

PENGARUH SUBSTITUSI DAUN SINGKONG DENGAN AZOLLA (*Azolla pinnata*) TERHADAP PRODUKSI, KADAR PROTEIN DAN KADAR LAKTOSA SUSU KAMBING PERAH PERANAKAN ETAWA

(Skripsi)

Oleh
Adila Zahra Tunnisa
2214241040



**JURUSAN PETERNAKAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH SUBSTITUSI DAUN SINGKONG DENGAN AZOLLA (*Azolla pinnata*) TERHADAP PRODUKSI, KADAR PROTEIN DAN KADAR LAKTOSA SUSU KAMBING PERAH PERANAKAN ETAWA

Oleh

Adila Zahra Tunnisa

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi daun singkong dengan azolla terhadap produksi, kadar protein dan laktosa susu kambing perah Peranakan Etawa (PE). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober–November 2025. Lokasi penelitian ini dilakukan di Peternakan Soccer Mania, Desa Sumber Gede, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Analisis susu kambing dilakukan di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan dan tiga kelompok sebagai ulangan, sehingga terdapat sembilan satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan yaitu P0 (70% daun singkong + 30% ampas tahu); P1 (65% daun singkong + 30% ampas tahu + 5% azolla); dan P2 (60% daun singkong + 30% ampas tahu + 10% azolla). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dengan taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa perlakuan ransum P0, P1 dan P2 tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap produksi, kadar protein dan laktosa susu kambing perah PE. Namun perlakuan P0, P1, P2 menunjukkan hasil kadar protein dan kadar laktosa yang memenuhi standar yang ada di Indonesia.

Kata kunci: Kambing Peranakan Etawa, Azolla, Produksi Susu, Laktosa, Protein, Susu Kambing.

ABSTRACT

THE EFFECT OF CASSAVA LEAF SUBSTITUTION WITH AZOLLA (*Azolla pinnata*) ON MILK PRODUCTION, PROTEIN CONTENT, AND LACTOSE CONTENT OF PERANAKAN ETAWA DAIRY GOATS

By

Adila Zahra Tunnisa

This study aimed to determine the effect of substituting cassava leaves with azolla on milk production, protein content, and lactose content of Peranakan Etawa (PE) dairy goats. The research was conducted from October to November 2025 at Soccer Mania Farm, Sumber Gede Village, East Lampung Regency, Lampung Province, Indonesia. Milk analysis was carried out at the Animal Production Laboratory, Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The experimental design used was a Randomized Block Design (RBD) consisting of three treatments and three blocks as replications, resulting in nine experimental units. The treatments were as follows: P0 (70% cassava leaves + 30% tofu by-product); P1 (65% cassava leaves + 30% tofu by-product + 5% azolla); and P2 (60% cassava leaves + 30% tofu by-product + 10% azolla). The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 5% significance level and followed by Duncan's multiple range test. The results showed that dietary treatments P0, P1, and P2 had no significant effect ($P > 0.05$) on milk production, protein content, and lactose content of PE dairy goat milk. However, treatments P0, P1, and P2 showed protein and lactose levels that complied with the standards set in Indonesia.

Kata kunci: Peranakan Etawa Goat, Azolla, Milk Production, Lactose, Protein, Goat Milk.

PENGARUH SUBSTITUSI DAUN SINGKONG DENGAN AZOLLA (*Azolla pinnata*) TERHADAP PRODUKSI, KADAR PROTEIN DAN KADAR LAKTOSA SUSU KAMBING PERAH PERANAKAN ETAWA

Oleh

Adila Zahra Tunnisa

Skripsi

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

pada

Jurusan Peternakan

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **PENGARUH SUBSTITUSI DAUN SINGKONG
DENGAN AZOLLA (*Azolla pinnata*) TERHADAP
PRODUKSI, KADAR PROTEIN DAN KADAR
LAKTOSA SUSU KAMBING PERAH
PERANAKAN ETAWA**

Nama : **Adifa Zahra Junnisa**

NPM : **2214241040**

Jurusan : **Peternakan**


Fakultas : **Pertanian**

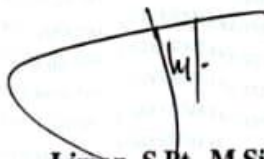


1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota


Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.
NIP. 197801132009122001


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

2. Ketua Jurusan Peternakan


Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si., IPU.
NIP. 196706031993031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

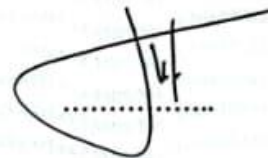
Ketua

: Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si.



Sekretaris

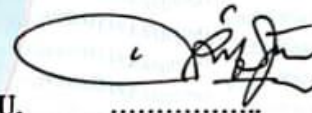
: Liman, S.Pt., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si., IPU.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

1964/1181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Adila Zahra Tunnisa
NPM : 2214241040
Jurusan : Peternakan
Fakultas : Pertanian

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Pengaruh Substitusi Daun Singkong dengan *Azolla (Azolla pinnata)* terhadap Produksi, Kadar Protein dan Kadar Laktosa Susu Kambing Perah Peranakan Etawa" 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, 30 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Adila Zahra Tunnisa

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Liwa, Kabupaten Lampung Barat pada 20 April 2004, anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Murja Musthofa dengan Ibu Sefni Listiana. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 03 Liwa, Kecamatan Balik-Bukit, Kabupaten Lampung Barat pada 2016, sekolah menengah pertama di SMP Negeri Sekuting Terpadu, Kecamatan Balik-Bukit, Kabupaten Lampung Barat pada 2019, dan sekolah menengah atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung pada 2022.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada 2022 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Negeri). Pada 2024 penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Peternakan (HIMAPET), Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada Januari-Februari 2025 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Harapan Rejo, Kecamatan Seputih Agung, Kabupaten Lampung Tengah. Pada Juni-Agustus 2025 penulis juga melaksanakan Praktik Umum di UPT PT dan HMT Batu, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Penulis pernah melaksanakan magang mandiri di CV. Dwi Putra Laksana dan menjadi asisten praktikum mata kuliah Anatomi dan Fisiologi Ternak.

MOTTO

"Sesungguhnya Allah tidak menzalimi seseorang walaupun sebesar zarah."

(QS. An-Nisā': 40)

"Kemarin sudah berlalu, hari esok belum tiba, hari ini belum pasti, ayoo semangat!!"

(Our Unwritten Seoul)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai pemberi syafaat di yaumul akhir nanti...Aamiin...

Karya ini penulis persembahkan sebagai bukti tanda sayang dan cinta yang tak terhingga kepada Orang tua tercinta, Umiku sayang Ibu Sefni Listiana dan Ayahku Bapak Murja Musthofa yang telah merawat, membimbing, melindungi dan memberikan kasih sayang yang tulus serta penuh keikhlasan serta selalu mendoakan keberhasilan dan kesuksesan penulis.

Karya ini juga penulis persembahkan kepada seluruh keluarga tercinta amongku, adik-adikku, pasanganku dan semua orang yang yang selalu menjadi penyemangat terbaik, selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil. Tak lupa dipersembahkan untuk diri sendiri yang tidak pernah berhenti bersemangat, berusaha dan berdoa untuk menyelesaikan skripsi ini.

Serta

Almameter Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya dengan judul “Pengaruh Substitusi Daun Singkong dengan *Azolla pinnata* terhadap Produksi, Kadar Protein, dan Kadar Laktosa Susu Kambing Peranakan Etawa” sebagai 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, terima kasih telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan studi di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si., IPU., selaku Ketua Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan sekaligus dosen penguji, terima kasih telah member kritik, saran dan masukan yang sangat membantu penulis dalam memperbaiki skripsi ini;
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, terimakasih atas bimbingan dan saran dalam proses penyusunan skripsi ini;
4. Bapak Liman, S.Pt., M.Si., selaku pembimbing akademik penulis sekaligus dosen pembimbing anggota bagi penulis, terima kasih atas bimbingan dan nasehat dalam proses kuliah kepada penulis;

5. Ibu Dr. Veronica Wanniatie, S.Pt., M.Si., selaku dosen pembimbing utama, terima kasih telah meluangkan waktu, tenaga, saran dan nasihat serta atas bimbingannya dalam proses penyusunan skripsi ini;
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas bimbingan, nasehat, dan ilmu yang diberikan selama masa studi;
7. Umiku tercinta, Ibu Sefni Listiana sosok perempuan tangguh dan terkuat dalam kehidupan penulis, terima kasih dengan penuh kasih sayang melahirkan, merawat, membesarkan dan mendampingi penulis sejak kecil hingga saat ini. Terima kasih untuk setiap doa yang tidak pernah putus, harapan, dukungan dan juga pengorbanan yang sering terabaikan. Terima kasih untuk bentuk cinta tulus, perhatian dan kekuatan tanpa pernah mengeluh. Terima kasih untuk segala bentuk kasih sayang, kesabaran dan dukungan umi menjadi penunjang utama yang menguatkan penulis hingga mampu bertahan, tumbuh, kuat dan akhirnya menyelesaikan skripsi ini.
8. Ayahku tercinta, Bapak Bapak Murja Musthofa, terima kasih atas segala bentuk cinta, pengorbanan dan dukungan yang ayah berikan sedari penulis kecil hingga saat ini. Terima kasih telah menjadi salah satu sumber utama kekuatan bagi penulis dalam menjalani proses kehidupan, termasuk dalam menyelesaikan skripsi ini. Dari ayah, penulis belajar untuk menjadi anak perempuan pertama yang kuat, mandiri, dan mampu menghadapi berbagai tantangan.
9. Kedua adikku tercinta, Hani Najla Azizah, dan Arsa Inara Azzahra, terima kasih atas semangat, doa, cinta dan kebersamaan yang selalu diberikan kepada penulis. Semangat berproses menjadi versi paling hebat, adik adikku;
10. Amongku tercinta Ibu Rohmanila, terima kasih atas cinta tulus, dukungan semangat, doa dan pengorbanan yang among berikan sejak penulis kecil hingga saat ini. Terima kasih atas pengorbanan yang tidak pernah putus, semangat dan kasih sayang among yang tulus menjadi salah satu sumber utama kekuatan penulis dalam menjalani hari-hari dengan penuh semangat dan kepercayaan diri.

11. Aditya Kurniawan, terima kasih telah hadir di kehidupan penulis. Terima kasih atas segala bentuk cinta, bantuan, semangat doa dan pengorbanan yang diberikan selama ini. Terimakasih selalu menemani, mewarnai perjalanan perkuliahan ini, mari wujudkan cita-cita kita bersama sebagai pasangan hidup;
12. Bapak Yanto Ebenk dan Ibu Esti selaku pemilik Soccer Mania Farm, dan seluruh staff Soccer Mania terima kasih atas arahan, dukungan, serta ketersediaan tempat penelitian yang diberikan selama penelitian;
13. Rekan tim penelitian "Bismillah" Clarissa Dwi Rahmanita dan Alvina Hassifa, terima kasih telah berjuang bersama selama masa penelitian;
14. Sahabat-sahabatku tercinta, Maysya, Zhefira, Batucitygurls (Alvina, Clarisa, Neva, Sherika, Elisa), Uuuupensi gang dan rekan KKN Harapan Rejo 2025, yang selalu memberikan inspirasi untuk terus melangkah maju kedepan, menjadi sahabat bertukar pikiran, tempat berkeluh kesah, dan menjadi support sistem penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, doa yang senantiasa dilantarkan dan seluruh hal baik yang diberikan kepada penulis selama ini;
15. Keluarga kecil NTP B 2022 dan keluarga besar Jurusan Peternakan angkatan 2022, atas kebersamaannya;
16. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri, terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan selalu berusaha melakukan yang terbaik untuk dirimu sendiri sampai di titik ini. Terimakasih karena memutuskan untuk bangkit dan tidak menyerah sesulit apapun dalam proses penyusunan skripsi ini, apapun kurang dan lebihmu mari tetap bersyukur dan merayakan diri sendiri.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 30 Maret 2026
Penulis

Adila Zahra Tunnisa

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kambing Perah Peranakan Etawa	8
2.2 Hijauan	9
2.2.1 Daun singkong	10
2.2.2 Azolla (<i>Azolla pinnata</i>)	11
2.3 Konsentrat	13
2.4 Susu Kambing	14
2.5 Produksi Susu	15
2.6 Kadar Protein	16
2.7 Kadar Laktosa	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20

3.2.1 Alat penelitian	20
3.2.2 Bahan penelitian	20
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Pra penelitian	23
3.4.1.1 Persiapan bahan pakan	23
3.4.1.2 Persiapan kandang dan kambing	23
3.4.2 Tahap prelium	24
3.4.3 Kegiatan penelitian	24
3.4.4 Tahap pengambilan sampel susu	25
3.4.5 Tahap pengukuran parameter	25
3.4.5.1 Produksi susu kambing perah (PE)	25
3.4.5.2 Kadar protein dan laktosa susu kambing perah (PE)	26
3.5 Peubah yang Diamati	26
3.6 Analisis Data	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Produksi Susu Kambing Peranakan Etawa (PE)	27
4.2 Kadar Protein Susu Kambing Peranakan Etawa (PE)	32
4.3 Kadar Laktosa Susu Kambing Peranakan Etawa (PE)	36
V. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan nutrisi bahan pakan	21
2. Susunan ransum P0	22
3. Susunan ransum P1	22
4. Susunan ransum P2	22
5. Rata-rata produksi susu kambing perah (PE).....	27
6. Rata-rata kadar protein susu kambing perah (PE).....	32
7. Rata-rata kadar laktosa susu kambing perah (PE)	36
8. Hasil <i>analysis of variance</i> (ANOVA) produksi susu kambing (PE)	53
9. Hasil <i>analysis of variance</i> (ANOVA) kadar protein susu kambing (PE)	53
10. Hasil <i>analysis of variance</i> (ANOVA) kadar laktosa susu kambing (PE).....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kambing Peranakan Etawa (PE).....	9
2. Daun singkong	11
3. <i>Azolla pinnata</i>	12
4. Ampas tahu	14
5. Tata letak rancangan percobaan	21
6. Pemberian ransum perlakuan	24
7. Proses pemerahan susu	25
8. Proses analisis susu	26

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai makhluk hidup, manusia membutuhkan pangan sebagai kebutuhan dasar yang esensial untuk memenuhi asupan gizi dan nutrisi. Dalam hal ini, susu memegang peranan penting karena kandungan protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, dan laktosa yang menjadi sumber energi dan zat pembangun tubuh. Konsumsi susu nasional Indonesia terus meningkat akibat pertumbuhan penduduk dan peningkatan daya beli masyarakat. Pada tahun 2022, kebutuhan susu di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 4,4 juta ton, namun sebagian besar masih dipenuhi melalui impor karena produksi dalam negeri belum memadai.

Kesenjangan antara kebutuhan dan produksi susu domestik ini membuka ruang besar bagi pengembangan alternatif sumber susu, termasuk dari kambing perah. Populasi kambing di Indonesia terus mengalami peningkatan karena memberikan keuntungan yang cukup besar, baik dari produksi susu maupun dagingnya. Usaha pemeliharaan kambing perah banyak dijumpai di berbagai daerah di Indonesia. Jenis kambing perah yang paling banyak dikembangkan adalah kambing Peranakan Etawa (PE), karena mudah dibudidayakan, memiliki kemampuan adaptasi yang baik, serta mampu bertahan hidup dengan optimal di lingkungan Indonesia.

Selain itu kambing Peranakan Etawa (PE) menjadi pilihan potensial, karena selain dapat dipelihara dalam skala peternakan rakyat, susu kambing memiliki karakteristik nutrisi yang mendekati ASI dan lebih mudah dicerna oleh sebagian orang yang memiliki masalah pencernaan terhadap susu sapi. Susu kambing memiliki keunggulan khusus seperti kandungan vitamin A, riboflavin, niasin, asam lemak rantai pendek, zinc, besi, dan magnesium yang dalam beberapa kasus lebih tinggi atau lebih mudah dicerna dibanding susu sapi.

Hambatan utama yang dihadapi peternakan kambing perah khususnya oleh peternak menengah ke bawah adalah terbatasnya akses terhadap input produksi berkualitas, terutama pakan. Keterbatasan hijauan berkualitas dan konsentrat pakan membuat harganya relatif mahal dan terkadang menyulitkan peternak. Ketersediaan hijauan musiman menyebabkan suplai nutrisi seringkali tidak konsisten sepanjang tahun. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan akan bahan pakan alternatif yang lebih mudah diperoleh, berkualitas tinggi, aman dikonsumsi ternak, serta tersedia.

Untuk menjaga produktivitas, produksi dan kualitas susu seperti kadar protein dan laktosa, diperlukan pakan alternatif yang murah, lokal, dan berkelanjutan. Dalam konteks kebijakan nasional, pemerintah Indonesia mendorong efisiensi anggaran dan pemanfaatan sumber daya lokal. Salah satu target nasional adalah mengurangi ketergantungan impor susu, sekaligus meningkatkan kontribusi produksi dalam negeri. Di sisi lain, isu ketahanan pangan dan pengurangan limbah agroindustri semakin mendapat perhatian, sehingga pemanfaatan limbah seperti daun singkong atau tanaman lokal cepat tumbuh seperti azolla sebagai bahan pakan alternatif semakin relevan dan strategis.

Pemanfaatan daun singkong sebagai pakan ruminansia sudah lazim digunakan karena proses perkambungan biakan singkong yang mudah dan pertumbuhannya yang cocok di Indonesia menjadikan ketersediannya melimpah. Selain daun singkong beberapa penelitian baru juga mulai mengeksplorasi potensi azolla sebagai pakan alternatif. Azolla merupakan sumber pakan alternatif yang potensial. Kandungan protein kasar azolla mencapai 20–28%, kaya vitamin A,

B12, mineral, flavonoid, serta fenolik, dan dapat dibudidayakan secara mudah dalam kolam sederhana dengan input rendah (Susilo *et al.*, 2024). Penelitian Haryaningtyas *et al.* (2025) menunjukkan bahwa campuran 25% ampas tahu fermentasi dan 15% azolla segar dalam ransum unggas mampu menurunkan biaya pakan hingga 23% dengan *feed conversion ratio* (FCR) yang tetap kompetitif. Dengan demikian, pemanfaatan limbah agroindustri dan tanaman lokal ini berpotensi menjadi strategi efisiensi pakan yang berkelanjutan.

Konteks pemanfaatan pakan alternatif ini sangat relevan dengan peran Kambing Peranakan Etawa (PE) sebagai salah satu komoditas unggulan. Kambing PE dikenal sebagai kambing dwiguna penghasil daging dan susu (Prasetio *et al.*, 2025). Azolla dalam perkembang biakannya juga sangat cepat. Tanaman ini dapat berkembang biak melalui dua cara, yaitu secara generatif (fragmentasi) maupun vegetatif. Perbanyakannya secara vegetatif dilakukan melalui pemisahan cabang samping dari cabang utama, yang kemudian tumbuh menjadi individu baru (Djojowito, 2000). Bentuknya kecil, bertekstur lunak, serta memiliki cabang yang tidak beraturan dan mengapung di air.

Dengan kandungan gizi yang terdapat pada daun singkong dan azolla pinnata, diharapkan dapat mempertahankan atau meningkatkan produksi susu dan kualitas kimianya sehingga mengatasi masalah mahalannya harga ransum kambing perah. Dengan sangat mudahnya hijauan ini untuk ditemukan dan dikembangbiakkan menjadi salah satu pendukung untuk dicampurkan dan menjadikan komposisi ransum yang disusun mempengaruhi tingkat keuntungan maksimum per periode produksi.

Maka penelitian ini difokuskan pada pengaruh substitusi daun singkong dengan azolla terhadap produksi, kadar protein, dan laktosa susu kambing Peranakan Etawa (PE) guna memperoleh informasi ilmiah yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan pakan alternatif berbasis sumber daya lokal.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. mengetahui pengaruh substitusi daun singkong dan azolla terhadap produksi susu, kadar protein dan laktosa susu kambing perah (PE);
2. mengetahui proporsi terbaik dari substitusi daun singkong dengan azolla terhadap produksi susu, kadar protein dan laktosa susu kambing perah (PE).

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat memberikan informasi dan pembelajaran kepada peternak khususnya peternak kambing perah mengenai pengaruh substitusi daun singkong dengan azolla terhadap produksi susu, kadar protein dan laktosa susu kambing perah (PE).

1.4 Kerangka Pemikiran

Kambing Peranakan Etawa merupakan salah satu kambing yang dipelihara untuk menghasilkan susu karena memiliki daya adaptasi yang baik terhadap lingkungan tropis seperti di Indonesia. Susu yang dihasilkan oleh kambing ditujukan untuk menghasilkan sumber protein hewani yang berkualitas. Dalam pemeliharaannya produksi susu sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, fisiologis, manajemen pemeliharaan, dan nutrisi, namun di antara faktor tersebut, pakan merupakan komponen yang paling berperan karena menjadi sumber utama substrat sintesis susu (Manalu *et al.*, 2000).

Produksi susu dipengaruhi oleh jumlah sel sekretori dalam jaringan ambing, aktivitas sel sekretori dalam mensintesis susu, serta ketersediaan substrat berupa nutrisi dari pakan (Adriani *et al.*, 2003). Peningkatan pasokan nutrisi yang mengalir dalam darah menuju kelenjar susu kambing sangat berpengaruh terhadap komposisi susu yang dihasilkan, sehingga kualitas susu dari kelenjar ambing menjadi lebih baik. Menurut Bequette *et al.* (1998), pada masa puncak laktasi, tingkat sintesis komponen susu meningkat, namun jika tidak disertai dengan manajemen pakan yang tepat, hal ini dapat menyebabkan gangguan metabolisme

pada ternak. Oleh karena itu, produksi susu yang tinggi harus didukung oleh pembentukan dan koordinasi proses sintesis komponen susu yang melibatkan interaksi harmonis antara nutrisi, hormon, dan jaringan tubuh lainnya, sehingga setiap jaringan memperoleh asupan nutrisi yang seimbang. Bauman, (2000) menyatakan bahwa pola adaptasi ini merupakan hasil dari kecukupan jumlah pakan dan keseimbangan nutrisi yang diperlukan untuk sintesis susu.

Ransum yang dikonsumsi ternak mengalami proses fermentasi dalam rumen oleh mikroba rumen yang menghasilkan asam lemak volatil atau *Volatile Fatty Acids* (VFA), terdiri atas asetat, propionat, dan butirat. Asetat digunakan sebagai prekursor sintesis lemak susu, sedangkan propionat merupakan substrat utama glukoneogenesis di hati yang menghasilkan glukosa. Glukosa memiliki peran penting dalam sintesis susu karena digunakan sebagai sumber energi, komponen lemak susu, dan terutama sebagai bahan baku utama sintesis laktosa. Ransum dengan kandungan nutrient yang rendah akan menghambat terjadinya proses tersebut secara optimal,

Ketersediaan nutrient seperti protein dalam pakan sangat berpengaruh terhadap komposisi susu, terutama kadar protein. Menurut Tillman *et al.* (1998), protein dari pakan yang dikonsumsi oleh ternak akan digunakan untuk membentuk komponen-komponen susu, seperti protein dan laktosa. Di dalam rumen, protein tersebut pertama-tama dipecah menjadi peptida, lalu peptida ini diuraikan lagi menjadi asam-asam amino. Asam amino tersebut kemudian diubah menjadi amonia (NH_3), yang selanjutnya dimanfaatkan oleh mikroba dalam rumen untuk menghasilkan protein mikroba.

Protein mikrobial bersama dengan *by-pass* protein yang lolos dari degradasi rumen kemudian dicerna di usus halus menjadi asam amino. Asam amino ini diserap ke dalam darah, dialirkan ke ambing, dan dimanfaatkan oleh sel sekretori untuk membentuk kasein dan whey protein sebagai komponen utama protein susu (Utari *et al.*, 2012). Penelitian Ratya *et al.* (2017) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan protein dalam pakan maka akan semakin tinggi pula kandungan protein yang disekresikan ke dalam susu. Jika ketersediaan asam amino dari pakan

tidak mencukupi, tubuh ternak akan mengalami katabolisme otot untuk memenuhi kebutuhan sintesis protein susu (Collier, 1985).

Daun singkong memiliki kandungan protein kasar sebesar 20–27% dengan komposisi asam amino esensial seperti lisin, metionin, treonin, dan valin, serta karbohidrat terlarut yang tinggi. Protein dari daun singkong berperan sebagai sumber asam amino yang diperlukan dalam sintesis protein susu, sementara karbohidratnya difermentasi menjadi propionat yang selanjutnya diubah menjadi glukosa sebagai prekursor utama sintesis laktosa. Glukosa memiliki peran penting dalam sintesis susu karena digunakan sebagai sumber energi, komponen lemak susu, dan terutama sebagai bahan baku utama sintesis laktosa. Laktosa sangat menentukan volume susu melalui mekanisme pengaturan tekanan osmotik dalam alveolus ambing (Gunner *et al.*, 2023). Dengan demikian, semakin tinggi ketersediaan propionat dan glukosa hasil fermentasi rumen, maka semakin tinggi pula sintesis laktosa yang akan meningkatkan volume susu. Mineral seperti Ca, P, Fe, dan Zn yang terkandung di dalam daun singkong juga mendukung proses metabolisme ternak (Pertiwi *et al.*, 2019). Pemberian daun singkong dalam pakan berpotensi meningkatkan kadar protein susu melalui ketersediaan asam amino serta meningkatkan kadar laktosa dan produksi susu melalui ketersediaan glukosa hasil fermentasi karbohidrat.

Azolla sebagai pakan alternatif yang tinggi protein memiliki kandungan protein kasar 20–30%, lemak kasar 3–5%, abu mineral 10–15%, serta mineral penting seperti Ca (0,4–0,9%), P (0,1–0,2%), dan Fe. Azolla juga kaya vitamin A, B12, β -karoten, serta memiliki kandungan lignin yang rendah ($\pm 7\%$), sehingga tingkat kecernaannya tinggi. Protein azolla yang mudah dicerna menyediakan asam amino dalam jumlah cukup untuk mendukung sintesis protein susu. Selain itu, mineral Ca dan P berperan penting dalam metabolisme energi, terutama glukoneogenesis, sehingga meningkatkan ketersediaan glukosa untuk sintesis laktosa. Kandungan β -karoten dalam azolla juga berfungsi sebagai antioksidan yang menjaga kesehatan jaringan ambing, sehingga mendukung keberlangsungan sekresi susu (Susilo *et al.*, 2024). Oleh sebab itu, azolla dapat berkontribusi

terhadap peningkatan produksi susu, kadar protein, maupun kadar laktosa susu kambing PE.

Penelitian oleh Oni *et al.* (2010) melaporkan bahwa pemberian daun singkong meningkatkan pencernaan protein dan retensi nitrogen pada ruminansia. Penelitian Hassanein *et al.* (2023) juga membuktikan bahwa azolla dapat meningkatkan pencernaan nutrisi dan kualitas susu kambing. Azolla merupakan bahan pakan lokal yang murah dan mudah dibudidayakan, sehingga efisien untuk meningkatkan produktivitas ternak. Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh substitusi daun singkong dan azolla terhadap produksi susu, kadar protein dan laktosa susu kambing.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu;

1. terdapat pengaruh substitusi daun singkong dengan azolla terhadap produksi susu, kadar protein, dan laktosa susu kambing perah (PE);
2. terdapat proporsi terbaik dari pengaruh substitusi daun singkong dengan azolla terhadap produksi susu, protein, dan laktosa susu kambing perah (PE).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kambing Perah Peranakan Etawa (PE)

Kambing Peranakan Etawa (PE) merupakan hasil persilangan antara kambing Kacang dengan kambing Etawa. Kambing PE termasuk salah satu kambing penghasil susu dan memiliki daya adaptasi yang baik terhadap kondisi lingkungan tropis sehingga cocok dikembangkan di Indonesia (Subandriyo, 2008). Kambing PE disukai peternak karena memiliki fungsi dwiguna, yaitu sebagai penghasil susu dan daging. Persilangan kambing perah lokal dengan kambing perah eksotik yang memiliki produksi susu tinggi diharapkan dapat menghasilkan ternak silangan (komposit) yang memiliki daya adaptasi tinggi dan produksi susu tinggi (Kume *et al.*, 2012).

Klasifikasi kambing Peranakan Etawa adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Phylum : Chordata
Class : Mammalia
Ordo : Artiodactyla
Family : Bovidae
Subfamily : Caprinae
Genus : Capra
Species : *Capra hircus*

Kambing PE mempunyai ciri bulu berwarna belang hitam, putih, merah, cokelat, dan kadang putih. Telinganya lebar, panjang, dan menggantung. Memiliki ukuran tubuh yang cukup besar sebagaimana kambing Etawah. Kambing PE jantan dewasa dengan umur 1,5–2,5 tahun memiliki bobot badan 70–91 kg. Secara

kualitatif, fenotipe kambing PE adalah warna tubuh dominan, pola warna tubuh, penyebaran belang, warna dan bentuk kepala, serta sebagai penghasil susu (Muryanto dan Pramono, 2012).

Masa produksi susu (laktasi) mencapai delapan kali atau berumur tujuh tahun. Kambing PE memiliki masa laktasi dan kering antara 5–6 bulan. Dengan pengelolaan yang baik, rata-rata produksi susu kambing PE di Indonesia berkisar antara 2–3 liter/ekor/hari. Induk kambing PE mampu memproduksi hingga 200 hari dalam satu tahun sehingga kambing jenis ini berpotensi untuk dikembangkan (Dewintha dan Kusnadi, 2009). Namun, produksi susu kambing PE bervariasi antara 0,5–1,5 liter/ekor/hari (Sutama *et al.*, 2011). Kambing Peranakan Etawa dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kambing Peranakan Etawa (PE)
Sumber : Dokumentasi pribadi (2025)

2.2 Hijauan

Hijauan merupakan bahan pakan utama bagi ternak ruminansia yang berfungsi sebagai sumber energi, protein, vitamin, dan mineral. Selain berperan sebagai pengenyang, hijauan juga berpengaruh pada produktivitas ternak, khususnya kambing. Jenis hijauan yang umum dikonsumsi terdiri atas rumput-rumputan (*graminae*), kacang-kacangan (*leguminosa*), dan daun-daunan dari berbagai tanaman seperti daun nangka, waru, maupun singkong. Proporsi hijauan dalam ransum sebaiknya mendominasi 70–80% dari total pakan, sedangkan sisanya berupa konsentrat untuk menutup kekurangan nutrisi (Masruri *et al.*, 2023).

2.2.1 Daun singkong

Salah satu golongan rumput hijau yang dapat digunakan sebagai sumber pakan pada ternak adalah daun singkong. Daun singkong merupakan sumber pakan hijau yang potensial untuk ternak. Daun singkong dapat dimanfaatkan melalui defoliasi sistematis setelah umbi singkong dipanen (Fasae *et al.*, 2006).

Berikut merupakan klasifikasi tanaman singkong:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Euphorbiales
Famili	: Euphorbiaceae
Genus	: Manihot
Spesies	: <i>Manihot esculenta</i>

Daun singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu jenis hijau yang potensial karena kandungan proteinnya yang tinggi (sekitar 23%), serat kasar sedang, serta ketersediaannya yang melimpah di daerah tropis. Penelitian menunjukkan bahwa pemberian daun singkong dengan konsentrat dalam proporsi berbeda berpengaruh terhadap kualitas susu kambing PE. Perlakuan dengan 100% daun singkong tanpa konsentrat tidak meningkatkan kandungan protein, lemak, maupun bahan kering susu, bahkan menurunkan berat jenis susu. Sebaliknya, kombinasi daun singkong dengan konsentrat (60–80% daun singkong dan 20–40% konsentrat) mampu mempertahankan kualitas susu sesuai standar SNI (Fitriansyah *et al.*, 2015). Daun singkong dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Daun singkong
Sumber : Dokumentasi pribadi (2025)

2.2.2 *Azolla (Azolla pinnata)*

Azolla adalah tumbuhan paku air dan salah satu sumber pakan alami yang melimpah di alam namun belum dimanfaatkan secara optimal. Tumbuhan ini tumbuh dan berkembang dengan cepat, mengapung di permukaan air, dan hidup dengan bersimbiosis dengan *Cyanobacteria* (alga biru-hijau), yang dapat mengikat nitrogen (N_2) dari udara. *Azolla* dapat menjadi sumber pakan alternatif bagi peternak ikan yang cukup menguntungkan dan sangat murah, serta sangat disenangi oleh beberapa spesies ikan air tawar. Menurut penelitian oleh Indarmawan *et al.* (2012), *Azolla* mengandung nutrisi sebagai berikut: N (1,96–5,30%), P (0,16–1,59%), Si (0,16–3,35%), Ca (0,31–5,97%), Fe (0,04–0,59%), Mg (0,22–0,66%), Zn (26–989 ppm), dan Mn (66–2944 ppm). Klasifikasi tanaman *azolla* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
 Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan Berpembuluh)
 Divisio : Pteridophyta
 Classis : Pteridopsida
 Ordo : Salviniiales
 Famili : Salviniaceae
 Genus : *Azolla*
 Species : *Azolla pinnata*

Potensi Azolla terletak pada pertumbuhannya yang cepat, dengan waktu penggandaan hanya 3,7–6 hari, tergantung pada kesuburan kolam, sehingga cocok untuk dikembangkan sebagai pakan ternak. Produksi biomassa Azolla sangat tinggi, mencapai berat 1–2 kg per m² tergantung pada kesuburan kolam (Supartoto *et al.*, 2012). Dengan kandungan protein yang relatif tinggi sebesar 19–28% berdasarkan berat kering (Lumpkin dan Plucknett, 1982). Karena kandungan proteinnya yang tinggi, Azolla sangat digemari di kalangan hampir semua hewan dan ikan.

Penelitian yang dilakukan pada sapi perah menunjukkan bahwa pemberian Azolla segar dalam ransum dengan perbandingan 1:1 terhadap konsentrat (1,5 kg Azolla + 1,5 kg konsentrat) mampu meningkatkan produksi susu sebesar 11,85% tanpa menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan maupun palatabilitas pakan. Hal ini menandakan bahwa Azolla dapat menggantikan sebagian bahan pakan komersial hingga 50% dari ransum konsentrat. Selain itu, penggunaan Azolla juga berimplikasi pada efisiensi biaya pakan karena dapat menghemat kebutuhan konsentrat (Rawat *et al.*, 2015). *Azolla pinnata* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Azolla pinnata*
Sumber : Dokumentasi pribadi (2025)

2.3 Konsentrat

Konsentrat adalah campuran bahan pakan ternak yang tinggi mutu gizinya dan mudah dicerna. Ransum ini biasanya mengandung kadar protein yang tinggi dan serat kasar rendah (Bunglavan *et al.*, 2014). Konsentrat berperan sebagai sumber karbohidrat mudah larut sumber glukosa untuk bahan baku produksi susu dan sebagai sumber protein lolos degradasi (Ramadhan *et al.*, 2013). Konsentrat dapat meningkatkan efisiensi energi karena mereka dapat meningkatkan pembentukan asam lemak esensial atau asam lemak *volatil* (VFA), yang terutama berupa asam propionat (Murtidjo, 1993). Konsentrat adalah pakan campuran dengan kandungan serat kasar kurang dari 20% dan tingkat kemudahan pencernaan lebih dari 80% (Cullison dan Lowrey, 1987). Secara umum, konsentrat mengandung sedikit serat kasar, karbohidrat, protein, dan lemak dalam proporsi yang bervariasi dan mudah dicerna (Tilman *et al.*, 1991).

Konsentrat berperan untuk meningkatkan nilai nutrien yang rendah agar memenuhi kebutuhan normal ternak untuk tumbuh dan berkembang (Akoso, 1996). Konsentrat sebagai bahan campuran dalam pakan ternak berperan menutupi kekurangan nutrien yang belum terpenuhi dari hijauan. Konsentrat atau pakan tambahan terdiri dari biji-bijian dan limbah hasil proses industri bahan pangan seperti jagung giling, tepung kedelai, menir, dedak, bekatul, bungkil kelapa, tetes, umbi dan ampas tahu.

Ampas tahu adalah produk sampingan dari produksi tahu yang terbuat dari bahan dasar kedelai dan dapat digunakan sebagai pakan untuk hewan ruminansia. Pakan ini mudah diperoleh dan memiliki nilai gizi yang cukup baik dengan kandungan protein kasar sebesar 21%. Sebagai pakan tambahan, ampas tahu dapat melengkapi protein dari pakan hijauan. Ampas tahu dapat digunakan sebagai pakan untuk berbagai spesies hewan, termasuk sebagai pakan untuk kambing perah. Berdasarkan hasil penelitian oleh Ali *et al.* (2017) diketahui bahwa pemberian ampas tahu pada kambing PE sedang laktasi memberikan pengaruh positif terhadap produksi air susu dan pertambahan berat badan.

Secara fisik, ampas tahu bersifat padat, berwarna putih, dan memiliki aroma kedelai yang khas. Ampas tahu yang masih segar memiliki kualitas yang baik, yaitu berwarna putih, memiliki aroma kedelai yang khas, dan tidak licin. Ampas tahu yang kualitasnya sudah menurun, di sisi lain, berwarna putih kekuningan, memiliki bau yang tidak sedap, dan licin. Menurut Suprapti (2010), kandungan air pada ampas tahu adalah 85,31%. Kandungan air yang relatif tinggi ini menyebabkan umur simpan ampas tahu menjadi pendek. Hal ini juga menyebabkan penurunan kualitas ampas tahu itu sendiri. Berdasarkan penelitian oleh Nuraini *et al.* (2012), ampas tahu mengandung 27,55% protein kasar, 4,93% lemak, 7,11% serat kasar, dan 44,50% BETN. Ampas tahu memiliki kandungan air yang relatif tinggi. Ampas tahu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ampas tahu
Sumber : Dokumentasi pribadi (2025)

2.4 Susu Kambing

Susu kambing merupakan produk peternakan berwujud cair yang dihasilkan dari pemerahan ambing kambing betina laktasi. Susu kambing memiliki keunggulan dibandingkan susu sapi salah satunya adalah jumlah butiran lemak yang berdiameter lebih kecil dan lebih homogen pada susu kambing sehingga susu kambing mudah dicerna oleh sistem pencernaan dan tidak menimbulkan penyakit diare pada orang yang mengkonsumsi susu kambing. Sehingga nutrisi susu kambing lebih baik daripada susu sapi (Setiawan dan Arsa, 2005).

Ciri fisik lain dari Susu kambing yaitu memiliki warna yang khas lebih putih dan ukuran gumpalan lemak yang relatif lebih kecil dari susu sapi, sehingga susu kambing lebih mudah dicerna. Secara kimia Susu kambing memiliki banyak keunggulan, antara lain Kandungan protein susu kambing lebih tinggi dibandingkan dengan susu sapi. Selain itu susu kambing juga memiliki kandungan laktosa dan tidak mengandung β -laktoglobulin yang dapat menyebabkan reaksi alergi. Oleh karena itu, susu kambing cocok dikonsumsi oleh penderita dengan intoleransi laktosa (Christi *et al.*, 2024).

Susu kambing dikenal memiliki kandungan protein, lemak, dan laktosa yang tinggi, serta profil asam lemak yang bervariasi tergantung pada jenis pakan yang diberikan. Memberikan pakan berkualitas tinggi seperti rumput, dapat meningkatkan kandungan asam lemak omega-3 dan memperbaiki rasio protein kasein terhadap protein total dalam susu, yang meningkatkan nilai gizi dan teknologi pengolahan susu kambing (Doyon *et al.*, 2024).

2.5 Produksi Susu

Produksi susu merupakan jumlah susu yang dihasilkan oleh ternak perah pada periode laktasi. Produksi susu dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain genetik, pakan, lingkungan, serta manajemen pemeliharaan. Setiap jenis kambing perah memiliki tingkat produktivitas yang berbeda, yang ditentukan oleh kualitas dan kuantitas susu yang dihasilkan. Perbedaan genetik antara kambing perah dapat memengaruhi hasil produksi, sehingga pemilihan jenis kambing menjadi salah satu faktor penentu dalam keberhasilan usaha peternakan kambing perah (Arisani *et al.*, 2022).

Selain itu ukuran dimensi ambing, bobot hidup, lama laktasi, tata laksana yang diberlakukan pada ternak (perkandangan, pakan, dan kesehatan), kondisi iklim setempat, daya adaptasi ternak, dan aktivitas pemerahan juga mempengaruhi produksi susu (Phalepi, 2004). Berdasarkan penelitian Ramdan (2007) semakin besar ambing yang disebabkan oleh perkembangan sel sekretori akan menyebabkan bertambahnya bobot badan pada ambing sehingga meningkatkan produksi susu.

Produksi susu dipengaruhi oleh jumlah sel sekretori di dalam jaringan ambing, aktivitas sel sekretori dalam melakukan sintesis susu dan ketersediaan substrat untuk disintesis menjadi susu. Sintesis susu dilakukan oleh sel-sel sekretori pada kelenjar susu dengan menggunakan nutrisi dari bahan makanan yang dikonsumsi (Manalu *et al.*, 2000).

2.6 Kadar Protein

Protein adalah salah satu komponen utama yang ditemukan dalam susu. Protein susu merupakan kelompok molekul yang heterogen, terdiri dari lima jenis: Kasein, whey, protein globula lemak susu, enzim, dan protein minor lainnya (Ng-Kwai-Hang, 2003). Protein utama dalam susu adalah kasein dan protein whey. Kasein dibagi lagi menjadi α -, β -, dan κ -kasein, sedangkan protein whey dibagi lagi menjadi α -laktalbumin, β -laktoglobulin, *bovine serum albumin* (BSA), dan imunoglobulin (Ig) (Heyman dan Desjeux, 1992).

Kandungan protein pada susu kambing rata-rata berkisar 3–4%, terdiri dari kasein ($\pm 80\%$) dan protein whey ($\pm 20\%$) seperti α -laktalbumin dan β -laktoglobulin. Variasi kadar protein dipengaruhi oleh faktor genetik, pakan, sistem pemeliharaan, dan musim. Penelitian menunjukkan bahwa susu dari peternakan organik memiliki kadar protein lebih tinggi (3,76%) dibandingkan dengan sistem konvensional (2,79%) dan tradisional (3,05%), hal ini berkaitan dengan konsumsi pakan hijauan berkualitas tinggi (Kucevic *et al.*, 2016). Penelitian Rangkuti, 2011) menunjukkan bahwa kandungan protein susu dipengaruhi oleh protein darah dan aliran darah ke kelenjar ambing.

Selain sebagai sumber asam amino esensial, protein susu juga mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berperan dalam kesehatan manusia. Kandungan asam amino dominan dalam susu kambing antara lain glutamin, prolin, lisin, leusin, asparagin, dan valin. Proses pengolahan seperti *freeze-drying* terbukti mampu mempertahankan sebagian besar kandungan protein tanpa menurunkan kualitas nutrisi, sehingga produk turunan susu tetap memiliki manfaat fungsional. Dengan demikian, protein susu kambing tidak hanya berfungsi sebagai zat gizi, tetapi juga memiliki potensi dalam bidang kesehatan dan industri pangan (Molik *et al.*, 2024).

Dengan meningkatnya sintesis protein susu pada kelenjar ambing, hal ini akan meningkatkan laju protein pakan pada saluran pencernaan, jika protein pada saluran pencernaan tidak dapat memenuhi kebutuhan sintesis protein susu, maka akan terjadi katabolisme otot untuk memenuhi kebutuhan sintesis protein susu (Collier, 1985). Berdasarkan penelitian oleh Parakkasi (1999), sintesis susu terjadi pada sel epitel kelenjar susu yang dikendalikan oleh DNA dalam proses transkripsi, replikasi dan translasi. Variasi kandungan protein susu sangat tergantung pada umur, bangsa, produksi susu, laktasi, pakan dan kandungan protein ransum.

Produksi dan kualitas susu dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pakan. Protein dalam pakan dicerna di usus halus dan menghasilkan asam amino yang diserap oleh darah dan dibawa ke hati, kemudian darah mengalir ke jaringan tubuh termasuk kelenjar susu untuk membentuk protein susu (McDonald *et al.*, 2011). Kandungan zat-zat dalam bahan pakan sangat penting untuk produksi susu, dan kandungan protein pakan dapat mempengaruhi sintesis susu, karena protein pakan digunakan oleh tubuh dalam proses sintesis komponen-komponen susu (Alim dan Hidaka, 2002).

2.7 Kadar Laktosa

Laktosa merupakan karbohidrat utama dalam susu dengan kadar sekitar 4–5%. Kandungan ini relatif stabil dibandingkan komponen lain, meskipun sedikit dipengaruhi oleh sistem pemeliharaan dan musim. Rata-rata kadar laktosa susu kambing pada berbagai sistem pemeliharaan yaitu 4,07–4,16 g/100 g. Stabilitas kadar laktosa membuatnya menjadi indikator penting dalam menentukan kualitas susu, sekaligus sebagai sumber energi utama bagi anak kambing dan manusia yang mengonsumsinya (Kucevic *et al.*, 2016).

Selain fungsi nutrisinya, laktosa juga memiliki peran penting dalam aplikasi industri pangan dan kesehatan. Laktosa menyumbang sekitar 44% dari total kandungan karbohidrat pada susu kambing dan berfungsi sebagai pelembap alami dengan kemampuan mengikat air. Dalam aplikasi biomedis dan kosmetik, laktosa diubah menjadi laktobionat yang memiliki efek positif terhadap kesehatan kulit, misalnya mengurangi iritasi, menjaga elastisitas kulit, dan membantu terapi gangguan dermatologis (Molik *et al.*, 2024).

Glukosa disintesis dari VFA yaitu asam propionat, semakin tinggi propionat yang dihasilkan, maka akan meningkatkan sintesis laktosa dan produksi susu (Muktiani *et al.*, 2005). Laktosa dibentuk dari kondensasi satu glukosa dan satu galaktosa dimana 2 mol glukosa dibutuhkan oleh sel–sel epitel kelenjar ambing yaitu 1 unit glukosa dikonversi menjadi galaktosa (Sukarini, 2006). Sintesis laktosa terjadi di apparatus golgi pada sel sekretoris kelenjar ambing. Sebanyak 80% glukosa plasma digunakan untuk sintesis laktosa, yang mana 50--60% diubah menjadi galaktosa terlebih dahulu (Adriani dan Mushawwir, 2009).

Beberapa faktor memengaruhi kadar laktosa, seperti kandungan pakan yang diberikan kepada ternak. Kualitas pakan yang rendah mempengaruhi rendahnya kadar laktosa dalam susu. Menurut Standarisasi Nasional Indonesia (1998), susu kambing normal mengandung 2-3% laktosa. Sedangkan kandungan laktosa pada susu kambing polietilena adalah 4,64-5,46% (Subhagiana, 1998). Glukosa disintesis dari asam propionat, dan semakin banyak asam propionat yang diproduksi, semakin banyak propionat yang dihasilkan yang meningkatkan sintesis laktosa dan produksi susu (Muktiani *et al.*, 2005). Laktosa juga bertanggung jawab terhadap keseimbangan osmotik antara lumen alveolar dan darah (Gunner *et al.*, 2023).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober–November 2025 di peternakan Soccer Mania *Farm*, Desa Sumber Gede, Kecamatan Sekampung, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Analisis kadar protein dan laktosa dilakukan di Laboratorium Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kandang individu berjumlah 9 unit, tempat ransum, bak air minum, botol kaca 250 mL, gelas piala, *cooling box*, skop, cangkul, sapu, selang, ember, spidol, kertas, isolasi, gelas ukur, *autoclave* dan timbangan untuk mengukur bobot kambing dan ransum, *Lactoscan milk analyzer* untuk analisis susu.

3.2.2 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 9 ekor kambing Peranakan Etawa betina dengan produksi susu tinggi, sedang dan rendah. Ransum yang digunakan terdiri dari hijauan (daun singkong dan *Azolla pinnata*) serta konsentrat ampas tahu.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 perlakuan dan 3 kelompok berdasarkan jumlah produksi susu sebagai ulangan sehingga terdapat 9 satuan percobaan. Kambing perah sebagai satuan percobaan terdiri dari kambing dengan produksi susu tinggi, sedang dan rendah dengan bulan laktasi 1–8 serta periode laktasi 2–5. Tata letak penelitian, kandungan nutrisi ransum dan formulasi ransum P0, P1 dan P2 masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 1, 2, 3 dan 4.

K1			K2			K3		
P1	P0	P2	P2	P1	P0	P2	P0	P1

Gambar 5. Tata letak rancangan percobaan

Keterangan :

K1 : produksi susu tinggi 300—600 ml/hari

K2 : produksi susu sedang 200--300 ml/hari

K3 : produksi susu rendah 100—200 ml/hari

P0 : daun singkong 70% + ampas tahu 30%

P1 : daun singkong 65% + ampas tahu 30% + azolla 5%

P2 : daun singkong 60% + ampas tahu 30% + azolla 10%

Tabel 1. Kandungan nutrisi bahan pakan

Bahan Pakan	Kandungan Nutrien Pakan				
	BK	PK	LK	SK	Abu
	----- (%) -----				
Daun Singkong	31,3	24,05	9,31	27,90	7,20
Ampas Tahu	15,8	22,56	8,69	19,47	2,80
<i>Azolla Pinnata</i>	5,6	20,75	9,42	17,43	1,33

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

Tabel 2. Susunan ransum P0

Jenis Pakan	Imbangan	Kandungan Nutrien Pakan				
		BK	PK	LK	SK	Abu
		----- (%) -----				
Daun Singkong	70	21,91	16,84	6,52	20,00	5,04
Ampas Tahu	30	4,74	6,77	2,61	5,80	0,84
Jumlah	100	26,56	23,60	9,12	25,37	5,88

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

Tabel 3. Susunan ransum P1

Jenis Pakan	Imbangan	Kandungan Nutrien Pakan				
		BK	PK	LK	SK	Abu
		----- (%) -----				
Daun Singkong	65	20,35	15,63	6,05	18,14	4,68
Ampas Tahu	30	4,74	6,77	2,61	5,84	0,84
<i>Azolla Pinnata</i>	5	0,28	1,04	0,47	0,87	0,52
Jumlah	100	25,37	23,44	9,13	24,85	6,04

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

Tabel 4. Susunan ransum P2

Jenis Pakan	Imbangan	Kandungan Nutrien Pakan				
		BK	PK	LK	SK	Abu
		----- (%) -----				
Daun Singkong	60	18,78	14,43	5,58	16,74	4,32
Ampas Tahu	30	4,74	6,77	2,61	5,84	0,84
<i>Azolla Pinnata</i>	10	0,56	2,07	0,94	1,74	1,03
Jumlah	100	24,08	23,27	9,14	24,32	6,19

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

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam 5 tahap yaitu tahap pra penelitian, tahap prelium, kegiatan penelitian, tahap pengambilan sampel dan tahap analisis atau pengukuran parameter.

3.4.1 Pra penelitian

3.4.1.1 Persiapan bahan pakan

Persiapan bahan pakan yang dilakukan sebagai berikut:

1. menyiapkan bahan pakan berupa hijauan daun singkong segar dan azolla (*Azolla pinnata*) dan konsentrat ampas tahu;
2. mengangin-anginkan hijauan daun singkong hingga layu;
3. mencacah hijauan daun singkong yang sudah layu secara manual;
4. membiarkan hijauan daun singkong yang sudah di cacah di atas terpal sambil di angin-anginkan di tempat teduh;
5. menyiapkan ampas tahu dan azolla dengan azolla yang diambil dengan saringan dari kolam pembibitan

3.4.1.2 Persiapan kandang dan kambing

Persiapan kandang dan kambing yang dilakukan sebagai berikut:

1. menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian
2. melakukan sanitasi kandang dan lingkungan kandang;
3. menimbang kambing dan memasukkan kambing ke dalam kandang individu sesuai dengan rancangan percobaan dan tata letak yang ditentukan;
4. mendata status laktasi kambing;
5. memberikan tanda penomoran pada kandang yang digunakan sesuai dengan perlakuan;
6. menyiapkan ransum perlakuan, lalu melakukan masa prelium kepada ternak untuk beradaptasi pada ransum dan beradaptasi dengan lingkungan.

3.4.2 Tahap prelium

Rangkaian masa prelium kambing percobaan dilakukan sebagai berikut:

1. melaksanakan adaptasi kambing terhadap ransum dan lingkungan (masa prelium) yang berlangsung selama 14 hari;
2. memberikan ransum pada kambing dengan tiga perlakuan yaitu P0: (70% daun singkong + 30% ampas tahu); P1: (65% daun singkong + 30% ampas tahu + azolla 5%) dan P2: (60% daun singkong + 30% ampas tahu + 10% azolla);
3. memberikan ransum perlakuan sebanyak 2 kali dalam sehari yaitu pada pagi hari pukul 07.30 WIB dan sore hari pukul 16.30 WIB.

3.4.3 Kegiatan penelitian

Pelaksanaan kegiatan penelitian untuk mengetahui produksi susu, kadar protein susu dan laktosa susu kambing perah PE yang dilakukan selama 29 hari dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. membersihkan kandang dan tempat ransum yang dilakukan pada pagi dan sore;
2. memberikan ransum pada kambing dengan tiga perlakuan yaitu P0 (70% daun singkong + 30%) ; P1 (65% daun singkong + 30% ampas tahu + 5% azolla) dan P2 (60% daun singkong + 30% ampas tahu + 10% azolla);
3. memberikan ransum perlakuan diberikan sebanyak 2 kali dalam sehari yaitu pagi hari pukul 07.30 WIB, dan sore hari pukul 16.30 WIB. Proses pemberian ransum perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6;
4. pemerah kambing perah PE pada pagi dan sore hari oleh peneliti secara manual, lalu catat produksi susu di buku catatan produksi harian;
5. melakukan analisis kadar protein susu dan kadar laktosa susu pada sampel.



Gambar 6. Pemberian ransum perlakuan

3.4.4 Tahap pengambilan sampel susu

Tahapan pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

1. sampel susu kambing diambil setelah 14 hari pemeliharaan yaitu pada hari ke 15, 22 dan 28;
2. kambing perah PE diperah pada pagi hari secara manual dan ditampung ke dalam wadah berupa teko;
3. susu kambing yang ada dalam gelas ukur 250 mL diaduk agar komposisinya merata;
4. sampel susu kambing disimpan dalam botol kaca ukuran 250 mL yang telah disterilisasi terlebih dahulu menggunakan *autoclave*;
5. sampel susu kambing dibawa ke laboratorium produksi dengan menggunakan kotak pendingin (*cooling box*) yang diberi es untuk menjaga suhu di dalamnya.

3.4.5 Tahap pengukuran parameter

3.4.5.1 Produksi susu kambing perah (PE)

Produksi susu kambing diukur dengan cara sebagai berikut:

1. pengukuran dilakukan pada sebelum masa prelium dan sesudah masa prelium, untuk dilakukan perbandingan;
2. kambing perah PE diperah pada pagi hari secara manual;
3. kemudian susu ditampung ke dalam wadah berupa gelas ukur (Marwah *et al.*, 2010). Proses pemerahan susu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses pemerahan susu

3.4.5.2 Kadar protein dan laktosa susu kambing perah (PE)

Kadar protein dan laktosa dianalisis dengan menggunakan alat *Lactoscan milk analyzer* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. sebanyak 25 mL sampel susu dimasukkan ke dalam tabung;
2. bagian ujung jarum alat *lactoscan* dimasukkan ke dalam tabung yang berisi sampel susu;
3. mengoperasikan alat dengan menekan tombol *enter* dan pilih jenis susu yang akan dianalisis;
4. tekan kembali tombol *enter* untuk mengeluarkan data di layar *lactoscan*;
5. data yang keluar berupa lemak, berat jenis susu, laktosa, *solid non fat*, *solids*, protein, pH, dan densitas;
6. setelah pengujian selesai alat *lactoscan* dibersihkan dengan aquades (Nugraha *et al.*, 2016). Proses analisis susu dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses analisis susu

3.5 Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini meliputi produksi susu, kadar protein dan laktosa susu kambing PE

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan *analysis of variance* (ANOVA) pada taraf nyata 5% dan dilanjutkan dengan menggunakan uji lanjut Duncan apabila berpengaruh nyata.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. substitusi daun singkong dengan azolla (*Azolla pinnata*) dalam ransum kambing perah (PE) tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap produksi susu, kadar protein, dan kadar laktosa susu.
2. pemberian ransum dengan perlakuan P0, P1, dan P2 secara statistik tidak berpengaruh nyata, namun perlakuan P1 (65% daun singkong + 30% ampas tahu + 5% *Azolla pinnata*) menunjukkan kecenderungan nilai kadar protein dan kadar laktosa susu tertinggi dan secara keseluruhan hasil yang didapatkan masih memenuhi standar yang ada di Indonesia. Hasil ini menunjukkan bahwa *Azolla pinnata* berpotensi digunakan sebagai bahan pakan alternatif tanpa menurunkan kualitas susu, serta berpeluang memberikan manfaat yang lebih besar apabila diaplikasikan dengan level dan kondisi pemeliharaan yang lebih optimal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan ternak yang lebih seragam berdasarkan produksi, bulan dan periode laktasi, ulangan dan jumlah ternak yang lebih banyak sehingga diharapkan dapat mempengaruhi produksi, kadar protein dan kadar laktosa susu kambing perah peranakan etawa (PE).

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Sodiq, A. (2008). *Meningkatkan Produksi Susu Kambing Peranakan Etawa*. PT Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Adriani, A., Sudono, T., Sutardi, W., Manalu, & Utama, I. K. (2003). Optimalization of kids and milk yield of etawah-grade does by superovulation and zinc supplementation. *Jurnal Forum Pascasarjana IPB*, 26(4), 335–352.
- Adriani, L., & Mushawwir, A. (2009). Kadar glukosa darah, laktosa dan produksi susu sapi perah pada berbagai tingkat suplementasi mineral makro. *Jurnal Ilmu Ternak*, 12(3), 64–65.
- Akoso, B. T. (1996). *Kesehatan Sapi*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ali, N., Munawarah, N., & Sofyan, N. (2017). Pengaruh pemberian ampas tahu terhadap produksi air susu dan penambahan berat badan kambing peranakan etawa (PE). *Jurnal Saintek Peternakan Dan Perikanan*, 1(1), 23–26.
- Alim, A. F., & Hidaka, T. (2002). *Pakan dan Tata Laksana Sapi Perah*. PT Sonysugema Pressindo. Jakarta.
- Arifin, M., Oktaviana, A. Y., Wihansah, R. R. S., Yusuf, M., Rifkhan, Negara, J. K., & Sio, A. K. (2016). Kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologis susu kambing pada waktu pemerahan yang berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 4(2), 291–299.
- Arisani, N., Wulandari, S., Nurkholis, N., & Syahniar, T. M. (2022). Perbandingan produktivitas kambing Peranakan Etawa dan kambing Senduro. *Conference of Applied Animal Science Proceeding Series*, 3, 53–61. <https://doi.org/10.25047/animpro.2022.337>
- Asih, A. R. S. (2012). Increasing production and quality of goat milk by managing milking frequency and giving exercises. *Jurnal Penelitian UNRAM*, 2(17), 1–8.

- Bauman, D. E. (2000). *Regulation of Nutrien Partitioning During Lactation: Homeostatis and Homeorhesis Revisited BT - Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth, and Reproduction*. In *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction* (pp. 311-328). Wallingford UK: CABI.
- Bequette, B. J., Backwell, F. R. C., & Crompton, L. A. (1998). Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. *J. Dairy Sci.*, *81*, 254–2559.
- Bouderka, G., Nabi, M., Kebbal, S., Hadj Omar, K., Salhi, O., Khelifi Touhami, N. A., & Ouchene, N. (2025). Effects of goat breeds on the physicochemical properties of raw goat milk. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *24*(5). <https://doi.org/10.1007/s44447-025-00049-0>
- Bunglavan, S. J., Garg, A. K., Dass, R. S., & Shrivastava, S. (2014). Effect of supplementation of different levels of selenium as nanoparticles/sodium selenite on blood biochemical profile and humoral immunity in male Wistar rats. *Veterinary World Journal*, *7*, 1075–1081.
- Chandrababu, K. A., Parvathy, U., Meenu, B., & Binsi, P. K. (2024). Exploring the Micro-nutritional and Anti-nutritional Aspects of Azolla for its Application as Functional Food Ingredient. *Asian Journal of Dairy and Food Research, Of*, 1–6. <https://doi.org/10.18805/ajdfdr.dr-2101>
- Christi, R. F., & Rohayati, T. (2017). Pengaruh pemberian konsentrat terfermentasi terhadap kadar protein, laktosa, dan bahan kering tanpa lemak susu kambing Peranakan Etawa. *Jurnal Ilmu Peternakan (JANHUS)*, *1*(2), 19–27.
- Christi, R. F., Wulandari, E., & Prasetya, A. F. (2024). Evaluasi mutu sensorik, berat jenis, lemak, dan protein susu kambing Sapera di peternakan kambing perah Alam Farm Manglayang Kecamatan Cilengkrang Kabupaten Bandung. *Zootec Journal*, *44*(1), 202–212.
- Ciappesoni, G., Přibyl, J., Milerski, M., & Mareš, V. (2004). Factors affecting goat milk yield and its composition. *Czech Journal of Animal Science*, *49*(11), 465–473. <https://doi.org/10.17221/4333-cjas>
- Collier, R. J. (1985). Nutritional Control Of Milk Syntesis. In B. Larson (Ed.), *Lactation* (pp. 80–128). Iowa State University Press.
- Cullison, A. E., & Lowrey, R. S. (1987). *Feeds and feeding*. Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall, Inc.

- Dedok, K. A., Sulistijo, E. D., Umbu, Y., Sobang, L., Amalo, D., Peternakan, F., Perikanan, K., Cendana, U. N., Sucipto, J. A., & Timur, N. T. (2025). Pengaruh pemberian pakan komplit terhadap konsumsi dan pencernaan protein kasar dan serat kasar kambing jantan. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 7(2), 193-200.
- Dewintha, S., & Kusnadi, N. (2009). *Analisis struktur biaya usaha ternak kambing perah (Kasus: Tiga skala perusahaan di Kabupaten Bogor)*. Skripsi. Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi dan Manajemen. Institut Pertanian Bogor.
- Disa, P. R., Husni, A., & Sulastri. (2017). Sifat fisik kualitas susu kambing Peranakan Ettawa laktasi I–IV di Desa Sungai Langka Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Riset Dan Inovasi Peternakan*, 1(1), 20–25.
- Djojosuwito, S. (2000). *Azolla, Pertanian Organik dan Multiguna*. Kanisius. Yogyakarta
- Doyon, A., Tremblay, G. F., Gervais, R., & Chouinard, P. Y. (2024). Production performance and milk composition of late lactation dairy goats fed diets based on silages of four different forage species. *Animal - Open Space*, 3, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2024.100070>
- Fasae, O. A., Akintola, O. S., Sorunke, O. S., & Adu, I. F. (2006). Replacement Value of Cassava Foliage for *Gliricidia sepium* Leaves in the Diets of Goat.. In *Book of Abstracts, Annual Scientific Conference, Nutrition Society of Nigeria, held at June 12 Cultural Centre, Abeokuta 8th-11th November* (p. 69).
- Fikri, M., Hidayat, N., & Susanto, E. (2019). Produksi susu kambing Peranakan Etawa pada sistem pemeliharaan peternakan rakyat. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 21(2), 127–133.
- Fitriansyah, A., Usman, B., & Tri Hesti, W. (2015). Pengaruh imbalanced hijauan daun singkong (*Manihot utilisima*) dengan konsentrat terhadap kualitas susu kambing Peranakan Etawa (PE). *Jurnal Peternakan Integratif*, 3(2), 128–141. <https://doi.org/10.32734/jpi.v3i2.2750>
- Fu, R., Yu, Y., Suo, Y., Fu, B., Gao, H., Han, L., & Leng, J. (2025). Effects of Feeding reduced protein diets on milk quality, nitrogen balance and rumen microbiota in lactating goats. *Animals*, 15(6), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ani15060769>

- Gunner, C. B., Azmoon, P., Mantuano, E., Das, L., Zampieri, C., Pizzo, S. V., & Gonias, S. L. (2023). An antibody that targets cell-surface glucose-regulated protein-78 inhibits expression of inflammatory cytokines and plasminogen activator inhibitors by macrophages. *Journal of Cellular Biochemistry*, *124*(5), 743–752. <https://doi.org/10.1002/jcb.30401>
- Habib, I., Suprayogi, T. H., & Sambodho, P. (2014). Hubungan antara volume ambing, lama massage dan lama pemerahan terhadap produksi susu kambing Peranakan Ettawa. *Animal Agriculture Journal*, *3*(1), 8–16.
- Haryaningtyas, H., Lufiyanti, L., & Hanif, M. (2025). Edukasi Pemanfaatan Ampas tahu dan azolla sebagai bahan tambahan makanan untuk ternak unggas berkelanjutan di Kabupaten Madiun. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, *3*(4), 2755–2761. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.908>
- Hassanein, H. A. M., Aristide, M., Magdy H., A. E.-F., Pasquale, D. P., Heba A., E.-S., Ahmed, M. H., & Abdelfattah, Z. M. S. (2023). Inclusion of *Azolla pinnata* as an unconventional feed of Zaraibi dairy goats, and effects on milk production and offspring performance. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1101424. 1–8.
- Heyman, M., & Desjeux, J. F. (1992). Significance of intestinal food protein transport. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, *15*, 48–57.
- Ikhwanti, A. (2014). *Efek pemberian biskuit biosuplemen terhadap daya cerna ransum, kadar laktosa dan kalsium susu pada kambing Peranakan Etawah*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Indarmawan, T., Mubarak, A. S., & Mahasri, G. (2012). Pengaruh konsentrasi pupuk *Azolla pinnata* terhadap populasi *Chaetoceros* sp. *Journal of Marine and Coastal Science*, *1*(1), 61–70.
- Ine, K., Rezki, A., Aminurrahman, Ayu, I., Gifari, Z. Al, Septian, Nano, I. G., & Anwar1., K. (2025). *Buletin Peternakan Tropis Integrasi Faktor Genetik Dan Nutrisi Dalam Produksi Dan Kualitas Susu Kambing Perah : Review Kebutuhan masyarakat Indonesia* . *6*(1), 57–71.
- İşnel, N. B., & Kırcan, Ş. (2012). Isolation of microorganisms from goats with subclinical mastitis and detection of antibiotics susceptibility . *Animal Health Production and Hygiene*, *1*(2), 106-112.
- Kucevic, D., Pihler, I., Plavsic, M., & Vukovic, T. (2016). The composition of goat milk in different types of farmings. *Biotechnology in Animal Husbandry*, *32*(4), 403–412. <https://doi.org/10.2298/bah1604403k>

- Kume, K., Papa, L., & Hajno, L. (2012). Effects on milk production in F1 crossbred of Alpine goat breed and Albanian goat breed Italian. *J. Anim. Sci.*, *11*, 47.
- Kurnianto, E. (2010). *Ilmu Pemuliaan Ternak*. Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Lin, Y., Sun, X., Hou, X., Qu, B., Gao, X., & Li, Q. (2016). Effects of glucose on lactose synthesis in mammary epithelial cells from dairy cow. *BMC Veterinary Research*, *12*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0704-x>
- Lumpkin, T. A., & Plucknett, D. L. (1982). *Azolla as green manure: Use and management in crop production*. Boulder, CO. West View Press.
- Manalu, W., Sumaryadi, W. Y., Sudjatmoko, & Satyaningtyas, A. S. (2000). Effect of superovulation prior to mating on milk production performance during lactation in ewes. *Journal Dairy Sci*, *83*, 477–483.
- Marwah, M. P., Suranindyah, Y. Y., & Murti, T. W. (2010). Produksi dan komposisi susu kambing peranakan etawa yang diberi suplemen daun katu (*Sauropus androgynus* (L) Merr) pada awal masa laktasi. *Buletin Peternakan*, *34*(2), 94–102.
- Masruri, G., Simanjuntak, S., Daru, T. P., Safitri, A., & Anindyasari, D. (2023). Jenis Hijauan Pakan Yang Dikonsumsi Oleh Kambing Peranakan Etawa Di Desa Lok Bahu Samarinda. *REKASATWA : Jurnal Ilmiah Peternakan*, *4*(2), 1–9. <https://doi.org/10.33474/rekasatwa.v4i2.18977>
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2011). *Animal Nutrition* (7th ed.). Harlow, England. Prentice Hall.
- Molik, E., Szatkowski, P., Kotowicz, G., Flis, Z., Pustkowiak, H., & Zapletal, P. (2024). Comparison of the content of bioactive substances in goat milk and goat milk lyophilizate. *Animal Science and Genetics*, *20*(4), 39–48. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.9892>
- Muktiani, A., Sutardi, T., & Wiryawan, K. G. (2005). Suplementasi mineral organik pada ransum berbahan hidrosilat bulu ayam dan sorgum untuk meningkatkan produksi susu sapi perah. *Jurnal Indonesian Tropical Animal Agriculture*, *30*(2), 127–134.
- Murtidjo. (1993). *Memelihara kambing sebagai ternak potong dan perah*. Kanisius. Yogyakarta.

- Muryanto, & Pramono, D. (2012). Potensi sumber daya genetik kambing kaligesing sebagai galur ternak lokal. Dalam Universitas Padjadjaran bekerja sama dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Kemandirian Pangan* (pp. 99–113). Seminar Nasional Kemandirian Pangan, Bandung, Indonesia.
- Nazifah, I. S., Wanniatie, V., Muhtarudin, M., & Qisthon, A. (2026). Pengaruh imbalanced hijauan dan konsentrat terhadap kadar protein dan laktosa susu kambing Peranakan Etawa. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 10(1), 97-106.
- Naggar, S., & El-Mesery, H. S. (2022). *Azolla pinnata* as unconventional feeds for ruminant feeding. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00752-w>
- Ng-Kwai-Hang, K. F. (2003). Milk proteins-heterogeneity, fractionation and isolation. In H. Roginski, J. W. Fuquay, & P. F. Fox (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 1881–1894). Academic Press.
- Nugraha, B. K., Salman, L. B., & Hernawan, E. (2016). Kajian kadar lemak, protein dan bahan kering tanpa lemak susu sapi perah Fries Holland pada pemerahan pagi dan sore di KPSBU Lembang. *Jurnal Universitas Padjadjaran*, 5(4), 1–15.
- Nuraini, S., Latif, A., & Sabrina. (2012). *Potensi Monascus purpureus untuk membuat pakan kaya karotenoid monakolin dan aplikasinya untuk memproduksi telur unggas rendah kolestrol*. Working Paper. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Oni, A. O., Arigbede, O. M., Oni, O. O., Onwuka, C. F. I., Anele, U. Y., Oduguwa, B. O., & Yusuf, K. O. (2010). Effects of feeding different levels of dried cassava leaves (*Manihot esculenta*, Crantz) based concentrates with Panicum maximum basal on the performance of growing West African Dwarf goats. *Livestock Science*, 129(1–3), 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.12.007>
- Parakkasi, A. (1999). *Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminansia*. Universitas Indonesia Press. Jakarta
- Pas, M. F. W. te, Veldkamp, T., de Haas, Y., Bannink, A., & Ellen, E. D. (2021). Adaptation of livestock to new diets using feed components without competition with human edible protein sources—a review of the possibilities and recommendations. *Animals*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/ani11082293>
- Peiter, M., Caixeta, L., & Endres, M. I. (2023). Association between change in body weight during early lactation and milk production in automatic milking system herds. *JDS Communications*, 4(5), 369–372. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0323>

- Permana, I. G., Arif, S. I. Z., Pambudi, F. R., Despal, & Rosmalia, A. (2025). Effect of *Leucaena leucocephala* Protein Supplement on Nutrient Intake, Milk Yield and Quality, Hematology, Metabolites and Economy Efficiency in Etawah Crossbreed Goats. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 20(2), 192-203. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2025.192.203>
- Pertiwi, H., Yulanda Maharsedyo, N., Amaro, L., & Bhawono Dadi, T. (2019). Nutritional Evaluation of Cassava (*Manihot esculenta*) Peels as a Dietary Supplement in Tropical Friesian Holstein Cross Breed Dairy Cattle. *Veterinary Medicine International*, 2019, 4–7. <https://doi.org/10.1155/2019/6517839>
- Phalepi, M. A. (2004). *Performa kambing Peranakan Etawah (Studi kasus di peternakan Pusat Pelatihan Pertanian dan Pedesaan Swadaya Citarasa)*. Skripsi. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.
- Prasetio, I., Tuswati, S. E., Evadewi, F. D., & Sarwanto, D. (2025). Karakteristik fisik ternak kambing peranakan etawa di Desa Gumelar Kecamatan Gumelar. *Media Peternakan*, 27(2), 58-65.
- Prihatiningsih, G. E., Purnomoadi, A., & Harjanti, D. W. (2015). Hubungan antara konsumsi protein dengan produksi, protein dan laktosa susu kambing Peranakan Ettawa. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(2), 20–27.
- Ramadhan, B. G., Suprayogi, T. H., & Sustiyah, A. (2013). Tampilan produksi susu dan kadar lemak susu kambing Peranakan Ettawa akibat pemberian pakan denganimbangan hijauan dan konsentrat yang berbeda. *Journal Animal Agriculture*, 2(1), 353–361.
- Ramdan, R. (2007). *Fenotipe domba lokal di Unit Pendidikan, Penelitian dan Peternakan Jonggol*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rangkuti, J. H. (2011). *Produksi dan kualitas susu kambing Peranakan Etawa pada kondisi tatalaksana yang berbeda*. Skripsi. Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan. Institut Pertanian Bogor.
- Ratya, N., Taufik, E., & Arief, I. I. (2017). Karakteristik kimi, fisik, dan mikrobiologis susu kambing Peranakan Etawa di Bogor. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 5(1), 1–4.
- Rawat, N., Kumari, K., Singh, F., & Gilhare, V. R. (2015). Effect of Azolla-supplemented feeding on milk production of cattle and production performance of broilers. *Applied Biological Research*, 17(2), 214–218. <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2015.00031.2>

- Rokhyati, U. A., Gubali, S. I., & Dako, S. (2022). Uji kadar lemak dan protein air susu kambing Etawa dengan pemeliharaan secara tradisional. *Gorontalo Journal of Equatorial Animals*, 1(2), 65–72.
- Saputri, R. B., Dakhlan, A., Hartono, M., & Qisthon, A. (2024). Struktur populasi, performa reproduksi, dan produksi kambing perah di Kabupaten Pesawaran dan Lampung Timur Provinsi Lampung. *Wahana Peternakan*, 8(2), 235–243.
- Setiawan, H., Harjanti, D. W., & Sambodho, P. (2018). Hubungan antara konsumsi protein pakan dengan produksi dan protein susu sapi perah rakyat Di Kabupaten Klaten. *AGROMEDIA: Berkala Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 36(1), 10–17.
- Setiawan, T., & Arsa, T. (2005). *Beternak Kambing Perah Peranakan Etawa*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sholeh, M. I., Sulastri, S., Qisthon, A., & Husni, A. (2021). Kualitas susu kambing Peranakan Etawa pada berbagai periode laktasi ditinjau dari sifat fisik (Studi kasus di Peternakan Kambing Perah Telaga Rizky, Yosodadi, Kota Metro). *Jurnal Riset Dan Inovasi Peternakan (Journal of Research and Innovation of Animals)*, 5(3), 157–167.
- Singh, N. K., Kumar, R., Joshi, H. C., Singh, M. P., & Kant, L. (2025). Effect of azolla (*Azolla pinnata*) feeding on cow milk production. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(1), 211–216.
<https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i12760>
- Siska, I., & Anggrayni, Y. L. (2021). Hubungan konsumsi protein kasar terhadap total protein darah dan kandungan protein susu kambing Peranakan Ettawa (PE). *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 21(2), 102.
<https://doi.org/10.24198/jit.v21i2.34392>
- Subandriyo. (2008). Goat genetic resources and production in Indonesia. *Proceeding International Seminar for Goat Production*, 176–178.
- Subhagiana, I. W. (1998). *Keadaan Konsentrasi Progesteron dan Estradiol Selama Kebuntingan, Bobot Lahir dan Jumlah Anak pada Kambing Peranakan Etawa Pada Tingkat Produksi Susu yang Berbeda*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.
- Sukarini, I. A. M. (2006). Produksi dan komposisi air susu kambing Peranakan Etawah yang diberi tambahan konsentrat pada awal laktasi. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 9(1), 164–353.

- Supartoto, P., Widyasunu, R., Roesdiyanto, & Marhaendro, S. (2012). Eksplorasi potensi *Azolla microphylla* dan *Lemna polyrhizza* sebagai produsen biomas bahan pupuk hijau, pakan itik dan ikan. *Semnas Pengembangan Sumberdaya Pedesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II*. Universitas Jendral Soedirman.
- Suprapti, M. L. (2010). *Pembuatan tahu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Susilo, A., Setia Utami, I., & Suryanto, A. (2024). Cultivation of azolla microphylla as an alternative feed for goats in Kalikesur Village, Kedungbanteng District, Banyumas Regency. *JAKADIMAS (Jurnal Karya Pengabdian Masyarakat)*, 2(1), 1–9.
<https://doi.org/10.33061/jakadimas.v2i1.10101>
- Sutama, I. K., Budiarsana, I. G. M., & Supriyati. (2011). *Perakitan Kambing Sapera dengan Produksi Susu 2 liter dan Pertumbuhan Pascasapih >100 g/hari*. Laporan Akhir Program Insentif Riset Terapan.
- Tessalonika, O., Indriani, N. P., & Mansyur, M. (2024). Heat stress response in dairy cattle. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 24(2), 117–129.
- Thai Agricultural Standard. (2008). *Raw Goat Milk*. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Tillman, A. D., Hartadi, H., Reksohadiprojo, S., Prawirokusumo, S., & Lebdoesoekojo, S. (1998). *Ilmu Makanan Ternak Dasar* (5th ed.). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tilman, A. D., Hartadi, H., Reksohadiprojo, S., Prawirokusumo, S., & Lekdoesoekojo, S. (1991). *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Utari, F. D., Prasetyono, B. W. H. T., & Muktiani, A. (2012). Kualitas susu kambing perah Peranakan Etawa yang diberi suplementasi protein terproteksi dalam wafer pakan komplit berbasis limbah agroindustri. *Jurnal Animal Agriculture*, 1(1), 427–441.
- Yuan, H., Yang, W., Ali, S., Behan, A. A., Chen, L., Li, W., Gao, W., Arain, M. A., Nabi, F., Buzdar, J. A., & Li, Z. (2026). From ponds to pastures: azolla as a functional and climate-smart feed resource for poultry and livestock. *Poultry Science*, 105(1), 106168. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106168>
- Zaidemarno, N., Husni, A., & Sulastri. (2016). Kualitas kimia susu kambing Peranakan Etawa pada berbagai periode laktasi di Desa Sungai Langka Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 4(4), 307–312.

Zhu, M., Zheng, Y., Lou, S., Zhang, R., Feng, D., Lei, X., Chen, L., Wang, J., Yao, J., & Deng, L. (2025). Taurodeoxycholic, taurocholic, and glycocholic acids promote hepatic gluconeogenesis via TGR5 in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *16*(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1186/s40104-025-01275-w>