

**PENGARUH SUPLEMENTASI MINERAL ORGANIK (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) DAN ASAM AMINO PEMBATAS (Metionin) DALAM RANSUM BERBASIS LIMBAH SINGKONG TERHADAP KONSUMSI RANSUM, PERTAMBAHAN BOBOT TUBUH, DAN EFISIENSI RANSUM KAMBING *CROSS BOER* JANTAN**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Tyas Sabrina**

**2214241019**



**JURUSAN PETERNAKAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2026**

## ABSTRAK

### **PENGARUH SUPLEMENTASI MINERAL ORGANIK (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) DAN ASAM AMINO PEMBATA (Metionin) DALAM RANSUM BERBASIS LIMBAH SINGKONG TERHADAP KONSUMSI RANSUM, PERTAMBAHAN BOBOT TUBUH, DAN EFISIENSI RANSUM KAMBING *CROSS BOER* JANTAN**

Oleh

**Tyas Sabrina**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan. Penelitian ini dilaksanakan pada November 2025--Januari 2026 di Kahfi Farm, Desa Fajar Baru, Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 3 perlakuan 4 ulangan, dengan menggunakan 12 ekor kambing *cross boer* jantan. Perlakuan pada penelitian ini yaitu: P0: Ransum Basal 100% (silase daun singkong, DDGS, *pollard*, onggok press, bungkil kelapa sawit, molases, dan premix); P1: P0 + Mineral Organik 10 ppm Cu-lisinat + 40 ppm Zn-lisinat dan P2: P1 + Asam amino metionin 0,1%. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) yang menunjukkan bahwa suplementasi mineral organik (Cu-lisinat dan Zn-lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap konsumsi ransum dan tidak berpengaruh nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap penambahan bobot tubuh dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan.

**Kata Kunci:** Kambing *cross boer* jantan, mineral organik, metionin, konsumsi ransum, efisiensi ransum, penambahan bobot tubuh.

## ABSTRACT

### **THE EFFECT OF ORGANIC MINERAL SUPPLEMENTATION (Cu-Lysine and Zn-Lysine) AND LIMITING AMINO ACIDS (Methionine) IN A CASSAVA WASTE-BASED DIET ON FEED CONSUMPTION, BODY WEIGHT GAIN, AND FEED EFFICIENCY IN CROSS BOER MALE GOATS**

By

**Tyas Sabrina**

This study aimed to determine the effect of organic mineral supplementation (Cu-Lysine and Zn-Lysine) and limiting amino acids (methionine) in cassava waste-based diets on feed intake, body weight gain, and feed efficiency in male Boer cross goats. The study was conducted from November 2025 to January 2026 at Kahfi Farm, Fajar Baru Village, Jati Agung, South Lampung Regency, Lampung. The study used a non-factorial completely randomized design (RAL) with 3 treatments and 4 replications, using 12 male boer cross goats. The treatments in this study were: P0: 100% basal diet (cassava leaf silage, DDGS, pollard, pressed rice bran, palm kernel meal, molasses, and premix); P1: P0 + 10 ppm Cu-lysine organic mineral + 40 ppm Zn-lysine organic mineral, and P2: P1 + 0.1% methionine amino acid. Data obtained from the study were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), which showed that the supplementation of organic minerals (Cu-lysinate and Zn-lysinate) and the limiting amino acid (methionine) in cassava waste-based diets had a significant effect ( $P < 0,05$ ) on feed intake and no significant effect ( $P > 0,05$ ) on body weight gain and feed efficiency in male boer cross goats.

**Keywords:** Male boer cross goats, organic minerals, methionine, feed intake, feed efficiency, body weight gain.

**PENGARUH SUPLEMENTASI MINERAL ORGANIK (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) DAN ASAM AMINO PEMBATAS (Metionin) DALAM RANSUM BERBASIS LIMBAH SINGKONG TERHADAP KONSUMSI RANSUM, PERTAMBAHAN BOBOT TUBUH, DAN EFISIENSI RANSUM KAMBING *CROSS BOER* JANTAN**

Oleh

**TYAS SABRINA**

**SKRIPSI**

**Sebagai Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PETERNAKAN**

pada

**Jurusan Peternakan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN PETERNAKAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Suplementasi Mineral Organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan Asam Amino Pembatas (Metionin) dalam Ransum Berbasis Limbah Singkong terhadap Konsumsi Ransum, Pertambahan Bobot Tubuh dan Efisiensi Ransum Kambing *Cross Boer* Jantan

Nama : **Jyas Sabrina**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214241019

Jurusan/Program Studi : Peternakan/Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak

Fakultas : Pertanian



Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

**Prof. Dr. Ir. Muhtarudin, M.S.**  
NIP. 196103071985031006

**Liman, S.Pt., M.Si.**  
NIP. 196704221994021001

**MENYETUJUI,**

2. Ketua Jurusan Peternakan

**Dr. Ir. Arif Oisthon, M.Si., IPU.**  
NIP. 196706031993031002

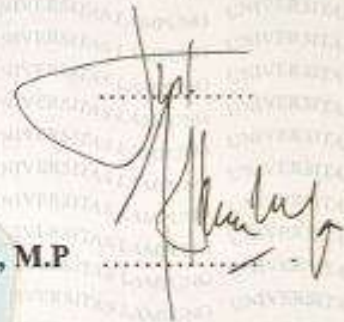
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

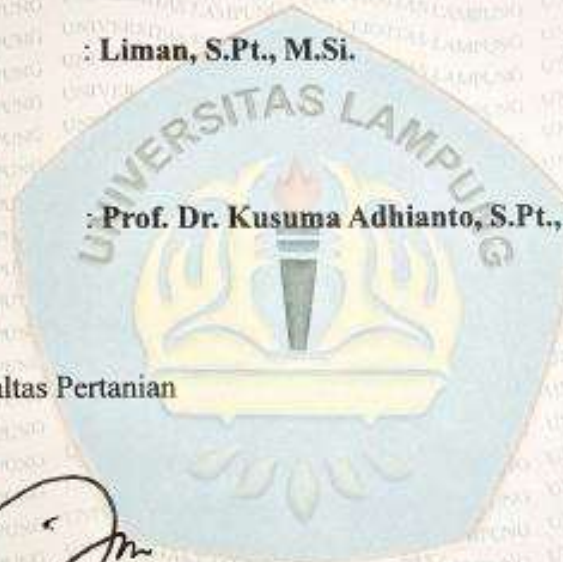
**Ketua : Prof. Dr. Ir. Muhtarudin, M.S.**



**Sekretaris : Liman, S.Pt., M.Si.**



**Penguji : Prof. Dr. Kusuma Adhianto, S.Pt., M.P**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NIP. 196411181989021002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 05 Mei 2026**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Tyas Sabrina  
NPM : 2214241019  
Program Studi: : Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak  
Jurusan : Peternakan  
Fakultas : Pertanian

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Pengaruh Suplementasi Mineral Organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan Asam Amino Pembatas (Metionin) terhadap Konsumsi Ransum, Pertambahan Bobot Tubuh, dan Efisiensi Ransum Kambing *Cross Boer Jantan*" tersebut adalah hasil penelitian saya kecuali bagian-bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup dituntut berdasarkan undang-undang dan peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Februari 2026

Yang membuat pernyataan,

Tyas Sabrina

NPM. 2214241019

## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Tyas Sabrina dilahirkan di Bandar Lampung pada 26 April 2004. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Tantawi Djauhari dan Ibu Dharmayanti Aziz. Penulis menyelesaikan pendidikan di taman kanak-kanak (TK) Putri Azizah pada 2010, sekolah dasar (SD) di SD Al-Kautsar Bandar Lampung pada 2016, dilanjutkan di sekolah menengah pertama (SMP) di SMP Negeri 14 Bandar Lampung pada 2019 dan sekolah menengah atas (SMA) di SMA Negeri 7 Bandar Lampung pada 2022. Pada tahun 2022, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Nasional (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif menjadi anggota dan aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Peternakan (HIMAPET) Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selain itu, penulis aktif mengikuti kegiatan *Teaching Farm Closed House* pada bulan Februari 2024 sebagai anggota dan bulan Juni 2024 sebagai bendahara. Pada Januari--Februari 2025 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kota Guring, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. Selanjutnya pada Juni-Agustus 2025 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Perbibitan dan Pengembangan Inseminasi Buatan Ternak Sapi Perah (BPPIBTSP) Bunikasih, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

## MOTTO

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa  
sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Jika bukan karena Allah yang mampukan, mungkin aku sudah lama menyerah,  
dan aku membahayakan nyawa ibu untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku  
tidak ada artinya”

(Penulis)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan  
menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan melewatkanmu”

(Umar Bin Khattab)

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbil‘ālamīn, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis diberikan kesabaran, kekuatan dan kemudahan untuk menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai pemberi syafaat di hari akhir nanti.

Kupersembahkan karya sederhana ini dengan segala ketulusan, perjuangan, rasa syukur dan kerendahan hati kepada Bapak dan Almarhumah Ibu tercinta yang telah membesarkan, memberikan kasih sayang, mendoakan, memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat membuat Bapak dan Almarhumah Ibu lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak perempuan pertamanya menyandang gelar sarjana pertama di keluarga seperti yang diharapkan.

Persembahan ini juga kusampaikan kepada sahabat-sahabat di perkuliahan dan orang terdekat atas kebersamaan, dukungan, motivasi dan perjuangan bersama dalam menyelesaikan perkuliahan ini.

Institusi yang turut membuatku memiliki banyak pengalaman dan pengetahuan sehingga dapat menjadi pribadi yang lebih baik dalam berfikir dan bertindak

Serta,

Terimakasih kepada almamater tercinta

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

## SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Suplementasi Mineral Organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan Asam Amino Pembatas (Metionin) terhadap Konsumsi Ransum, Pertambahan Bobot Tubuh dan Efisiensi Ransum pada Kambing *Cross Boer Jantan*” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Peternakan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, atas izin dan fasilitas yang telah diberikan;
2. Bapak Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si., IPU., selaku Ketua Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan;
3. Bapak Prof. Ir. Akhmad Dakhlan, M.P., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
4. Bapak Prof Dr. Ir. Muhtarudin, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Utama atas persetujuan, bimbingan dan nasihat yang diberikan kepada penulis;
5. Bapak Dr. Ir. Erwanto, M.S. dan Bapak Liman, S.Pt., M.Si., selaku Pembimbing Anggota, atas persetujuan, bimbingan, dan saran selama penulisan skripsi ini;
6. Bapak Prof. Dr. Kusuma Adhianto, S.Pt., M.P., selaku Dosen Pembahas atas persetujuan, bimbingan, kritik dan saran dalam proses penulisan skripsi ini;

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, atas bimbingan, ilmu dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis;
8. Bapak, Tantawi Djauhari atas dukungan, kasih sayangnya, serta telah mengajarkan caranya menjadi perempuan yang kuat dan mandiri;
9. Almarhumah Ibu tercinta Dharmayanti Aziz yang sangat penulis sayangi sepenuh hati, atas doa, motivasi, kepercayaan, kasih sayang, dan pengorbanannya selama ini. Meskipun tidak sempat menemani setiap langkah penulis hingga saat ini, namun keberadaannya akan selalu terasa di hati penulis;
10. Keluarga terdekat, adik penulis satu-satunya Aurel Syahrani Fadilla, Mang Awi dan Cik Ani atas motivasi, semangat, kasih sayang dan doa yang telah diberikan;
11. Mas Ferry Pebriansyah, S.Pt., dan Mba Fera Erviana, S.Pt., selaku pemilik Peternakan Kahfi Farm, atas bantuan, dukungan, dan ketersediaan fasilitas selama pelaksanaan penelitian.
12. Rekan penelitian, Tegar Rifa Pratama, Monika Yuliana Putri, Nadira dan Syafira Aulia Rahma, atas perjuangan, kerja sama, bantuan dan motivasi dari awal hingga akhir penelitian;
13. Afiqah, Amelia, Destia, Indriani, Rindiani, Asti, dan Rifa selaku teman terdekat penulis di Jurusan Peternakan, atas perjuangan, canda tawa, suka duka dan dukungan diberikan selama proses perkuliahan serta sahabat terdekat penulis, Akdilia Hazaroh atas waktunya yang diluangkan untuk mendengarkan keluh kesah, memberi doa, dukungan, motivasi, serta semangat.
14. Keluarga paruh baja angkatan 22, atas kebersamaan nya selama masa perkuliahan.

Bandar Lampung, 9 Februari 2026  
Penulis,

Tyas Sabrina

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran .....	3
1.5 Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Kambing <i>Cross</i> Boer .....	6
2.2 Pakan Kambing .....	7
2.3 Limbah Singkong .....	8
2.4 Mineral Organik .....	9
2.4.1 Cu-Lisinat.....	9
2.4.2 Zn-Lisinat .....	10
2.5 Asam Amino Esensial.....	11
2.5.1 Lisin.....	12
2.5.2 Metionin .....	12
2.6 Konsumsi Ransum.....	13
2.7 Pertambahan Bobot Tubuh .....	14
2.8 Efisiensi Ransum.....	14

<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	16
3.2.1 Alat penelitian .....	16
3.2.2 Bahan penelitian.....	16
3.3 Rancangan Penelitian .....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.4.1 Persiapan kandang kambing .....	17
3.4.2 Pembuatan ransum basal.....	18
3.4.3 Pembuatan mineral organik .....	19
3.4.3.1 Pembuatan mineral Cu-Lisinat.....	19
3.4.3.2 Pembuatan mineral Zn-Lisinat .....	20
3.4.4 Tahap prelium kambing .....	20
3.5 Peubah yang Diamati .....	20
3.5.1 Konsumsi ransum.....	20
3.5.2 Pertambahan bobot tubuh .....	20
3.5.3 Efisiensi ransum.....	21
3.6 Analisis Data .....	21
<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Pengaruh Perlakuan terhadap Konsumsi Ransum Kambing <i>Cross</i> Boer Jantan .....	22
4.2 Pengaruh Perlakuan terhadap Pertambahan Bobot Tubuh Kambing Boer Jantan .....	24
4.3 Pengaruh Perlakuan terhadap Efisiensi Ransum Kambing <i>Cross</i> Boer Jantan.....	27
<b>V. KESIMPULAN .....</b>	<b>30</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>31</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Data penimbangan bobot tubuh kambing <i>cross boer</i> jantan .....	17
2. Kandungan nutrisi bahan penyusun ransum .....	18
3. Kandungan nutrisi ransum basal .....	19
4. Data konsumsi ransum perlakuan pada kambing <i>cross boer</i> jantan.....	22
5. Data penambahan bobot tubuh pada kambing <i>cross boer</i> jantan.....	25
6. Data efisiensi ransum pada kambing <i>cross boer</i> jantan .....	27
7. Data konsumsi ransum selama 35 hari.....	38
8. Hasil konsumsi ransum (BK) pada kambing <i>cross boer</i> jantan .....	38
9. Hasil Anova konsumsi ransum (BK) pada kambing <i>cross boer</i> jantan.....	38
10. Uji BNT konsumsi ransum.....	39
11. Uji BNT konsumsi ransum antar perlakuan .....	39
12. Data bobot tubuh pada kambing <i>cross boer</i> jantan .....	39
13. Hasil penambahan bobot tubuh pada kambing <i>cross boer</i> jantan.....	40
14. Hasil Anova penambahan bobot tubuh pada kambing <i>cross boer</i> jantan.....	40
15. Data efisiensi ransum selama 35 hari.....	41
16. Hasil efisiensi ransum pada kambing <i>cross boer</i> jantan .....	41
17. Hasil Anova efisiensi ransum pada kambing <i>cross boer</i> jantan .....	42

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Kambing <i>cross</i> boer jantan.....	7
2. Tata letak perlakuan.....	17
3. Pembuatan mineral organik.....	43
4. Penimbangan bobot kambing <i>cross</i> boer jantan .....	43
5. Pembuatan ransum basal .....	43
6. Penimbangan pakan.....	44
7. Penimbangan sisa pakan.....	44

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sektor peternakan di Indonesia masih terus berkembang, hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti program pemerintah, kualitas pakan, teknologi peternakan, dan kondisi kesehatan ternak. Populasi kambing di Provinsi Lampung pada tahun 2024 mencapai 1.966.835 ekor dengan total populasi kambing di Indonesia mencapai 15.710.055 ekor yang mengalami peningkatan dari tahun 2023 yang hanya mencapai 14.374.014 ekor (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2025).

Kambing Boer merupakan kambing asli dari Afrika Selatan tetapi telah dikembangkan secara luas oleh sejumlah negara maju karena sangat produktif, terutama dalam produksi daging. Kambing Boer adalah salah satu ras kambing pedaging yang memiliki bentuk tubuh yang baik serta memiliki karakteristik reproduksi yang baik, sehingga mampu melahirkan tiga anak dalam dua tahun.

Kambing *cross boer* merupakan hasil persilangan antara kambing jantan boer dengan kambing betina lokal. Persilangan adalah penerapan sistematis sumber daya genetik kambing (jenis kambing) dalam perkawinan terencana untuk menghasilkan keturunan silang yang diinginkan (Subandriyo, 2004). Menurut pendapat Mahmilia dan Doloksaribu (2010), keturunan dari hasil persilangan memiliki ciri khas, termasuk bulu putih dan kepala cokelat, telinga lebar dan panjang, tanduk yang tumbuh ke atas, bulu yang pendek serta kambing peranakan boer juga memiliki daya tahan terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang cukup baik sehingga mampu beradaptasi di berbagai wilayah dengan berbagai kondisi iklim dan pakan.

Berdasarkan aspek pemeliharaan, kambing tidak dapat berkembang secara optimal tanpa faktor pendukung yang dapat meningkatkan produktivitasnya.

Faktor pendukung yang paling berpengaruh dalam pemeliharaan ternak adalah pakan. Pakan yang dikonsumsi oleh ternak mampu menghasilkan nutrisi yang digunakan untuk kebutuhan dasar, pertumbuhan, dan reproduksi. Karbohidrat, protein, lemak, serat, vitamin, mineral, dan air merupakan nutrisi esensial yang harus terdapat dalam pakan guna memenuhi kebutuhan fisiologis ternak, dengan pemberian disesuaikan berdasarkan kebutuhan spesifik. Ketersediaan protein dalam pakan memiliki peranan krusial untuk memenuhi kebutuhan protein tubuh ternak yang digunakan dalam fungsi hidup dasar maupun produksi.

Dalam penelitian ini, limbah singkong digunakan sebagai bahan pakan utama seperti daun singkong dan onggok. Daun singkong memiliki kandungan protein 20--27% dari bahan kering, sehingga dapat digunakan sebagai pakan sumber protein (Marhaeniyanto, 2007). Ransum berbasis limbah singkong yang difermentasi menjadi pakan alternatif yang potensial untuk kambing. Limbah singkong seperti kulit dan batang singkong mengandung senyawa sianida yang beracun, sehingga melalui proses fermentasi dapat menurunkan kadar racun tersebut serta meningkatkan pencernaan dan nilai gizi pakan.

Untuk mencapai tingkat produktivitas yang optimal, pemberian pakan tambahan diperlukan guna memenuhi kebutuhan nutrisi ternak. Penambahan mineral mikro organik seperti Cu dan Zn dalam bentuk *chelates* serta asam amino esensial metionin dalam ransum kambing boer sangat penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pakan serta pertumbuhan dan produktivitas ternak. Pemberian mineral dalam bentuk organik dapat meningkatkan ketersediaan sehingga dapat lebih tinggi diserap dalam tubuh ternak (Muhtarudin, 2003).

Lisin dan metionin merupakan asam amino pembatas utama dalam bahan pakan berbasis nabati yang biasanya kurang dalam kandungan protein esensialnya, sehingga perlu dilengkapi secara sintetis untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak (Anggorodi, 1985). Selain itu, lisin dan metionin memiliki peranan penting dalam pertumbuhan dan peningkatan berat badan ruminansia. Studi pada domba menunjukkan bahwa total pertambahan berat badan meningkat dengan suplementasi metionin bebas (Imik dan Gunlu, 2011). Pemberian mineral mikro organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) serta asam amino esensial metionin dalam

ransum kambing dapat menjadi suatu strategi penting untuk meningkatkan efisiensi pakan dan produktivitas ternak. Oleh karena itu dalam saluran pencernaan kambing, mineral dalam bentuk *chelates* terikat dengan asam amino lisin yang meningkatkan bioavailabilitas mineral tersebut sehingga lebih mudah diserap di dalam saluran pencernaan sehingga akan lebih optimal untuk proses sintesis protein tubuh.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. mengetahui pengaruh suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan;
2. mengetahui perlakuan terbaik dalam suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi peternak serta pihak-pihak terkait khususnya masyarakat mengenai pengaruh suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

Pertumbuhan industri peternakan kambing yang pesat saat ini menuntut adanya strategi peningkatan produktivitas yang terukur dan berkelanjutan, di mana penggunaan ransum pakan yang optimal memegang peranan krusial dalam mendukung kebutuhan hidup, fungsi produksi, serta reproduksi ternak secara

efektif. Pakan yang berkualitas harus mampu menyediakan kebutuhan nutrisi makro dan mikro secara lengkap dan seimbang agar proses metabolisme pada ternak berjalan normal, sehingga berdampak positif terhadap peningkatan berat badan, efisiensi pemanfaatan pakan, dan kesehatan ternak secara keseluruhan.

Pemanfaatan limbah agroindustri sebagai bahan pakan alternatif, khususnya limbah perkebunan singkong seperti daun, batang, kulit, dan hasil sampingan seperti ongkok, merupakan salah satu solusi inovatif yang dapat meningkatkan ketersediaan sumber pakan sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Limbah singkong yang diolah menjadi silase telah terbukti dapat meningkatkan pencernaan protein pada ternak ruminansia, senyawa sianida (HCN) dalam limbah singkong adalah faktor penghambat utama yang harus diatasi melalui proses fermentasi, di mana teknik fermentasi efektif dalam menurunkan konsentrasi HCN sehingga menjadikan limbah singkong aman dan layak digunakan sebagai bahan pakan.

Adapun senyawa yang tergolong dalam mineral organik yaitu Zn dan Cu. Pemberian mineral mikro seperti seng (Zn) dan tembaga (Cu) yang diberikan dalam bentuk senyawa organik atau *chelates* memiliki bioavailabilitas yang lebih tinggi dibandingkan bentuk anorganik, karena dapat melindungi mineral dari interaksinya dengan komponen lain dalam saluran pencernaan sehingga meningkatkan penyerapan dan efektivitas biologisnya. Pemberian mineral mikro seperti Zn dapat memacu pertumbuhan mikroba rumen dan meningkatkan penampilan ternak (Muhtarudin dan Widodo, 2003).

Mineral dalam bentuk *chelates* memiliki ketersediaan hayati yang lebih tinggi dalam proses pencernaan karena diserap lebih efisien oleh tubuh hewan. Agen pengkelat dapat berupa berbagai molekul organik seperti karbohidrat, lipid, asam amino, fosfat, maupun vitamin, yang berfungsi melindungi mineral dari interaksi negatif selama perjalanan di saluran pencernaan. Dalam proses tersebut, *chelates* memudahkan mineral menembus dinding sel usus, sehingga penyerapan mineral meningkat secara signifikan (Muhtarudin *et al.*, 2018).

Metionin merupakan asam amino esensial yang penting dalam sintesis protein pada ternak. Suplementasi kedua asam amino tersebut dalam ransum telah terbukti meningkatkan konsumsi pakan, efisiensi pemanfaatan nutrisi, dan penambahan bobot badan pada berbagai ternak ruminansia maupun non-ruminansia (Indrawan *et al.*, 2021). Lisin dan metionin yang terlindungi memiliki peran penting untuk memastikan bioavailabilitas yang optimal di usus halus (Mashudi, 2014).

Dengan penelitian ini diharapkan suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dapat dimanfaatkan dengan maksimal untuk digunakan dalam campuran bahan pakan ternak ruminansia serta diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis untuk peningkatan produktivitas ternak ruminansia secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

### **1.5 Hipotesis Penelitian**

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

1. terdapat pengaruh dalam suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dan dalam ransum berbasis limbah singkong terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan;
2. terdapat perlakuan terbaik dalam suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong terhadap konsumsi ransum, penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kambing *Cross Boer*

Kambing Boer adalah jenis kambing unggulan yang berasal dari Afrika Selatan dan mulai dibudidayakan di Indonesia sejak awal abad ke-20 sebagai kambing pedaging. Kambing ini memiliki tubuh yang lebar dan panjang dengan bulu berwarna putih, kaki yang relatif pendek, hidung cembung, telinga panjang menggantung, serta kepala yang berwarna coklat kemerahan atau coklat muda. Salah satu alasan pengembangan kambing Boer di Indonesia adalah karena pertumbuhannya yang cepat serta tingkat kesuburannya yang tinggi, yang berdampak pada jumlah kelahiran anak kambing. Berbeda dengan kambing lokal yang umumnya memiliki angka kelahiran rendah, kambing boer cenderung melahirkan anak kembar atau lebih (Kaunang *et al.*, 2014).

Di Indonesia dengan persilangan kambing *cross boer* dengan kambing lokal juga memiliki tujuan agar kambing dapat beradaptasi dengan baik dengan cuaca dan iklim di Indonesia agar mudah dalam manajemen pakan, kesehatan, dan lingkungan sekitar (Hy *et al.*, 2024). Dengan pertumbuhan yang pesat, kambing boer jantan dapat mencapai berat antara 110--135 kg, sedangkan betina memiliki bobot sekitar 90--100 kg, sehingga kambing ini dikategorikan sebagai kambing tipe pedaging dengan penambahan berat badan harian sekitar 0,14--0,18 kg.

Kambing *cross boer* ini memiliki badan besar dan kuat, kambing ini memiliki bulu yang tebal dan halus, warna kambing ini dominan coklat dan putih, memiliki kepala yang besar dan telinga yang panjang (Ding *et al.*, 2024). Kambing *cross boer* jantan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kambing *cross boer* jantan  
Sumber : Dokumentasi pribadi (2025)

Kambing *cross boer* merupakan kambing dari perkawinan silang antara kambing Boer dengan kambing lokal (Nugroho *et al.*, 2019). Persilangan antara kambing boer dan kambing lokal juga memungkinkan kambing untuk beradaptasi secara efektif dengan iklim dan cuaca di Indonesia karena kambing boer aslinya hidup di iklim semi-arid.

## 2.2 Pakan Kambing

Pakan merujuk pada bahan makanan yang dapat diberikan kepada ternak yang aman dikonsumsi, mudah dicerna, dan mengandung nutrisi esensial yang dibutuhkan untuk menjaga kehidupan, reproduksi, dan pertumbuhan ternak. Pakan dapat diartikan sebagai kombinasi bahan makanan secara tunggal atau campuran yang diberikan kepada hewan baik dalam bentuk olahan maupun tidak, yang bertujuan untuk mendukung kehidupan, produksi, dan pertumbuhan hewan tersebut. Pakan yang memiliki kualitas yang baik akan memiliki dampak yang positif pada hewan ternak seperti peningkatan dalam produktivitas, Sarwono (2007), menyatakan bahwa kambing bisa diberi pakan utama yang terdiri dari rerumputan (60%) dan daun kacang-kacangan (40%) dalam jumlah yang tidak terbatas. Menurut Haryanto (2012), hijauan yang mengandung serat kasar merupakan sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Dengan penyediaan air minum yang dapat diakses setiap saat sepanjang hari (*adlibitum*).

### 2.3 Limbah Singkong

Singkong tidak hanya dimanfaatkan sebagai bahan pangan kaya karbohidrat, tetapi juga memiliki potensi tinggi sebagai pakan ternak, di mana umbinya menjadi sumber energi dan daunnya berfungsi sebagai sumber protein. Pengolahan lebih lanjut singkong menghasilkan limbah berupa kulit ubi dan onggok. Kandungan karbohidrat pada limbah ini cukup tinggi sehingga mampu memenuhi kebutuhan energi ternak, sedangkan kandungan asam amino yang terdapat cukup mendukung pertumbuhan sapi atau kambing pada masa pertumbuhan.

Kandungan Asam sianida (HCN) dalam daun singkong merupakan salah satu senyawa pembatas dalam penggunaan daun singkong sebagai pakan ternak. Interval jumlah kandungan HCN pada daun singkong umumnya berkisar antara 20 sampai 80 mg per 100 g berat segar daun singkong, atau dari 800 sampai 3.200 mg/kg bahan kering (BK). Komposisi HCN pada daun singkong lebih tinggi dibandingkan dengan umbi singkong (Ravindran, 1992).

Untuk meningkatkan efektivitas konsumsi ternak, limbah singkong umumnya diolah melalui proses pencacahan, selain itu pengolahan lanjutan seperti fermentasi. Fermentasi pakan hijauan melibatkan proses biokimia yang menggunakan mikroorganisme untuk meningkatkan pencernaan dan kandungan nutrisi pakan (Kabeakan *et al.*, 2020). Proses ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan nilai nutrisi hijauan, serta mengurangi senyawa anti-nutrisi yang dapat mengganggu pencernaan ternak. Silase merupakan teknologi fermentasi anaerob bahan pakan berkadar air tinggi sehingga diperoleh pakan hijauan yang awet untuk disimpan dalam waktu panjang tanpa kehilangan kandungan bahan kering (Borreani *et al.*, 2018).

Onggok adalah hasil samping dari proses pengolahan singkong menjadi tapioka dan digunakan sebagai salah satu sumber energi dalam pakan ternak. Menurut pendapat Hernaman *et al.* (2007), diperkirakan bahwa onggok memiliki kandungan mineral dan vitamin yang rendah. Walau begitu, dengan melakukan proses fermentasi, nutrisi onggok dapat meningkat sehingga bisa digunakan sebagai alternatif pakan (Hutagalung *et al.*, 2019).

## 2.4 Mineral Organik

Unsur-unsur mineral dalam tubuh terdiri atas dua golongan yaitu mineral mikro dan mineral makro. Mineral makro adalah komponen yang dibutuhkan untuk membentuk komponen organ didalam tubuh, seperti kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), sulfur (S), sodium atau natrium (Na), dan klorida (Cl). Sedangkan mineral mikro adalah mineral yang dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit dan umumnya terdapat pada jaringan dengan konsentrasi sangat kecil, seperti seng (Zn), cuprum (Cu), kromium (Cr), dan selenium (Se) (Parakkasi, 1999).

Mineral merupakan komponen organik yang sangat penting dalam jumlah yang sedikit namun esensial bagi keberlangsungan hidup makhluk. Mineral memiliki peran yang vital dalam berbagai fungsi biologis. Penambahan mikro mineral ke dalam pakan ternak dapat meningkatkan nilai gizi pakan, sehingga dapat memaksimalkan produksi dan pertumbuhan hewan. Penambahan mineral mikro dalam pakan dalam bentuk level menunjukkan hasil yang lebih baik, hal ini didasari oleh hasil penelitian Muhtarudin dan Liman (2006). Kebutuhan ternak kambing dan domba akan mineral esensial tergantung pada faktor-faktor jenis dan tingkat produksi, bangsa, proses adaptasi, tingkat konsumsi, umur dan interaksi antar mineral dan zat makanan lainnya (Harry *et al.*, 2005).

Mineral mikro berfungsi sebagai kofaktor metaloenzim dan dibutuhkan untuk beberapa proses biologis, termasuk pengaturan keseimbangan oksidatif, sintesis vitamin dan protein, serta fungsi sel imun. Keunggulan penggunaan mineral organik antara lain mudah larut dan mudah diserap dalam tubuh ternak serta dapat langsung masuk ke dalam sel organ sasaran dan lebih efisien penggunaannya (Mion *et al.*, 2022).

### 2.4.1 Cu-Lisinat

Tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur mineral mikro esensial yang sangat penting dalam proses metabolisme tubuh hewan, penambahan mikromineral Cu akan mempengaruhi pembentukan *volatile fatty acids* (VFA) dan sintesis mikroba rumen. Mineral Cu berperan sebagai kofaktor berbagai enzim

metabolisme yang terlibat dalam pembentukan energi, sintesis protein, dan aktivitas antioksidan tubuh. Dengan metabolisme yang lebih optimal, pemanfaatan nutrisi ransum dapat meningkat sehingga berpotensi memperbaiki penambahan bobot tubuh dan efisiensi ransum.

Suplementasi mineral Cu organik dapat berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi penggunaan pakan pada ternak salah satunya yaitu Cu-lisinat yang merupakan mineral Cu yang dikhelat dengan asam amino lisin. Bentuk organik ini dinilai memiliki tingkat ketersediaan hayati yang lebih baik dibandingkan mineral anorganik seperti  $\text{CuSO}_4$  karena ikatan dengan asam amino dapat melindungi mineral dari interaksi antagonis di dalam rumen maupun saluran pencernaan. Mineral organik umumnya diserap melalui mekanisme transport asam amino sehingga lebih efisien dalam meningkatkan status mineral di dalam tubuh ternak (Zhou *et al.*, 1994).

#### **2.4.2 Zn-Lisinat**

Seng (Zn) termasuk dalam komponen metaloenzim yang banyak terlibat dalam enzim polimerase DNA, peptidase karboksil A dan B dan fosfat alkalis. Enzim-enzim tersebut berperan dalam proliferasi DNA, sintesis protein, proses pencernaan protein dan absorpsi asam amino serta metabolisme energi. Selain protein, mineral seperti seng (Zn) memainkan peran yang sangat krusial dalam menjaga produktivitas. NRC (1988) merekomendasikan kebutuhan Zn sebesar 50 ppm.

Mineral Zn memiliki tingkat absorpsi yang rendah. Bentuk mineral organik seperti Zn-lisinat memiliki keunggulan karena mineral terikat dengan asam amino sehingga lebih stabil di dalam saluran pencernaan dan lebih sedikit mengalami interaksi antagonis dengan komponen lain di dalam rumen dibandingkan mineral anorganik. Hal ini memungkinkan penyerapan Zn berlangsung lebih optimal (Villa *et al.*, 2026). Reaksi antara Zn dengan lisin akan terbentuk mineral organik yang memiliki absorpsi stabilitas yang tinggi dan lolos degradasi rumen sehingga langsung terdeposisi ke dalam organ yang memerlukan (Prihandono, 2001). Zn-lisinat merupakan sumber Zn organik yang efektif digunakan sebagai feed

additive pada berbagai spesies ternak. Hasil penelitian pada pedet dan piglet menunjukkan bahwa suplementasi Zn-lisinat mampu mendukung performa pertumbuhan, konsumsi pakan, dan efisiensi pakan dengan efektivitas yang setara dengan Zn sulfat sebagai sumber Zn anorganik (EFSA FEEDAP Panel, 2015). Kelebihan mineral Zn sebanyak 1% dapat menekan pertumbuhan, nafsu makan turun, gangguan alat reproduksi dan anemia (McDowell *et al.*, 1992). Konsumsi Zn yang melebihi kebutuhan akan menyebabkan peningkatan ekskresi Zn oleh tubuh. Namun demikian, toksisitas akibat masuknya Zn secara pasif ke jaringan tubuh tetap dapat terjadi tergantung pada sumber Zn, tingkat dan lama pemberian, serta kadar mineral lain dalam ransum. Sebagai contoh, toksisitas Zn lebih mudah terjadi apabila disertai dengan defisiensi tembaga (Cu) atau besi (Fe) (Hill *et al.*, 2019).

## 2.5 Asam Amino Esensial

Asam amino esensial yaitu asam amino yang harus disediakan dalam pakan karena ternak tidak mampu atau hanya sedikit mensintesisnya, yang termasuk asam amino esensial adalah lisin, metionin, valin, histidin, fenilalanin, arginin, isoleusin, *threonine*, leusin, dan *tryptophan*. Asam amino merupakan komponen dari protein makromolekul yang menjadi salah satu komponen pakan yang penting bagi ternak ruminansia. Asam amino diproduksi oleh tubuh dan dapat juga diperoleh dari luar tubuh melalui pakan. Asam amino yang tidak diproteksi sangat mudah didegradasi oleh mikroba rumen, mengalami deaminasi, dan digunakan untuk sintesis protein mikroba rumen bersama dengan kerangka karbon (Irawan *et al.*, 2023).

Nilai guna asam amino ini rendah kalau tidak sampai pada target usus, sehingga perlu memproteksi untuk meningkatkan nilai biologis untuk ternak. Puastuti (2009) menjelaskan bahwa terdapat 2 asam amino esensial yang menjadi faktor pembatas 1 dan 2 bagi ternak ruminansia, yaitu asam amino metionin dan asam amino lisin, hal ini menunjukkan bahwa suplementasi asam amino metionin dan lisin berperan pada prekursor pembentukan jaringan otot yang kemudian akan berkembang menjadi daging.

### 2.5.1 Lysin

Pemberian lysin sebagai suplemen dapat meningkatkan bobot tubuh ternak dan mendukung pertumbuhan yang optimal. Asam amino lysin berfungsi dalam pembentukan protein atau polipeptida pada tubuh ternak serta mendukung reaksi metabolisme sel. Fungsi lysin yaitu sebagai prekursor untuk biosintesis karnitin. Karnitin berperan merangsang proses  $\beta$ -oksidasi dari asam lemak rantai panjang yang terjadi di mitokondria (Susandari *et al.*, 2004).

Penambahan lysin dalam pakan dapat meningkatkan pembentukan karnitin, sehingga proses  $\beta$ -oksidasi asam lemak di dalam tubuh menjadi lebih optimal dan penimbunan lemak tubuh dapat berkurang. Karnitin berperan penting dalam metabolisme lemak, khususnya dalam proses transportasi asam lemak rantai panjang ke dalam mitokondria untuk menghasilkan energi (Biswas *et al.*, 2007). Namun demikian, menurut Scott *et al.* (1982) dan Anggorodi (1985), kelebihan lysin dalam ransum dapat menghambat pertumbuhan hewan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim arginase di ginjal akibat kelebihan lysin, yang pada akhirnya meningkatkan kebutuhan tubuh terhadap asam amino arginin.

### 2.5.2 Metionin

Metionin merupakan asam amino esensial yang mengandung sulfur dan berperan penting dalam berbagai proses metabolisme tubuh, termasuk sintesis protein serta pembentukan asam amino lain yang juga mengandung sulfur, seperti sistein (Vázquez, 2006). Metionin berfungsi sebagai asam amino esensial yang dibutuhkan untuk sintesis protein mikroba, sehingga keberadaannya dapat mempercepat proses fermentasi karbohidrat menjadi VFA (Kusuma *et al.*, 2025). Kekurangan metionin pada ternak dapat menyebabkan perlambatan pertumbuhan dan menurunkan tingkat kelangsungan hidup, karena asam amino ini berperan vital dalam mendukung laju pertumbuhan dan fungsi fisiologis hewan secara optimal.

Penambahan metionin dalam ransum dapat meningkatkan efisiensi penggunaan protein, memacu pertumbuhan, dan mengurangi kehilangan nitrogen melalui kotoran ternak sehingga mendukung efisiensi ransum secara keseluruhan.

Metionin juga membantu melindungi fungsi hati, meningkatkan imunitas, dan memiliki efek detoksifikasi dengan mengurangi toksisitas mikotoksin dalam pakan. Pada ruminansia seperti sapi dan domba, suplementasi metionin yang diproteksi mencegah degradasi mikroba rumen sehingga lebih efektif digunakan untuk sintesis protein tubuh dan meningkatkan produksi ternak. Menurut penelitian Wiyatna dan Hernaman (2016), asam amino metionin memiliki peran penting dalam memberikan sumber belerang yang diperlukan oleh ternak ruminansia dengan tingkat produksi yang tinggi. Metionin memegang peranan penting dalam proses sintesis protein di dalam sel, terutama pada tahap awal proses sintesis yang melibatkan RNA.

## **2.6 Konsumsi Ransum**

Konsumsi ransum merupakan jumlah pakan yang dikonsumsi ternak untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan produksi (Tillman *et al.*, 1991). Tingkat konsumsi dipengaruhi terutama oleh kandungan energi ransum, karena ternak akan mengatur asupan sesuai kebutuhan fisiologisnya (Ramaiyulis dan Salvia, 2022). Palatabilitas pakan menjadi faktor utama yang menentukan besarnya konsumsi ransum. Komponen-komponen seperti aroma, rasa, dan tekstur memiliki peran penting dalam merangsang ternak untuk mengonsumsi pakan, sekaligus berhubungan dengan kapasitas fisik lambung dan kondisi saluran pencernaan. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan rendahnya konsumsi pada ruminansia antara lain adalah lingkungan, kondisi fisiologis ternak, dan karakteristik pakan (Hadi *et al.*, 2023).

Konsumsi ransum yang tidak berbeda antar perlakuan menunjukkan bahwa tingkat penerimaan pakan relatif sama (Christi *et al.*, 2018). Ransum dengan kualitas fisik yang baik umumnya memiliki palatabilitas tinggi sehingga meningkatkan konsumsi. Konsumsi ransum berkolerasi positif dengan peningkatan bobot tubuh, oleh karena itu, penyediaan hijauan dan konsentrat harus dapat memenuhi kebutuhan nutrisi ternak. Konsumsi ransum ternak dipengaruhi secara signifikan oleh kualitas pakan dan kebutuhan energi.

Semakin baik kualitas pakan, semakin banyak nutrisi yang tersedia untuk ternak, sehingga konsumsi ternak juga meningkat.

## **2.7 Pertambahan Bobot Tubuh**

Kambing yang digemukkan secara intensif dapat mencapai pertambahan bobot 100--150 g/ekor/hari dengan rata-rata sekitar 120 g/ekor/hari (Mulyono dan Sarwono, 2005). Selain faktor nutrisi, pertambahan bobot badan dipengaruhi oleh jenis ternak, umur, kondisi genetik, lingkungan, status fisiologis, serta manajemen pemeliharaan (NRC, 2006). Penimbangan bobot badan dilakukan secara berkala sesuai interval yang ditentukan, seperti harian, mingguan, atau bulanan (Handayani, 2005).

Menurut penelitian oleh Hasnudi dan Wahyuni (2005), kandungan protein dan keseimbangan nutrisi dalam ransum memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan, reproduksi dan kesehatan ternak. Peningkatan bobot badan terjadi ketika nutrisi yang diserap diubah menjadi jaringan tubuh, seperti daging dan lemak. Konsumsi ransum merupakan faktor dalam menentukan tingkat pertambahan bobot badan, semakin tinggi konsumsi semakin besar pasokan nutrisi yang dapat dialokasikan untuk pertumbuhan setelah kebutuhan hidup pokok terpenuhi.

## **2.8 Efisiensi Ransum**

Nilai efisiensi ransum pada kambing dan domba berkisar antara 6,78--13,72% (Mathius *et al.*, 2001). Menurut Ibrahim dan Usman (2019), efisiensi ransum dapat dihitung dengan membandingkan antara jumlah ransum yang dikonsumsi dengan pertumbuhan yang diperoleh, karena peningkatan bobot badan merupakan salah satu indikator keberhasilan dalam operasional pemberian ransum. Semakin tinggi nilai efisiensi ransum berarti semakin efisien dalam penggunaan ransum untuk digunakan menaikkan bobot badan ternak. Efisiensi ransum menunjukkan besarnya pemanfaatan makanan oleh tubuh kambing untuk dimanfaatkan di dalam tubuh. Konsumsi ransum yang tinggi penting sebagai penunjang efisiensi

penggunaan ransum, bila konsumsi bahan kering meningkat, maka ransum yang disediakan untuk penambahan bobot tubuh meningkat.

Peningkatan efisiensi penggunaan ransum pada ternak perlu diperhatikan secara teknis melalui evaluasi terhadap kualitas ransum yang diberikan dan tingkat konsumsi ransum oleh ternak. Konsumsi ransum yang tinggi, khususnya konsumsi bahan kering, memiliki peran yang penting dalam mendukung efisiensi penggunaan pakan. Hal ini dikarenakan peningkatan konsumsi bahan kering akan berdampak pada peningkatan pemberian pakan yang diperlukan untuk penambahan bobot badan. Efisiensi pakan yang tinggi meningkatkan performa ternak yang baik dan kualitas pakan yang optimal, ini disebabkan oleh faktor bahwa semakin tinggi efisiensi pakan, semakin sedikit pakan yang dikonsumsi oleh kambing namun penambahan bobot badan yang dihasilkan lebih tinggi. Semakin tinggi nilai efisiensi pakan berarti semakin tinggi pula tingkat pemanfaatan pakan untuk digunakan menaikkan bobot badan ternak. Peningkatan nilai pencernaan dan efisiensi pemanfaatan nutrisi dalam proses metabolisme didalam jaringan tubuh ternak dipengaruhi oleh semakin baik kualitas pakan yang dikonsumsi ternak (Pond *et al.*, 1995).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2025--Januari 2026 bertempat di Kahfi *Farm*, Desa Fajar Baru, Jati Agung, Lampung Selatan.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat penelitian**

Pada penelitian peralatan yang digunakan 12 unit kandang domba individu yang dilengkapi dengan tempat pakan, tempat minum, timbangan gantung digital (kapasitas 300 kg dan ketelitian 0,02), timbangan analitik, tali, plastik, baskom, ember, dan alat tulis meliputi pena, buku tulis, kertas, spidol, papan tulis serta kamera *handphone* untuk dokumentasi kegiatan selama penelitian.

##### **3.2.2 Bahan penelitian**

Bahan penelitian yang digunakan 12 ekor kambing *cross boer* jantan, ransum basal (silase daun singkong, DDGS, *pollard*, onggok press, bungkil, dan molases), air minum secara *adlibitum*, mineral organik (Cu-lisinat dan Zn-lisinat), dan asam amino esensial metionin.

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 12 ekor kambing *cross boer* jantan dengan bobot 29,75--34,35 kg berusia 6-8 bulan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan dengan 4 ulangan. Data penimbangan bobot badan kambing dari yang terkecil sampai terbesar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data penimbangan bobot tubuh kambing *cross boer* jantan

No. Kambing	Bobot Badan (kg)
1	32,55
2	31,55
3	30,30
4	34,25
5	33,90
6	29,75
7	33,45
8	34,35
9	32,50
10	30,20
11	30,25
12	30,80

Adapun perlakuan ransum yang digunakan adalah:

P0: Ransum Basal 100% (silase daun singkong, onggok press, bungkil kelapa sawit, DDGS, *pollard*, molasses, dan premix)

P1: P0 + Mineral Organik (10 ppm Cu-lisinat + 40 ppm Zn-lisinat)\*

P2: P1 + Asam amino metionin 0,1%\*\*

Sumber:

\*Muhtarudin dan Liman (2006)

\*\*Sesuai dosis produk

Berikut tata letak perlakuan yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

P0U4	P1U2	P1U4	P2U2	P0U3	P2U1	P0U2	P2U3	P1U1	P2U4	P1U3	P0U1
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gambar 2. Tata letak perlakuan

Keterangan :

P : Perlakuan

U : Ulangan

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan kandang dan kambing

Persiapan yang dilakukan sebelum penelitian meliputi:

1. menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian;
2. melakukan sanitasi kandang dan lingkungan sekitar kandang;

3. memasang sekat untuk per individu kambing;
4. menyiapkan tempat pakan dan minum;
5. memberi nomor pada tiap kandang sesuai dengan perlakuan;
6. menimbang kambing untuk mengetahui bobot badan;
7. memasukkan masing-masing kambing ke dalam kandang individu berdasarkan tanda penomoran.

### 3.4.2 Pembuatan ransum basal

Ransum basal terdiri dari hijauan dan konsentrat. Hijauan terdiri dari silase daun singkong. Sedangkan konsentrat terdiri dari onggok, DDGS, *pollard*, bungkil kelapa sawit, dan molasses. Tahap selanjutnya yaitu penimbangan yang dilakukan sesuai dengan perhitungan yang telah ditentukan. Pencampuran dilakukan dengan cara mencampurkan bahan pakan yang memiliki jumlah kebutuhan yang paling besar hingga terkecil. Pencampuran dilakukan dengan cara dilakukan mengaduk dari bawah ke atas sampai pakan tercampur secara sempurna. Kandungan nutrisi penyusun ransum basal dan kandungan nutrisi ransum perlakuan serta kandungan nutrisi ransum perlakuan yang sudah dianalisis dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Kandungan nutrisi bahan penyusun ransum

Pakan	BK (%)	Kandungan Nutrisi Pakan					
		PK	LK	SK	Abu	BETN	TDN
		-----(%BK)-----					
Silase daun singkong*	35	22	9,3	13,86	5,32	49,52	61
Onggok**	30	2	1,35	15,62	5,66	75,37	76,32
DDGS**	89	25	10,9	8,8	5,8	49,5	78
Bungkil sawit***	92	14	14,61	24	13,8	33,59	72,32
Pollard****	86	16	4,95	3,64	3,9	71,51	73
Molasses*****	78	3,84	0,3	0,39	7,9	87,57	65
Premix	100	0	0	0	100	0	0

Sumber:

\*Ramli dan Rismawati (2007)

\*\*Syafudin *et al.* (2020)

\*\*\*Syamsi *et al.* (2020)

\*\*\*\*Fathul *et al.* (2023)

\*\*\*\*\* Chalisty *et al.* (2017)

Tabel 3. Kandungan nutrisi ransum basal

PK	Kandungan Nutrien Ransum			
	Abu	SK	LK	BETN
-----(% BK)-----				
13,193	5,801	16,073	10,111	45,602

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (2025)

### 3.4.3 Pembuatan mineral organik

#### 3.4.3.1 Pembuatan mineral Cu-Lisinat

Berikut ini langkah-langkah pembuatan mineral Cu-lisinat:



1. menyiapkan alat dan bahan;
2. menimbang lisin sebanyak 43,82 gr dan memasukkan bahan tersebut kedalam gelas ukur;
3. menambahkan aquades kedalam gelas ukur tersebut hingga 100 ml, kemudian mengaduknya hingga homogen;
4. menimbang  $\text{CuSO}_4$  sebanyak 15,94 g dan memasukkan bahan tersebut kedalam gelas ukur;
5. menambahkan aquades kedalam gelas ukur tersebut hingga 100 ml, kemudian mengaduknya hingga homogen;
6. mencampurkan kedua bahan hingga homogen;
7. memasukkan larutan ke dalam botol dan mengaduknya kembali hingga homogen kemudian menutup botol dengan rapat.

#### 3.4.3.2 Pembuatan mineral Zn-Lisinat

Berikut ini langkah-langkah pembuatan mineral Zn-lisinat:



1. menyiapkan alat dan bahan;
2. menimbang lisin sebanyak 43,82 gr dan memasukkan bahan tersebut kedalam gelas ukur;
3. menambahkan aquades kedalam gelas ukur tersebut hingga 100 ml, kemudian mengaduknya hingga homogen;
4. menimbang  $\text{ZnSO}_4$  sebanyak 16,13 gr dan memasukkan

- bahan tersebut kedalam gelas ukur;
5. menambahkan aquades kedalam gelas ukur tersebut hingga 100ml, kemudian mengaduknya hingga homogen;
  6. mencampurkan kedua bahan hingga homogen;
  7. memasukkan larutan ke dalam botol dan mengaduknya Kembali hingga homogen kemudian menutup botol dengan rapat.

#### **3.4.4 Tahap prelium kambing**

Tahap prelium kambing dilakukan selama 2 minggu, dimana selama penelitian berlangsung kambing diberi ransum perlakuan yang bertujuan agar kambing dapat beradaptasi dengan pakan dan lingkungan sekitarnya. Pemberian ransum pada kambing dengan tiga perlakuan yaitu P0: Ransum Basal 100% (silase daun singkong, onggok press, bungkil kelapa sawit, DDGS, *pollard*, molasses, dan premix), P1: P0 + 10 ppm Cu-lisinat + 40 ppm Zn-lisinat, P2: P1 + Asam amino metionin 0,1%. Kebutuhan pakan per ekor/hari pada saat prelium dihitung sebanyak 3% (BK) dari bobot badan kambing. Pakan diberikan 2 kali sehari pada pukul 07.00 WIB dan pukul 16.00 WIB serta air minum secara *adlibitum*.

### **3.5 Peubah yang Diamati**

#### **3.5.1 Konsumsi ransum**

Konsumsi ransum pada kambing dihitung dengan cara menimbang jumlah pakan yang diberikan dikurangi dengan sisa pakan yang tidak termakan. Konsumsi pakan dihitung berdasarkan bahan kering (BK) dengan rumus sebagai berikut:

Konsumsi ransum (kg/ekor/hari) = Ransum yang diberikan (kg) - Sisa ransum (kg)

(Aryanto *et al.*, 2013).

#### **3.5.2 Pertambahan bobot tubuh**

Pertambahan bobot tubuh (PBT) diperoleh dari hasil selisih antara bobot badan setelah 35 hari pemeliharaan (bobot badan akhir) dengan bobot badan sebelum pemeliharaan setelah masa prelium (bobot badan awal). Pertambahan bobot tubuh diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$\text{PBT (g/ekor/hari)} = \frac{\text{Bobot tubuh akhir (kg)} - \text{Bobot tubuh awal (kg)}}{\text{Lama pemeliharaan (hari)}}$$

(Sodikin *et al.*, 2016).

### 3.5.3 Efisiensi ransum

Efisiensi ransum adalah perbandingan antara pertambahan bobot badan yang dihasilkan dengan jumlah pakan yang dikonsumsi. Efisiensi ransum dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi ransum} = \frac{\text{Pertambahan bobot badan (kg)}}{\text{Konsumsi ransum (kg)}} \times 100\%$$

(Sodikin *et al.*, 2016).

## 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Uji Anova (*Analysis of Variance*). Apabila diperoleh hasil berpengaruh nyata, maka analisis akan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf 5%

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: Suplementasi mineral organik (Cu-Lisinat dan Zn-Lisinat) dan asam amino pembatas (metionin) dalam ransum berbasis limbah singkong berpengaruh pada konsumsi ransum dan tidak berpengaruh terhadap penambahan bobot tubuh, dan efisiensi ransum kambing *cross boer* jantan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggorodi, R. (1985). *Kemajuan Mutakhir dalam Ilmu Makanan Ternak Unggas*. PT Gramedia. Jakarta.
- Aryanto, B. Suwigyo, dan Panjono. (2013). Efek Pengurangan dan Pemenuhan Kembali Jumlah Pakan terhadap Konsumsi dan Kecernaan Bahan Pakan pada Kambing Kacang dan Peranakan Etawah Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Utara. *Buletin Peternakan*. 37(1), 12–18.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2025). *Populasi Kambing menurut Provinsi, 2024*. BPS. Jakarta.
- Biswas, P., Pal, A. K., Sahu, N. P., Reddy, A. K., Prusty, A. K., & Misra, S. (2007). Lysine and or Phytase Spplementation in the Diet of *Penaeus monodon* juveniles: Effect on Growth, Body Composition and Lipid Profile. *Aquaculture*, 265, 253–260.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors Affecting Dry Matter and Quality Losses in Silages. *Journal of Dairy Science*, 101, 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Burns, M. J. (1981). Role of Copper in Physiological Process. *Auburn Veterinary Journal*, 38(1), 12–13.
- Chalistry, V. D., Utomo, R., & Bachruddin, Z. (2017). Pengaruh Penambahan Molases, *Lactobacillus plantarum*, *Trichoderma viride*, dan Campurannya terhadap Kualitas Silase Total Campuran Hijauan. *Buletin Peternakan*, 41(4), 431–438. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v41i4.17337>
- Christi, R. F., Rochana, A., & Hernaman, I. (2018). Kualitas Fisik dan Palatabilitas Konsentrat Fermentasi dalam Ransum Kambing Perah Peranakan Etawa. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 18(2), 115–123. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i2.19461>

- Church, D. C. (1993). *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Waveland Press.
- Ding, W., Lu, Y., Xu, B., Chen, P., Li, A., Jian, F., Yu, G., & Huang, S. (2024). Meat of Sheep: Insights into Mutton Evaluation, Nutritive Value, Influential Factors and Interventions. *Agriculture*, 14(1), 1–26. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010001>
- EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed, 2015. Scientific Opinion on the safety and efficacy of zinc chelate of L-lysinate-HCl as feed additive for all animal species. *EFSA Journal*, 13(11):4267, 20. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4267>
- Fathul, F., Liman, Purwaningsih, N., & Tantalo, S. (2023). *Pengetahuan Pakan dan Formulasi Ransum*. Universitas Lampung.
- Hadi, S., Abdullah, L., & Prihantoro, I. (2023). Evaluasi Konsumsi Pakan dan Kecukupan Nutrien Sapi Pejantan berbagai Bangsa di Balai Inseminasi Buatan Lembang. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*, 5(3), 115–123. <https://doi.org/10.24198/jnttip.v5i3.49566>
- Handayani, V. P. (2005). *Kecernaan dan Penggunaan Pakan untuk Pertambahan Bobot Badan Ternak*. Skripsi. Fakultas Peternakan, Universitas Syiah Kuala.
- Harry, T. U., Parakkasi, A., Haryanto, B., & Wiradarya, T. R. (2005). Pengujian in Vitro Gelatin Sagu, Sumber NPN, Mineral Kobalt dan Seng pada Cairan Rumen Domba. *Jurnal Ilmu Ternak*, 5(2), 53–57.
- Hasnudi & Wahyuni, T. H. (2005). Pengaruh Penggunaan Hasil Sampingan Industri Kelapa Sawit dan Limbah Pertanian terhadap Performa dan Bobot Potong Domba Sei Putih. *Jurnal Agripet*, 1(1), 1–17.
- Hartati, S., Syafaruddin, S., & Zainal, A. (2009). Peranan Mineral Tembaga dalam Metabolisme Tubuh dan Produksi Hemoglobin pada Ternak Ruminansia. *Jurnal Ilmu Ternak*.
- Haryanto, B. (2012). Perkembangan Penelitian Nutrisi Ruminansia. *Wartazoa*, 22(4), 169–177.
- Hernaman, I., Budiman, A., & Rusmana, D. (2007). Pembuatan Silase Campuran Ampas Tahu dan Onggok serta Pengaruhnya terhadap Fermentabilitas dan Zat Makanan. *Bionatura*, 9(2), 172–183.
- Hill, G.M., & Shannon, M.C. (2019). Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*. 188, 148–159. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1578-5>

- Hutagalung, R., Ginting, P., & Sukoco, A. (2019). Pengaruh Fermentasi Onggok terhadap Peningkatan Kandungan Protein sebagai Pakan Alternatif. *Jurnal Ilmu Peternakan*, 24(1), 12–18.
- Hy, L., Zaenuri, L. A., Yuliani, E., & Sumadisa, I. W. L. (2024). Pemanfaatan Boer untuk Semen Kambing Meningkatkan Produktivitas Kambing Lokal. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 7(3), 982–987.
- Ibrahim, I & Usman, U. (2019). Efisiensi Ransum dengan Penggunaan Dedak Padi Fermentasi pada Ayam Kampung Fase Pertumbuhan. *Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian*, 1(2).
- Imik, H. & Gunlu, A. (2011). Effects of Sodium Bicarbonate, Polyethylene glycol and Methionine added to Rations with Sorghum in Fattening Lambs. *Revue de Medecine Veterinaire*, 162, 432–439.
- Indrawan, P. M., Suwitari, N. K. E., & Suariani, L. (2021). Pengaruh Pemberian Lisin dan Metionin terhadap Penampilan Ayam Kampung. *Gema Agro*, 26(1), 27–32.
- Irawan, A., Sofyan, A., Wahyono, T., Harahap, M. A., Febrisiantosa, A., Sakti, A. A., Herdian, H., & Jayanegara, A. (2023). Relationships between Dietary Rumen-Protected Lysine and Methionine with Lactational Performance of Dairy Cows: A meta-analysis. *Animal Bioscience*, 36(11), 1666. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0027>
- Kabeakan, N. T. M. B., Alqamari, M., & Yusuf, M. (2020). Pemanfaatan Teknologi Fermentasi Pakan Komplit Berbasis Hijauan Pakan Untuk Ternak Kambing. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 196-203. <https://doi.org/10.30596/ihsan.v2i2.5333>
- Kaunang, D., Siyadi, & Wahjuningsih, S. (2014). Analisis Litter Size, Bobot Lahir, dan Bobot Sapih Hasil Perkawinan Kambing Boer dan Peranakan Etawah. *Jurnal Ilmu-ilmu Peternakan*, 23(3), 41–46. <https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/131>
- Kusuma, Y. T., Santosa, P. E., Ermawati, R., & Suharyati, S. (2025). Pengaruh Penambahan Milk Replacer dalam Ransum terhadap Total Protein Plasma dan Glukosa Darah Kambing Cross Boer Jantan. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 9(2), 299–312. <https://doi.org/10.23960/jrip.2025.9.2.299-312>
- Mahmilia, F., & Doloksaribu, M. (2010). Keunggulan Relatif Anak Hasil Persilangan antara Kambing Boer dengan Kacang pada Periode Prasapih. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 15(2), 124–130.
- Marhaenyanto, E. (2007). Pemanfaatan Silase Daun Ubi Kayu untuk Pakan Kambing. *Buana Sains*, 7(1), 71–82.

- Mathius, I. W., Yulistiani, D., Wina, E., Haryanto, B., Wilson, A., & Thalib, A. (2001). Pemanfaatan Energi Terlindung untuk Meningkatkan Efisiensi Pakan pada Domba Induk. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 6(1), 7–11.
- Mashudi. (2014). *Suplementasi Asam Amino Lisin dan Metionin Terproteksi pada Ransum terhadap Produktivitas Kambing*. Tesis. Universitas Brawijaya.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2011). *Animal Nutrition* (7th ed.). Pearson.
- McDowell, L. R. (1992). Zinc. In T. J. Cunha (Ed.), *Minerals in Human and Animal Nutrition*, 265–293. Academic Press.
- Mion, B., Van Winters, B., King, K., Spricigo, J. F. W., Ogilvie, L., Guan, L., DeVries, T. J., McBride, B. W., LeBlanc, S. J., Steele, M. A., & Ribeiro, E. S. (2022). Effects of Replacing Inorganic Salts of Trace Minerals with Organic Trace Minerals in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6693–6709. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21908>
- Muhtarudin, Liman, & Widodo, Y. (2003). Penggunaan Seng Organik dan PUFA untuk Meningkatkan Ketersediaan Seng dan Pertumbuhan Kambing. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*.
- Muhtarudin & Liman. (2006). Penentuan Tingkat Penggunaan Mineral Organik untuk Memperbaiki Bioproses Rumen pada Kambing Secara In Vitro. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 8, 132- 140. <https://doi.org/10.31186/jipi.8.2.132-140>
- Muhtarudin, Liman, I. C. A., Permana, I., Pangestika, G. A., Wijianto, E., Susanti, E., & Adhianto, K. (2018). The Effect of Palm Oil by-product Rations on Rumen Parameters and Digestibility in Ongole Cattle. *Pakistan Journal of Nutrition*, 17(12), 622–626. <https://doi.org/10.3923/PJN.2018.622.626>
- Mulyono, S. & Sarwono, B. (2005). *Penggemukan Kambing Potong*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academic Press.
- Nugroho, T., Kustiyani, C., Ratriyanto, A., Widyas, N., & Prastowo, S. (2019). Reproductive Rate Performance of Boer goat and its F1 Cross. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 334(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/334/1/012033>
- Parakkasi, A. (1999). *Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak ruminansia*. Indonesia University Press. Jakarta.

- Prihandono, R. (2001). *Pengaruh Suplementasi Probiotik Bioplus, Lisinat Zn dan Minyak Ikan terhadap Fermentasi Rumen Domba*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Pond, W. G., Church, D. C., & Pond, K. R. (1995). *Basic Animal Nutrition and Feeding* (4th ed.).
- Puastuti, W. (2009). Manipulasi Bioproses Rumen untuk Meningkatkan Penggunaan Pakan Berserat. *Wartazoa*, 19(4), 180–190.
- Ramaiyulis, & Salvia, M. D. (2022). *Ransum Ruminansia*. Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Payakumbuh.
- Ramli, N. & Rismawati. (2007). Integrasi Tanaman Singkong dan Ternak Unggas. *Rapat Komisi Pakan*, Institut Pertanian Bogor.
- Ravindran, V. (1992). Utilization of Cassava Leaves in Animal Nutrition. *Journal of Natural Science*, 21, 1–26.
- Sarwono, B. (2007). *Beternak Kambing Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C., & Young, R. J. (1982). *Nutrition of the Chickens* (3rd ed.). M. L. Scott and Associates.
- Sodikin, A., Erwanto, & Adhianto, K. (2016). Pengaruh Multi Nutrient Sauce terhadap Pertambahan Bobot Badan Sapi Potong. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 4(3), 199–203.  
<https://doi.org/10.23960/jipt.v4i3.p%25p>
- Subandriyo. (2004). Strategi Pemanfaatan Plasma Nutfah Kambing Lokal. *Prosiding Lokakarya Nasional Kambing Potong*, 39–50.
- Susandari, L., C. M. S. Lestari dan H. I. Wahyuni. (2004). Komposisi lemak tubuh yang mendapat pakan pelet dengan berbagai aras lisin. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner Fakultas Peternakan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Syafrudin, A. I., Pangestu, E., & Christiyanto, M. (2020). Nilai TDN Bahan Pakan by-product Industri Pertanian. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 15(3), 302–307. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.15.3.302-307>
- Syamsi, A. N., Ifani, M., Widodo, H. S., Rahayu, R. A., & Meilinda, C. L. (2020). Nutrisi dan Indeks Sinkronisasi Protein Energi Bungkil. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal*, 202–209.

- Tillman, A. D., Hartadi, H., Reksohadiprodjo, S., Prawirokusumo, S., & Lebdososukojo, S. (1991). *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Gadjah Mada University Press.
- Vázquez-Añón, M., Kratzer, D., González Esquerra, R., Yi, I. G., & Knight, C. D. (2006). A Regression Model to Contrast HMTBA and DL-Methionine in Broilers. *Poultry Science*, 85(4), 693–705.
- Villa, R. E., Azimonti, G., Bonos, E., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Gehring, R., Glandorf, B., Kouba, M., López-Alonso, M., Marcon, F., Nebbia, C., Pechová, A., Prieto-Maradona, M., Theodoridou, K., Gropp, J., Holczknecht, O., Galobart, J., & Navarro-Villa, A. (2026). Safety and efficacy of a feed additive consisting of zinc-lysinate sulfate for all animal species (Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH). *European Food Safety Authority Journal*, 24(2), 9927. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2026.9927>
- Wiyatna, M. F. & Hernaman, I. (2016). Pengaruh Suplementasi Metionin-CPO dalam Ransum terhadap Performa Domba. *Jurnal Ilmu Ternak*, 16(2), 56–58. <https://doi.org/10.24198/jit.v16i2.11577>
- Zhou, E. T. Kornegay, H. van Laar, J.W.G.M. Swinkels, E. A. Wong, M. D. Lindemann, The role of feed consumption and feed efficiency in copper-stimulated growth, *Journal of Animal Science*, 72(9), 2385-2394 <https://doi.org/10.2527/1994.7292385x>