeze drying* juga efektif dalam mengeringkan pigmen atau komponen lain yang rentan terhadap degradasi akibat panas (Yamashita *et al.*, 2017).

Maltodekstrin merupakan karbohidrat yang diekstrak dari berbagai sumber tanaman dan dikenal memiliki kelarutan tinggi, rasa serta aroma yang netral, sehingga efektif melindungi flavor dari proses oksidasi (Masrukan dan Mindhayani, 2020). Senyawa ini umumnya diproduksi melalui proses enzimatis atau hidrolisis asam terhadap pati, kemudian dimurnikan dan dikeringkan menggunakan metode *spray drying* untuk menghasilkan bubuk putih dengan karakteristik unggul (Akram

et al., 2021). Maltodekstrin memiliki beberapa kelebihan, antara lain mudah larut dalam air, viskositas rendah meski pada konsentrasi tinggi yang mempermudah proses penyemprotan saat pengeringan serta stabilitas oksidatif yang baik, sehingga mampu melindungi bahan inti yang mudah teroksidasi dan menjaga karakteristik organoleptik produk yang dienkapsulasi (Haris *et al.*, 2025).

2.6. Laju Digesta, Kecernaan Serat dan Energi Metabolis

Laju digesta merupakan waktu yang diperlukan ransum untuk melewati seluruh saluran pencernaan, mulai dari mulut hingga dikeluarkan melalui kloaka (Sitorus dan Sibarani, 2025). Faktor-faktor yang memengaruhi laju digesta antara lain jenis dan umur ternak, kondisi lingkungan, kadar serat kasar, serta kandungan nutrisi dalam ransum (Siregar dan Bohalima, 2021). Peningkatan viskositas digesta dapat memperlambat laju alirannya, sehingga memberikan waktu lebih lama bagi proses pencernaan dan penyerapan zat makanan (Sjofjan *et al.*, 2020). Mekanisme tersebut juga berkaitan dengan aktivitas bakteri asam laktat (BAL), di mana populasi BAL yang tinggi dalam lingkungan usus yang optimal dapat memperlambat laju digesta, meningkatkan kekentalan, serta memperbaiki pencernaan dan retensi nitrogen (Rohmat *et al.*, 2024). Secara umum, laju digesta pada unggas berkisar antara 2 hingga 4 jam, tergantung pada faktor fisiologis dan komposisi ransum yang diberikan (Sitorus dan Sibarani, 2025).

Kecernaan serat kasar pada ayam broiler merupakan ukuran seberapa besar bagian serat dalam ransum yang dapat diuraikan dan diserap oleh sistem pencernaan, sedangkan sisanya yang tidak tercerna akan dikeluarkan melalui

feses (Moningkey *et al.*, 2019). Peningkatan konsumsi serat kasar umumnya diikuti oleh meningkatnya ekskresi serat, yang menandakan penurunan efisiensi pencernaan (Sitorus dan Lumbangaol, 2025). Efisiensi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jumlah dan jenis serat dalam ransum, tingkat konsumsi ransum, komposisi kimia penyusun serat, serta aktivitas mikroorganisme dalam saluran pencernaan (Sasae *et al.*, 2020). Kandungan serat kasar yang terlalu tinggi dapat mengganggu proses pencernaan nutrisi lain, karena mempercepat laju digesta dan memperpendek waktu kontak antara enzim dengan substrat ransum, sehingga penyerapan nutrisi menjadi kurang optimal, pemanfaatan nutrisi menurun, dan pertumbuhan ayam broiler dapat terhambat (Yohanista, 2025). Keseimbangan kadar serat kasar dalam ransum sangat penting untuk menjaga efisiensi pencernaan dan performa produksi ayam broiler (Binowo *et al.*, 2019).

Energi metabolis (EM) adalah fraksi energi ransum yang benar-benar tersedia bagi ayam setelah dikurangi kehilangan melalui feses dan urin (Wahyudi *et al.*, 2022). Energi metabolis (EM) pada ayam broiler merujuk pada energi ransum yang tersisa setelah dikoreksi dengan kehilangan melalui ekskresi (feses dan urin), dan mencerminkan energi yang benar-benar dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan, pemeliharaan, dan aktivitas biokimia ayam (Wahyudi *et al.*, 2022). Energi metabolis sangat dipengaruhi oleh kandungan serat kasar dan keseimbangan nutrisi dalam ransum, karena tingginya serat kasar menurunkan pencernaan sehingga lebih banyak nutrisi terbuang melalui ekskreta dan energi yang terserap ikut berkurang (Yohanista, 2025). Nilai EM berkaitan dengan *gross*

energy ransum serta efisiensi tubuh dalam memanfaatkannya (Ramadhanti, 2023).

Penambahan probiotik dapat meningkatkan EM karena bakteri pencernaan membantu memecah karbohidrat, protein, lemak, dan serat, sehingga aktivitas enzimatis dan penyerapan nutrisi meningkat; kondisi ini mendukung fungsi villi usus bekerja lebih optimal (Putri *et al.*, 2019).

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan pada tanggal 9 Agustus sampai 14 September 2024 di Kandang Unggas, Laboratorium Produksi Ternak Unggas, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. Ransum dianalisis proksimat dan mineral, ekskreta dilakukan total koleksi untuk menentukan laju digesta, lalu dianalisis kadar serat kasar dan *gross energy* di Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

3.1. Materi

Ternak yang digunakan dalam penelitian adalah *day old chick* broiler *unsexed* strain *Ross* sebanyak 200 ekor dengan bobot badan rata-rata $47,8 \pm 1,47$ g. Perlakuan diberikan pada umur 8 hari dengan bobot badan rata-rata $233,69 \pm 7,47$ g. Bahan yang digunakan untuk proses ekstraksi dan enkapsulasi meliputi tepung buah mengkudu. Aditif perlakuan menggunakan enkapsulat ekstrak buah mengkudu, Zn dan Cu. Ransum disusun berdasarkan fase *starter* dengan kadar energi metabolis sebesar 2.993,57 kkal/kg dan serat kasar sebesar 5,24%, sedangkan fase *finisher* dengan kadar energi metabolis sebesar 3.018,24 kkal/kg dan serat kasar sebesar 5,51% dengan komposisi bahan pakan dan kadar nutrien ransum basal tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi dan Kadar Nutrien Ransum Basal

Bahan Pakan	Komposisi	
	<i>Starter</i> (8-21 hari)	<i>Finisher</i> (22-35 hari)
	------(%)-----	
Jagung Kuning	50,11	53,41
Bekatul	15,04	16,74
Bungkil Kedelai	24,00	19,00
Tepung Ikan	10,00	10,00
Limestone	0,30	0,30
Premix	0,25	0,25
Lisin	0,10	0,10
Metionin	0,20	0,20
Total	100,0	100,0
Kadar Nutrien :		
Energi Metabolis (kkal/kg) ²⁾	2.993,57	3.018,24
Protein Kasar (%) ¹⁾	21,22	19,33
Lemak Kasar (%) ¹⁾	4,45	4,59
Serat Kasar (%) ¹⁾	5,24	5,51
Kalsium (%) ¹⁾	1,04	1,07
Fosfor (%) ¹⁾	0,61	0,74
Zink (ppm) ³⁾	30,42	29,83
Tembaga (ppm) ³⁾	5,24	5,06
Lisin(%) ³⁾	1,18	1,02
Metionin(%) ³⁾	0,47	0,48

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

2) Kadar EM Dihitung Berdasarkan Rumus Bolton (1967).

3) Mineral, Zn dan Cu, lisin serta metionin dihitung berdasarkan penjumlahan bahan pakan dari pengalihan masing-masing bahan pakan.

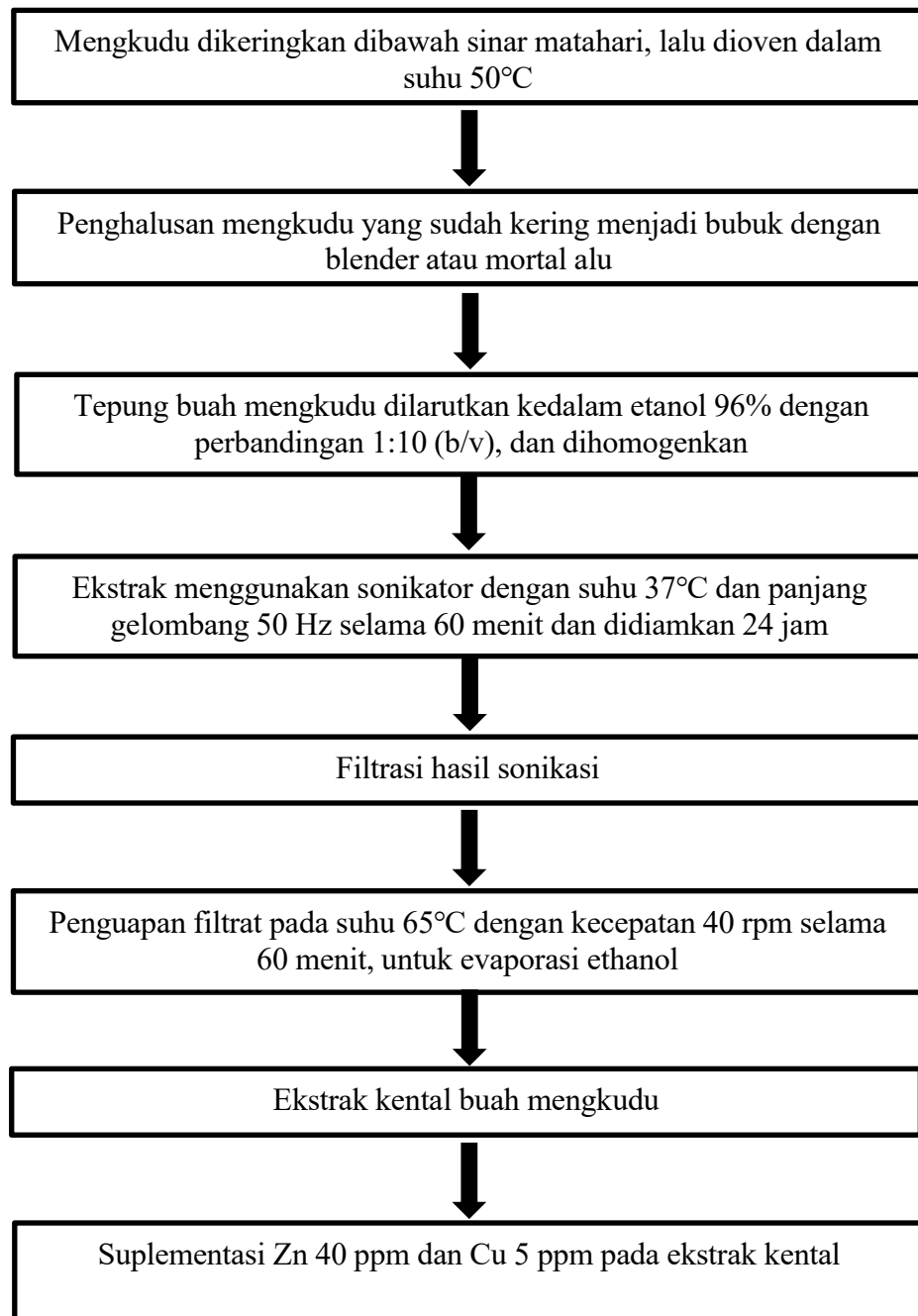
Bahan yang digunakan untuk ekstraksi dan enkapsulasi meliputi aquades, kertas saring, etanol 96%, maltodekstrin dan aluminium foil. Bahan yang digunakan dalam pemeliharaan ayam meliputi ransum penelitian, air minum, vitachick, vitastress, vaksin ND+IBD, vaksin ND, desinfektan, formalin dan larutan HCl. Bahan yang digunakan dalam total koleksi ekskreta adalah indikator Fe₂O₃ (Ferri Oksida). Peralatan yang digunakan untuk ekstraksi dan enkapsulasi meliputi sonikator, gelas ukur dengan volume 500 ml, *Beaker glass* dengan ukuran 2 liter, corong kaca, timbangan digital dengan ketelitian 1 g, batang pengaduk, evaporator,

magnetic stirrer dan *freeze dryer*. Peralatan yang digunakan dalam pemeliharaan ayam meliputi kandang koloni percobaan sebanyak 22 unit berukuran 1x1 m, tempat pakan dan minum, kandang *battery*, tirai plastik, lampu bohlam daya 25 watt dan 60 watt, *thermohygrometer*, vaksin, *sprayer*, gunting, *cutter*, bambu, tali, kabel listrik, sekam, koran dan timbangan digital dengan ketelitian 1 g.

3.2. Metode

3.2.1. Persiapan ekstrak, enkapsulasi dan kandang

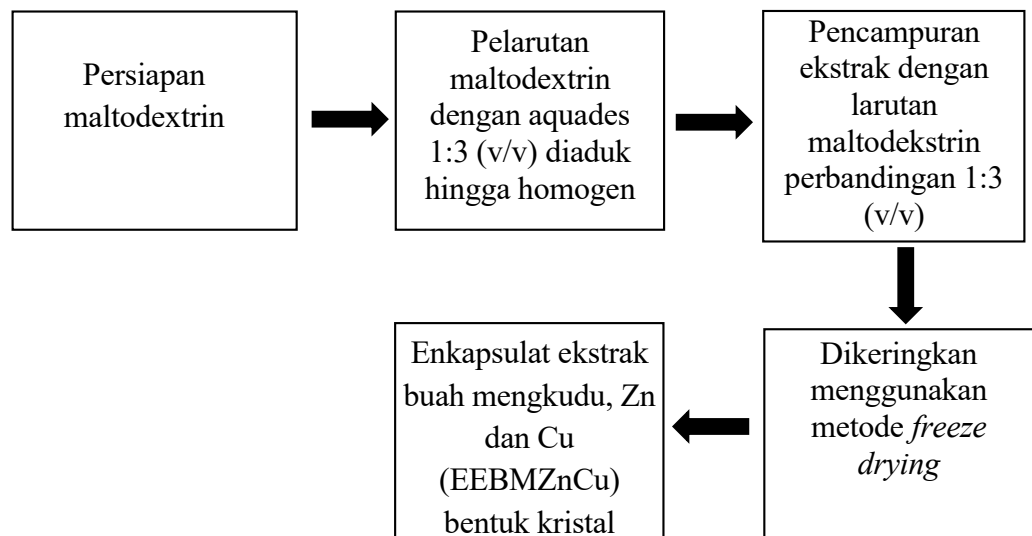
Tahap persiapan diawali dengan ekstraksi buah mengkudu, Zn dan Cu yang mengacu pada metode Gouda *et al.* (2021) yaitu buah mengkudu segar dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C untuk menurunkan kadar air agar memudahkan dalam proses penghalusan. Buah mengkudu yang sudah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender maupun mortal alu hingga menjadi tepung. Tepung buah mengkudu dilarutkan ke dalam etanol 96% dengan perbandingan 1:10 (b/v), kemudian diaduk hingga homogen selanjutnya diekstrak menggunakan sonikator dengan suhu 37°C dan panjang gelombang 50 Hz selama 60 menit, lalu didiamkan selama 24 jam kemudian difiltrasi. Filtrat hasil sonikasi selanjutnya diuapkan pada suhu 65°C dengan kecepatan 40 rpm selama 60 menit di Universitas Negeri Semarang, untuk menguapkan etanol sehingga didapatkan ekstrak kental dari buah mengkudu. Produk ekstrak kental disuplementasi dengan zat mineral Zn dan Cu sebagai sumber mineral mikro dengan dosis penambahan Zn sebesar 40 ppm dan Cu sebesar 5 ppm sebagai katalis. Bagan ekstraksi buah Mengkudu tertera pada Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Proses Pembuatan Ekstrak dan Pencampuran Zn serta Cu

Ekstrak buah mengkudu dienkapsulasi menggunakan teknik *freeze drying* yang mengacu pada metode Agusetyaningsih *et al.* (2022) yaitu maltodekstrin dilarutkan ke dalam aquades dengan perbandingan 1:3 (v/v) dan diaduk hingga

homogen. Hasil enkapsulasi buah mengkudu, Zn dan Cu kemudian dicampurkan ke dalam larutan maltodekstrin dengan perbandingan 1:3 (v/v), selanjutnya dikeringkan menggunakan freeze drying sehingga didapatkan enkapsulat buah mengkudu, Zn dan Cu dalam bentuk kristal.



Ilustrasi 3. Proses Pembuatan Enkapsulat Ekstrak Buah Mengkudu Zn dan Cu

Tahap persiapan kandang diawali dengan pembersihan kandang, pengapuran dinding, lantai dan sekat pembatas, penyemprotan formalin, pemasangan lampu, tempat ransum dan minum. Pembersihan kandang dilakukan dengan mencuci kandang dan peralatan kandang. Persiapan ransum dilakukan dengan melakukan formulasi ransum dan pencampuran ransum. Ransum yang disiapkan pada fase *pre-starter* yaitu BS 11 produk PT. Charoen Pokphand Indonesia, sedangkan fase *starter* dan *finisher* menggunakan ransum penelitian dengan imbuhan perlakuan EEBMZnCu.

3.2.2. Rancangan percobaan dan perlakuan

Penelitian disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan, masing-masing unit diisi 10 ekor. Enkapsulat ekstrak buah mengkudu Zn dan Cu disingkat menjadi EEBMZnCu. Perlakuan yang diterapkan sebagai berikut :

T0 = Ransum basal tanpa EEBMZnCu

T1 = Ransum basal + EEBMZnCu 0,06%

T2 = Ransum basal + EEBMZnCu 0,12%

T3 = Ransum basal + EEBMZnCu 0,18%

3.2.3. Pemeliharaan ayam

Ayam dipelihara mulai dari DOC hingga umur 35 hari, dengan adaptasi ransum (1-7 hari) dan pemberian perlakuan (8-35 hari). Pemeliharaan ayam ditempatkan pada 20 kandang unit percobaan. Proses pemeliharaan diawali dengan kegiatan *chick in* dan penimbangan bobot badan ayam sebagai bobot awal. Ayam sudah ditimbang diberikan air gula untuk memulihkan energi yang hilang selama perjalanan. Ayam umur 1–4 hari diberikan adaptasi ransum komersial dari BR 11S. Ayam umur 5 hari diberikan perbandingan 25% ransum komersial + 75% ransum penelitian, umur 6 hari dengan perbandingan 50% ransum komersial + 50% ransum penelitian, umur 7 hari dengan substitusi ransum perbandingan 75% ransum komersial + 25% ransum penelitian. Ayam umur 8–35 hari diberikan 100% ransum penelitian. Perlakuan diberikan setiap pagi hari dengan jumlah ransum ± 20 g/ekor berdasarkan konsumsi ransum. Air minum diberikan secara *ad libitum*. Pemberian

vaksin ND+IB dilakukan pada hari ke-3 melalui tetes mata, sedangkan hari ke-13 diberikan vaksin Gumboro melalui oral. Ayam ditimbang bobot badan setiap minggu. Penimbangan ransum dan sisa ransum dilakukan setiap hari. Pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 24.00 WIB.

3.2.4. Pengambilan data

Parameter yang diukur meliputi laju digesta, pencernaan serat dan energi metabolis. Laju digesta diukur melalui metode total koleksi ekskreta yang dilakukan selama 4 hari (hari ke-32, 33, 34 dan 35). Prosedur metode total koleksi ekskreta mengacu pada penelitian Krismiyo *et al.* (2019). Ayam dari setiap unit percobaan diambil 1 ekor secara acak berdasarkan bobot badan rata-rata untuk dipindahkan ke kandang *battery* dengan total 20 ekor. Hari pertama ayam diberikan ransum perlakuan dengan indikator Fe_2O_3 sebanyak 0,5% dari konsumsi ransum harian dan ekskreta pertama yang keluar berwarna merah kemudian ditampung. Ekskreta disemprot larutan HCl 0,2 N setiap 2 jam untuk mencegah penguapan nitrogen. Hari kedua ayam diberikan ransum perlakuan tanpa indikator dan dilakukan penampungan ekskreta. Hari ketiga dan keempat dengan metode yang sama pada hari pertama dan kedua.

Ayam endogenous yang digunakan sebanyak 5 ekor dengan ayam dipuasakan selama 2 hari. Ayam endogenous digunakan sebagai faktor koreksi. Endogenous yang ditampung pada hari kedua untuk mendapatkan berat basah ekskreta endogenous. Setelah ditimbang endogenous, selanjutnya dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Endogenous yang sudah kering kemudian ditimbang

kembali untuk mengetahui berat kering udara. Endogenus selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan blender maupun mortar alu dan dimasukkan ke dalam plastik yang diberi label sesuai masing-masing perlakuan.

Ekskreta dan endogenus dianalisis di laboratorium untuk menentukan kandungan serat kasar serta nilai energi metabolis. Laju digesta, pencernaan serat, energi metabolis dan penambahan bobot badan harian dihitung menggunakan rumus berikut:

1. Laju digesta (menit) = Selisih antara waktu pemberian ransum pertama dengan munculnya ekskreta pertama yang berwarna merah (Fe_2O_3), serta selisih waktu pemberian ransum pertama dengan ekskreta pertama yang tidak berwarna merah.
2. Pencernaan serat ditentukan melalui analisis serat kasar pada ekskreta dan ransum.

Perhitungan serat kasar berdasarkan (Tilman *et al.*, 1998) :

$$\text{Serat kasar} = \frac{(\text{BS oven}) - (\text{BS hasil tanur}) - (\text{Berat kertas saring})}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

keterangan : BS (Berat sampel)

Perhitungan pencernaan serat :

$$\text{Pencernaan serat} = \frac{\text{Konsumsi serat} - \text{Jumlah serat ekskreta}}{\text{Konsumsi serat}} \times 100\%$$

3. Energi metabolis diuji dengan uji *gross energy* (GE) pada ekskreta dan ransum. Rumus energi metabolis murni (EMM) berdasarkan Sibbald (1976) :

$$\text{EMM} = \frac{\text{Konsumsi GE} - (\text{GE Ekskreta} - \text{GE Endogenus})}{\text{Konsumsi Ransum}} \times 1000$$

4. Pertambahan bobot badan harian dapat dihitung dengan cara mengurangi bobot akhir dengan bobot awal lalu membaginya dengan lama pemeliharaan.

3.2.5. Analisis statistik

Data diolah menggunakan *analysis of variance* pada taraf signifikansi 5%. Jika terdapat pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Gaspersz, 1995).

Model linier matematik sebagai berikut :

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

i = perlakuan (0,1,2,3)

j = ulangan (1,2,3,4,5)

Keterangan :

Y_{ij} = Laju digesta, pencernaan serat, energi metabolis dan pertambahan bobot badan harian yang memperoleh perlakuan penambahan EEBMZnCu ke- i dan ulangan ke- j .

μ = Nilai tengah umum (rata-rata populasi) laju digesta, pencernaan serat, energi metabolis dan pertambahan bobot badan harian

τ_i = Pengaruh aditif dari perlakuan penambahan EEBMZnCu ke- i .

ε_{ij} = Pengaruh galat percobaan yang memperoleh perlakuan penambahan EEBMZnCu ke- i pada ulangan ke- j .

Hipotesis statistik sebagai berikut :

H_0 : $\tau_i = \tau_i$, tidak ada pengaruh perlakuan penambahan EEBMZnCu terhadap laju digesta, pencernaan serat, energi metabolis dan pertambahan bobot badan harian.

H_1 : $\tau_i \neq \tau_i$, ada pengaruh perlakuan penambahan EEBMZnCu terhadap laju digesta, pencernaan serat, energi metabolis dan pertambahan bobot badan harian

Kriteria pengambilan keputusan sebagai berikut :

Jika $F_{hitung} < F_{tabel\ 5\%}$: pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel\ 5\%}$: pengaruh perlakuan berpengaruh nyata sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima