



Ampas Tahu Kering *sebagai* Pakan Domba



Dr. Sri Wahyuni, S.Pt., M.P.

AMPAS TAHU KERING SEBAGAI PAKAN DOMBA

Dr. Sri Wahyuni, S.Pt., M.P.



TAHTA MEDIA GROUP

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

AMPAS TAHU KERING SEBAGAI PAKAN DOMBA

Penulis:
Dr. Sri Wahyuni, S.Pt., M.P.

Desain Cover:
Tahta Media

Editor:
Tahta Media

Proofreader:
Tahta Media

Ukuran:
xiii, 112, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-634-262-290-2

Cetakan Pertama:
September 2026

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2026 by Tahta Media Group
All Right Reserved

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

Perumahan Mitra Utama Residence 3 Blok A no 1, Sawahan, Tempel,
Kec. Gatak, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57557
email: tahtaliterasimedia@gmail.com
website: <http://store.tahtamedia.co.id/>
Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Ampas tahu merupakan salah satu hasil ikutan agroindustri yang mudah dijumpai di Indonesia, hal ini dikarenakan industri tahu rumah tangga banyak ditemukan di setiap daerah. Ampas tahu, meskipun sebagai limbah, tetapi kadar proteinnya cukup tinggi. Kondisi ini menyebabkan ampas tahu berpotensi menjadi sumber pakan alternatif bagi ternak ruminansia, khususnya domba. Mengingat ampas tahu mempunyai kadar air yang tinggi, sehingga dibutuhkan penanganan dan pengolahannya tepat.

Buku ini disusun untuk mengupas secara mendalam bagaimana ampas tahu dapat diolah dan dimanfaatkan secara optimal sebagai pakan domba. Fokus utama dari buku ini pada cara pengeringan ampas tahu terhadap karakteristik nutrisi, degradabilitas protein di dalam rumen, serta implikasinya terhadap konsumsi pakan dan retensi nitrogen. Buku ini disusun berdasarkan kajian ilmu nutrisi ternak ruminansia, dipadukan dengan data empiris dan diperkaya dengan referensi terkini mengenai pemanfaatan hasil ikutan kedelai (*okara*) sebagai pakan ternak di berbagai belahan dunia.

Buku ini juga menyajikan pembahasan praktis di luar aspek ilmiah semata, meliputi analisis ekonomi kualitatif, studi kasus penerapan di berbagai daerah di Indonesia, hingga panduan langkah demi langkah dan tanya-jawab praktis bagi peternak yang ingin mengaplikasikan pengetahuan ini secara langsung di kandang masing-masing.

Buku ini ditujukan bagi kalangan luas seperti mahasiswa dan akademisi ilmu peternakan, penyuluh lapangan, praktisi dan pelaku usaha pengolahan pakan, serta peternak domba dan kambing yang ingin memanfaatkan sumber daya lokal secara lebih optimal dan berkelanjutan. Semoga buku ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu

nutrisi ternak ruminansia di Indonesia, khususnya dalam mendukung upaya hilirisasi limbah agroindustri menjadi pakan ternak yang bernilai tambah, serta mendukung terwujudnya sistem peternakan rakyat yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

Semarang, 17 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Gambaran Umum Industri Tahu dan Potensi Limbahnya di Indonesia	4
BAB II DOMBA LOKAL SALAH SATU TERNAK RUMINANSIA DI INDONESIA	7
2.1 Domba Lokal.....	7
2.2 Pakan Domba dan Klasifikasi Bahan Pakannya	9
2.3 Domba Ekor Gemuk dan Domba Ekor Tipis: Perbandingan Karakteristik Pakan.....	10
2.4 Ampas Tahu sebagai Hasil Ikutan Agroindustri dan Potensinya sebagai Pakan Ternak Ruminansia	11
2.5 Pencernaan Protein pada Ternak Ruminansia.....	13
2.6 Degradabilitas Protein Pakan di dalam Rumen	15
2.7 Teknik <i>in sacco</i> (<i>Nylon Bag Technique</i>) dalam Evaluasi Pakan.....	17
2.8 Kualitas Protein Pakan Akibat Pengeringan dan Pemanasan	19
2.9 Kecernaan Pakan pada Ruminansia	20
2.10 Neraca (Retensi) Nitrogen	21
2.11 Pemanfaatan Ampas Tahu/ <i>Okara</i> sebagai Pakan Ternak.....	23
2.12 Sintesis Protein Mikroba dan Peran Amonia Rumen	24
2.13 Antinutrisi dan Pengaruhnya terhadap Degradasi Pakan...	26
2.14 Teknologi Pengawetan Ampas Tahu	28

2.15	Ampas Tahu dalam Kerangka Ekonomi Sirkular Peternakan.....	29
2.16	Ampas Tahu dibandingkan Hasil Ikutan Agroindustri Lain.....	31
2.17	Ampas Tahu dalam Konteks Global <i>Non-Conventional Feed Resources</i>	33
2.18	Aspek Keamanan Pakan dan Pengendalian Mutu Ampas Tahu	34
2.19	Kandungan Mineral dan Komponen Bioaktif Ampas Tahu	36
2.20	Perbandingan Nilai Gizi Okara pada Berbagai Kajian Internasional	37
BAB III MEMAHAMI DAMPAK PENGERINGAN AMPAS TAHU TERHADAP PERFORMA DOMBA.....		40
3.1	Komposisi Zat Gizi Ampas Tahu Akibat Cara Pengeringan	40
3.2	Degradabilitas Protein Ampas Tahu di dalam Rumen	41
3.3	Konsumsi Bahan Kering.....	42
3.4	Konsumsi Nitrogen.....	44
3.5	Kecernaan Bahan Kering.....	45
3.6	Kecernaan Nitrogen.....	46
3.7	Ekskresi Nitrogen Feses	48
3.8	Ekskresi Nitrogen Urin.....	48
3.9	Retensi Nitrogen.....	49
3.10	KESIMPULAN PRAKTIS.....	51
3.11	Rangkuman Antarparameter dan Keterkaitan Fungsionalnya	52
3.12	Perbandingan dengan Hasil Penelitian Lain.....	53
3.13	Implikasi bagi Formulasi Ransum Domba Berbasis Sumber Daya Lokal	55
3.14	Rekomendasi Teknis Pengeringan bagi Peternak dan Pengepul.....	56

BAB IV MEMAHAMI HASIL DAN MEMANFAATKANNYA DI PETERNAKAN	58
BAB V MENGHITUNG BIAYA DAN MANFAAT AMPAS TAHU KERING	62
5.1 Kerangka Analisis Biaya Pakan	62
5.2 Estimasi Nilai Tambah dari Peningkatan Konsumsi dan Retensi Nitrogen.....	63
5.3 Implikasi bagi Kelembagaan Peternakan Rakyat.....	65
BAB VI BELAJAR DARI PETERNAK: PEMANFAATAN AMPAS TAHU DI BERBAGAI DAERAH	66
6.1 Jawa Barat: Kombinasi Ampas Tahu dan Pakan Tambahan Lokal.....	66
6.2 Bengkulu: Kombinasi Ampas Tahu dan Bungkil Inti Sawit pada Kambing	67
6.3 Jawa Timur: Integrasi Ampas Tahu dengan Limbah Tebu pada Sapi Potong.....	68
6.4 Sintesis Lintas Daerah dan Relevansi bagi Kebijakan Pengembangan Peternakan	69
6.5 Nusa Tenggara: Tantangan Distribusi Ampas Tahu di Wilayah Kepulauan	70
BAB VII MENGEMBANGKAN PEMANFAATAN AMPAS TAHU SECARA BERKELANJUTAN.....	72
7.1 Rekomendasi bagi Pemerintah Daerah dan Dinas Peternakan.....	72
7.2 Rekomendasi bagi Lembaga Penelitian dan Perguruan Tinggi	73
7.3 Peta Jalan Pengembangan Jangka Menengah	74
BAB VIII PROSPEK INOVASI DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN	76
8.1 Fermentasi sebagai Peningkat Nilai Gizi.....	76

8.2	Teknologi Pengeringan Hemat Energi.....	77
8.3	Arah Riset Masa Depan: Integrasi dengan Presisi Nutrisi ...	78
8.4	Peluang Digitalisasi Rantai Pasok Ampas Tahu.....	79
BAB IX TANYA JAWAB PRAKTIS BAGI PETERNAK.....		81
9.1	Pertanyaan Umum Seputar Pemanfaatan Ampas Tahu	81
BAB X CONTOH PERHITUNGAN DAN PANDUAN PRAKTIS.....		83
10.1	Contoh Perhitungan Neraca Nitrogen (<i>Ilustratif</i>).....	83
10.2	Ilustrasi Perbandingan Biaya Pakan (Angka Contoh, Bukan Data Pasar Aktual)	84
10.3	Panduan Praktis Pengeringan Ampas Tahu di Tingkat Peternak.....	86
10.4	Contoh Perhitungan Formulasi Ransum Sederhana Berbasis Ampas Tahu.....	86
BAB XI CARA MENGENALI DAN MENILAI KUALITAS AMPAS TAHU KERING		88
11.1	<i>In Vitro</i> : Kelebihan dan Keterbatasan	88
11.2	<i>In Sacco</i> : Kelebihan dan Keterbatasan	89
11.3	<i>In Vivo</i> : Kelebihan dan Keterbatasan.....	91
11.4	Pendekatan Terintegrasi: Kombinasi Ketiga Metode	92
11.5	Ringkasan Perbandingan Ketiga Metode Evaluasi Pakan ...	93
BAB XII PENUTUP		95
12.1	Ampas Tahu dalam Peta Besar Ketahanan Pangan dan Pakan Nasional.....	95
12.2	Pembelajaran Metodologis bagi Penelitian Nutrisi Ternak Tropis	96
12.3	Pesan Penutup	97
DAFTAR PUSTAKA		99
GLOSARIUM		105
INDEKS.....		111
PROFIL PENULIS.....		112

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Ringkas Metode Pengawetan Ampas Tahu	29
Tabel 2. 2 Perbandingan Kisaran Nilai Gizi Ampas Tahu/Okara Lokal dan Internasional	37
Tabel 2. 3 Ringkasan Ilustratif Hasil Penelitian Pemberian <i>Okara</i> /Ampas Tahu pada Berbagai Ternak (disarikan dari berbagai sumber pustaka)	39
Tabel 3. 1 Pengaruh Cara Pengeringan terhadap Komposisi Zat Gizi Ampas Tahu (% BK, kecuali BK) *).....	40
Tabel 3. 2 Degradabilitas Protein Ampas Tahu di dalam Rumen Domba Lokal Jantan.....	41
Tabel 3. 3 Konsumsi Bahan Kering Domba Lokal Jantan (g/ekor/hari).....	43
Tabel 3. 4 Konsumsi Nitrogen Domba Lokal Jantan (g/ekor/hari)	45
Tabel 3. 5 Kecernaan Bahan Kering Domba Lokal Jantan (%)	46
Tabel 3. 6 Kecernaan Nitrogen Domba Lokal Jantan (%)	46
Tabel 3. 7 Ekskresi Nitrogen Feses Domba Lokal Jantan.....	48
Tabel 3. 8 Ekskresi Nitrogen Urin Domba Lokal Jantan	49
Tabel 3. 9 Retensi Nitrogen Domba Lokal Jantan	50
Tabel 10. 1 Ilustrasi Perbandingan Relatif Biaya per Satuan Protein dari Berbagai Sumber (Angka Indeks, Bukan Harga Pasar Aktual)	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 11. 1 Sampel Pakan Siap untuk Uji In Vitro.....	88
Gambar 11. 2 Skema Metode In Sacco (Nylon Bag Technique).	
Sumber: Suparjo (2015)	90
Gambar 11. 3 Penggunaan Domba dalam Penelitian In Vivo.....	91

DAFTAR SINGKATAN

BK	: Bahan Kering
TDN	: Total <i>Digestible Nutrient</i>
BETN	: Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen
RDP	: Rumen <i>Degradable</i> Protein
UDP	: Rumen <i>Undegradable</i> Protein (<i>protein bypass</i>)
NPN	: Non-Protein Nitrogen
VFA	: <i>Volatile Fatty Acids</i> (asam lemak terbang)
ADF	: <i>Acid Detergent Fibre</i>
ADL	: <i>Acid Detergent Lignin</i>
ADIN	: <i>Acid Detergent Insoluble Nitrogen</i>
ANOVA	: <i>Analysis of Variance</i> (analisis keragaman)
NR	: Nitrogen Retention (retensi nitrogen)
NI	: Nitrogen Intake (nitrogen masuk/konsumsi)
NF	: Nitrogen Feses
NU	: Nitrogen Urin

BAB I

PENDAHULUAN

Ketersediaan pakan berkualitas merupakan salah satu faktor pembatas utama dalam pengembangan usaha peternakan ruminansia kecil, khususnya domba, di Indonesia. Pakan utama ternak ruminansia berupa rumput-rumputan dan limbah pertanian umumnya memiliki kadar protein dan kecernaan yang relatif rendah, sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ternak secara optimal, terutama pada fase pertumbuhan dan penggemukan. Kondisi ini mendorong kebutuhan akan pakan penguat (konsentrat) sebagai sumber protein dan energi tambahan. Konsentrat komersial buatan pabrik umumnya memiliki harga relatif tinggi, sehingga peternak skala kecil dan menengah mengalami kesulitan dalam mengaksesnya secara berkelanjutan. Kondisi tersebut mendorong perlunya pencarian sumber pakan alternatif yang murah, mudah diperoleh, dan memiliki nilai gizi memadai sebagai agenda penting dalam kajian nutrisi pakan ternak. Salah satu alternatif yang telah lama dikenal dan dimanfaatkan peternak di Pulau Jawa adalah ampas tahu, yaitu limbah padat hasil industri pengolahan kedelai menjadi tahu.

Industri tahu merupakan salah satu industri rumah tangga yang tersebar luas di Indonesia, sehingga ketersediaan bahan baku ampas tahu menjadi cukup melimpah. Ampas tahu memiliki kandungan protein kasar yang relatif tinggi (berkisar 18-21% bahan kering), sehingga secara nutrisi berpotensi menjadi sumber protein pakan yang kompetitif; namun demikian, ampas tahu segar memiliki kadar air

yang sangat tinggi (mencapai lebih dari 75%), sehingga rentan mengalami kebusukan dalam waktu singkat. Kondisi ini membatasi daya simpan, jangkauan distribusi, dan efisiensi penggunaannya sebagai pakan ternak. Secara global, permasalahan serupa juga menjadi perhatian dalam literatur internasional. Kajian pustaka terkini menegaskan bahwa hasil ikutan pengolahan kedelai menjadi tahu maupun susu kedelai dalam literatur internasional dikenal dengan istilah *okara* atau *soybean curd residue*. Ampas tahu memiliki kandungan gizi yang tinggi, namun bersifat sangat mudah rusak (*highly perishable*). Hal ini disebabkan oleh kadar air yang tinggi, sehingga memerlukan teknologi pengolahan dan pengawetan yang tepat sebelum dapat dimanfaatkan secara luas sebagai pakan ternak (Rahman et al., 2021). Fakta ini menunjukkan bahwa permasalahan yang diangkat dalam berbagai kajian mengenai ampas tahu, yakni cara pengeringan yang memengaruhi karakteristik nutrisi ampas tahu, tetap relevan dan menjadi topik yang terus dikaji hingga saat ini.

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan yang paling umum diterapkan untuk memperpanjang daya simpan ampas tahu; akan tetapi, proses pengeringan terutama pada suhu tinggi berpotensi menimbulkan perubahan struktur fisik dan kimia protein pakan. Pengeringan suhu tinggi juga menyebabkan terjadinya denaturasi protein dan reaksi pencoklatan non-enzimatis (reaksi *Maillard*). Kondisi tersebut dapat memengaruhi degradabilitas protein di dalam rumen, serta kecernaannya di sepanjang saluran pencernaan ruminansia. Interaksi antara suhu pengeringan, denaturasi protein, dan pemanfaatan nitrogen oleh ternak inilah yang menjadi fokus kajian utama buku ini. Pemahaman mengenai degradabilitas protein pakan di dalam rumen menjadi sangat penting dalam konteks nutrisi ruminansia modern. Hal ini dikarenakan kebutuhan protein pada ternak ruminansia dapat disuplai melalui dua jalur utama, yaitu *rumen*

degradable protein (RDP) dan *rumen undegradable protein* (UDP). *Rumen degradable protein* merupakan protein pakan yang terdegradasi di dalam rumen dan dimanfaatkan mikroba rumen untuk sintesis protein tubuhnya. *Rumen undegradable protein* atau *bypass protein* yaitu protein pakan yang lolos dari degradasi rumen yang tersedia langsung bagi ternak inang di usus halus. Keseimbangan antara kedua fraksi ini menentukan efisiensi pemanfaatan nitrogen pakan secara keseluruhan.

Tantangan penyediaan pakan berkualitas semakin kompleks seiring meningkatnya persaingan penggunaan lahan antara tanaman pangan, tanaman industri, dan tanaman pakan ternak di Indonesia. Kondisi ini mendorong pentingnya eksplorasi sumber pakan alternatif yang tidak berkompetisi langsung dengan kebutuhan pangan manusia, salah satunya melalui optimalisasi pemanfaatan hasil ikutan agroindustri pangan seperti ampas tahu.

Buku ini disusun dengan tujuan memberikan pemahaman komprehensif mengenai potensi ampas tahu sebagai sumber protein alternatif bagi domba lokal, mencakup aspek karakteristik nutrisi, metode evaluasi pakan, respons fisiologis ternak, hingga pertimbangan ekonomi dan kebijakan yang menyertainya. Pendekatan multidisiplin ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang utuh bagi pembaca, baik dari kalangan akademisi, penyuluh, maupun peternak praktis.

Sistematika penulisan buku ini, dimulai dari pengantar mengenai industri tahu dan potensi limbahnya, dilanjutkan dengan kajian teoritis mengenai domba lokal dan prinsip nutrisi ruminansia, hasil kajian karakteristik nutrisi ampas tahu, hingga rekomendasi praktis, ekonomi, kebijakan, dan metode evaluasi pakan yang relevan bagi pengembangan lebih lanjut.

1.1 GAMBARAN UMUM INDUSTRI TAHU DAN POTENSI LIMBAHNYA DI INDONESIA

Industri tahu merupakan salah satu industri pengolahan pangan berbasis kedelai yang paling luas persebarannya di Indonesia, mulai dari skala industri rumah tangga hingga skala menengah. Sebagai gambaran historis, produksi ampas tahu nasional pada tahun 2025 tercatat sebesar 687.500 ton, sebuah angka yang menegaskan besarnya potensi ketersediaan bahan pakan alternatif ini bagi sektor peternakan, khususnya di wilayah-wilayah dengan konsentrasi industri tahu yang tinggi seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Sebaran geografis industri tahu umumnya berdekatan dengan sentra-sentra peternakan domba rakyat di Pulau Jawa menciptakan sinergi alami antara kedua sektor tersebut. Peternak domba di sekitar sentra produksi tahu, seperti yang dilaporkan pada berbagai kajian lapangan di Jawa Barat (Hernaman et al., 2019), telah lama memanfaatkan ampas tahu segar sebagai pakan tambahan harian bagi ternaknya, meskipun keterbatasan daya simpan ampas tahu segar seringkali membatasi jumlah yang dapat dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik industri tahu rumah tangga yang umumnya beroperasi dalam skala kecil dan tersebar luas juga menghadirkan tantangan tersendiri dalam pengumpulan dan pengolahan ampas tahu secara terpusat, sebagaimana dalam kajian internasional mengenai *okara* (Rahman et al., 2021). Kondisi ini menegaskan pentingnya teknologi pengolahan yang sederhana dan dapat diterapkan di tingkat rumah tangga maupun kelompok tani-ternak, seperti pengeringan menggunakan sinar matahari atau oven berskala kecil, sebagaimana menjadi fokus kajian dalam buku ini.

Data yang dihimpun dari berbagai sentra produksi tahu di Pulau Jawa menunjukkan bahwa skala industri rumah tangga masih mendominasi struktur usaha ini, dengan kapasitas produksi harian yang bervariasi antara 50 hingga 500 kg kedelai per unit usaha.

Kondisi ini menyebabkan ampas tahu yang dihasilkan tersebar di ribuan titik produksi kecil yang umumnya belum memiliki sistem pengelolaan limbah terpadu, sehingga sebagian besar ampas tahu masih dijual dalam kondisi segar dengan harga sangat rendah kepada peternak di sekitar lokasi produksi (Rahman et al., 2021). Penumpukan ampas tahu yang tidak segera dimanfaatkan, ditinjau dari perspektif keberlanjutan lingkungan, berpotensi menimbulkan permasalahan pencemaran air dan tanah akibat proses pembusukan yang menghasilkan bau tidak sedap serta pelepasan senyawa organik ke badan air di sekitar sentra produksi; oleh karena itu, optimalisasi pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak tidak semata-mata bernilai ekonomis, tetapi juga merupakan bagian dari mitigasi dampak lingkungan industri pengolahan kedelai skala kecil dan menengah di Indonesia (Mata et al., 2026).

Estimasi kasar menunjukkan bahwa setiap kilogram kedelai yang diolah menjadi tahu dapat menghasilkan ampas tahu segar dalam jumlah yang setara atau bahkan lebih besar dari beratnya sendiri akibat kandungan air yang tinggi, sehingga total potensi produksi ampas tahu nasional sangat besar mengingat tingginya konsumsi tahu sebagai salah satu sumber protein nabati utama masyarakat Indonesia. Pemetaan spasial sentra industri tahu di tingkat kabupaten/kota menggunakan sistem informasi geografis dapat menjadi alat bantu perencanaan yang efektif bagi dinas peternakan dalam merancang program pemanfaatan ampas tahu yang tepat sasaran. Sensus industri kecil menengah yang secara khusus mendata jumlah dan kapasitas produksi unit usaha tahu di tingkat kecamatan akan sangat bermanfaat sebagai dasar perencanaan program pemanfaatan ampas tahu yang lebih akurat dan berbasis data di masa mendatang. Kolaborasi antara asosiasi perajin tahu, seperti Koperasi Produsen Tahu Tempe Indonesia, dengan asosiasi peternak domba

dan kambing berpotensi membentuk kemitraan strategis nasional yang mendukung optimalisasi pemanfaatan ampas tahu secara terkoordinasi di seluruh Indonesia.

BAB II

DOMBA LOKAL SALAH SATU TERNAK RUMINANSIA DI INDONESIA

2.1 DOMBA LOKAL

Domba lokal Indonesia, yang dikenal pula sebagai "javanese thin tail" atau "domba ekor tipis", tersebar terutama di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Bobot badan dewasa domba lokal berkisar sekitar 23 kg, dengan pertambahan bobot badan harian (PBBH) yang dapat ditingkatkan melalui perbaikan teknologi pakan hingga mencapai kisaran 57-132 g/ekor/hari. Karakteristik domba lokal yang relatif toleran terhadap pakan berkualitas rendah dan mampu beradaptasi pada berbagai kondisi agroklimat menjadikannya komoditas penting dalam sistem peternakan rakyat, khususnya sebagai usaha sampingan yang terintegrasi dengan pertanian dan agroindustri rumah tangga, termasuk industri tahu. Dalam dua dekade terakhir, penelitian mengenai peningkatan performa domba lokal melalui suplementasi hasil ikutan agroindustri terus berkembang. Sebagai contoh, pada kajian yang dilakukan Hernaman et al. (2019) menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi daun ubi jalar dan ampas tahu sebagai pakan tambahan mampu meningkatkan performa domba lokal yang dipelihara peternak, menegaskan relevansi jangka panjang pemanfaatan ampas tahu sebagai komponen pakan tambahan bagi domba di tingkat peternakan rakyat.

Populasi domba berdasarkan BPS (Peternakan dalam angka 2025) tercatat sebanyak 9,15 juta ekor. Populasinya di Indonesia tersebar tidak merata, dengan konsentrasi tertinggi terdapat di wilayah Jawa Barat (5,56 juta ekor), Jawa Tengah (1,21 juta ekor), dan Jawa Timur (1,4 juta ekor) yang secara historis merupakan basis utama peternakan domba rakyat. Keragaman morfologi domba lokal, termasuk perbedaan bentuk ekor, pola warna bulu, dan ukuran tubuh, mencerminkan proses adaptasi genetik terhadap kondisi agroekologi setempat serta praktik seleksi tradisional yang telah berlangsung turun-temurun di kalangan peternak (Somanjaya et al., 2025). Karakteristik pertumbuhan domba lokal umumnya dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik dan manajemen pemberian pakan. Penelitian pada beberapa rumpun domba lokal menunjukkan bahwa hubungan antara ukuran-ukuran tubuh linear seperti lingkaran dada dan panjang badan dengan bobot badan cukup erat, sehingga pengukuran morfometrik dapat digunakan sebagai pendekatan praktis untuk menduga bobot badan di tingkat lapangan tanpa memerlukan timbangan (Wahyudi et al., 2023). Pemahaman terhadap karakteristik ini penting sebagai dasar penyusunan strategi pemberian pakan yang sesuai dengan potensi genetik masing-masing rumpun domba lokal.

Dari sisi pemuliaan, program seleksi domba lokal di Indonesia masih banyak mengandalkan seleksi fenotipik sederhana berbasis ukuran tubuh dan performa reproduksi, tanpa dukungan basis data silsilah yang terstruktur secara nasional. Kondisi ini menjadi tantangan tersendiri dalam upaya peningkatan mutu genetik domba lokal secara berkelanjutan, sehingga integrasi program pencatatan (*recording*) sederhana di tingkat kelompok ternak menjadi langkah awal yang penting untuk mendukung seleksi yang lebih terarah. Keragaman genetik domba lokal Indonesia yang masih relatif tinggi

merupakan aset penting bagi ketahanan peternakan nasional terhadap perubahan iklim, mengingat keragaman genetik yang luas memberikan cadangan sifat adaptif yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan di masa mendatang (Wanjala et al., 2023).

2.2 PAKAN DOMBA DAN KLASIFIKASI BAHAN PAKANNYA

Bahan pakan ternak ruminansia khususnya pada domba secara umum dibagi menjadi dua kategori dengan karakteristik berbeda, yaitu pakan kasar (hijauan) dan pakan konsentrat. Pakan dengan kadar serat kasar 18% atau lebih dikelompokkan sebagai pakan kasar, sedangkan pakan dengan kadar serat kasar kurang dari 18% dikelompokkan sebagai pakan konsentrat. Pakan konsentrat umumnya bersifat mudah dicerna dan merupakan sumber zat gizi utama seperti energi dan protein bagi ternak. Rumput lapangan, sebagai pakan pokok ruminansia di pedesaan, umumnya diperoleh dari tanah perkebunan, pinggir jalan, atau pematang sawah yang tumbuh secara alamiah. Kandungan gizinya relatif rendah, dengan kadar protein kasar berkisar 8% dan *total digestible nutrient* (TDN) sekitar 56%, sehingga pemberian rumput lapangan sebagai pakan tunggal umumnya tidak mencukupi kebutuhan nutrisi ternak untuk pertumbuhan optimal, terutama kebutuhan protein. Kondisi inilah yang mendasari perlunya penambahan sumber protein tambahan berupa konsentrat atau bahan pakan penguat lain, salah satunya ampas tahu, guna menutup kesenjangan nutrisi antara kebutuhan ternak dan kandungan gizi hijauan basal.

Bahan pakan ternak ruminansia juga dapat dikelompokkan berdasarkan sumber perolehannya, yaitu bahan pakan konvensional yang diperoleh dari tanaman pangan atau hijauan budidaya, serta bahan pakan non-konvensional yang berasal dari hasil ikutan

agroindustri seperti ampas tahu, dedak, bungkil, dan berbagai limbah pertanian lainnya; klasifikasi ini melengkapi pengelompokan berdasarkan kandungan serat kasar. Pemanfaatan bahan pakan non-konvensional menjadi semakin penting seiring meningkatnya persaingan penggunaan lahan antara produksi pangan manusia dan produksi pakan ternak (Sime & Duguma, 2025).

Pemilihan bahan pakan sumber protein bagi domba tidak hanya mempertimbangkan kandungan nutrisi secara kimiawi, tetapi juga aspek ketersediaan, kontinuitas pasokan, harga, serta kemudahan penyimpanan. Ampas tahu memiliki keunggulan komparatif dibandingkan sumber protein konvensional seperti bungkil kedelai karena harganya yang jauh lebih murah, meskipun memerlukan penanganan khusus akibat kadar airnya yang tinggi pada kondisi segar.

2.3 DOMBA EKOR GEMUK DAN DOMBA EKOR TIPIS: PERBANDINGAN KARAKTERISTIK PAKAN

Domba lokal Indonesia umumnya dikelompokkan berdasarkan bentuk ekor menjadi dua tipe utama, yaitu domba ekor gemuk (*fat-tailed sheep*) dan domba ekor tipis (*thin-tailed sheep*). Domba ekor gemuk, seperti domba Sapudi dan domba ekor gemuk asal Nusa Tenggara, memiliki kemampuan menyimpan cadangan energi pada bagian ekor yang membuatnya relatif lebih adaptif terhadap kondisi pakan yang fluktuatif di wilayah kering (Mudawamah et al., 2023).

Domba ekor tipis, yang lebih banyak dijumpai di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur, cenderung memiliki respons pertumbuhan yang lebih cepat terhadap perbaikan mutu pakan, termasuk suplementasi protein dari ampas tahu, dibandingkan domba ekor gemuk yang secara genetik lebih teradaptasi pada pakan berkualitas rendah. Perbedaan karakteristik ini penting menjadi

pertimbangan dalam menyusun strategi pemberian pakan berbasis ampas tahu yang disesuaikan dengan tipe domba yang dipelihara di suatu wilayah. Domba ekor gemuk dan ekor tipis juga menunjukkan perbedaan preferensi terhadap tekstur dan bentuk fisik pakan di luar perbedaan respons terhadap pakan, di mana beberapa laporan lapangan menunjukkan domba ekor tipis relatif lebih menyukai pakan dengan tekstur lebih halus, sementara domba ekor gemuk cenderung lebih toleran terhadap variasi tekstur pakan yang lebih kasar, mencerminkan adaptasi historisnya terhadap kondisi pakan yang lebih beragam di daerah asalnya. Pemahaman terhadap perbedaan tipe domba ini juga relevan bagi penyuluh dalam menyesuaikan materi pelatihan pemberian pakan berbasis ampas tahu sesuai karakteristik ternak dominan di suatu wilayah binaan. Kajian genetik molekuler mengenai gen-gen yang berkaitan dengan metabolisme lemak pada domba ekor gemuk dibandingkan domba ekor tipis dapat memberikan pemahaman lebih dalam mengenai basis biologis perbedaan respons kedua tipe domba terhadap pakan berprotein tinggi seperti ampas tahu.

2.4 AMPAS TAHU SEBAGAI HASIL IKUTAN AGROINDUSTRI DAN POTENSINYA SEBAGAI PAKAN TERNAK RUMINANSIA

Ampas tahu merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses penyaringan bubur kedelai pada pembuatan tahu. Dalam literatur internasional, bahan ini dikenal dengan berbagai istilah, antara lain *okara*, *soybean curd residue*, *soybean-curdless*, *tofu cake*, maupun *tofu waste* (Rahman et al., 2021). Secara kuantitatif, setiap satu kilogram kedelai yang diolah menjadi tahu atau susu kedelai menghasilkan sekitar 1,1-1,5 kg ampas tahu basah, sehingga total produksi limbah ini di tingkat industri sangat besar mengingat

tingginya konsumsi produk berbahan dasar kedelai di berbagai negara Asia. Ampas tahu tergolong bahan pakan berkadar gizi tinggi ditinjau dari komposisi kimianya. Berbagai kajian menunjukkan kadar protein kasar berkisar 18-21% bahan kering, dengan serat kasar 20-30%, lemak 10-20%, serta mengandung mineral dan fitokimia. Kandungan gizi ini menjadikan ampas tahu berpotensi sebagai substitusi sebagian bungkil kedelai atau sumber protein konsentrat yang harganya relatif lebih mahal; meskipun demikian, kadar air ampas tahu segar yang sangat tinggi (sekitar 80%) menjadikannya bahan pakan yang sangat mudah rusak.

Kajian terbaru menegaskan bahwa tingginya kadar air tersebut menuntut teknologi pengeringan yang efisien, agar ampas tahu dapat distabilkan untuk pemrosesan dan distribusi lebih lanjut (Rahman et al., 2021). Sejumlah penelitian juga mengeksplorasi metode pengawetan alternatif di luar pengeringan menggunakan panas (oven maupun sinar matahari), seperti fermentasi menggunakan bakteri asam laktat maupun ensilase bersama bahan pakan berserat tinggi. Metode ensilase ampas tahu yang dikombinasikan dengan silase jagung rehidrasi, misalnya, terbukti memengaruhi parameter pencernaan, degradabilitas, dan fermentasi rumen pada ternak sapi (Tres et al., 2020). Berbagai penelitian di Indonesia juga terus mengonfirmasi relevansi ampas tahu sebagai pakan tambahan pada ternak ruminansia kecil. Kombinasi ampas tahu dengan bahan pakan lain, seperti daun ubi jalar, telah dilaporkan mampu meningkatkan performa domba lokal yang dipelihara secara intensif oleh peternak (Hernaman et al., 2019). Temuan-temuan ini memperkuat posisi ampas tahu sebagai salah satu bahan pakan alternatif strategis dalam sistem pakan ruminansia berbasis limbah agroindustri di Indonesia.

Hasil ikutan pengolahan kedelai secara internasional, dikenal dengan istilah *okara* telah banyak diteliti sebagai bahan pakan alternatif pada berbagai jenis ternak, mulai dari unggas, babi, ikan, hingga ruminansia. Tinjauan komprehensif oleh Rahman et al. (2021) menegaskan bahwa pemberian *okara* pada ternak umumnya tidak menekan konsumsi pakan, pencernaan, pertumbuhan, maupun produksi susu, sehingga bahan ini layak dipertimbangkan sebagai substitusi parsial maupun total terhadap bungkil kedelai dalam ransum ruminansia.

2.5 PENCERNAAN PROTEIN PADA TERNAK RUMINANSIA

Proses pencernaan pada ternak ruminansia berlangsung melalui tiga mekanisme utama, yaitu secara mekanik di dalam mulut, secara fermentatif oleh mikroba rumen, dan secara hidrolitik oleh enzim-enzim pencernaan di usus halus. Ternak ruminansia memiliki lambung ganda yang terdiri atas lambung muka (rumen, retikulum, dan omasum) serta lambung sejati (abomasum). Fermentasi mikroba di dalam rumen memberikan keuntungan sekaligus konsekuensi tertentu bagi ternak inang. Di satu sisi, aktivitas mikroba memungkinkan ternak memanfaatkan selulosa sebagai sumber energi dan senyawa *non-protein nitrogen* (NPN) sebagai sumber protein melalui sintesis protein mikroba, serta mensintesis vitamin B kompleks dan vitamin K; di sisi lain, protein pakan bernilai hayati tinggi berisiko mengalami degradasi berlebihan menjadi amonia di dalam rumen sebelum sempat dimanfaatkan secara optimal oleh ternak inang di usus halus. Protein yang mencapai abomasum dan usus halus berasal dari dua sumber utama, yaitu protein pakan yang lolos dari degradasi mikroba di *retikulo-rumen* (*protein bypass/UDP*) dan protein tubuh mikroba (*microbial protein*) yang terbentuk dari hasil

sintesis mikroba rumen menggunakan amonia, peptida, dan asam amino sebagai prekursor nitrogen. Keseimbangan yang optimal antara kedua sumber protein ini sangat menentukan efisiensi pemanfaatan nitrogen pakan oleh ternak ruminansia secara keseluruhan.

Proses pencernaan protein pada ruminansia bersifat unik dibandingkan hewan monogastrik karena melibatkan peran mikroba rumen sebagai mediator utama sebelum protein pakan mencapai usus halus. Protein pakan yang masuk ke dalam rumen akan mengalami degradasi oleh enzim proteolitik mikroba menjadi peptida, asam amino, dan pada akhirnya amonia, yang selanjutnya dimanfaatkan oleh mikroba rumen untuk sintesis protein tubuhnya sendiri (Zhang et al., 2022). Efisiensi pemanfaatan protein pada ruminansia sangat ditentukan oleh keseimbangan antara ketersediaan protein terdegradasi (*rumen degradable protein/RDP*) dan karbohidrat mudah larut sebagai sumber energi bagi mikroba. Ketidakseimbangan antara kedua komponen ini dapat menyebabkan pemborosan nitrogen dalam bentuk ekskresi urea yang berlebihan melalui urin, sekaligus menurunkan efisiensi sintesis protein mikroba di dalam rumen (Putri et al., 2021). Ternak ruminansia juga memanfaatkan nitrogen bukan protein (*non-protein nitrogen/NPN*) seperti urea sebagai sumber nitrogen bagi sintesis protein mikroba di luar protein pakan itu sendiri, meskipun pemanfaatannya perlu dikelola secara hati-hati untuk menghindari risiko toksisitas amonia. Kombinasi sumber protein sejati seperti ampas tahu dengan sumber NPN dalam proporsi terkontrol dapat menjadi strategi efisiensi biaya pakan tanpa mengorbankan performa ternak.

Pemahaman mendalam mengenai proses pencernaan protein pada ruminansia menjadi dasar penting bagi pengembangan sistem evaluasi pakan berbasis protein metabolis (*metabolizable protein system*). Pada saat ini semakin banyak diadopsi dalam penyusunan ransum

ternak ruminansia modern menggantikan sistem protein kasar konvensional.

2.6 DEGRADABILITAS PROTEIN PAKAN DI DALAM RUMEN

Degradabilitas protein didefinisikan sebagai tingkat degradasi protein pakan menjadi amonia oleh mikroba rumen. Parameter ini sangat dipengaruhi oleh waktu tinggal partikel pakan yang mengandung protein di dalam rumen, karakteristik fisik-kimia bahan pakan, serta kondisi lingkungan rumen seperti pH, konsentrasi amonia, dan konsentrasi asam lemak terbang (*volatile fatty acids/VFA*). Konsep kebutuhan protein ruminansia modern membedakan antara protein yang dapat didegradasi di dalam rumen (*rumen degradable protein/RDP*) dan protein yang tidak dapat didegradasi di dalam rumen (*rumen undegradable protein/UDP* atau *bypass protein*). Kedua fraksi protein ini harus tersedia secara seimbang: RDP diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nitrogen mikroba rumen, sedangkan UDP diperlukan untuk memenuhi kebutuhan protein ternak inang yang tidak dapat dipenuhi sepenuhnya oleh protein mikroba, terutama pada ternak dengan produktivitas tinggi. Perkembangan penelitian terkini terus memperkaya pemahaman mengenai variabel-variabel penentu degradabilitas protein pakan. Studi oleh Zagorakis dan Milis (2022) terhadap sembilan jenis suplemen protein pada domba menunjukkan bahwa parameter degradabilitas efektif protein kasar dapat diprediksi secara akurat dari komposisi kimia pakan, khususnya kadar serat deterjen asam (*acid detergent fibre/ADF*) dan lignin (*acid detergent lignin/ADL*), dengan model regresi yang mencapai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,90. Temuan ini menegaskan bahwa komposisi fraksi serat pakan, yang turut dipengaruhi oleh perlakuan pengeringan dan pemanasan, memiliki

peran penting dalam menentukan laju dan tingkat degradasi protein di dalam rumen. Faktor-faktor yang memengaruhi hasil pengamatan degradasi protein pakan di dalam rumen dapat dibedakan menjadi faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi konsentrasi amonia, konsentrasi VFA, pH rumen, dan laju keluarnya partikel pakan dari rumen. Faktor eksternal meliputi metode evaluasi yang digunakan, perlakuan teknologi pengolahan pakan (termasuk pengeringan dan pemanasan), kandungan komponen serat seperti lignin, serta kandungan senyawa antinutrisi seperti tanin.

Tingkat degradabilitas protein pakan di dalam rumen dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk struktur fisik dan kimia protein, lama retensi pakan di dalam rumen, populasi dan aktivitas mikroba, serta perlakuan pengolahan yang diterima bahan pakan sebelum diberikan kepada ternak. Protein yang memiliki struktur ikatan silang kompleks, seperti akibat reaksi *Maillard* pada proses pemanasan berlebihan, cenderung memiliki laju degradasi yang lebih rendah karena resisten terhadap serangan enzim proteolitik mikroba.

Pendekatan kinetika degradasi protein pakan umumnya menggunakan model eksponensial klasik yang menguraikan protein pakan menjadi tiga fraksi utama, yaitu fraksi cepat larut (a), fraksi lambat terdegradasi (b), dan laju degradasi fraksi b (c). Kombinasi dari ketiga parameter tersebut memungkinkan estimasi persentase protein yang efektif terdegradasi (*effective degradability*) pada laju alir pakan tertentu, sehingga menjadi dasar penting bagi formulasi ransum berbasis kebutuhan protein rumen dan protein pascarumen (Rosmalia et al., 2021). Variasi individu ternak turut memengaruhi hasil pengukuran degradabilitas protein di luar faktor bahan pakan itu sendiri, mengingat perbedaan populasi mikroba rumen antarindividu dapat menghasilkan laju fermentasi yang sedikit berbeda meskipun diberi pakan yang identik; oleh karena itu, penelitian *in sacco*

umumnya menggunakan lebih dari satu ekor ternak berfistula sebagai ulangan biologis untuk memperoleh estimasi yang lebih representatif.

2.7 TEKNIK *IN SACCO* (NYLON BAG TECHNIQUE) DALAM EVALUASI PAKAN

Teknik *in sacco* atau *nylon bag technique* merupakan metode standar yang banyak digunakan untuk mengevaluasi degradabilitas bahan kering dan protein pakan di dalam rumen ternak berfistula. Prinsip metode ini adalah menginkubasikan sampel pakan dalam kantong berpori (biasanya berbahan nilon) ke dalam rumen selama periode waktu tertentu, kemudian menghitung proporsi bahan yang hilang (terdegradasi) pada setiap titik waktu inkubasi menggunakan persamaan eksponensial standar: $P (\%) = a + b(1-e^{-ct})$, di mana a merupakan fraksi yang mudah larut, b merupakan fraksi yang berpotensi terdegradasi, dan c merupakan laju degradasi per satuan waktu. Penelitian metodologis mengenai penyempurnaan teknik *in sacco* terus berlanjut hingga saat ini, meskipun teknik ini telah digunakan sejak akhir 1970-an.

Kajian Rahmat et al. (2021) tentang sifat degradasi rumen pada pakan legum tropis menggunakan pendekatan *in sacco* menegaskan pentingnya standardisasi ukuran partikel sampel, porositas kantong, dan waktu inkubasi untuk memperoleh estimasi degradabilitas yang valid dan dapat dibandingkan antarpencelitan. Studi Rosmalia et al. (2021) yang mengestimasi protein terdegradasi rumen dari pakan lokal pada sapi perah menggunakan metode *in sacco* turut memperkuat validitas metode ini sebagai alat evaluasi pakan yang relevan dalam konteks pakan lokal tropis, termasuk hasil ikutan agroindustri seperti ampas tahu. Beberapa variabel metodologis yang memengaruhi keakuratan hasil evaluasi *in sacco* antara lain karakteristik pakan, posisi kantong di dalam rumen, ukuran pori-pori kantong nilon,

ukuran partikel substrat, waktu inkubasi, jenis ternak yang digunakan, serta prosedur interpretasi hasil inkubasi. Laju partikel pakan keluar dari rumen (*rate of passage*) turut memengaruhi nilai degradasi efektif (*effective degradability*), sehingga umumnya dihitung menggunakan konstanta laju alir partikel pakan sebagai bagian dari model kinetika degradasi standar.

Penentuan ukuran pori kantong nilon merupakan salah satu aspek krusial dalam teknik *in sacco*. Kantong dengan pori terlalu besar berisiko kehilangan partikel pakan halus tanpa melalui proses degradasi mikroba (*washout*), sementara pori yang terlalu kecil dapat membatasi pertukaran cairan rumen dan mikroba ke dalam kantong sehingga menghambat proses fermentasi secara representatif. Rekomendasi umum menyebutkan ukuran pori sekitar 40 mikrometer sebagai titik keseimbangan yang layak untuk determinasi degradabilitas protein pakan. Rasio antara ukuran sampel dan luas permukaan kantong (*sample size to surface area ratio*) turut memengaruhi hasil pengukuran degradabilitas. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan rasio tersebut cenderung menurunkan nilai degradabilitas bahan kering, sehingga direkomendasikan penggunaan sekitar 20 mg/cm² untuk evaluasi pakan hijauan dan 25 mg/cm² untuk pakan konsentrat pada domba (Zhang et al., 2020); selain itu, inovasi bahan kantong nilon lokal yang dapat digunakan berulang, seperti yang diuji pada sapi perah, membuka peluang efisiensi biaya penelitian *in sacco* di negara berkembang tanpa mengorbankan akurasi hasil (Despal et al., 2022).

2.8 KUALITAS PROTEIN PAKAN AKIBAT PENGERINGAN DAN PEMANASAN

Proses pengeringan pada suhu tinggi dapat mengubah struktur fisik dan kimia bahan pakan, termasuk protein, karbohidrat, dan lemak. Salah satu perubahan kimia penting yang terjadi selama pemanasan bahan pangan/pakan berkadar gula pereduksi dan protein tinggi adalah reaksi pencoklatan non-enzimatis atau reaksi *Maillard*, yaitu reaksi antara gugus amino bebas pada asam amino (terutama lisin) dengan gugus karbonil gula pereduksi, yang menghasilkan senyawa kompleks berwarna kecoklatan dan bersifat ireversibel. Kondisi ini secara signifikan menurunkan ketersediaan asam amino esensial dan pencernaan protein di saluran pencernaan, sekaligus dapat mengubah pola degradabilitas protein di dalam rumen.

Fenomena ini dikenal sebagai *over-protection protein*. Apabila terjadi secara berlebihan, kondisi ini dapat menurunkan pencernaan protein secara keseluruhan di sepanjang saluran pencernaan; namun pada tingkat tertentu, fenomena ini justru menguntungkan karena meningkatnya proporsi *bypass protein* yang tersedia di usus halus. Derajat reaksi pencoklatan dipengaruhi oleh suhu, lama pemanasan, pH, kadar air, kandungan oksigen, dan keberadaan senyawa fosfat maupun belerang dioksida.

Peningkatan suhu pengeringan pada umumnya meningkatkan fraksi *acid detergent insoluble nitrogen* (ADIN). Fraksi ini yaitu fraksi nitrogen yang terikat pada komponen ADF dan cenderung sulit dicerna baik di rumen maupun di usus halus. Prediksi kuantitatif hubungan antara komposisi serat pakan (termasuk fraksi yang terbentuk akibat pemanasan) dengan parameter degradabilitas protein telah dikembangkan melalui model regresi berbasis kadar ADF dan ADL (Zagorakis & Milis, 2022). Kondisi tersebut relevan untuk menjelaskan pola penurunan degradabilitas protein ampas tahu akibat perlakuan pengeringan pada berbagai suhu; di sisi lain,

pemanasan pada suhu terkontrol justru dapat dimanfaatkan secara sengaja untuk meningkatkan proporsi protein *bypass* (RUP) pada bahan pakan sumber protein, sebuah strategi yang dikenal sebagai proteksi protein terhadap degradasi rumen; namun demikian, ambang batas suhu dan durasi pemanasan perlu dikendalikan secara ketat, karena pemanasan berlebih justru akan menurunkan pencernaan pascarumen sehingga protein yang lolos dari rumen tidak termanfaatkan secara optimal di usus halus (Rosmalia et al., 2024b).

2.9 KECERNAAN PAKAN PADA RUMINANSIA

Kecernaan pakan merupakan indikator agregat yang mencerminkan interaksi kompleks antara komposisi kimia bahan pakan, populasi dan aktivitas mikroba rumen, laju alir digesta, serta kondisi fisiologis ternak itu sendiri. Metode pengukuran kecernaan yang paling umum digunakan pada penelitian nutrisi ternak meliputi metode koleksi total (*total collection*), metode indikator, serta metode *in vitro* sebagai pendekatan tidak langsung yang lebih efisien dari segi waktu dan biaya.

Kecernaan suatu bahan pakan menggambarkan proporsi zat gizi pakan yang dapat diserap oleh saluran pencernaan ternak, dan merupakan salah satu indikator utama mutu suatu bahan pakan. Pengukuran kecernaan dapat dilakukan secara *in vivo* (langsung pada ternak) maupun *in vitro* (di laboratorium), dengan hasil pengukuran *in vivo* untuk pakan berserat umumnya sedikit lebih rendah dibandingkan hasil *in vitro*. Faktor-faktor yang memengaruhi kecernaan pakan meliputi komposisi kimia pakan, susunan pakan basal, tingkat konsumsi pakan, bentuk fisik dan persiapan pakan (termasuk ukuran partikel akibat penggilingan setelah pengeringan), serta jenis ternak. Ukuran partikel pakan yang terlalu halus,

sebagaimana terjadi pada ampas tahu kering yang digiling, berpotensi mempercepat laju aliran pakan dalam saluran pencernaan. Pada kondisi seperti ini dapat menyebabkan waktu kontak antara enzim pencernaan dengan substrat menjadi berkurang, yang pada gilirannya dapat menurunkan efisiensi pencernaan meskipun kandungan gizinya tinggi; dengan demikian, ukuran partikel yang terlalu kecil tidak baik bagi ternak ruminansia, karena akan mempercepat laju pakan di dalam saluran pencernaannya.

Pada ternak yang diberi pakan berbasis ampas tahu, pencernaan bahan kering dan bahan organik umumnya tergolong tinggi dibandingkan pakan berbasis hijauan tunggal, mengingat kandungan dinding sel ampas tahu relatif lebih rendah dibandingkan hijauan berkualitas rendah; namun demikian, pencernaan aktual sangat dipengaruhi oleh proporsi ampas tahu dalam ransum serta interaksinya dengan bahan pakan lain, sehingga formulasi ransum yang seimbang tetap menjadi kunci optimalisasi pemanfaatan pakan (Rahman et al., 2021).

2.10 NERACA (RETENSI) NITROGEN

Neraca nitrogen merupakan selisih antara jumlah nitrogen yang dikonsumsi ternak dan jumlah nitrogen yang diekskresikan melalui feses dan urin. Neraca nitrogen dapat digunakan untuk mengetahui besarnya nitrogen yang diretensi (disimpan) dalam tubuh ternak. Neraca nitrogen dapat bernilai positif (terjadi deposisi protein/pertumbuhan jaringan), negatif (terjadi pembongkaran cadangan protein tubuh), atau nol (nitrogen yang masuk sama dengan yang dikeluarkan). Besarnya retensi nitrogen dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kandungan energi pakan, spesies dan status fisiologis ternak, kualitas protein pakan, serta tingkat konsumsi nitrogen. Pada ternak muda yang berada dalam fase pertumbuhan,

nitrogen yang diretensi umumnya terkonsentrasi pada pembentukan protein otot (*hipertrofi* dan *hiperplasia* jaringan otot), yang secara fenotipik tercermin sebagai peningkatan bobot badan. Retensi nitrogen sering digunakan sebagai indikator efisiensi pemanfaatan protein pakan pada berbagai spesies ternak, tidak terbatas pada ruminansia. Sebagai ilustrasi lintas spesies, pada penelitian unggas oleh Prasetyo (2021) menunjukkan bahwa faktor-faktor nutrisi tertentu dalam ransum dapat memengaruhi pencernaan protein dan retensi nitrogen. Uraian tersebut menegaskan prinsip umum bahwa kualitas dan pencernaan protein pakan merupakan determinan utama efisiensi retensi nitrogen pada berbagai jenis ternak.

Neraca nitrogen merupakan parameter yang mencerminkan efisiensi pemanfaatan protein pakan secara keseluruhan pada level tubuh ternak, dihitung dari selisih antara nitrogen yang dikonsumsi dengan nitrogen yang diekskresikan melalui feses dan urin. Nilai retensi nitrogen positif mengindikasikan bahwa ternak sedang berada dalam kondisi anabolik, seperti pertumbuhan, kebuntingan, atau produksi susu, sedangkan retensi negatif dapat mengindikasikan defisiensi protein atau ketidakseimbangan energi-protein dalam ransum (Lavery & Ferris, 2021).

Studi pada domba lokal yang diberi ransum dengan berbagai tingkat protein menunjukkan bahwa peningkatan kadar protein pakan secara umum meningkatkan retensi nitrogen hingga mencapai titik tertentu, setelah itu peningkatan lebih lanjut cenderung diikuti oleh peningkatan ekskresi nitrogen urin yang tidak proporsional, mengindikasikan inefisiensi pemanfaatan protein berlebih (dampak serupa dilaporkan pada kambing dan domba oleh berbagai peneliti, termasuk kajian metabolisme nitrogen pada domba lokal Tiongkok oleh Ali et al., 2023).

2.11 PEMANFAATAN AMPAS TAHU/OKARA SEBAGAI PAKAN TERNAK

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai pemanfaatan *okara*/ampas tahu sebagai pakan ternak berkembang pada beberapa arah utama. Pertama, penelitian mengenai teknologi pengawetan alternatif, seperti ensilase *okara* bersama bahan pakan berkarbohidrat mudah difermentasi. Tres et al. (2020) melaporkan bahwa penambahan *okara* atau biji kedelai pada silase jagung rehidrasi memengaruhi parameter pencernaan, degradabilitas, dan parameter rumen pada ternak sapi, menunjukkan potensi *okara* sebagai bahan aditif silase yang memperbaiki kualitas fermentasi sekaligus menyumbang nilai gizi tambahan. Kedua, penelitian mengenai evaluasi nilai gizi *okara* secara komprehensif melalui tinjauan sistematis. Rahman et al. (2021) melakukan telaah pustaka menyeluruh mengenai nilai gizi dan performa ternak yang diberi pakan berbasis *okara*, dan menyimpulkan bahwa *okara* berpotensi besar sebagai pakan ternak alternatif mengingat kandungan protein dan energinya yang tinggi, namun keberhasilan pemanfaatannya sangat bergantung pada penanganan pascapanen yang tepat untuk mengatasi sifatnya yang mudah rusak. Ketiga, penelitian mengenai aplikasi praktis ampas tahu pada ternak domba di tingkat peternakan rakyat di Indonesia terus dilaporkan. Hernaman et al. (2019) menunjukkan bahwa kombinasi ampas tahu dengan pakan tambahan lain mampu meningkatkan performa domba lokal yang dipelihara secara intensif oleh peternak di Jawa Barat, memperkuat relevansi praktis temuan mengenai karakteristik nutrisi ampas tahu kering yang menjadi fokus buku ini. Keempat, penelitian metodologis mengenai evaluasi degradabilitas dan pencernaan protein pakan tropis, termasuk hasil ikutan agroindustri, terus disempurnakan melalui pendekatan *in sacco* modern (Rahmat et al., 2021; Rosmalia et al., 2021) maupun pendekatan prediksi berbasis komposisi kimia pakan (Zagorakis &

Milis, 2022). Perkembangan-perkembangan ini menegaskan bahwa prinsip-prinsip dasar kajian mengenai ampas tahu yakni hubungan antara cara pengeringan, degradabilitas protein, dan pemanfaatan nitrogen pada ternak ruminansia tetap menjadi topik yang relevan dan terus dikembangkan hingga saat ini, baik dari sisi cara evaluasi maupun aplikasi praktisnya di lapangan.

Berbagai penelitian di Indonesia telah menguji pengaruh pemberian ampas tahu terhadap performa produksi ternak ruminansia kecil. Marhamah et al. (2019) melaporkan bahwa pakan konsentrat fermentasi berbasis ampas tahu dan ampas kelapa memiliki tingkat akseptabilitas yang baik pada kambing, sementara penelitian pada kambing Jawa Randu menunjukkan bahwa ampas tahu kering memberikan tingkat konsumsi pakan yang lebih tinggi dibandingkan ampas tahu basah pada minggu-minggu akhir pemeliharaan (Sutono et al., 2025). Pada level global, hasil kajian di berbagai negara turut mendukung temuan tersebut. Penelitian pada sapi perah menunjukkan bahwa penggantian sebagian bungkil kedelai dengan *okara* tidak menurunkan konsumsi bahan kering, protein kasar, maupun pencernaan nutrien, bahkan pada beberapa kasus turut meningkatkan indeks ekonomi usaha ternak (Rashid et al., 2024); namun demikian, penggantian total sumber protein konvensional dengan hasil ikutan kedelai pada kambing perah dilaporkan dapat menurunkan produksi susu apabila tidak diimbangi dengan penyesuaian formulasi energi ransum (Kraiprom et al., 2024).

2.12 SINTESIS PROTEIN MIKROBA DAN PERAN AMONIA RUMEN

Sintesis protein mikroba merupakan komponen sentral dalam nutrisi protein ruminansia, mengingat protein mikroba dapat menyumbang hingga separuh atau lebih dari total protein yang

mencapai usus halus ternak ruminansia yang diberi pakan berbasis hijauan. Mikroba rumen memanfaatkan amonia, peptida, dan asam amino bebas hasil degradasi protein pakan sebagai sumber nitrogen utama untuk sintesis protein tubuhnya, dengan energi yang diperoleh dari fermentasi karbohidrat pakan menjadi asam lemak terbang (*volatile fatty acids/VFA*). Konsentrasi amonia rumen yang optimal untuk mendukung pertumbuhan mikroba secara maksimal umumnya berkisar antara 2,2 hingga 13,3 mg/100 ml cairan rumen. Konsentrasi amonia yang terlalu rendah membatasi pertumbuhan populasi mikroba, sedangkan konsentrasi yang berlebihan menunjukkan inefisiensi pemanfaatan nitrogen pakan. Hal ini karena kelebihan amonia yang tidak segera dimanfaatkan mikroba akan diserap dinding rumen dan diekskresikan sebagai urea melalui urin. Efisiensi sintesis protein mikroba berhubungan terbalik dengan waktu retensi pakan di dalam rumen. Semakin lama waktu retensi, semakin rendah efisiensi sintesis mikroba per satuan substrat yang difermentasi, meskipun total degradasi bahan pakan cenderung lebih tinggi. Prinsip inilah yang mendasari pentingnya keseimbangan antara laju degradasi protein pakan dan laju aliran partikel pakan keluar dari rumen dalam menentukan efisiensi pemanfaatan nitrogen secara keseluruhan pada ternak ruminansia, termasuk pada domba yang diberi ampas tahu dengan berbagai tingkat degradabilitas protein sebagaimana dikaji dalam buku ini.

Pembentukan protein mikroba juga dipengaruhi oleh ketersediaan kerangka karbon berupa VFA, terutama asam propionat dan asam asetat, yang dihasilkan dari fermentasi karbohidrat pakan. Pemberian pakan konsentrat, termasuk ampas tahu, cenderung meningkatkan proporsi asam propionat, sementara hijauan cenderung menghasilkan proporsi asam asetat yang lebih tinggi. Perubahan komposisi asam lemak terbang ini turut memengaruhi kondisi pH

rumen dan aktivitas enzimatik mikroba secara keseluruhan, sehingga proporsi konsentrat-hijauan dalam ransum, termasuk proporsi ampas tahu terhadap rumput lapangan, perlu dipertimbangkan secara cermat agar tidak mengganggu kestabilan lingkungan rumen.

Sintesis protein mikroba merupakan sumber protein metabolis terbesar bagi ruminansia, dapat menyumbang hingga lebih dari separuh kebutuhan protein pascarumen pada ternak dengan pakan berbasis hijauan. Efisiensi sintesis protein mikroba sangat dipengaruhi oleh ketersediaan energi yang dapat difermentasi secara sinkron dengan pelepasan amonia dari degradasi protein pakan, sehingga sinkronisasi RDP dan karbohidrat mudah larut menjadi prinsip penting dalam formulasi ransum ruminansia modern (Putri et al., 2021).

Konsentrasi amonia rumen yang terlalu rendah dapat membatasi pertumbuhan mikroba fibrolitik, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi mengindikasikan inefisiensi karena kelebihan amonia akan diserap melalui dinding rumen, diubah menjadi urea di hati, dan diekskresikan melalui urin sebagai bentuk pemborosan nitrogen. Penelitian pada domba Hu menunjukkan bahwa optimalisasi rasio protein terdegradasi terhadap karbohidrat tersedia dapat menekan konsentrasi amonia rumen berlebih tanpa mengorbankan performa pertumbuhan (Zhang et al., 2022).

2.13 ANTINUTRISI DAN PENGARUHNYA TERHADAP DEGRADASI PAKAN

Degradasi pakan di dalam rumen juga dipengaruhi oleh keberadaan senyawa antinutrisi alami, seperti tanin terkondensasi, di luar faktor pengolahan (pengeringan dan pemanasan). Pakan dengan kadar tanin tinggi cenderung menunjukkan tingkat degradasi bahan organik dan protein kasar yang lebih rendah, karena senyawa tanin

terkondensasi membentuk ikatan hidrogen dengan karbohidrat dan protein, menghasilkan senyawa kompleks yang stabil dan sulit larut sehingga resisten terhadap aktivitas enzim proteolitik mikroba rumen. Pemahaman mengenai mekanisme proteksi protein oleh senyawa antinutrisi ini tetap relevan sebagai pembanding konseptual terhadap mekanisme *over protection* protein akibat reaksi *Maillard* yang terjadi selama pengeringan ampas tahu pada suhu tinggi, meskipun ampas tahu pada dasarnya bukan bahan pakan berkadar tanin tinggi. Kedua mekanisme tersebut, yaitu proteksi oleh tanin dan proteksi oleh produk reaksi *Maillard*, sama-sama menghasilkan penurunan degradabilitas rumen melalui pembentukan ikatan kimia yang menghambat aksesibilitas enzim mikroba terhadap substrat protein, meskipun jalur kimiawinya berbeda. Perbedaan mendasar antara kedua mekanisme tersebut terletak pada sifat reversibilitasnya. Proteksi oleh tanin bersifat lebih dinamis dan dapat dipengaruhi kondisi pH saluran pencernaan, sedangkan reaksi *Maillard* umumnya bersifat ireversibel di saluran pencernaan ternak. Fraksi protein yang terlanjur mengalami reaksi pencoklatan berlebihan berpotensi tidak tercerna sama sekali. Protein yang terdapat di rumen maupun di usus halus, akan terbuang melalui feses sebagai nitrogen metabolik yang tidak termanfaatkan. Hal ini menegaskan pentingnya pengendalian suhu dan lama pengeringan ampas tahu agar tidak melampaui ambang yang menyebabkan kerusakan protein berlebihan.

Ampas tahu, meskipun umumnya rendah kandungan antinutrisi dibandingkan kedelai utuh karena telah melalui proses perendaman dan pemasakan, tetap berpotensi mengandung residu tripsin inhibitor dan asam fitat dalam jumlah terbatas yang dapat memengaruhi pencernaan protein apabila dikonsumsi dalam jumlah besar tanpa pengolahan lanjutan. Fermentasi terbukti efektif menurunkan kandungan antinutrisi tersebut sekaligus meningkatkan

ketersediaan asam amino melalui aktivitas enzim proteolitik mikroba fermentor (Kamble & Rani, 2020).

Senyawa tanin dan saponin pada beberapa bahan pakan hijauan pendamping ampas tahu turut memengaruhi laju degradasi protein di dalam rumen. Pada konsentrasi rendah hingga sedang, tanin dapat berfungsi protektif dengan membentuk kompleks protein-tanin yang meningkatkan proporsi protein *bypass*, namun pada konsentrasi tinggi justru menghambat aktivitas enzim mikroba dan menurunkan pencernaan serat secara keseluruhan (Reddy & Krishna, 2009).

2.14 TEKNOLOGI PENGAWETAN AMPAS TAHU

Berbagai teknologi pengawetan alternatif terus dikembangkan untuk mengatasi sifat ampas tahu yang mudah rusak, di luar pengeringan menggunakan panas (oven maupun sinar matahari). Pendekatan yang menonjol dalam beberapa literatur adalah ensilase (silase), yaitu pengawetan melalui fermentasi anaerob terkontrol.

Pendekatan lain yang mulai banyak dikaji adalah fermentasi menggunakan mikroorganisme fungsional, seperti bakteri asam laktat (BAL). Perbandingan karakteristik umum ketiga pendekatan pengawetan melalui cara pengeringan, ensilase, dan fermentasi biologis ditinjau dari sisi kebutuhan investasi, kemudahan penerapan, dan dampaknya terhadap kualitas protein pakan disajikan secara ringkas pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Ringkas Metode Pengawetan Ampas Tahu

Aspek	Pengeringan (Oven/Matahari)^{*)}	Ensilase^{**)}	Fermentasi Biologis^{***)}
Kebutuhan investasi	Rendah-sedang	Sedang	Sedang-tinggi
Kemudahan penerapan di tingkat peternak	Tinggi	Sedang	Rendah-sedang
Pengaruh terhadap degradabilitas protein rumen	Menurun (tergantung suhu)	Bervariasi	Dapat meningkat
Daya simpan produk akhir	Panjang (BK tinggi)	Sedang-panjang	Sedang

Keterangan: ^{*)} Wahyuni (2003)

^{**) Tres et al. (2020)}

^{***) Kamble & Rani (2020)}

2.15 AMPAS TAHU DALAM KERANGKA EKONOMI SIRKULAR PETERNAKAN

Pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak merupakan salah satu contoh nyata penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam sistem pangan dan pertanian. Penerapan prinsip tersebut tampak dari ampas tahu yang merupakan hasil ikutan dari satu rantai produksi (industri pengolahan kedelai menjadi tahu) dan dimanfaatkan sebagai input bagi rantai produksi lain (peternakan ruminansia). Kegiatan tersebut mampu mengurangi limbah, menekan biaya produksi pakan, dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya secara keseluruhan. Dilihat dari sisi lingkungan, pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan

ternak juga berkontribusi mengurangi potensi pencemaran yang timbul apabila limbah tersebut dibuang atau dibakar tanpa pengolahan, mengingat kandungan bahan organik dan nitrogennya yang tinggi berpotensi mencemari badan air melalui pelindian nitrogen maupun menyumbang emisi gas rumah kaca jika dibiarkan membusuk secara terbuka. Dengan demikian, optimalisasi pengolahan ampas tahu sebagai pakan ternak sebagaimana dikaji dalam buku ini memiliki relevansi ganda, yaitu mendukung efisiensi ekonomi usaha peternakan sekaligus mendukung pengelolaan limbah agroindustri yang lebih berkelanjutan. Ditinjau dari sisi kelayakan ekonomi bagi peternak, ampas tahu umumnya diperoleh dengan biaya jauh lebih rendah dibandingkan konsentrat komersial berbasis bungkil kedelai atau bahan pakan protein impor lainnya, sehingga substitusi sebagian konsentrat komersial dengan ampas tahu kering berpotensi menekan biaya pakan secara signifikan tanpa mengorbankan performa pertumbuhan ternak, sepanjang metode pengolahan (termasuk pengeringan) diterapkan secara tepat sebagaimana diuraikan dalam buku ini. Skema keterkaitan antara industri tahu rumah tangga dan peternakan domba rakyat sesungguhnya telah lama terbentuk secara informal di banyak sentra produksi tahu di Pulau Jawa, sebagaimana ditegaskan pula oleh temuan lapangan Hernaman et al. (2019) di Kabupaten Sumedang. Penguatan kemitraan formal antara pelaku industri tahu dan kelompok peternak domba, disertai penyediaan fasilitas pengeringan bersama, berpotensi menjadi model kelembagaan yang memperkuat kedua sisi rantai nilai tersebut secara simultan.

Konsep ekonomi sirkular menekankan pengurangan limbah melalui pemanfaatan kembali hasil ikutan suatu proses produksi sebagai *input* bagi proses produksi lain, sehingga tercipta siklus pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien. Pemanfaatan ampas

tahu sebagai pakan ternak merupakan salah satu contoh nyata penerapan prinsip ini di sektor agroindustri pangan, yang sekaligus mendukung ketahanan pakan ternak lokal tanpa menambah tekanan terhadap lahan produksi pangan (Antriyandarti et al., 2025).

Penerapan ekonomi sirkular berbasis limbah agroindustri, sebagaimana dilaporkan pada berbagai model pemanfaatan limbah organik untuk pakan ternak, tidak hanya memberikan nilai tambah ekonomi bagi produsen tahu dan peternak, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca yang berasal dari pembusukan limbah organik yang dibuang tanpa pengolahan (Mata et al., 2026). Hal ini menjadikan sinergi antara industri tahu skala rumah tangga dan peternakan rakyat sebagai model pembangunan berkelanjutan yang relevan untuk direplikasi di berbagai wilayah di Indonesia.

2.16 AMPAS TAHU DIBANDINGKAN HASIL IKUTAN AGROINDUSTRI LAIN

Dalam konteks pakan ruminansia berbasis limbah agroindustri, ampas tahu bukanlah satu-satunya pilihan yang tersedia bagi peternak Indonesia. Berbagai hasil ikutan lain, seperti dedak padi, bungkil kelapa, ampas kecap, ampas kelapa, dan bungkil inti sawit, juga lazim dimanfaatkan sebagai campuran pakan ruminansia kecil. Dibandingkan dedak padi yang berkadar protein relatif rendah (sekitar 10-12%), ampas tahu unggul dari sisi kandungan protein kasar (18-21%), sehingga lebih tepat difungsikan sebagai sumber protein utama, bukan sekadar sumber energi tambahan. Kombinasi ampas tahu dengan bahan pakan lain juga banyak dieksplorasi dalam penelitian terapan di Indonesia. Sebagai contoh, penelitian pada kambing Peranakan Etawa (PE) yang diberi pakan fermentasi kombinasi ampas tahu dan bungkil inti sawit dengan berbagai

imbangan menunjukkan bahwa kombinasi tersebut mampu mempertahankan pencernaan protein kasar pada kisaran 69,8-72,0% secara relatif konsisten antar formulasi. Hal ini menunjukkan bahwa fleksibilitas ampas tahu dapat dikombinasikan dengan sumber pakan penguat lain sesuai ketersediaan lokal. Dibandingkan dengan hasil ikutan berkadar polifenol tinggi seperti ampas anggur atau ampas zaitun yang lazim digunakan pada ruminansia kecil di kawasan Mediterania, ampas tahu memiliki profil antinutrisi yang jauh lebih rendah. Faktor yang menjadi pembatas utama pemanfaatannya bukan pada kandungan senyawa antinutrisi, melainkan pada tingginya kadar air dan risiko kerusakan mikrobiologis pascapanen sebagaimana menjadi fokus utama kajian pengeringan dalam buku ini.

Dibandingkan dengan hasil ikutan agroindustri lain seperti dedak padi, bungkil kelapa, atau ampas kecap, ampas tahu memiliki keunggulan pada kandungan protein kasar yang relatif lebih tinggi, berkisar antara 20-39% berdasarkan bahan kering, sehingga lebih berpotensi sebagai substitusi sumber protein dibandingkan sumber energi (Rahman et al., 2021); namun demikian, kandungan air yang sangat tinggi pada kondisi segar menjadikan ampas tahu memerlukan penanganan pascapanen yang lebih intensif dibandingkan dedak atau bungkil yang secara alami memiliki kadar air rendah. Perbandingan nilai ekonomi antar hasil ikutan agroindustri juga menunjukkan bahwa harga ampas tahu di tingkat produsen umumnya jauh lebih rendah dibandingkan bungkil kedelai maupun bungkil kelapa, menjadikannya pilihan strategis bagi peternak rakyat dengan keterbatasan modal untuk membeli pakan konsentrat komersial (Sigmagri, 2023).

2.17 AMPAS TAHU DALAM KONTEKS GLOBAL NON-CONVENTIONAL FEED RESOURCES

Ampas tahu termasuk dalam kategori luas yang dikenal dalam literatur internasional sebagai *non-conventional feed resources* (NCFR) atau sumber pakan inkonvensional atau tidak konvensional. Bahan pakan inkonvensional yaitu bahan pakan yang tidak lazim digunakan dalam formulasi pakan komersial standar, namun memiliki potensi nutrisi yang layak dimanfaatkan, terutama pada sistem peternakan skala kecil di negara berkembang. Kajian terbaru mengenai peran pakan inkonvensional bagi ruminansia kecil menegaskan bahwa pemanfaatan sumber pakan semacam ini merupakan solusi strategis untuk mengatasi kelangkaan pakan, menekan biaya produksi, dan mengurangi dampak lingkungan dari sistem peternakan (Sime & Duguma, 2025). Kajian yang sama juga menegaskan bahwa keberhasilan pemanfaatan pakan inkonvensional sangat ditentukan oleh penanganan pascapanen yang tepat. Hal ini dikarenakan sebagian besar bahan pakan dalam kategori ini memiliki keterbatasan berupa kandungan air tinggi, ketersediaan musiman, biaya penanganan dan transportasi yang tinggi, serta keberadaan senyawa antinutrisi (Sime & Duguma, 2025). Beberapa keterbatasan tersebut ternyata sangat relevan dengan karakteristik ampas tahu segar sebagaimana diuraikan pada bab dibagian awal dari buku ini; dengan demikian, teknologi mengenai pengolahan (termasuk pengeringan) menjadi kunci untuk membuka potensi pemanfaatan ampas tahu secara lebih luas dan berkelanjutan. Secara lebih luas, pemanfaatan hasil ikutan agroindustri sebagai pakan ruminansia sejalan dengan prinsip keberlanjutan sistem pangan-pakan global, yang menekankan pengurangan kompetisi antara pakan ternak dan pangan manusia atas sumber daya lahan dan bahan baku yang sama. Berbagai kajian sistematis menegaskan bahwa pemanfaatan hasil ikutan agroindustri berkontribusi menekan biaya pakan, mempromosikan ekonomi

sirkular, dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan sektor peternakan secara keseluruhan, sejalan dengan argumentasi yang telah diuraikan pada subbab ekonomi sirkular di atas.

Dalam literatur internasional, ampas tahu dikategorikan sebagai salah satu *non-conventional feed resources* (NCFR) yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pakan ternak di negara-negara berkembang, khususnya di kawasan tropis dengan tekanan tinggi terhadap lahan pertanian. Tinjauan oleh Sime dan Duguma (2025) menegaskan bahwa pemanfaatan NCFR, termasuk hasil ikutan agroindustri pangan, menjadi strategi kunci untuk mengurangi ketergantungan peternakan ruminansia kecil terhadap pakan konsentrat impor.

Studi banding dengan negara-negara Asia lain seperti Thailand dan Vietnam menunjukkan pola pemanfaatan hasil ikutan kedelai yang serupa, di mana pendekatan fermentasi dan kombinasi dengan sumber energi lokal menjadi strategi umum untuk mengoptimalkan nilai gizi sebelum diberikan kepada ternak ruminansia maupun non-ruminansia (Usman et al., 2024).

2.18 ASPEK KEAMANAN PAKAN DAN PENGENDALIAN MUTU AMPAS TAHU

Keamanan pakan (*feed safety*) merupakan pertimbangan penting dalam pemanfaatan ampas tahu di luar aspek nilai gizi, mengingat sifatnya yang mudah rusak berpotensi menjadi media pertumbuhan mikroorganisme pembusuk maupun kapang penghasil mikotoksin apabila penanganannya tidak tepat. Proses pengeringan yang efektif, sebagaimana dikaji dalam buku ini, tidak hanya berfungsi memperpanjang daya simpan dan mengubah karakteristik degradabilitas protein, tetapi juga berperan penting dalam menekan aktivitas air (*water activity*) bahan pakan hingga di bawah ambang

yang mendukung pertumbuhan mikroba pembusuk maupun kapang toksigenik.

Pengendalian mutu ampas tahu kering di tingkat peternak maupun pengepul sebaiknya mencakup pemeriksaan sederhana terhadap warna, aroma, dan tekstur produk akhir. Ampas tahu kering yang baik idealnya berwarna kuning kecoklatan cerah (bukan gelap kehitaman yang mengindikasikan reaksi pencoklatan berlebihan atau kontaminasi jamur), beraroma khas kedelai kering tanpa bau tengik atau apek, serta bertekstur kering merata tanpa gumpalan lembab yang mengindikasikan pengeringan tidak sempurna.

Penerapan standar operasional prosedur sederhana mengenai pengeringan ampas tahu, yang mencakup suhu, lama pengeringan, dan kriteria kekeringan (kadar air target 11-12% sebagaimana diterapkan dalam berbagai kajian mengenai ampas tahu), dapat menjadi materi penyuluhan yang efektif bagi kelompok tani-ternak di sentra-sentra produksi tahu, guna memastikan konsistensi mutu ampas tahu kering yang beredar di tingkat peternak.

Keamanan pakan berbasis ampas tahu perlu mendapat perhatian khusus mengingat sifatnya yang mudah terkontaminasi mikroba pembusuk maupun kapang penghasil mikotoksin apabila penyimpanan tidak dilakukan dengan baik. Standar mutu pakan ternak dari ampas tahu di Indonesia mengacu pada SNI 01-3931-2006, yang mengatur batas maksimum kadar air, kadar abu, dan kontaminan mikrobiologis pada bahan pakan hasil ikutan agroindustri.

Pengendalian mutu pada tingkat peternak dapat dilakukan secara sederhana melalui pengamatan visual terhadap warna, aroma, dan tekstur ampas tahu sebelum diberikan kepada ternak, disertai dengan pembatasan waktu penyimpanan ampas tahu segar tidak lebih dari 24 jam tanpa perlakuan pengawetan pada kondisi suhu tropis.

2.19 KANDUNGAN MINERAL DAN KOMPONEN BIOAKTIF AMPAS TAHU

Ampas tahu juga mengandung mineral makro dan mikro yang bermanfaat bagi ternak di luar protein, serat, dan energi, meskipun dalam jumlah yang relatif kecil dibandingkan sumber mineral khusus (*mineral mix*). Kandungan kalsium dan fosfor pada ampas tahu umumnya tergolong moderat, sehingga pemberian ampas tahu sebagai satu-satunya sumber pakan tambahan tetap perlu dilengkapi dengan suplementasi mineral, khususnya pada ternak dengan kebutuhan mineral tinggi seperti ternak bunting atau menyusui.

Ampas tahu juga diketahui mengandung sejumlah komponen bioaktif residual dari kedelai, seperti isoflavon dan senyawa fenolik, meskipun kadarnya menurun signifikan dibandingkan biji kedelai utuh akibat proses ekstraksi pada pembuatan tahu. Komponen bioaktif ini, dalam kajian nutrisi ternak monogastrik maupun ruminansia, kerap dikaitkan dengan potensi manfaat tambahan berupa aktivitas antioksidan, meskipun signifikansi fungsionalnya pada ternak ruminansia dengan sistem fermentasi rumen yang kompleks masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk dikonfirmasi secara meyakinkan.

Ampas tahu juga mengandung mineral esensial seperti kalsium, fosfor, zat besi, dan tembaga di luar kandungan protein dan seratnya, dalam jumlah yang cukup berarti bagi kebutuhan ternak ruminansia, meskipun jumlahnya bervariasi tergantung varietas kedelai dan proses pengolahan yang digunakan (Kamble & Rani, 2020). Kandungan mineral ini menjadikan ampas tahu tidak hanya berperan sebagai sumber protein, tetapi juga berkontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan mineral mikro ternak. Ampas tahu juga diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti isoflavon dan serat pangan larut yang, meskipun manfaatnya lebih banyak diteliti dalam konteks pangan fungsional bagi manusia, berpotensi memberikan efek

positif terhadap kesehatan saluran pencernaan ternak, termasuk perannya sebagai prebiotik alami bagi mikrobiota rumen.

2.20 PERBANDINGAN NILAI GIZI OKARA PADA BERBAGAI KAJIAN INTERNASIONAL

Guna memberikan konteks pembanding yang lebih luas, Tabel 2.2 merangkum kisaran nilai gizi ampas tahu/okara yang dilaporkan pada berbagai kajian mengenai ampas tahu.

Tabel 2. 2 Perbandingan Kisaran Nilai Gizi Ampas Tahu/Okara Lokal dan Internasional

Parameter (%BK)	Ampas Tahu Lokal ^{*)}	Ampas Tahu Internasional ^{**)}
Protein kasar	18,7 - 20,9	20 - 30
Serat kasar/fiber	20,2 - 28,2	40 - 60 (total fiber)
Lemak	6,9 - 10,1	10 - 20
Kadar air (segar)	77,7	80

Sumber: ^{*)} Wahyuni (2003)

^{**) Rahman et al. (2021)}

Kisaran kadar protein kasar ampas tahu hasil kajian lokal (18,7-20,9% BK) berada sedikit di bawah kisaran yang dilaporkan pada kajian internasional (20-30% BK, Tabel 2.2), sementara kadar lemaknya juga cenderung lebih rendah (6,9-10,1% berbanding 10-20%). Perbedaan ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh variasi varietas kedelai, efisiensi ekstraksi pada proses pembuatan tahu, serta perbedaan metode analisis proksimat yang digunakan antarnegara. Kadar air ampas tahu segar yang tinggi (di atas 75%) relatif konsisten baik pada kajian lokal maupun internasional, menegaskan bahwa tantangan utama pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan, yaitu sifatnya yang mudah rusak akibat kadar air tinggi, bersifat universal

dan tidak terbatas pada konteks Indonesia semata. Meskipun terdapat variasi nilai gizi, kisaran protein kasar ampas tahu baik lokal maupun internasional tetap tergolong tinggi dibandingkan sebagian besar hijauan pakan ternak konvensional, sehingga tetap layak dipertimbangkan sebagai sumber protein alternatif bagi ternak ruminansia.

Penelitian mengenai pemberian ampas tahu/*okara* pada berbagai ternak telah dilakukan baik pada ternak ruminansia kecil maupun besar seperti tersaji dalam Tabel 2.3 berikut. Rangkuman pada Tabel 2.3 memperlihatkan pola yang relatif konsisten pada berbagai spesies dan skala substitusi. Ampas tahu maupun *okara* pada umumnya tidak menekan performa ternak apabila diberikan secara parsial, bahkan pada beberapa kasus turut meningkatkan pencernaan nutrisi maupun indeks ekonomi usaha ternak. Namun demikian, substitusi total sumber protein konvensional dengan *okara* pada kambing perah dilaporkan menurunkan produksi susu, mengindikasikan bahwa tingkat substitusi optimal perlu disesuaikan dengan jenis ternak, tujuan produksi (pertumbuhan, susu, atau reproduksi), serta keseimbangan energi dalam ransum secara keseluruhan.

Tabel 2. 3 Ringkasan Ilustratif Hasil Penelitian Pemberian Okara/Ampas Tahu pada Berbagai Ternak (disarikan dari berbagai sumber pustaka)

Sumber (Tahun)	Jenis Ternak	Proporsi Substitusi	Parameter Utama	Temuan Umum
Rahman et al. (2021)	Berbagai ternak (tinjauan)	Parsial-total	Konsumsi, pencernaan, produksi	Tidak menekan performa pada level wajar
Rashid et al. (2024)	Sapi perah	Parsial	Kualitas susu, indeks ekonomi	Meningkatkan indeks ekonomi, kualitas susu terjaga
Kraiprom et al. (2024)	Kambing perah	Total	Produksi susu, pencernaan	Produksi susu menurun pada substitusi total
Tres et al. (2020)	Sapi potong	Parsial (silase)	Kecernaan, parameter rumen	Kecernaan NFC meningkat
Marhamah et al. (2019)	Kambing	Fermentasi kombinasi	Akseptabilitas pakan	Akseptabilitas baik pada kombinasi ampas kelapa

Secara umum, temuan pada Tabel 2.3 memperkuat posisi ampas tahu/okara sebagai bahan pakan alternatif yang aplikatif lintas spesies ruminansia, mulai dari kambing hingga sapi perah, sepanjang proporsi substitusi dan formulasi ransum pendampingnya dikelola secara tepat.

BAB III

MEMAHAMI DAMPAK

PENGERINGAN AMPAS TAHU

TERHADAP PERFORMA

DOMBA

3.1 KOMPOSISI ZAT GIZI AMPAS TAHU AKIBAT CARA PENGERINGAN

Cara pengeringan dengan menggunakan oven maupun penjemuran langsung di bawah sinar matahari, terbukti mengubah komposisi zat gizi ampas tahu sebagaimana disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Pengaruh Cara Pengeringan terhadap Komposisi Zat Gizi Ampas Tahu (% BK, kecuali BK) *)

Zat Gizi	Segar	Kering – Sinar Matahari	Kering – Oven 60°C	Kering – Oven 80°C	Kering – Oven 100°C
BK (%)	22,30	87,75	88,23	87,80	88,56
Protein (%BK)	18,87	18,66	20,85	20,86	20,42
Serat Kasar (%BK)	28,23	20,19	21,38	20,70	20,16
Lemak (%BK)	8,77	6,91	9,11	9,81	10,05
Abu (%BK)	3,79	3,48	4,22	3,17	2,98
BETN (%BK)	40,34	50,76	44,44	45,46	46,39
TDN (%BK)	63,16	73,86	74,08	77,24	78,45

Sumber: Wahyuni (2003)

Perubahan komposisi zat gizi tersebut terutama disebabkan oleh berkurangnya kadar air pada seluruh perlakuan pengeringan, yang menyebabkan konsentrasi relatif senyawa-senyawa seperti protein, karbohidrat, lemak, dan mineral menjadi meningkat dibandingkan ampas tahu segar

3.2 DEGRADABILITAS PROTEIN AMPAS TAHU DI DALAM RUMEN

Tabel 3. 2 Degradabilitas Protein Ampas Tahu di dalam Rumen Domba Lokal Jantan

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rerata (%)
Ampas tahu segar	46,23	39,90	51,33	45,82
Ampas tahu kering – sinar matahari	26,85	27,81	30,33	28,33
Ampas tahu kering – oven 60°C	25,65	26,55	29,13	27,11
Ampas tahu kering – oven 80°C	26,46	24,89	27,98	26,31
Ampas tahu kering – oven 100°C	29,43	26,38	25,35	27,05

Sumber: Wahyuni (2003)

Nitrogen pakan yang tersedia bagi mikroba rumen meliputi protein maupun senyawa *non-protein nitrogen* (NPN), yang keduanya didegradasi oleh mikroba menjadi asam amino dan pada akhirnya amonia. Degradabilitas protein ampas tahu segar tercatat sebesar 45,82%, jauh lebih tinggi dibandingkan seluruh ampas tahu yang telah dikeringkan (Tabel 3.2). Penurunan degradabilitas protein akibat pengeringan sejalan dengan prinsip bahwa pemanasan dapat menurunkan kadar fraksi protein yang mudah larut (fraksi a) dan memperlambat laju degradasi (konstanta c), sebagaimana ditegaskan dalam berbagai kajian mengenai pengaruh perlakuan kimia dan fisik terhadap degradasi protein pakan di dalam rumen. Nilai degradabilitas terendah dicapai pada pengeringan oven suhu 80°C (26,31%). Dalam perspektif nutrisi ruminansia modern, penurunan degradabilitas protein akibat pengeringan pada dasarnya dapat dipandang menguntungkan sepanjang tidak melampaui ambang tertentu, karena berarti terjadi peningkatan proporsi protein *bypass* (UDP) yang lolos dari degradasi rumen dan tersedia langsung bagi ternak inang di usus halus. Kajian Zagorakis dan Milis (2022) menegaskan bahwa fraksi serat pakan, khususnya ADF dan ADL, yang juga dipengaruhi oleh pemanasan/pengeringan, merupakan prediktor kuat terhadap parameter degradabilitas efektif protein kasar pada domba, sejalan dengan pola penurunan degradabilitas protein ampas tahu yang teramati setelah pengeringan.

3.3 KONSUMSI BAHAN KERING

Pemberian ampas tahu memengaruhi konsumsi bahan kering (BK) total maupun konsumsi BK hijauan dan ampas tahu secara terpisah (Tabel 3.3). Domba yang diberi rumput dan ampas tahu

kering oven 80°C mampu mengonsumsi BK total tertinggi (563,81 g/ekor/hari).

Tabel 3. 3 Konsumsi Bahan Kering Domba Lokal Jantan (g/ekor/hari)

Parameter	Rumput (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Konsumsi BK total	375,98	434,81	506,33	563,81
Konsumsi BK hijauan	375,98	285,40	340,59	397,96
Konsumsi BK ampas tahu	-	149,41	165,74	165,85

Sumber: Wahyuni (2003)

Peningkatan konsumsi BK total pada domba yang mendapat ampas tahu diduga berkaitan dengan peningkatan palatabilitas pakan. Pada penambahan ampas tahu, sebagai bahan pakan dengan kadar protein tinggi dan mudah dicerna, dapat dikategorikan sebagai pakan konsentrat. Peningkatan konsumsi BK total pada domba yang diberi ampas tahu segar relatif kecil dibandingkan kelompok kontrol, jauh lebih rendah dibandingkan peningkatan pada kelompok yang diberi ampas tahu kering. Hal ini karena kadar air ampas tahu segar yang tinggi menyebabkan rumen cepat penuh, sehingga membatasi konsumsi rumput lapangan lebih lanjut. Rerata persentase konsumsi BK total terhadap bobot badan berturut-turut adalah 2,45% (tanpa pemberian ampas tahu), 2,64% (pemberian ampas tahu segar), 2,96% (pemberian ampas tahu kering sinar matahari), dan 3,38% (pemberian

ampas tahu kering oven suhu 80°C). Nilai rerata pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C telah memenuhi kisaran kebutuhan BK untuk domba jantan yang digemukakan (3-5% bobot badan), sedangkan yang lainnya masih berada di kisaran kebutuhan BK untuk hidup pokok. Tingkat konsumsi BK pada domba yang diberi ransum berbasis ampas tahu kering umumnya lebih stabil dibandingkan ampas tahu basah. Hal ini sejalan dengan penelitian Sutono, Hidayati, dan Wahyudi (2025) di Sumatera Selatan pada kambing Jawa Randu yang menunjukkan konsumsi lebih tinggi dan konsisten pada kelompok dengan pemberian ampas tahu kering dibandingkan ampas tahu segar dalam periode pemeliharaan lanjut. Hal ini diduga berkaitan dengan palatabilitas yang lebih stabil serta risiko penolakan pakan akibat aroma fermentasi berlebih pada produk kering rendah.

3.4 KONSUMSI NITROGEN

Konsumsi nitrogen total meningkat sejalan dengan penambahan ampas tahu dalam pakan (Tabel 3.4.), yaitu dari 7,07 g/ekor/hari pada domba yang tidak diberi ampas tahu menjadi 13,01 g/ekor/hari pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C. Peningkatan ini disebabkan oleh kombinasi peningkatan konsumsi BK total dan kadar protein ampas tahu yang lebih tinggi dibandingkan rumput lapangan. Tingginya konsumsi nitrogen pada domba yang mendapat ampas tahu menunjukkan adanya ketersediaan prekursor nitrogen yang lebih besar bagi sintesis protein mikroba rumen, yang pada gilirannya mendukung peningkatan populasi dan aktivitas mikroba rumen secara keseluruhan, sejalan dengan peningkatan konsumsi bahan kering.

Tabel 3. 4 Konsumsi Nitrogen Domba Lokal Jantan (g/ekor/hari)

Parameter	Rumput saja (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Konsumsi N total	7,07	9,88	11,36	13,01
Konsumsi N hijauan	7,07	5,37	6,40	7,50
Konsumsi N ampas tahu	-	4,51	4,96	5,51

Sumber: Wahyuni (2003)

3.5 KECERNAAN BAHAN KERING

Kecernaan BK total mengalami peningkatan pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C dibandingkan yang tidak diberi (Tabel 3.5). Kecernaan BK ampas tahu segar dibandingkan dengan yang dikeringkan tidak mengalami perbedaan. Domba tidak mengalami kesulitan mencerna pakan berupa rumput lapangan maupun kombinasinya dengan ampas tahu, mengingat kadar serat kasar pakan berkisar 28-31%. Kondisi ini menunjukkan bahwa pakan yang diberikan berupa rumput lapang dalam rentang masih dapat dicerna secara optimal oleh ruminansia. Menariknya, kecernaan BK ampas tahu segar dan kering matahari sama, namun pada kecernaan BK ampas tahu kering oven 80°C mengalami peningkatan (86,21%).

Tabel 3. 5 Kecernaan Bahan Kering Domba Lokal Jantan (%)

Parameter	Rumput saja (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Kecernaan BK total	66,12	67,77	68,30	71,98
Kecernaan BK ampas tahu*	-	70,95	72,40	86,21

Sumber: Wahyuni (2003).

**Diasumsikan kecernaan BK rumput lapangan adalah tetap.*

3.6 KECERNAAN NITROGEN

Kecernaan nitrogen total menunjukkan pola peningkatan yang lebih moderat dibandingkan kecernaan bahan kering (Tabel 3.6). Pola pemberian ampas tahu dua jam sebelum pemberian hijauan diduga belum memungkinkan degradasi optimal oleh mikroba rumen sebelum rumen terisi kembali oleh hijauan, sehingga peningkatan kecernaan nitrogen relatif terbatas dibandingkan kecernaan BK.

Tabel 3. 6 Kecernaan Nitrogen Domba Lokal Jantan (%)

Parameter	Rumput (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Kecernaan N total	73,05	74,81	73,50	77,46
Kecernaan N ampas tahu	-	76,92	74,17	83,87

Sumber: Wahyuni (2003).

**Diasumsikan kecernaan N rumput lapangan adalah tetap.*

Data pada Tabel 3.6 memperlihatkan bahwa secara numerik pencernaan nitrogen total meningkat seiring perbaikan metode pengeringan, yaitu dari 73,05% pada kelompok kontrol menjadi 74,81% pada pemberian ampas tahu segar, 73,50% pada ampas tahu kering matahari, dan mencapai nilai tertinggi 77,46% pada ampas tahu kering oven 80°C. Pola peningkatan ini sejalan dengan kecenderungan yang teramati pada pencernaan bahan kering (Tabel 3.5), meskipun besaran peningkatannya relatif lebih kecil. Pencernaan nitrogen khusus dari ampas tahu itu sendiri menunjukkan pola yang lebih tegas, meningkat dari 76,92% pada ampas tahu segar menjadi 83,87% pada ampas tahu kering oven 80°C, sementara ampas tahu kering matahari justru mencatatkan nilai terendah di antara ketiga bentuk pemberian (74,17%). Perbedaan performa antara pengeringan matahari dan oven diduga berkaitan dengan variasi suhu dan kelembapan yang tidak terkontrol pada penjemuran matahari, sehingga proses pengeringan berlangsung lebih lambat dan tidak merata dibandingkan pengeringan oven pada suhu tetap 80°C.

Meskipun demikian, besaran peningkatan pencernaan nitrogen total antarperlakuan jauh lebih kecil dibandingkan pola peningkatan pada pencernaan BK, yang meningkat lebih tajam pada ampas tahu kering oven. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perbaikan pencernaan bahan kering akibat pengeringan oven tidak serta-merta diikuti oleh perbaikan pencernaan nitrogen dalam besaran yang setara, sehingga penyerapan energi dan penyerapan protein pada domba tampaknya tidak diatur melalui mekanisme yang sepenuhnya identik. Secara praktis, temuan ini menegaskan bahwa evaluasi mutu pakan berbasis ampas tahu kering sebaiknya tidak hanya mengandalkan parameter pencernaan bahan kering, melainkan juga mempertimbangkan pencernaan nitrogen secara terpisah, mengingat kedua parameter tersebut dapat merespons perlakuan pengeringan secara berbeda.

3.7 EKSRESI NITROGEN FESES

Ekskresi nitrogen feses mengalami peningkatan pada domba yang mendapat ampas tahu segar maupun kering dibandingkan yang tidak diberi (Tabel 3.7.). Hal ini sejalan dengan peningkatan konsumsi nitrogen total; meskipun demikian, secara persentase terhadap konsumsi, ekskresi nitrogen feses justru cenderung menurun dari pemberian ampas tahu sebesar 26,96% menuju 21,62% (pemberian ampas tahu kering oven 80°C). Pola ini mengindikasikan adanya perbaikan efisiensi absorpsi nitrogen pada domba yang mendapat ampas tahu kering hasil pengeringan oven 80°C.

Tabel 3. 7 Ekskresi Nitrogen Feses Domba Lokal Jantan

Parameter	Rumput (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Ekskresi				
N-feses (g/ekor/hari)	1,91	2,49	3,00	2,84
Ekskresi				
N-feses (% konsumsi)	26,96	25,19	24,90	21,62

Sumber: Wahyuni (2003).

3.8 EKSRESI NITROGEN URIN

Ekskresi nitrogen urin meningkat sejalan dengan peningkatan konsumsi nitrogen, mencapai nilai tertinggi pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C (0,47 g/ekor/hari; Tabel 3.8). Peningkatan ekskresi nitrogen urin pada dasarnya menggambarkan proses fisiologis normal, di mana amonia hasil degradasi protein pakan yang tidak seluruhnya termanfaatkan untuk sintesis protein mikroba akan

diserap ke aliran darah, diubah menjadi urea di hati, dan sebagian diekskresikan melalui urin.

Tabel 3. 8 Ekskresi Nitrogen Urin Domba Lokal Jantan

Parameter	Rumput (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Ekskresi				
N-urin (g/ekor/hari)	0,24	0,26	0,36	0,47
Ekskresi				
N-urin (% konsumsi)	3,39	2,68	2,96	3,60

Sumber: Wahyuni (2003).

Ekskresi nitrogen urin sebagian besar berasal dari kelebihan amonia rumen yang diserap melalui dinding rumen dan diubah menjadi urea di hati sebelum diekskresikan melalui ginjal. Tingginya ekskresi nitrogen urin pada ransum dengan proporsi protein terdegradasi berlebih tanpa diimbangi energi yang cukup merupakan indikator inefisiensi pemanfaatan protein pakan sekaligus berkontribusi terhadap emisi amonia dan gas rumah kaca dari sistem peternakan (Zhang et al., 2022).

3.9 RETENSI NITROGEN

Retensi nitrogen meningkat pada domba yang mendapat ampas tahu (Tabel 3.9.). Retensi nitrogen total tertinggi dicapai pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C yaitu sebesar 9,69 g/ekor/hari; meskipun demikian, persentase retensi nitrogen terhadap konsumsi relatif stabil, berkisar 69,56-72,67% di seluruh perlakuan.

Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan ampas tahu tidak banyak mengubah efisiensi relatif pemanfaatan protein, meskipun secara absolut jumlah nitrogen yang diretensi meningkat cukup besar.

Tabel 3. 9 Retensi Nitrogen Domba Lokal Jantan

Parameter	Rumput (kontrol)	Rumput + ampas tahu segar	Rumput + ampas tahu kering (matahari)	Rumput + ampas tahu kering (oven 80°C)
Retensi N total (g/ekor/hari)	4,92	7,12	7,99	9,69
Retensi N total (%) konsumsi)	69,56	72,14	70,34	72,67
Retensi N hijauan (g/ekor/hari)	4,92	3,74	4,45	5,22
Retensi N ampas tahu (g/ekor/hari)	-	3,38	3,54	4,47

Sumber: Wahyuni (2003).

Nilai retensi nitrogen yang positif pada seluruh perlakuan mengindikasikan bahwa domba percobaan berada dalam kondisi pertumbuhan aktif, dengan nitrogen yang diretensi dimanfaatkan terutama untuk sintesis protein otot (*hipertrofi* dan *hiperplasia* jaringan otot), yang secara fenotipik tercermin sebagai peningkatan bobot badan.

3.10 KESIMPULAN PRAKTIS

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menyatakan bahwa pengeringan menurunkan degradabilitas protein ampas tahu, namun meningkatkan konsumsi pakan dan retensi nitrogen. Hal ini selaras dengan prinsip-prinsip nutrisi ruminansia yang terus dikonfirmasi penelitian-penelitian terkini. Peningkatan proporsi protein *bypass* akibat pengeringan pada suhu 80°C tampak menguntungkan bagi domba percobaan. Kondisi ini sejalan dengan konsep umum bahwa keseimbangan optimal antara RDP dan UDP menentukan efisiensi pemanfaatan nitrogen pakan secara keseluruhan (Zagorakis & Milis, 2022). Berdasarkan dari perspektif praktis, temuan ini konsisten dengan berbagai laporan lapangan mengenai manfaat ampas tahu sebagai pakan tambahan domba di Indonesia, termasuk hasil kajian Hernaman et al. (2019) yang menunjukkan peningkatan performa domba lokal melalui suplementasi ampas tahu di tingkat peternakan rakyat.

Berdasarkan hal tersebut di atas, tinjauan komprehensif oleh Rahman et al. (2021) mengenai pemanfaatan *okara* sebagai pakan ternak menegaskan bahwa keberhasilan pemanfaatan bahan ini sangat bergantung pada penanganan pascapanen yang tepat. Penanganan tersebut termasuk pemilihan metode dan suhu pengeringan ampas tahu yang optimal. Kesimpulan tersebut dapat diambil secara langsung dari data empiris pada buku ini. Dari sisi metodologis, penggunaan teknik *in sacco* pada penelitian ini konsisten dengan praktik terbaik yang terus disempurnakan dalam literatur terkini (Rahmat et al., 2021; Rosmalia et al., 2021). Perkembangan pendekatan prediktif berbasis komposisi kimia pakan (Zagorakis & Milis, 2022) turut membuka peluang bagi penelitian lanjutan untuk memvalidasi dan memperluas temuan degradabilitas protein ampas tahu ini

menggunakan model prediksi yang lebih efisien tanpa memerlukan hewan berfistula.

Perkembangan penelitian nutrisi ternak dalam dekade terakhir semakin menegaskan pentingnya pendekatan berbasis bukti (*evidence-based*) dalam menentukan strategi pemanfaatan hasil ikutan agroindustri sebagai pakan ternak. Sintesis temuan dari berbagai penelitian, baik nasional maupun internasional, menunjukkan konsistensi bahwa ampas tahu, dengan pengolahan yang tepat, mampu menjadi sumber protein alternatif yang layak secara nutrisi, ekonomis, dan berkelanjutan bagi peternakan ruminansia kecil di Indonesia (Rahman et al., 2021; Usman et al., 2024). Perkembangan teknologi analisis nutrisi berbasis spektroskopi inframerah dekat (*near-infrared spectroscopy/NIRS*) mulai dimanfaatkan untuk mempercepat estimasi komposisi kimia bahan pakan, termasuk ampas tahu, tanpa memerlukan analisis basah konvensional yang memakan waktu lebih lama.

3.11 RANGKUMAN ANTARPARAMETER DAN KETERKAITAN FUNGSIONALNYA

Untuk memperjelas keterkaitan antarparameter yang telah dibahas pada subbab 3.1 hingga 3.9, bagian ini merangkum secara ringkas seluruh parameter utama pengujian tahap awal (*in sacco*) yang telah dipaparkan. Pola umum yang tampak adalah peningkatan bertahap seluruh parameter konsumsi dan retensi nitrogen searah dengan penambahan ampas tahu dan perbaikan metode pengeringannya. Pengeringan ampas tahu menggunakan oven 80°C secara konsisten menghasilkan nilai tertinggi pada hampir seluruh parameter produktif (konsumsi BK, konsumsi nitrogen, pencernaan BK, dan retensi nitrogen), meskipun juga menghasilkan ekskresi nitrogen urin tertinggi sebagai konsekuensi logis dari tingginya total nitrogen

yang dimetabolisme. Pola ini menggambarkan mekanisme fisiologis yang koheren: penurunan degradabilitas protein akibat pengeringan pada suhu 80°C (dibahas pada subbab 3.2) meningkatkan proporsi protein *bypass* yang tersedia di usus halus, yang selanjutnya berkontribusi terhadap peningkatan pasokan asam amino bagi ternak inang, tercermin pada peningkatan retensi nitrogen meskipun proporsi (persentase) retensi terhadap konsumsi relatif stabil antarperlakuan. Dengan kata lain, manfaat utama pengeringan pada suhu optimal bukan terletak pada peningkatan efisiensi relatif pemanfaatan nitrogen, melainkan pada peningkatan kapasitas konsumsi pakan secara keseluruhan yang menghasilkan lebih banyak nitrogen tersedia bagi ternak secara absolut.

Keterkaitan antarparameter yang dibahas dalam bab ini, mulai dari komposisi zat gizi, degradabilitas protein, konsumsi, pencernaan, hingga retensi nitrogen, membentuk rangkaian sebab-akibat yang saling memengaruhi dalam menentukan efisiensi pemanfaatan pakan berbasis ampas tahu secara keseluruhan. Pemahaman terhadap keterkaitan fungsional ini penting bagi peneliti maupun praktisi peternakan dalam merancang strategi pemberian pakan yang optimal berdasarkan karakteristik spesifik masing-masing kondisi lapangan.

Pemahaman menyeluruh terhadap keterkaitan antarparameter ini juga penting bagi mahasiswa dan peneliti pemula di bidang nutrisi ternak, karena membantu membangun kerangka berpikir sistemik dalam menginterpretasikan hasil penelitian yang melibatkan banyak variabel yang saling berkaitan.

3.12 PERBANDINGAN DENGAN HASIL PENELITIAN LAIN

Nilai pencernaan BK total pada penelitian ini (66-72%) sejalan dengan kisaran umum pencernaan pakan berbasis hijauan tropis yang disuplementasi konsentrat protein tinggi, sebagaimana dilaporkan

pada berbagai kajian domba lokal di Indonesia. Sebagai pembanding, kajian terapan oleh Hernaman et al. (2019) yang mengombinasikan ampas tahu dengan daun ubi jalar pada domba lokal di tingkat peternakan rakyat melaporkan perbaikan performa pertumbuhan yang konsisten dengan peningkatan konsumsi dan retensi nitrogen yang teramati pada penelitian ini, meskipun kedua penelitian tersebut menggunakan kombinasi pakan pendamping yang berbeda. Dari sisi nilai degradabilitas protein, temuan bahwa pengeringan menurunkan degradabilitas dari kisaran 45% (segar) menjadi sekitar 26-28% (kering) menunjukkan pola penurunan yang cukup tajam dibandingkan pola umum penurunan degradabilitas akibat pemanasan pada bahan pakan sumber protein lain, seperti bungkil kedelai maupun bungkil biji-bijian, sebagaimana dirangkum dalam kajian prediktif oleh Zagorakis dan Milis (2022). Perbedaan besaran penurunan ini kemungkinan berkaitan dengan karakteristik unik protein kedelai pada ampas tahu, yang telah mengalami denaturasi parsial akibat proses pemanasan pada tahap pembuatan tahu itu sendiri (perebusan bubur kedelai), sehingga protein residual dalam ampas tahu segar relatif lebih labil dan sensitif terhadap perlakuan pemanasan lanjutan dibandingkan protein biji-bijian utuh.

Perbandingan hasil penelitian pada domba lokal dengan penelitian serupa pada kambing dan sapi perah menunjukkan pola respons yang secara umum konsisten terhadap pemberian hasil ikutan kedelai, meskipun terdapat variasi besaran respons akibat perbedaan spesies, kapasitas rumen, dan metabolisme masing-masing jenis ternak (Rashid et al., 2024; Kraiprom et al., 2024). Konsistensi pola ini memperkuat validitas eksternal temuan penelitian pada domba lokal untuk diterapkan secara lebih luas pada ternak ruminansia kecil lainnya. Perbedaan hasil antarpelitian juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan bangsa dan galur ternak yang digunakan, mengingat

kapasitas metabolisme protein antarrumpun domba maupun kambing dapat bervariasi meskipun diberi ransum dengan komposisi kimia yang identik.

3.13 IMPLIKASI BAGI FORMULASI RANSUM DOMBA BERBASIS SUMBER DAYA LOKAL

Temuan menyeluruh pada Bab III memberikan dasar empiris bagi penyusunan formulasi ransum domba berbasis rumput lapangan dan ampas tahu kering di tingkat peternakan rakyat. Mengacu pada rasio pemberian ampas tahu sebesar 30% dari kebutuhan bahan kering sebagaimana diterapkan pada kajian ini (dengan sisa 70% dipenuhi dari rumput lapangan), peternak dapat mengadaptasi rasio tersebut sesuai ketersediaan ampas tahu kering di wilayah masing-masing, dengan mempertimbangkan bahwa peningkatan proporsi ampas tahu kering cenderung meningkatkan konsumsi bahan kering total dan retensi nitrogen, sepanjang tidak mengganggu keseimbangan serat kasar minimal yang dibutuhkan untuk menjaga fungsi rumen yang sehat. Sebagai catatan praktis, pemberian ampas tahu sebaiknya tidak menggantikan seluruh porsi hijauan dalam ransum, mengingat serat kasar dari hijauan tetap diperlukan untuk merangsang aktivitas mengunyah ulang (ruminasi) dan menjaga produksi saliva yang berperan sebagai buffer alami bagi pH rumen. Rasio hijauan:ampas tahu kering pada kisaran 70:30 hingga 60:40 (berdasarkan bahan kering) dapat menjadi titik awal yang wajar untuk diadaptasi peternak, dengan penyesuaian lebih lanjut berdasarkan pemantauan kondisi tubuh dan performa pertumbuhan ternak secara berkala.

Implikasi praktis dari temuan penelitian ini menegaskan pentingnya penyusunan ransum berbasis sumber daya lokal yang mempertimbangkan tidak hanya kandungan protein dan energi, tetapi juga karakteristik degradabilitas rumen bahan pakan penyusunnya.

Kombinasi ampas tahu kering dengan hijauan berkualitas serta sumber energi mudah larut dapat menjadi formula ransum yang efisien dan terjangkau bagi peternak rakyat di berbagai wilayah Indonesia (Sime & Duguma, 2025). Pendekatan formulasi ransum berbasis sumber daya lokal ini sejalan dengan prinsip *least cost formulation* yang mempertimbangkan optimalisasi biaya tanpa mengorbankan kecukupan nutrisi, sebuah pendekatan yang semakin relevan di tengah tekanan kenaikan harga bahan pakan impor secara global.

3.14 REKOMENDASI TEKNIS PENGERINGAN BAGI PETERNAK DAN PENGEPUK

Hasil pengujian *in sacco* dan *in vivo* secara keseluruhan memungkinkan perumusan beberapa rekomendasi teknis pengeringan ampas tahu bagi peternak dan pengepuk pakan ternak. Pertama, apabila tersedia fasilitas oven atau alat pengering mekanis, suhu pengeringan sekitar 80°C direkomendasikan sebagai titik optimal yang menyeimbangkan antara pengawetan optimal, penurunan degradabilitas protein rumen yang menguntungkan (peningkatan protein *bypass*), dan pemeliharaan pencernaan pakan yang tinggi (86,21% pencernaan BK ampas tahu). Kedua, target kadar air akhir ampas tahu kering sebaiknya berkisar 11-12%, sebagaimana kriteria yang digunakan dalam kajian ini, untuk memastikan daya simpan yang memadai tanpa risiko kerusakan berlebihan akibat pengeringan berlebih (*over-drying*) yang berpotensi memperparah reaksi *Maillard* secara tidak perlu. Ketiga, dalam kondisi keterbatasan fasilitas pengeringan mekanis, penjemuran sinar matahari tetap merupakan alternatif yang layak, meskipun hasil buku ini menunjukkan bahwa kandungan protein dan TDN ampas tahu hasil penjemuran matahari secara umum sedikit lebih rendah dibandingkan

hasil pengeringan oven. Penjemuran sebaiknya dilakukan pada lapisan tipis dan merata di atas alas bersih, dengan pembalikan berkala untuk mempercepat pengeringan dan mengurangi risiko kontaminasi mikroba maupun serangga. Keempat, penggilingan ampas tahu kering sebaiknya dilakukan dengan ukuran partikel yang tidak terlalu halus, mengingat ukuran partikel yang terlalu halus berpotensi mempercepat laju aliran pakan dalam saluran pencernaan sehingga mengurangi efisiensi pencernaan, sebagaimana dibahas pada subbab sebelumnya.

Rekomendasi teknis bagi peternak dan pengepul ampas tahu meliputi penggunaan suhu pengeringan yang tidak melebihi 60°C untuk menghindari kerusakan protein akibat reaksi *Maillard*, pengeringan segera setelah ampas tahu diperoleh untuk meminimalkan risiko pembusukan, serta penyimpanan produk kering pada wadah kedap udara untuk menjaga kualitas dalam jangka waktu lebih lama. Penerapan standar teknis sederhana ini diharapkan dapat meningkatkan konsistensi mutu ampas tahu kering yang beredar di tingkat peternak (Tres et al., 2020). Sebagai pelengkap, penggunaan termometer sederhana untuk memantau suhu permukaan lantai jemur pada siang hari dapat membantu peternak menghindari risiko pengeringan berlebih akibat suhu yang terlalu tinggi, terutama pada musim kemarau dengan intensitas cahaya matahari ekstrem.

BAB IV

MEMAHAMI HASIL DAN MEMANFAATKANNYA DI PETERNAKAN

Dari bab yang telah disajikan dalam buku ini dapat disimpulkan sebagai berikut: 1. Cara pengeringan ampas tahu, baik menggunakan oven maupun sinar matahari, mengubah komposisi zat gizi ampas tahu, terutama melalui peningkatan konsentrasi protein, TDN, dan penurunan kadar air. 2. Pengeringan ampas tahu menurunkan degradabilitas protein secara tajam dibandingkan ampas tahu segar (dari sekitar 46% menjadi 26-28%); pengeringan menggunakan oven pada suhu 80°C menghasilkan nilai degradabilitas protein terendah. 3. Pengeringan menggunakan oven menghasilkan ampas tahu kering dengan karakteristik nutrisi yang lebih baik dibandingkan penjemuran sinar matahari. 4. Penggunaan ampas tahu kering dalam pakan mampu meningkatkan konsumsi bahan kering, konsumsi nitrogen, dan retensi nitrogen pada domba lokal jantan, sekaligus turut meningkatkan pencernaan nitrogen meski dalam besaran yang lebih moderat dibandingkan pencernaan bahan kering.

Secara keseluruhan, kajian dalam buku ini menegaskan bahwa ampas tahu kering memiliki potensi besar sebagai sumber protein alternatif bagi domba lokal, dengan dukungan bukti ilmiah dari berbagai parameter fisiologis mulai dari konsumsi, pencernaan, hingga

retensi nitrogen. Temuan ini konsisten dengan tren global pemanfaatan hasil ikutan agroindustri kedelai sebagai bahan pakan ternak yang semakin mendapat perhatian seiring meningkatnya kebutuhan akan sistem pangan dan pakan yang berkelanjutan (Rahman et al., 2021; Usman et al., 2024).

Rangkuman temuan ini juga menegaskan bahwa keberhasilan pemanfaatan ampas tahu bukan hanya soal ketersediaan bahan baku, melainkan juga soal pengetahuan teknis peternak dalam mengolah dan mengaplikasikannya secara tepat sesuai kebutuhan fisiologis ternak yang dipelihara.

Temuan buku ini memiliki beberapa implikasi praktis bagi peternak domba dan pelaku usaha peternakan skala kecil-menengah: Pertama, peternak yang memiliki akses terhadap ampas tahu segar dari industri tahu di sekitarnya disarankan untuk melakukan pengeringan sebelum penyimpanan jangka panjang, guna mencegah kerusakan akibat kadar air yang tinggi sekaligus meningkatkan nilai gizi per satuan bobot pakan. Kedua, apabila tersedia fasilitas pengeringan mekanis (oven atau alat pengering sederhana), pengeringan pada suhu sekitar 80°C dapat dipertimbangkan sebagai titik optimal yang menyeimbangkan antara pengawetan, penurunan degradabilitas protein rumen (yang meningkatkan proporsi protein bypass), dan pemeliharaan pencernaan pakan secara keseluruhan. Ketiga, dalam kondisi keterbatasan fasilitas pengeringan mekanis, penjemuran sinar matahari tetap dapat menjadi alternatif praktis, meskipun hasil buku ini menunjukkan bahwa kualitas nutrisi ampas tahu hasil pengeringan oven secara umum lebih baik. Keempat, mengacu pada praktik lapangan yang dilaporkan pada berbagai penelitian terkini (Hernaman et al., 2019), ampas tahu kering dapat dikombinasikan dengan bahan pakan lain (misalnya daun ubi jalar

atau hijauan leguminosa) untuk semakin meningkatkan performa pertumbuhan domba secara ekonomis.

Bagi peternak, implikasi praktis dari temuan ini adalah pentingnya investasi pada teknologi pengeringan sederhana, baik secara individu maupun kolektif melalui kelompok tani ternak, guna memastikan pasokan ampas tahu kering yang konsisten sepanjang tahun; selain itu, edukasi mengenai proporsi optimal ampas tahu dalam ransum harian turut menjadi kunci keberhasilan penerapan rekomendasi ini di tingkat lapangan (Nata, Wahyuningsih, & Tasrif, 2021). Penerapan praktis di tingkat peternak juga memerlukan penyesuaian jadwal pemberian pakan yang mempertimbangkan waktu ketersediaan ampas tahu segar dari produsen tahu setempat, sehingga koordinasi antara jadwal produksi tahu dan jadwal pemberian pakan ternak menjadi aspek manajemen yang perlu diperhatikan.

Beberapa arah pengembangan lebih lanjut dapat memperkuat dan memperluas pemahaman mengenai topik ini. Pertama, kajian mengenai status metabolit darah domba (termasuk profil urea darah, glukosa, dan asam lemak terbang plasma) akibat pemberian ampas tahu kering, guna memperdalam pemahaman mekanisme fisiologis di balik peningkatan retensi nitrogen. Kedua, validasi nilai degradabilitas protein menggunakan pendekatan prediktif berbasis komposisi kimia pakan untuk mengurangi ketergantungan pada hewan berfistula dalam evaluasi rutin mutu ampas tahu. Ketiga, eksplorasi metode pengawetan alternatif selain pengeringan, seperti fermentasi menggunakan bakteri asam laktat atau ensilase bersama bahan pakan berserat/berkarbohidrat tinggi, untuk membandingkan efisiensi biaya dan hasil nutrisinya dengan metode pengeringan. Keempat, kajian performa produksi jangka panjang (pertambahan bobot badan, efisiensi pakan, kualitas karkas) pada domba yang diberi

ampas tahu kering secara berkelanjutan, guna melengkapi pemahaman fisiologis dasar yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

Arah pengembangan penelitian lebih lanjut dapat diarahkan pada eksplorasi kombinasi ampas tahu dengan bahan pakan aditif herbal untuk meningkatkan stabilitas fermentasi serta menekan risiko proteolisis berlebih, sebagaimana telah dirintis pada penelitian penggunaan temulawak sebagai aditif pada silase berbasis ampas tahu (Sujarnoko et al., 2025); selain itu, penelitian jangka panjang mengenai dampak pemberian ampas tahu terhadap kualitas karkas dan reproduksi domba lokal masih terbuka luas untuk dikembangkan pada masa mendatang. Pengembangan lebih lanjut juga dapat mencakup studi mengenai potensi ampas tahu sebagai bahan pakan fungsional yang mendukung kesehatan saluran pencernaan ternak, mengingat kandungan serat pangan larut dan senyawa bioaktifnya yang berpotensi memberikan manfaat prebiotik bagi mikrobiota rumen.

BAB V

MENGHITUNG BIAYA DAN MANFAAT AMPAS TAHU KERING

5.1 KERANGKA ANALISIS BIAYA PAKAN

Temuan-temuan fisiologis yang telah diuraikan pada Bab III dapat diterjemahkan ke dalam kerangka analisis biaya pakan secara kualitatif, guna membantu peternak dan pengambil kebijakan menilai kelayakan pemanfaatan ampas tahu kering sebagai substitusi sebagian konsentrat komersial, meskipun berbagai kajian mengenai ampas tahu tidak dirancang secara khusus sebagai studi kelayakan ekonomi. Komponen biaya utama yang perlu dipertimbangkan dalam analisis kelayakan pemanfaatan ampas tahu kering meliputi: biaya perolehan ampas tahu segar (umumnya rendah hingga nihil di sentra industri tahu, mengingat statusnya sebagai limbah), biaya energi dan tenaga kerja untuk proses pengeringan (baik penjemuran matahari yang relatif tanpa biaya energi namun memerlukan lahan penjemuran dan tenaga pembalikan, maupun pengeringan oven yang memerlukan biaya bahan bakar atau listrik), biaya penggilingan pascapengeringan, serta biaya penyimpanan dan transportasi. Sebagai pembanding, harga konsentrat komersial berbasis bungkil kedelai di pasaran umumnya jauh lebih tinggi dibandingkan estimasi biaya pengolahan ampas tahu kering per kilogram bahan kering, sehingga secara prinsip substitusi sebagian konsentrat komersial dengan ampas tahu kering

berpotensi menekan biaya pakan peternak, sejalan dengan prinsip umum yang ditegaskan dalam berbagai kajian mengenai peran hasil ikutan agroindustri dalam menekan biaya produksi ternak ruminansia kecil (Sime & Duguma, 2025).

Analisis biaya pakan berbasis ampas tahu perlu mempertimbangkan tidak hanya harga beli bahan baku, tetapi juga biaya pengeringan, transportasi, dan penyimpanan yang menyertainya. Studi kelayakan finansial pada pengolahan limbah organik menjadi pakan ternak menunjukkan bahwa meskipun terdapat biaya tambahan untuk pengolahan, total biaya pakan berbasis limbah agroindustri tetap jauh lebih rendah dibandingkan pakan konsentrat komersial berbasis bungkil kedelai impor (Dewi et al., 2021). Perhitungan *Income Over Feed Cost* (IOFC) menjadi indikator penting untuk menilai kelayakan ekonomi penggunaan ampas tahu dalam usaha penggemukan domba maupun kambing. Penelitian pada kambing Jawa Randu melaporkan nilai IOFC yang menguntungkan pada kelompok ternak yang diberi ampas tahu kering dibandingkan kelompok kontrol tanpa suplementasi (Sutono et al., 2025), memperkuat argumen kelayakan ekonomi pemanfaatan ampas tahu sebagai komponen ransum utama.

5.2 ESTIMASI NILAI TAMBAH DARI PENINGKATAN KONSUMSI DAN RETENSI NITROGEN

Dari perspektif produktivitas, temuan Bab III menunjukkan bahwa domba yang diberi pakan berupa rumput lapangan dan ampas tahu kering oven 80°C menghasilkan retensi nitrogen tertinggi (9,69 g/ekor/hari), meningkat sebesar hampir dua kali lipat dibandingkan domba yang hanya diberi rumput lapangan (4,92 g/ekor/hari). Retensi nitrogen berkorelasi erat dengan deposisi protein tubuh, yang pada gilirannya memengaruhi pertambahan bobot badan. Potensi peningkatan performa pertumbuhan pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C secara ekonomis dapat diterjemahkan menjadi

percepatan waktu pencapaian bobot jual, yang berimplikasi langsung pada peningkatan perputaran modal usaha ternak domba. Peningkatan konsumsi bahan kering total pada domba yang diberi ampas tahu kering oven 80°C (563,81 g/ekor/hari) dibandingkan domba yang hanya diberi rumput lapangan (375,98 g/ekor/hari) juga perlu dipertimbangkan dari sisi biaya pakan absolut. Sebagian besar peningkatan konsumsi tersebut berasal dari ampas tahu yang berbiaya rendah meskipun total pakan yang dikonsumsi meningkat, sehingga rasio biaya pakan terhadap produktivitas (feed cost per unit of gain) berpotensi tetap menguntungkan dibandingkan skema pemberian pakan berbasis konsentrat komersial penuh. Perhitungan kelayakan ekonomi yang lebih presisi mencakup harga pasar aktual bahan pakan, biaya tenaga kerja pengeringan, dan proyeksi pertambahan bobot badan riil memerlukan data primer tambahan yang berada di luar cakupan data berbagai kajian mengenai ampas tahu, dan menjadi salah satu arah penelitian lanjutan yang direkomendasikan.

Peningkatan retensi nitrogen yang dihasilkan dari pemberian ampas tahu kering secara tidak langsung berkontribusi terhadap peningkatan pertambahan bobot badan harian ternak, yang pada gilirannya meningkatkan nilai jual ternak di tingkat peternak. Estimasi nilai tambah ini perlu dihitung secara cermat dengan mempertimbangkan harga pasar ternak hidup, biaya produksi total, serta periode pemeliharaan yang dibutuhkan untuk mencapai bobot jual optimal. Studi kasus pada peningkatan pertambahan bobot badan harian akibat suplementasi ampas tahu dan gamal pada domba melaporkan peningkatan signifikan dibandingkan kelompok kontrol, yang apabila dikonversi ke dalam nilai ekonomi menunjukkan potensi keuntungan tambahan yang berarti bagi peternak skala rumah tangga (Nata et al., 2021).

5.3 IMPLIKASI BAGI KELEMBAGAAN PETERNAKAN RAKYAT

Model kemitraan antara industri tahu rumah tangga dan kelompok peternak domba, sebagaimana telah disinggung pada subbab 2.14, dapat diperkuat melalui penyediaan fasilitas pengeringan bersama (*shared drying facility*) di tingkat desa atau kecamatan sentra produksi tahu. Fasilitas semacam ini memungkinkan pengumpulan ampas tahu segar dari berbagai unit produksi tahu skala rumah tangga untuk diproses secara terpusat menggunakan metode pengeringan oven pada suhu optimal (80°C berdasarkan temuan buku ini), sehingga kendala skala ekonomi pada pengolahan individual dapat diatasi. Skema kelembagaan semacam ini juga membuka peluang bagi diversifikasi pendapatan pelaku industri tahu, dari semula hanya menjual atau membuang ampas tahu segar dengan nilai ekonomi rendah, menjadi menjual ampas tahu kering dengan nilai tambah lebih tinggi kepada peternak atau pengepul pakan ternak, sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang telah diuraikan pada Bab II.

Optimalisasi pemanfaatan ampas tahu pada skala yang lebih luas memerlukan penguatan kelembagaan peternakan rakyat, termasuk pembentukan kelompok usaha bersama yang dapat mengelola pasokan ampas tahu secara kolektif dari berbagai produsen tahu di suatu wilayah. Pendekatan kelembagaan ini juga dapat memfasilitasi akses peternak terhadap teknologi pengeringan skala menengah yang sulit dijangkau secara individu (Marfuah, 2020). Penguatan kelembagaan juga dapat diarahkan pada pembentukan skema tabungan kelompok atau koperasi simpan pinjam khusus peternak, yang dapat dimanfaatkan untuk investasi bersama pada peralatan pengeringan maupun pembelian ampas tahu dalam jumlah besar dengan harga lebih kompetitif dari produsen tahu.

BAB VI

BELAJAR DARI PETERNAK: PEMANFAATAN AMPAS TAHU DI BERBAGAI DAERAH

6.1 JAWA BARAT: KOMBINASI AMPAS TAHU DAN PAKAN TAMBAHAN LOKAL

Salah satu studi kasus penerapan praktis pemanfaatan ampas tahu pada domba lokal dilaporkan oleh Hernaman et al. (2019) di Desa Gudang, Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Studi tersebut menerapkan kombinasi daun ubi jalar dan ampas tahu sebagai pakan tambahan bagi domba lokal yang dipelihara peternak setempat, dengan tujuan meningkatkan performa pertumbuhan ternak menggunakan bahan pakan yang tersedia secara lokal dan berbiaya rendah.

Hasil studi tersebut menunjukkan peningkatan performa domba lokal yang konsisten dengan prinsip yang ditemukan pada buku ini, yaitu bahwa penambahan ampas tahu sebagai sumber protein tambahan mampu memperbaiki status nutrisi ternak dibandingkan pemberian hijauan tunggal. Studi kasus ini menggambarkan penerapan langsung prinsip ilmiah mengenai manfaat ampas tahu sebagai sumber protein pakan pada level peternakan rakyat, memperkuat relevansi praktis temuan degradabilitas protein dan retensi nitrogen yang dibahas secara mendalam pada Bab III buku ini.

Praktik pemanfaatan ampas tahu di wilayah Jawa Barat umumnya dikombinasikan dengan hijauan lokal seperti rumput gajah, indigofera, atau limbah pertanian seperti jerami padi, mencerminkan strategi diversifikasi pakan yang memanfaatkan sumber daya yang tersedia di sekitar lokasi peternakan. Pendekatan berbasis kearifan lokal ini terbukti efektif dalam mendukung produktivitas domba Priangan maupun Garut pada sistem pemeliharaan semi-intensif (Lusi et al., 2023). Pengalaman di Jawa Barat menunjukkan bahwa keberadaan sentra industri tahu skala menengah yang terkonsentrasi di beberapa kabupaten memudahkan peternak sekitar memperoleh pasokan ampas tahu segar secara rutin, sebuah kondisi yang tidak selalu dijumpai di wilayah lain dengan sebaran industri tahu yang lebih tersebar dan berskala lebih kecil.

6.2 BENGKULU: KOMBINASI AMPAS TAHU DAN BUNGKIL INTI SAWIT PADA KAMBING

Studi kasus lain yang relevan sebagai pembanding lintas spesies ruminansia kecil dilaporkan dari Kelurahan Babatan, Kabupaten Seluma, Provinsi Bengkulu, yang mengevaluasi pencernaan protein kasar dan serat kasar pada kambing Peranakan Etawa jantan yang diberi pakan fermentasi kombinasi ampas tahu dan bungkil inti sawit dengan berbagai imbang (45:0 hingga 30:15). Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa pencernaan protein kasar berkisar 69,8-72,0% pada seluruh kombinasi perlakuan secara relatif konsisten antarformulasi, mengindikasikan fleksibilitas ampas tahu sebagai komponen pakan protein utama yang dapat dikombinasikan dengan sumber pakan lokal lain sesuai ketersediaan di masing-masing daerah.

Studi kasus ini melengkapi temuan buku ini dengan menunjukkan bahwa prinsip pemanfaatan ampas tahu sebagai sumber protein pakan berlaku secara umum pada ruminansia kecil,

tidak terbatas pada domba, sehingga rekomendasi mengenai pengeringan optimal ampas tahu yang diuraikan dalam buku ini berpotensi diterapkan pula pada usaha peternakan kambing di berbagai daerah di Indonesia.

Di wilayah Bengkulu dan Sumatera pada umumnya, kombinasi ampas tahu dengan bungkil inti sawit menjadi strategi pemanfaatan hasil ikutan agroindustri lokal yang saling melengkapi, mengingat ketersediaan bungkil inti sawit yang melimpah di kawasan sentra perkebunan kelapa sawit. Kombinasi kedua bahan pakan ini memberikan profil nutrisi yang lebih seimbang antara protein dan energi dibandingkan penggunaan ampas tahu tunggal (Marhamah et al., 2019).

Model kombinasi pakan berbasis limbah agroindustri lokal di Bengkulu ini juga menunjukkan pentingnya pemetaan potensi hasil ikutan agroindustri spesifik wilayah sebagai dasar penyusunan strategi pakan ternak yang kontekstual, alih-alih menerapkan formula pakan yang seragam secara nasional tanpa mempertimbangkan keunggulan komparatif masing-masing daerah.

6.3 JAWA TIMUR: INTEGRASI AMPAS TAHU DENGAN LIMBAH TEBU PADA SAPI POTONG

Catatan: uraian pada subbab ini bersifat ilustratif dan konseptual, disusun berdasarkan pola umum pemanfaatan hasil ikutan agroindustri yang teramati di wilayah sentra tebu, bukan merujuk pada satu studi kasus empiris tunggal mengenai kombinasi ampas tahu dan limbah tebu. Di wilayah Jawa Timur yang merupakan sentra produksi tebu nasional dan telah lama mengembangkan sistem integrasi tanaman tebu dengan sapi potong (Saptana & Ilham, 2015), peternak sapi potong banyak memanfaatkan kombinasi ampas tahu dengan pucuk tebu atau bagas sebagai sumber serat pelengkap. Kombinasi ini memanfaatkan keunggulan komplementer antara ampas tahu sebagai sumber protein dan limbah tebu sebagai sumber serat yang melimpah pada musim giling,

sehingga menekan biaya pakan secara signifikan dibandingkan penggunaan konsentrat komersial penuh.

Tantangan utama dalam integrasi ini adalah sifat pucuk tebu yang memiliki kandungan serat kasar tinggi dan pencernaan rendah apabila tidak diolah terlebih dahulu, sehingga kombinasi dengan ampas tahu yang kaya protein dan mudah dicerna menjadi strategi penyeimbang yang efektif untuk meningkatkan kualitas ransum secara keseluruhan bagi sapi potong rakyat di wilayah tersebut. Pola integrasi semacam ini juga mencerminkan prinsip pertanian terpadu (*integrated farming system*) yang telah lama dipraktikkan secara tradisional di wilayah dengan basis perkebunan tebu, di mana limbah dari satu komoditas dimanfaatkan sebagai input bagi komoditas lain dalam suatu kawasan yang sama, menciptakan efisiensi sumber daya yang tinggi tanpa memerlukan investasi infrastruktur transportasi jarak jauh.

6.4 SINTESIS LINTAS DAERAH DAN RELEVANSI BAGI KEBIJAKAN PENGEMBANGAN PETERNAKAN

Ketiga studi kasus di atas, yaitu studi Hernaman et al. (2019) di Sumedang, Jawa Barat; studi pencernaan pada kambing di Seluma, Bengkulu; dan integrasi ampas tahu dengan limbah tebu pada sapi potong di Jawa Timur, secara konsisten menegaskan bahwa ampas tahu merupakan sumber pakan protein alternatif yang layak dan telah diterapkan secara luas di berbagai wilayah Indonesia dengan karakteristik agroekologi dan sistem peternakan yang beragam.

Konsistensi temuan lintas daerah ini memberikan justifikasi ilmiah yang kuat bagi pengambil kebijakan di tingkat dinas peternakan daerah maupun kementerian terkait untuk mendorong program pengembangan teknologi pengolahan ampas tahu (khususnya pengeringan) sebagai bagian dari strategi peningkatan produktivitas peternakan ruminansia kecil berbasis sumber daya lokal, sejalan dengan agenda besar swasembada protein hewani dan

ketahanan pangan nasional yang menekankan pemanfaatan sumber daya pakan domestik guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan pakan impor.

Sintesis dari berbagai studi kasus lintas daerah menunjukkan bahwa keberhasilan pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya pakan komplementer lokal, kelembagaan peternak, serta dukungan penyuluhan teknis dari dinas peternakan setempat. Pola-pola keberhasilan ini dapat menjadi rujukan bagi perumusan kebijakan pengembangan peternakan berbasis sumber daya lokal yang lebih terarah dan kontekstual. Keragaman kondisi geografis dan sosial ekonomi antardaerah di Indonesia menuntut pendekatan kebijakan yang fleksibel dan kontekstual, di mana strategi yang berhasil diterapkan di Jawa Barat belum tentu dapat direplikasi secara identik di wilayah kepulauan seperti Nusa Tenggara, mengingat perbedaan aksesibilitas dan ketersediaan sumber daya pakan komplementer di masing-masing wilayah.

6.5 NUSA TENGGARA: TANTANGAN DISTRIBUSI AMPAS TAHU DI WILAYAH KEPULAUAN

Wilayah kepulauan seperti Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur menghadapi tantangan logistik yang lebih kompleks dalam pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak, mengingat sentra produksi tahu umumnya terkonsentrasi di kota-kota besar sementara populasi ternak domba dan kambing tersebar di wilayah pedesaan yang jauh dan sulit dijangkau transportasi reguler.

Dalam konteks ini, pengeringan ampas tahu di lokasi produksi sebelum didistribusikan menjadi krusial, mengingat produk kering memiliki bobot dan risiko kerusakan yang jauh lebih rendah dibandingkan produk segar sehingga lebih ekonomis untuk diangkut

melalui jalur laut maupun darat menuju wilayah kepulauan yang lebih terpencil. Strategi ini sejalan dengan prinsip pengembangan rantai pasok pakan berbasis wilayah yang mempertimbangkan karakteristik geografis setempat (Wanjala et al., 2023, dalam konteks keragaman genetik domba dan tantangan lingkungan).

Sebagai alternatif jangka panjang bagi wilayah kepulauan yang sulit mengakses pasokan ampas tahu dari luar daerah, pengembangan industri tahu skala kecil di tingkat kabupaten setempat dapat menjadi solusi struktural yang lebih berkelanjutan dibandingkan mengandalkan distribusi dari sentra produksi yang jauh, sekaligus turut mendukung diversifikasi ekonomi lokal melalui pengolahan kedelai menjadi produk pangan dan pakan secara terintegrasi.

BAB VII

MENGEMBANGKAN PEMANFAATAN AMPAS TAHU SECARA BERKELANJUTAN

7.1 REKOMENDASI BAGI PEMERINTAH DAERAH DAN DINAS PETERNAKAN

Mengacu pada temuan buku ini serta konsistensinya dengan berbagai studi kasus regional (Bab VI), pemerintah daerah di wilayah dengan konsentrasi industri tahu tinggi disarankan untuk memasukkan program pelatihan pengolahan ampas tahu (khususnya teknik pengeringan pada suhu optimal) ke dalam agenda penyuluhan peternakan rutin.

Penyediaan fasilitas pengeringan bersama di tingkat kelompok tani-ternak, sebagaimana diuraikan pada subbab 5.3, dapat menjadi salah satu bentuk intervensi program yang konkret dan berbiaya relatif terjangkau dibandingkan program bantuan pakan komersial. Pemerintah daerah juga dapat memfasilitasi kemitraan formal antara asosiasi pengrajin tahu dan kelompok peternak domba/kambing, termasuk melalui skema kredit usaha rakyat yang diarahkan khusus untuk investasi peralatan pengeringan skala kelompok, mengingat manfaat gandanya bagi pengelolaan limbah agroindustri sekaligus penguatan sektor peternakan rakyat.

Pemerintah daerah dan dinas peternakan diharapkan dapat berperan aktif dalam memfasilitasi pelatihan teknis pengolahan ampas tahu, penyediaan akses permodalan bagi kelompok ternak, serta pengembangan regulasi standar mutu pakan berbasis hasil ikutan agroindustri yang mudah diterapkan di tingkat peternak rakyat. Dukungan kebijakan yang konsisten akan mempercepat adopsi teknologi pengolahan pakan alternatif secara lebih luas.

Dukungan berupa subsidi peralatan pengeringan skala kelompok, insentif pajak bagi produsen tahu yang bermitra dengan kelompok ternak, serta penyusunan basis data potensi produksi ampas tahu per kecamatan dapat menjadi langkah konkret yang dapat diambil pemerintah daerah untuk mempercepat adopsi teknologi pengolahan pakan alternatif berbasis limbah agroindustri lokal.

7.2 REKOMENDASI BAGI LEMBAGA PENELITIAN DAN PERGURUAN TINGGI

Lembaga penelitian dan perguruan tinggi bidang peternakan disarankan untuk melanjutkan penelitian mengenai pemanfaatan ampas tahu dengan fokus pada beberapa arah yang telah diidentifikasi pada Bab IV (arah pengembangan lebih lanjut), khususnya validasi menggunakan populasi ternak yang lebih besar, pengukuran biokimia langsung terhadap indikator reaksi *Maillard* (seperti kadar ADIN dan furosin), serta eksplorasi metode pengawetan alternatif seperti ensilase dan fermentasi biologis. Kolaborasi riset lintas institusi, termasuk dengan lembaga penelitian internasional yang telah mengembangkan model prediksi degradabilitas berbasis komposisi kimia pakan (Zagorakis & Milis, 2022), berpotensi mempercepat pengembangan alat evaluasi mutu ampas tahu yang lebih efisien dan tidak memerlukan hewan berfistula, sehingga dapat diadopsi secara lebih luas oleh laboratorium pengujian pakan di Indonesia.

Lembaga penelitian dan perguruan tinggi memiliki peran strategis dalam mengembangkan riset lanjutan terkait teknologi

pengolahan ampas tahu yang lebih efisien, termasuk pengembangan formula fermentasi standar yang dapat direplikasi oleh peternak dengan sumber daya terbatas. Kolaborasi riset lintas disiplin antara ilmu nutrisi ternak, teknologi pangan, dan ekonomi pertanian akan memperkaya perspektif pemecahan masalah pemanfaatan limbah agroindustri secara komprehensif. Perguruan tinggi juga dapat berperan melalui program pengabdian kepada masyarakat yang secara langsung mendampingi kelompok ternak dalam penerapan teknologi pengolahan ampas tahu, di luar riset teknis, sekaligus menjadi sarana diseminasi hasil penelitian agar tidak berhenti pada tataran akademis semata.

7.3 PETA JALAN PENGEMBANGAN JANGKA MENENGAH

Peta jalan pengembangan pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak dalam jangka menengah perlu disusun secara bertahap, dimulai dari penguatan basis data potensi produksi ampas tahu per wilayah, pengembangan pusat pengeringan skala kelompok, hingga integrasi dengan program peningkatan populasi ternak ruminansia kecil nasional. Pendekatan bertahap ini memungkinkan evaluasi capaian secara berkala serta penyesuaian strategi sesuai dinamika lapangan yang dihadapi (Antriyandarti et al., 2025).

Evaluasi berkala terhadap capaian peta jalan pengembangan perlu melibatkan indikator kuantitatif yang jelas, seperti jumlah kelompok ternak yang mengadopsi teknologi pengeringan, volume ampas tahu yang dimanfaatkan, serta dampaknya terhadap populasi dan produktivitas ternak ruminansia kecil di wilayah sasaran program. Sebagai tonggak capaian (*milestone*) dalam peta jalan pengembangan jangka menengah, target lima tahun pertama dapat difokuskan pada penguatan basis data dan pusat pengeringan percontohan di sepuluh kabupaten sentra peternakan domba dan

kambing, dilanjutkan dengan replikasi model yang terbukti berhasil ke wilayah-wilayah lain pada periode lima tahun berikutnya, sejalan dengan pendekatan pembangunan bertahap yang telah terbukti efektif pada berbagai program pengembangan peternakan rakyat di Indonesia.

BAB VIII

PROSPEK INOVASI DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN

8.1 FERMENTASI SEBAGAI PENINGKAT NILAI GIZI

Fermentasi ampas tahu menggunakan mikroorganisme fungsional berpotensi meningkatkan nilai gizi di luar fungsinya sebagai metode pengawetan, melalui beberapa mekanisme: peningkatan ketersediaan asam amino melalui hidrolisis parsial protein oleh enzim proteolitik mikroba fermentasi, penurunan kadar serat kasar melalui aktivitas enzim selulolitik, serta kemungkinan sintesis vitamin B kompleks oleh mikroorganisme fermentasi. Potensi ini menjadikan fermentasi sebagai arah pengembangan yang saling melengkapi (bukan menggantikan) teknologi pengeringan yang menjadi fokus utama buku ini. Kombinasi kedua pendekatan pengeringan awal untuk stabilisasi jangka pendek diikuti fermentasi terkontrol untuk peningkatan nilai gizi akan berpotensi menghasilkan produk pakan berbasis ampas tahu dengan karakteristik nutrisi yang lebih unggul dibandingkan masing-masing metode secara terpisah. Validasi eksperimental terhadap kombinasi pendekatan ini belum tercakup dalam berbagai kajian mengenai ampas tahu dan menjadi peluang penelitian yang terbuka lebar.

Teknologi fermentasi ampas tahu terus berkembang dengan eksplorasi berbagai jenis mikroba fungsional, mulai dari kapang *Rhizopus* hingga bakteri asam laktat, yang masing-masing memberikan profil perubahan nutrisi yang berbeda. Fermentasi terbukti mampu meningkatkan kandungan protein kasar akibat pertumbuhan biomassa mikroba, sekaligus menurunkan kandungan serat kasar melalui aktivitas enzim selulolitik dan hemiselulolitik (Suwarsito & Purbomartono, 2018; Kamble & Rani, 2020). Pengembangan lebih lanjut mengarah pada penggunaan aditif herbal dalam proses fermentasi untuk mengendalikan proteolisis berlebih yang dapat menurunkan nilai gizi produk akhir. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penambahan ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) pada silase berbasis ampas tahu mampu menghambat proteolisis sekaligus mempertahankan pencernaan bahan kering dan bahan organik secara *in vitro* (Sujarnoko et al., 2025).

8.2 TEKNOLOGI PENGERINGAN HEMAT ENERGI

Perkembangan teknologi pengeringan hemat energi, seperti pengering surya terintegrasi (*solar dryer*) yang memanfaatkan efek rumah kaca untuk meningkatkan efisiensi penjemuran dibandingkan penjemuran terbuka konvensional, berpotensi menjadi solusi antara yang menggabungkan keunggulan biaya rendah penjemuran matahari dengan konsistensi mutu yang lebih mendekati pengeringan oven mekanis. Teknologi semacam ini relevan diadaptasi bagi peternak dan pengepul ampas tahu skala kecil-menengah yang tidak memiliki akses terhadap listrik atau bahan bakar yang memadai untuk pengeringan oven konvensional, namun menginginkan mutu produk yang lebih terstandarisasi dibandingkan penjemuran terbuka biasa. Inovasi lain yang berpotensi relevan adalah penggunaan alat pengering tipe rak berputar (*rotary dryer*) atau pengering *fluidized bed*

berskala kecil yang dirancang khusus untuk bahan pakan berkadar air tinggi seperti ampas tahu, guna mempercepat waktu pengeringan dan menekan risiko kerusakan mutu akibat proses pengeringan yang terlalu lama pada suhu rendah.

Inovasi teknologi pengeringan hemat energi menjadi kebutuhan mendesak mengingat keterbatasan akses peternak rakyat terhadap sumber energi konvensional. Pengembangan alat pengering tenaga surya hibrida yang menggabungkan panas matahari dengan sirkulasi udara paksa berkapasitas rendah mulai diperkenalkan sebagai solusi antara pengeringan tradisional dan pengeringan mekanis penuh, menawarkan efisiensi waktu tanpa memerlukan biaya listrik besar. Adopsi teknologi pengeringan hemat energi juga perlu mempertimbangkan kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan alat oleh peternak dengan keterampilan teknis terbatas, di luar aspek teknis, sehingga desain teknologi tepat guna yang sederhana namun efektif menjadi prioritas dalam pengembangan lebih lanjut (Mata et al., 2026).

8.3 ARAH RISET MASA DEPAN: INTEGRASI DENGAN PRESISI NUTRISI

Perkembangan pendekatan presisi nutrisi (*precision nutrition*) dalam peternakan modern, yang menekankan formulasi pakan berbasis data karakteristik individual ternak dan bahan pakan secara lebih akurat, membuka peluang bagi integrasi data degradabilitas protein ampas tahu hasil penelitian ini ke dalam model formulasi ransum berbasis perangkat lunak yang mempertimbangkan keseimbangan RDP-UDP secara dinamis. Pendekatan prediktif berbasis komposisi kimia pakan, sebagaimana dikembangkan oleh Zagorakis dan Milis (2022), merupakan langkah awal menuju arah ini,

dan berpotensi diperluas cakupannya untuk mencakup bahan pakan hasil ikutan tropis seperti ampas tahu di masa mendatang.

Perkembangan konsep nutrisi presisi (*precision nutrition*) yang mengintegrasikan data karakteristik individu ternak dengan formulasi ransum yang disesuaikan secara spesifik membuka peluang baru bagi pemanfaatan ampas tahu secara lebih optimal. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian proporsi ampas tahu dalam ransum berdasarkan kebutuhan protein aktual ternak pada fase fisiologis tertentu, sehingga efisiensi pemanfaatan pakan dapat ditingkatkan secara signifikan.

Integrasi teknologi sensor dan pemantauan digital pada kandang ternak skala kecil, meskipun masih terbatas penerapannya di Indonesia, berpotensi mendukung pengembangan sistem pemberian pakan presisi berbasis ampas tahu pada masa mendatang, sejalan dengan tren transformasi digital di sektor peternakan global.

8.4 PELUANG DIGITALISASI RANTAI PASOK AMPAS TAHU

Perkembangan teknologi digital membuka peluang baru bagi optimalisasi rantai pasok ampas tahu, mulai dari aplikasi pencatatan produksi di tingkat produsen tahu, platform pemasaran daring yang menghubungkan produsen dengan peternak, hingga sistem pelacakan mutu berbasis sensor kelembapan sederhana yang dapat membantu memantau kualitas produk selama penyimpanan dan distribusi.

Potensi replikasi model yang telah berhasil diterapkan pada rantai pasok komoditas pertanian lain menunjukkan bahwa digitalisasi rantai pasok ampas tahu bukan sesuatu yang mustahil untuk dikembangkan dalam jangka menengah hingga panjang, khususnya di wilayah dengan infrastruktur telekomunikasi yang

memadai, meskipun penerapannya masih terbatas di tingkat peternak rakyat saat ini.

Sebagai gambaran konkret, aplikasi pencatatan produksi berbasis telepon pintar yang sederhana dapat membantu produsen tahu mencatat volume ampas tahu yang dihasilkan setiap hari, yang kemudian dapat diakses oleh peternak di sekitarnya melalui grup percakapan daring atau papan informasi digital sederhana di tingkat desa. Model semacam ini telah diterapkan pada beberapa komoditas pertanian lain di Indonesia dengan hasil yang menjanjikan dalam mengurangi kesenjangan informasi antara produsen dan konsumen bahan baku pakan, sehingga berpotensi direplikasi untuk konteks rantai pasok ampas tahu di berbagai wilayah sentra industri tahu.

BAB IX

TANYA JAWAB PRAKTIS

BAGI PETERNAK

9.1 PERTANYAAN UMUM SEPUTAR PEMANFAATAN AMPAS TAHU

Bab ini disusun dalam format tanya jawab untuk memudahkan peternak dan penyuluh lapangan memahami inti temuan buku ini secara praktis, tanpa perlu membaca seluruh uraian teknis pada bab-bab sebelumnya.

Tanya: Apakah ampas tahu segar aman langsung diberikan kepada domba tanpa pengolahan?

Jawab: Ampas tahu segar dapat diberikan langsung kepada domba dan telah lama dipraktikkan peternak, namun daya simpannya sangat singkat (2-3 hari) sebelum membusuk. Pemberian ampas tahu segar dalam jumlah besar juga berisiko menyebabkan rumen cepat penuh akibat kadar airnya yang tinggi, sehingga dapat menurunkan konsumsi hijauan. Pengeringan direkomendasikan apabila peternak ingin menyimpan ampas tahu dalam jumlah besar untuk penggunaan jangka lebih panjang.

Tanya: Metode pengeringan mana yang paling baik, oven atau sinar matahari?

Jawab: Berdasarkan temuan buku ini, pengeringan menggunakan oven pada suhu sekitar 80°C menghasilkan ampas tahu kering

dengan karakteristik nutrisi terbaik, termasuk kandungan protein dan TDN yang lebih tinggi serta pencernaan yang lebih baik dibandingkan penjemuran sinar matahari; meski demikian, cara ini tetap merupakan alternatif yang layak dan lebih murah bagi peternak yang tidak memiliki akses terhadap fasilitas pengeringan mekanis.

Tanya: Berapa banyak ampas tahu kering yang sebaiknya diberikan kepada domba setiap hari?

Jawab: Pada berbagai kajian mengenai ampas tahu, ampas tahu diberikan sebanyak 30% dari total kebutuhan bahan kering, dengan sisanya berupa rumput lapangan. Proporsi ini dapat menjadi acuan awal, dengan penyesuaian lebih lanjut berdasarkan ketersediaan ampas tahu, kondisi tubuh ternak, dan respons konsumsi pakan secara individual.

Tanya: Apakah pengeringan menurunkan nilai gizi ampas tahu?

Jawab: Pengeringan justru meningkatkan konsentrasi zat gizi per satuan bobot (karena kadar air berkurang), termasuk kadar protein dan TDN. Yang menurun akibat pengeringan adalah degradabilitas protein di dalam rumen, yang justru menguntungkan karena meningkatkan proporsi protein yang lolos ke usus halus (protein bypass) dan tersedia langsung bagi ternak.

Tanya: Apakah ampas tahu kering dapat menggantikan konsentrat komersial sepenuhnya?

BAB X

CONTOH PERHITUNGAN DAN PANDUAN PRAKTIS

10.1 CONTOH PERHITUNGAN NERACA NITROGEN (ILUSTRATIF)

Untuk membantu pembaca memahami penerapan konsep neraca nitrogen yang telah diuraikan pada Bab II dan Bab III, bagian ini menyajikan contoh perhitungan langkah demi langkah menggunakan data rerata perlakuan T3 (rumput lapangan + ampas tahu kering oven 80°C) dari Tabel 3.9. Diketahui pada perlakuan T3: konsumsi nitrogen total (NI) = 13,01 g/ekor/hari; ekskresi nitrogen feses (NF) = 2,84 g/ekor/hari; ekskresi nitrogen urin (NU) = 0,47 g/ekor/hari. Menggunakan persamaan neraca nitrogen $NR = NI - (NF + NU)$, diperoleh: $NR = 13,01 - (2,84 + 0,47) = 13,01 - 3,31 = 9,70$ g/ekor/hari (nilai ini konsisten dengan nilai rerata 9,69 g/ekor/hari pada Tabel 3.9, dengan selisih kecil akibat pembulatan). Persentase retensi nitrogen terhadap konsumsi dihitung sebagai $(NR/NI) \times 100\% = (9,70/13,01) \times 100\% = 74,6\%$, mendekati nilai 72,67% yang dilaporkan pada Tabel 3.9 (selisih kecil disebabkan penggunaan nilai rerata yang telah dibulatkan pada beberapa tahap perhitungan). Contoh perhitungan ini menunjukkan bagaimana mahasiswa maupun penyuluh lapangan dapat mereplikasi perhitungan neraca nitrogen sederhana menggunakan data hasil pengukuran konsumsi dan ekskresi nitrogen di lapangan atau laboratorium.

Perhitungan neraca nitrogen yang lebih lengkap idealnya juga mempertimbangkan kehilangan nitrogen melalui keringat dan proses metabolisme lain yang sulit diukur secara langsung, meskipun pada praktiknya kontribusi jalur ekskresi tersebut relatif kecil dibandingkan feses dan urin pada ternak ruminansia. Bagi peternak maupun mahasiswa yang ingin mempraktikkan perhitungan neraca nitrogen secara mandiri, penyediaan lembar kerja sederhana berbasis *spreadsheet* yang telah memuat rumus konversi standar dapat mempermudah proses perhitungan tanpa memerlukan pemahaman matematika yang rumit, sekaligus menjadi alat bantu pembelajaran yang praktis dan aplikatif.

10.2 ILUSTRASI PERBANDINGAN BIAYA PAKAN (ANGKA CONTOH, BUKAN DATA PASAR AKTUAL)

Bagian ini menyajikan ilustrasi numerik sederhana untuk membantu pembaca memahami kerangka analisis biaya pakan yang diuraikan pada Bab V. Perlu ditegaskan bahwa angka-angka pada ilustrasi ini bersifat hipotetis untuk tujuan pedagogis dan bukan merupakan data harga pasar aktual, mengingat harga bahan pakan sangat bervariasi antarwilayah dan berubah dari waktu ke waktu. Sebagai ilustrasi, andaikan biaya pengolahan ampas tahu kering (termasuk biaya energi pengeringan oven dan tenaga kerja) diperkirakan jauh lebih rendah per kilogram bahan kering dibandingkan harga konsentrat komersial berbasis bungkil kedelai di pasaran. Apabila proporsi ampas tahu kering yang mensubstitusi konsentrat komersial ditingkatkan secara bertahap dalam ransum domba, maka penghematan biaya pakan kumulatif akan meningkat searah dengan proporsi substitusi tersebut, sepanjang performa pertumbuhan ternak tetap terjaga sebagaimana ditunjukkan oleh temuan retensi nitrogen positif pada seluruh perlakuan berbasis

ampas tahu (Tabel 3.9). Peternak yang ingin melakukan analisis kelayakan ekonomi yang lebih presisi disarankan untuk mengumpulkan data harga aktual bahan pakan, biaya energi lokal, dan data pertambahan bobot badan riil dari ternak masing-masing, kemudian menyusun perhitungan biaya per unit pertambahan bobot badan (*feed cost per kg gain*) sebagai indikator kelayakan ekonomi yang lebih akurat dibandingkan sekadar membandingkan harga bahan pakan per kilogram. Peternak disarankan untuk selalu memverifikasi harga aktual bahan pakan di wilayah masing-masing sebelum mengambil keputusan substitusi, mengingat harga ampas tahu maupun bungkil kedelai dapat berfluktuasi signifikan dipengaruhi oleh musim, lokasi, dan dinamika pasar komoditas pertanian secara umum.

Tabel 10. 1 Ilustrasi Perbandingan Relatif Biaya per Satuan Protein dari Berbagai Sumber (Angka Indeks, Bukan Harga Pasar Aktual)

Sumber Protein	Indeks Harga Relatif*	Kadar Protein Kasar (%BK)	Catatan
Ampas tahu kering	1,0 (basis)	20-25	Harga paling kompetitif, perlu pengeringan
Ampas tahu segar	0,4-0,6	20-25 (BK)	Murah namun cepat rusak, kadar air tinggi
Bungkil kelapa	1,6-2,0	18-22	Daya simpan baik, serat kasar lebih tinggi
Bungkil kedelai komersial	2,5-3,5	44-48	Kualitas tinggi namun harga jauh lebih mahal
Bungkil inti sawit	1,3-1,7	14-18	Tersedia melimpah di sentra sawit

**Indeks relatif disusun dengan basis ampas tahu kering = 1,0; angka bersifat ilustratif untuk menunjukkan urutan tingkat kompetitivitas harga, bukan harga pasar aktual yang bervariasi menurut wilayah dan waktu.*

10.3 PANDUAN PRAKTIS PENGERINGAN AMPAS TAHU DI TINGKAT PETERNAK

Sebagai pelengkap panduan teknis, peternak disarankan untuk melakukan pembalikan ampas tahu secara berkala selama proses penjemuran guna memastikan pengeringan yang merata dan mencegah pertumbuhan jamur pada bagian yang lembap. Penggunaan alas terpal atau lantai jemur yang bersih juga penting untuk menghindari kontaminasi tanah maupun benda asing yang dapat menurunkan mutu produk akhir.

Penyuluh peternakan dapat berperan penting dalam mendampingi peternak menerapkan panduan teknis ini secara konsisten melalui pelatihan praktik langsung di lapangan, alih-alih hanya menyampaikan informasi secara teoritis tanpa demonstrasi nyata proses pengeringan yang benar. Sebagai indikator sederhana bahwa ampas tahu telah cukup kering, peternak dapat melakukan uji genggam, yaitu menggenggam segenggam ampas tahu dan melepaskannya; apabila ampas tahu terurai dan tidak menggumpal, hal ini mengindikasikan kadar air telah cukup rendah untuk penyimpanan jangka menengah tanpa risiko pembusukan yang signifikan.

10.4 CONTOH PERHITUNGAN FORMULASI RANSUM SEDERHANA BERBASIS AMPAS TAHU

Sebagai variasi ilustrasi lain, bagi peternak yang memiliki akses lebih terbatas terhadap hijauan berkualitas, formulasi alternatif dengan komposisi 45% hijauan, 35% ampas tahu kering, dan 20% dedak dapat menjadi pilihan yang tetap memenuhi kebutuhan protein dasar domba, meskipun proporsi ampas tahu yang lebih tinggi memerlukan pemantauan lebih cermat terhadap kondisi kesehatan pencernaan ternak, khususnya pada masa awal adaptasi pakan.

Peternak juga disarankan mencatat perubahan bobot badan ternak secara berkala setelah penerapan formulasi baru, sebagai dasar evaluasi dan penyesuaian proporsi bahan pakan pada siklus pemeliharaan berikutnya. Penyediaan template formulasi ransum dalam format yang dapat dicetak dan ditempel di kandang, mencantumkan proporsi bahan pakan dan takaran sederhana, akan memudahkan penerapan konsisten oleh anggota keluarga peternak yang bergantian menjalankan tugas pemberian pakan harian.

BAB XI

CARA MENGENALI DAN MENILAI KUALITAS AMPAS TAHU KERING

11.1 *IN VITRO*: KELEBIHAN DAN KETERBATASAN

Metode *in vitro* mengevaluasi degradasi atau pencernaan bahan pakan menggunakan cairan rumen atau enzim sebagai pengganti sistem pencernaan di luar tubuh ternak, biasanya di laboratorium menggunakan tabung fermentasi terkontrol. Langkah-langkahnya seperti tersaji dalam Gambar 11.1 berikut.



Gambar 11. 1 Sampel Pakan Siap untuk Uji *In Vitro*

Kelebihan utama metode ini terletak pada kemudahan pengendalian kondisi eksperimen, kecepatan memperoleh hasil, kemampuan menguji banyak sampel secara simultan, serta tidak memerlukan ternak berfistula yang mahal dan memerlukan perawatan khusus. Keterbatasan utama metode *in vitro* adalah ketidakmampuannya mereplikasi sepenuhnya kompleksitas

lingkungan rumen yang sesungguhnya, termasuk dinamika laju alir partikel pakan keluar rumen, interaksi antarpopulasi mikroba yang beragam, serta pengaruh faktor *host* seperti pola makan dan status fisiologis ternak donor cairan rumen. Hasil *in vitro* karenanya perlu divalidasi silang dengan metode *in sacco* maupun *in vivo* sebelum diterapkan sebagai dasar rekomendasi praktis, sebagaimana ditegaskan dalam berbagai kajian metodologis mengenai evaluasi degradabilitas protein pakan ruminansia.

Keterbatasan utama metode *in vitro* terletak pada ketiadaan mekanisme absorpsi dan metabolisme pascarumen yang terjadi pada ternak hidup, sehingga hasil pencernaan *in vitro* umumnya hanya mencerminkan potensi pencernaan pada tahap fermentasi rumen dan belum tentu identik dengan pencernaan total yang terjadi di sepanjang saluran pencernaan ternak yang sesungguhnya.

11.2 IN SACCO: KELEBIHAN DAN KETERBATASAN

Metode *in sacco*, sebagaimana digunakan berbagai kajian mengenai ampas tahu, menawarkan keseimbangan antara realisme biologis (karena sampel benar-benar terpapar lingkungan rumen yang sesungguhnya) dan kepraktisan eksperimental (karena tidak memerlukan pengukuran konsumsi dan ekskresi total pada ternak utuh). Skema metode *in sacco* seperti tersaji dalam Gambar 11.2. Metode ini menjadi standar baku (*gold standard*) yang paling banyak digunakan dalam penelitian degradabilitas protein pakan ruminansia tropis, termasuk pada berbagai kajian terbaru mengenai pakan lokal Indonesia (Rahmat et al., 2021; Rosmalia et al., 2021).

Keterbatasan utama *in sacco* meliputi ketergantungan pada ternak berfistula yang mahal dan memerlukan prosedur bedah invasif, potensi bias akibat kehilangan partikel halus melalui pori-pori kantong selama pencucian (terutama pada bahan pakan yang mudah

larut seperti ampas tahu segar), serta variasi hasil antarindividu ternak donor rumen yang sulit dikendalikan sepenuhnya, sebagaimana menjadi salah satu keterbatasan yang telah diakui secara eksplisit pada subbab 2.6 buku ini.



Gambar 11. 2 Skema Metode *In Sacco* (Nylon Bag Technique).
Sumber: Suparjo (2015)

Metode *in sacco* tetap memiliki keterbatasan berupa kebutuhan ternak berfistula yang mahal dan memerlukan perawatan khusus, serta potensi bias akibat fenomena washout pada partikel pakan halus yang keluar dari kantong tanpa mengalami degradasi mikroba secara sempurna (Zhang et al., 2020), meskipun metode ini memberikan gambaran yang lebih mendekati kondisi fisiologis dibandingkan *in vitro*.

11.3 *IN VIVO*: KELEBIHAN DAN KETERBATASAN

Metode *in vivo*, sebagaimana digunakan dalam penelitian berbagai kajian mengenai ampas tahu, memberikan gambaran paling realistis mengenai dampak akhir suatu perlakuan pakan terhadap performa fisiologis ternak utuh, mencakup konsumsi, pencernaan, dan retensi nitrogen sebagaimana dibahas secara mendalam pada Bab III. Metode ini menjadi standar akhir (*ultimate validation*) bagi rekomendasi praktis pakan ternak, karena secara langsung mencerminkan interaksi kompleks antara pakan dan seluruh sistem fisiologis ternak, termasuk sistem pencernaan pascarumen yang tidak tercakup dalam evaluasi *in sacco* maupun *in vitro*.



Gambar 11. 3 Penggunaan Domba dalam Penelitian *In Vivo*

Keterbatasan utama *in vivo* adalah biaya dan waktu penelitian yang jauh lebih tinggi dibandingkan *in vitro* maupun *in sacco*, kebutuhan jumlah ternak dan periode pemeliharaan yang lebih besar untuk memperoleh kekuatan statistik yang memadai, serta

kompleksitas logistik pengumpulan data (koleksi feses dan urin total, sebagaimana diuraikan pada subbab 3.8) yang memerlukan ketelitian tinggi untuk menghindari bias pengukuran.

Keterbatasan metode *in vivo* terutama terletak pada kebutuhan waktu penelitian yang panjang, biaya tinggi untuk pemeliharaan ternak selama periode adaptasi dan koleksi data, serta variabilitas individu ternak yang dapat memengaruhi presisi hasil apabila jumlah ulangan tidak mencukupi secara statistik.

11.4 PENDEKATAN TERINTEGRASI: KOMBINASI KETIGA METODE

Kajian buku ini menerapkan pendekatan terintegrasi yang menggabungkan metode *in sacco* untuk menguji hipotesis mengenai pengaruh pengeringan terhadap degradabilitas protein secara efisien pada tahap awal, diikuti metode *in vivo* untuk memvalidasi implikasi praktis dari perlakuan pengeringan terpilih (suhu 80°C) terhadap performa fisiologis ternak utuh secara komprehensif.

Pendekatan bertingkat semacam ini merupakan praktik terbaik dalam penelitian nutrisi ternak ruminansia, karena memungkinkan efisiensi sumber daya penelitian (dengan menyaring berbagai perlakuan pada tahap *in sacco* yang lebih murah) sekaligus menjamin validitas praktis temuan akhir melalui konfirmasi *in vivo*. Ke depan, integrasi tambahan berupa model prediksi berbasis komposisi kimia pakan (Zagorakis & Milis, 2022) berpotensi melengkapi pendekatan bertingkat ini dengan tahap penyaringan awal yang lebih cepat dan murah, sebelum sampel-sampel terpilih diuji lebih lanjut menggunakan *in sacco* dan *in vivo*, sebagaimana diuraikan pada subbab 8.3 mengenai integrasi presisi nutrisi.

Pendekatan terintegrasi antara metode *in vitro*, *in sacco*, dan *in vivo* memungkinkan peneliti memperoleh gambaran evaluasi pakan yang lebih komprehensif, di mana hasil skrining cepat *in vitro* dapat digunakan untuk menyaring kandidat bahan pakan potensial sebelum dilakukan konfirmasi lebih mendalam melalui *in sacco*, dan pada akhirnya divalidasi melalui uji performa *in vivo* pada ternak hidup. Strategi bertahap ini mengoptimalkan efisiensi waktu dan biaya penelitian tanpa mengorbankan validitas hasil (Rosmalia et al., 2024a). Penerapan pendekatan terintegrasi ini semakin relevan mengingat keterbatasan sumber daya penelitian di banyak institusi Indonesia, sehingga strategi bertahap dari *in vitro* menuju *in vivo* memungkinkan alokasi anggaran penelitian yang lebih efisien tanpa mengorbankan kualitas ilmiah rekomendasi yang dihasilkan.

11.5 RINGKASAN PERBANDINGAN KETIGA METODE EVALUASI PAKAN

Sebagai rangkuman menyeluruh dari pembahasan pada bab ini, ketiga metode evaluasi pakan yang telah diuraikan, yaitu *in vitro*, *in sacco*, dan *in vivo*, masing-masing memiliki posisi strategis yang berbeda dalam rangkaian penelitian nutrisi ternak. Metode *in vitro* unggul dari segi efisiensi biaya dan waktu untuk skrining awal, metode *in sacco* memberikan gambaran kinetika degradasi yang mendekati kondisi fisiologis nyata, sementara metode *in vivo* tetap menjadi standar emas untuk validasi akhir sebelum suatu rekomendasi pakan diterapkan secara luas di tingkat peternak.

Pemilihan kombinasi metode yang tepat pada suatu penelitian sangat bergantung pada tujuan penelitian, ketersediaan sumber daya (dana, fasilitas, dan ternak percobaan), serta tahapan pengembangan produk pakan yang sedang dilakukan. Bagi peneliti pemula atau institusi dengan keterbatasan sumber daya, memulai dengan metode

in vitro sebagai penyaringan awal sebelum melanjutkan ke metode yang lebih intensif sumber daya merupakan strategi yang bijaksana dan telah banyak diterapkan dalam penelitian pakan ternak tropis di Indonesia maupun kawasan Asia Tenggara pada umumnya.

Ke depan, integrasi antara pendekatan konvensional ini dengan teknologi analisis modern seperti metabolomik dan genomik mikrobiota rumen berpotensi memperkaya pemahaman mengenai mekanisme degradasi pakan pada level molekuler, membuka peluang pengembangan strategi evaluasi pakan generasi berikutnya yang lebih presisi dan komprehensif dibandingkan pendekatan tradisional yang telah dibahas dalam buku ini.

BAB XII

PENUTUP

12.1 AMPAS TAHU DALAM PETA BESAR KETAHANAN PANGAN DAN PAKAN NASIONAL

Isu ketahanan pakan ternak ruminansia di Indonesia tidak dapat dilepaskan dari tantangan struktural yang lebih besar, yaitu ketergantungan terhadap bahan pakan sumber protein impor, keterbatasan lahan penggembalaan akibat konversi lahan, serta fluktuasi harga pakan komersial yang kerap membebani peternak skala kecil. Dalam konteks ini, pemanfaatan hasil ikutan agroindustri domestik seperti ampas tahu merupakan salah satu strategi mitigasi yang konkret, terukur, dan telah terbukti secara empiris melalui berbagai kajian mengenai ampas tahu maupun berbagai studi kasus regional yang dibahas pada Bab VI.

Dalam konteks ketahanan pangan dan pakan nasional, pemanfaatan ampas tahu secara optimal berkontribusi terhadap pengurangan ketergantungan Indonesia terhadap impor bahan pakan sumber protein, khususnya bungkil kedelai yang sebagian besar masih dipenuhi dari luar negeri. Penguatan rantai pasok pakan lokal berbasis hasil ikutan agroindustri domestik sejalan dengan visi kemandirian pangan dan pakan nasional jangka panjang. Strategi diversifikasi sumber protein pakan ternak berbasis hasil ikutan agroindustri domestik, termasuk ampas tahu, sejalan dengan arah kebijakan swasembada pakan yang terus didorong pemerintah untuk

mengurangi kerentanan sektor peternakan nasional terhadap fluktuasi harga dan pasokan bahan pakan impor.

Skala potensi ampas tahu sebagai sumber pakan nasional sesungguhnya sangat besar mengingat tersebarinya industri tahu di hampir seluruh wilayah Indonesia, khususnya Pulau Jawa. Apabila teknologi pengeringan sederhana sebagaimana dikaji dalam buku ini dapat diadopsi secara luas oleh kelompok tani-ternak di sentra-sentra produksi tahu, potensi kontribusinya terhadap penyediaan pakan protein alternatif bagi populasi domba dan kambing nasional dapat menjadi signifikan, meskipun kuantifikasi dampak agregat tersebut memerlukan kajian pemetaan skala nasional yang berada di luar cakupan dalam buku ini.

12.2 PEMBELAJARAN METODOLOGIS BAGI PENELITIAN NUTRISI TERNAK TROPIS

Di luar temuan substantif mengenai ampas tahu, berbagai kajian mengenai ampas tahu juga memberikan pembelajaran metodologis yang berharga bagi peneliti nutrisi ternak tropis lainnya. Pendekatan bertingkat yang mengombinasikan penyaringan awal melalui *in sacco* dengan validasi komprehensif melalui *in vivo*, sebagaimana diuraikan pada Bab XI, merupakan model desain penelitian yang efisien dan dapat direplikasi untuk mengevaluasi berbagai bahan pakan hasil ikutan agroindustri lain di Indonesia, seperti ampas kecap, ampas kelapa, ampas nanas, maupun berbagai limbah agroindustri lain yang selama ini belum dikaji secara mendalam. Konsistensi antara temuan penelitian tahun 2003 dengan prinsip-prinsip yang terus dikonfirmasi oleh literatur internasional dua dekade kemudian (2019-2025), sebagaimana diuraikan secara ekstensif pada Bab II dan Bab III, juga menegaskan nilai jangka panjang dari penelitian dasar (*basic research*) yang dilakukan dengan metodologi yang cermat, meskipun

dilaksanakan pada skala percobaan yang terbatas. Hal ini menjadi pengingat penting bagi mahasiswa dan peneliti muda bahwa kualitas desain penelitian dan kedalaman interpretasi ilmiah seringkali lebih menentukan nilai jangka panjang suatu penelitian dibandingkan semata-mata skala atau anggaran penelitian tersebut.

Pembelajaran metodologis dari kajian ini menegaskan pentingnya kombinasi pendekatan laboratorium dan lapangan dalam penelitian nutrisi ternak tropis, mengingat kompleksitas interaksi antara bahan pakan lokal, karakteristik genetik ternak, dan kondisi lingkungan yang unik di setiap wilayah. Replikasi metodologi yang telah divalidasi pada penelitian ampas tahu ini dapat diterapkan pada kajian hasil ikutan agroindustri lain di masa mendatang. Pengalaman metodologis dari penelitian ini juga menunjukkan pentingnya mempertimbangkan variabilitas musiman dan kondisi iklim tropis dalam desain penelitian nutrisi ternak, mengingat faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi konsistensi hasil penelitian antarperiode pengujian di lapangan.

12.3 PESAN PENUTUP

Buku ini disusun dengan semangat menjembatani temuan penelitian klasik dengan perkembangan ilmu pengetahuan mutakhir, sekaligus menerjemahkan pengetahuan ilmiah teknis menjadi panduan yang dapat diakses dan diterapkan oleh peternak di lapangan. Perjalanan dari sekadar limbah agroindustri yang terbuang menjadi sumber pakan protein bernilai tambah bagi ternak domba menggambarkan bagaimana penelitian ilmiah yang cermat dapat memberikan kontribusi nyata bagi keberlanjutan sistem pangan dan pakan nasional. Penyusun berharap buku ini dapat menjadi salah satu rujukan yang bermanfaat bagi generasi peneliti, penyuluh, dan peternak berikutnya yang berminat mendalami dan mengembangkan

lebih lanjut pemanfaatan hasil ikutan agroindustri kedelai sebagai pakan ternak ruminansia di Indonesia, sejalan dengan cita-cita besar kemandirian pangan dan pakan nasional yang berkelanjutan.

Akhir kata, keberhasilan pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak domba lokal bukan semata-mata capaian teknis di laboratorium, melainkan juga buah dari kolaborasi antara peneliti, penyuluh, pemerintah daerah, dan yang terpenting, peternak itu sendiri sebagai pelaku utama di lapangan. Semoga uraian dalam buku ini dapat menjadi salah satu rujukan yang bermanfaat bagi pengembangan peternakan rakyat berkelanjutan di Indonesia. Perjalanan panjang riset dan penerapan pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak mencerminkan bagaimana inovasi sederhana berbasis sumber daya lokal dapat memberikan dampak nyata bagi kesejahteraan peternak rakyat, sekaligus berkontribusi pada tujuan pembangunan berkelanjutan yang lebih luas, mulai dari pengurangan limbah, penguatan ketahanan pangan dan pakan, hingga peningkatan pendapatan rumah tangga peternak di berbagai pelosok Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Ni, X., Khan, M., Zhao, X., Yang, H., Danzeng, B., Raja, I. H., & Quan, G. (2023). Effects of dietary protein levels on sheep gut metabolite profiles during the lactating stage. *Animals*, 14, 121.
- Antriyandarti, E., Barokah, U., Rahayu, W. N., Wuri Ani, S., Marwanti, S., Darsono, Ferichani, M., & Irawan, S. (2025). Pengembangan ekonomi sirkular untuk pengelolaan sampah organik di Desa Senden, Kabupaten Magelang. *Warta LPM*.
- Despal, D., Alifianty, O. F., Pratama, A. P., Febrianti, F., Evvyernie, D., Wijayanti, I., Nuraina, N., Agustiyani, I., & Rosmalia, A. (2022). In situ degradation of dairy cattle feedstuffs using reusable local nylon fabric bags. *Veterinary World*, 15, 2234-2243. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2234-2243>
- Dewi, I. P., Taufikurohman, M. R., & Bross, N. (2021). Analisis kelayakan finansial pembuatan pakan ternak dari sampah organik dapur. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 5(3), 869-877. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2021.005.03.24>
- Diao, X. Dang, S., Liu, S., Jing, L., Wang, Y., & Zhang, W. (2020). Determination of the appropriate ratio of sample size to nylon bag area for in situ nylon bag technique evaluation of rumen digestibility of feedstuffs in sheep. *Livestock Science*. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104254>
- Hernaman, I., Budiman, A., Wiyatna, M. F., & Arifin, J. (2019). Aplikasi penggunaan daun ubi jalar dan ampas tahu sebagai pakan tambahan untuk meningkatkan performa domba lokal di Desa Gudang Kecamatan Tanjungsari. *Media Kontak Tani Ternak*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.24198/mktt.v1i1.21602>

- Kamble, M. G., & Rani, J. (2020). Okara (soy waste) valorization: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 3947-3957.
- Kraiprom, T., Jantararat, S., Yaemkong, S., Laorodphan, N., Wichasit, N., Khan, M., Mauck, J., Looor, J. J., & Incharoen, T. (2024). Total replacement of soybean meal with sundried soymilk residue in the total mixed ration has a negative impact on intake, digestibility, and milk production in dairy goats. *Veterinary Medicine International*, 2024, 7441866
<https://doi.org/10.1155/2024/7441866>
- Lavery, A., & Ferris, C. P. (2021). Proxy measures and novel strategies for estimating nitrogen utilisation efficiency in dairy cattle. *Animals*, 11, 343.
- Lusi, D., Yurmiati, H., & Ramdani, D. (2023). Pengaruh sistem pemeliharaan terhadap produktivitas induk domba Garut. *Jurnal Produksi Ternak Terapan*, 3(2), 73.
- Marfuah, S. (2020). Kelembagaan sosial dalam usaha peternakan rakyat di Kabupaten Blitar. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 22(2), 150-161.
- Mata, F., Jesus, M., & Santos, J. (2026). The role of livestock in circular agriculture and waste valorisation. *Sustainability*, 18(11), Article 5780. <https://doi.org/10.3390/su18115780>
- Marhamah, S. U., Akbarillah, T., & Hidayat, H. (2019). Kualitas nutrisi pakan konsentrat fermentasi berbasis bahan limbah ampas tahu dan ampas kelapa dengan komposisi yang berbeda serta tingkat akseptabilitas pada ternak kambing. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 145-153.
<https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.145-153>

- Mudawamah, M., Sumartono, S., Ciptadi, G., Susanto, E., Hartoyo, Y., & Affandhy, L. (2023). Comparison of morphometry, physiological status, and protein total in twin and single ewes of fat-tail sheep (Sapudi Indonesian local sheep) and their crossbred. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 11(9), 1540-1547.
- Nata, C. B., Wahyuningsih, & Tasrif, A. (2021). Penyuluhan pemberian ampas tahu dan gamal dalam ransum untuk meningkatkan bobot badan domba di Desa Ciakar Kecamatan Cijulang Kabupaten Pangandaran. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*, 16(2), 107-114.
- Prasetyo, P. (2021). Pengaruh penggunaan tepung buah jambu biji merah dalam ransum terhadap pencernaan protein dan retensi nitrogen pada ayam broiler. *Jurnal Sains Peternakan Nusantara*, 1(1), 37-44.
- Putri, E. M., Zain, M., Warly, L., & Hermon, H. (2021). Effects of rumen degradable-to-undegradable protein ratio in ruminant diet on in vitro digestibility, rumen fermentation, and microbial protein synthesis. *Veterinary World*, 14, 640-648. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.640-648>
- Rashid, M., Aboshady, H. M., Agamy, R., & Archimede, H. (2024). Feeding okara, a soybean by-product, to dairy cows as partial protein source enhances economic indexes and preserves milk quality, intake, and digestibility of nutrients. *Tropical Animal Health and Production*, 56(8), 382. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04214-5>
- Reddy, D. V., & Krishna, N. (2009). Precision animal nutrition: A tool for economic and eco-friendly animal production in ruminants. *Livestock Research for Rural Development*, 21(3), Article #36.

- Rahman, M. M., Lourenço, M., Hassim, H. A., Baars, J. J. P., Sonnenberg, A. S. M., De Boever, J., & Fievez, V. (2021). A review of okara (*soybean curd residue*) utilization as animal feed: Nutritive value and animal performance aspects. *Animal Science Journal*, 92(1), Article e13594. <https://doi.org/10.1111/asj.13594>.
- Rahmat, S. F. I., Permana, I. G., & Despal, D. (2021). Rumen degradation properties of tropical legumes feed under in sacco studies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 888, Article 012071. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/888/1/012071>
- Rosmalia, A., Permana, I. G., & Despal, D. (2024a). Characterization of protein degradation in tropical dairy feedstuff using the in sacco method. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 29(4), 181-192 [10.14334/jitv.v29i4.3382](https://doi.org/10.14334/jitv.v29i4.3382)
- Rosmalia, A., Permana, I. G., Despal, D., & Toharmat, T. (2024b). In sacco and in vitro evaluation of heating and formaldehyde treated protein feed. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 19(1), 74-85. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2024.74.85>
- Rosmalia, A., Permana, I. G., Despal, D., & Zahera, R. (2021). Estimation rumen degradable protein of local feeds in dairy cattle using in sacco method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 883, Article 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/883/1/012010>
- Saptana, & Ilham, N. (2015). Pengembangan sistem integrasi tanaman tebu-sapi potong di Jawa Timur. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 13(2), 147-165.

- Sime, A. G., & Duguma, B. S. (2025). The role of non-conventional feeds in small ruminant production and their implication for feed cost reduction in Ethiopia—A mini review. *Veterinary Medicine and Science*, 11(5), Article e70554. <https://doi.org/10.1002/vms3.70554>
- Somanjaya, R., Imanudin, O., & Setiadi, S. (2025). Karakteristik kuantitatif Domba Garut pada sistem pemeliharaan berbeda berdasarkan umur dan jenis kelamin. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 27(1), 9-17. <https://doi.org/10.25077/jpi.27>
- Sujarnoko, et al. (2025). Effect of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) powder in reducing proteolysis in fermented total mixed ration with okara for ruminants. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 15(4), 210-219.
- Sutono, A. B., Hidayati, A., & Wahyudi, A. (2025). Pengaruh penggunaan ampas tahu basah dan kering terhadap pertumbuhan bobot badan kambing Jawa Randu. *Journal of Animal Research and Applied Science*, 6(1).
- Suparjo. (2015). Evaluasi pakan secara in vitro. Fakultas Peternakan, Universitas Jambi. <https://suparjo.staff.unja.ac.id/evaluasi-pakan-secara-in-vitro/>
- Suwarsito, & Purbomartono, C. (2018). Fermentasi ampas tahu menggunakan *Rhizopus oligosporus* untuk peningkatan kualitas pakan ikan. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 6(2), 45-52.
- Tres, T. T., Jobim, C. C., Diaz, T. G., Daniel, J. L. P., & Jacovaci, F. A. (2020). Okara or soybean grain added to the rehydrated corn grain silage for cattle: Digestibility, degradability and ruminal parameters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 42, Article e48586. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.48586>

- Usman, M., Li, Q., Luo, D., Xing, Y., & Dong, D. (2024). Valorization of soybean by-products for sustainable waste processing with health benefits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13999>
- Wahyudi, F. E., Maylinda, S., & Susilorini, T. E. (2023). Hubungan antara ukuran linear tubuh dengan bobot badan Domba Texel dan Domba Awassi. *Jurnal Agripet*, 23(1), 85-90.
- Wahyuni, S. (2003). Karakteristik ampas tahu kering dan pengaruhnya terhadap degradabilitas protein serta retensi nitrogen pada domba lokal jantan. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wanjala, G., Astuti, P. K., Bagi, Z., Kichamu, N., Strausz, P., & Kusza, S. (2023). A review on the potential effects of environmental and economic factors on sheep genetic diversity: Consequences of climate change. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(1), 103505. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103505>
- Zagorakis, K., & Milis, C. (2022). Prediction of degradability and digestibility parameters of protein supplements used in sheep nutrition from nutrient composition. *Tropical Animal Health and Production*, 54, Article 393. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03389-z>
- Zhang, Z., Shahzad, K., Shen, S., Dai, R., Lu, Y., Lu, Z., Li, C., Chen, Y., Qi, R., Gao, P., Yang, Q., & Wang, M. (2022). Altering dietary soluble protein levels with decreasing crude protein may be a potential strategy to improve nitrogen efficiency in Hu sheep based on rumen microbiome and metabolomics. *Frontiers in Nutrition*, 8, 815358. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.815358>

GLOSARIUM

Abomasum: Bagian keempat lambung ruminansia, disebut juga lambung sejati, tempat berlangsungnya pencernaan enzimatik utama yang setara dengan lambung pada hewan ber lambung tunggal.

Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN): Fraksi nitrogen pakan yang terikat pada komponen serat deterjen asam dan cenderung sulit dicerna baik di rumen maupun di usus halus; kadarnya cenderung meningkat akibat pemanasan berlebihan.

Ampas tahu (*okara/soybean curd residue*): Limbah padat hasil penyaringan bubur kedelai pada proses pembuatan tahu, berkadar protein dan serat tinggi namun berkadar air sangat tinggi dalam kondisi segar.

Analisis proksimat: Metode analisis komposisi kimia bahan pakan standar (metode *Weende*) yang menentukan kadar air, abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, dan BETN.

Bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN): Fraksi karbohidrat mudah larut pada analisis proksimat *Weende*, dihitung sebagai selisih 100% dikurangi kadar protein, lemak, serat kasar, dan abu.

Bahan kering (BK): Bobot bahan pakan setelah seluruh kandungan air dihilangkan melalui pengeringan pada suhu dan waktu standar.

Bypass protein: Lihat rumen undegradable protein (UDP).

Degradabilitas protein: Tingkat degradasi protein pakan menjadi amonia oleh mikroba rumen, dinyatakan dalam persentase dan diukur pada berbagai titik waktu inkubasi.

Denaturasi protein: Perubahan struktur tiga dimensi protein akibat perlakuan fisik (panas) atau kimia, yang dapat mengubah sifat kelarutan dan kerentanan protein terhadap enzim proteolitik.

Domba lokal: Bangsa domba asli Indonesia (Javanese thin tail), tersebar terutama di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur.

Effective degradability (ED): Perkiraan proporsi protein atau bahan kering yang terdegradasi secara efektif di dalam rumen dengan mempertimbangkan laju alir digesta keluar rumen.

Ekonomi sirkular: Pendekatan sistem ekonomi yang menekankan pemanfaatan kembali limbah atau hasil ikutan suatu proses produksi sebagai input bagi proses produksi lain, guna meminimalkan limbah dan memaksimalkan efisiensi sumber daya.

Ekstensifikasi vs intensifikasi: Dua pendekatan pengembangan usaha peternakan; ekstensifikasi menekankan perluasan populasi ternak dan lahan penggembalaan, sedangkan intensifikasi menekankan peningkatan produktivitas per ekor ternak melalui perbaikan pakan dan manajemen.

Fermentasi: Proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi terkontrol, dapat digunakan sebagai metode pengawetan sekaligus peningkatan nilai gizi bahan pakan.

Fermentasi anaerob: Proses penguraian bahan organik oleh mikroba dalam kondisi tanpa oksigen, digunakan untuk meningkatkan nilai gizi dan daya simpan ampas tahu.

Fistula rumen: Lubang buatan pada dinding rumen yang dibuat melalui prosedur bedah untuk memungkinkan akses langsung ke dalam rumen guna keperluan penelitian, seperti pengambilan cairan rumen atau inkubasi sampel pakan.

Income Over Feed Cost (IOFC): Selisih antara pendapatan penjualan ternak dengan total biaya pakan yang dikeluarkan selama periode pemeliharaan, digunakan sebagai indikator kelayakan ekonomi usaha ternak.

In sacco (nylon bag technique): Metode evaluasi degradabilitas pakan dengan menginkubasikan sampel dalam kantong berpori ke dalam rumen ternak berfistula.

In vitro: Metode evaluasi pakan yang dilakukan di luar tubuh ternak, biasanya di laboratorium, menggunakan cairan rumen atau enzim sebagai pengganti sistem pencernaan.

In vivo: Metode evaluasi pakan yang dilakukan langsung pada ternak hidup.

Kecernaan: Proporsi zat gizi pakan yang dapat diserap oleh saluran pencernaan ternak, dihitung dari selisih zat gizi yang dikonsumsi dengan zat gizi yang diekskresikan melalui feses.

Kjeldahl: Metode analisis kimia standar untuk menentukan kadar nitrogen total suatu bahan, terdiri atas tahap destruksi, destilasi, dan titrasi.

Konsentrat: Bahan pakan dengan kandungan serat kasar rendah dan energi atau protein tinggi, umumnya digunakan sebagai pelengkap ransum berbasis hijauan.

Metode Ørskov-McDonald: Persamaan eksponensial $P (\%) = a + b(1 - e^{-ct})$ yang digunakan untuk memodelkan kinetika degradasi bahan pakan di dalam rumen berdasarkan data hasil inkubasi *in sacco*.

Mikroba rumen: Populasi bakteri, protozoa, dan fungi anaerob yang mendiami rumen dan berperan dalam fermentasi pakan, termasuk sintesis protein mikroba dan degradasi selulosa.

Mikrobiota rumen: Keseluruhan populasi mikroorganisme, meliputi bakteri, protozoa, dan fungi, yang mendiami rumen dan berperan dalam proses fermentasi pakan.

Neraca nitrogen: Selisih antara nitrogen yang dikonsumsi ternak dan nitrogen yang diekskresikan melalui feses dan urin, mencerminkan status retensi protein tubuh.

Non-conventional feed resources (NCFR): Sumber pakan inkonvensional atau yang tidak lazim digunakan dalam formulasi pakan komersial standar namun berpotensi dimanfaatkan, terutama pada sistem peternakan skala kecil, termasuk hasil ikutan agroindustri seperti ampas tahu.

Non-protein nitrogen (NPN): Senyawa mengandung nitrogen namun bukan berupa protein, seperti urea dan amonia, yang dapat dimanfaatkan mikroba rumen sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein mikroba.

Okara: Istilah internasional untuk ampas tahu atau *soybean curd residue*, hasil ikutan padat dari proses penyaringan susu kedelai pada pembuatan tahu maupun susu kedelai.

Palatabilitas: Tingkat kesukaan atau daya tarik suatu bahan pakan bagi ternak, memengaruhi jumlah konsumsi pakan secara sukarela (*voluntary feed intake*).

Precision nutrition (nutrisi presisi): Pendekatan formulasi pakan yang disesuaikan secara spesifik dengan kebutuhan individu ternak berdasarkan data karakteristik fisiologisnya dan bahan pakan secara lebih akurat dan dinamis.

Protein kasar (crude protein): Estimasi kandungan protein pakan yang dihitung dari kadar nitrogen total dikalikan faktor konversi 6,25.

Rate of passage (laju alir pakan): Kecepatan pergerakan partikel pakan melewati saluran pencernaan ternak, memengaruhi waktu retensi dan efisiensi degradasi/kecernaan.

Reaksi Maillard: Reaksi pencoklatan non-enzimatis antara gugus amino bebas asam amino (terutama lisin) dengan gugus karbonil gula pereduksi akibat pemanasan, bersifat ireversibel dan dapat menurunkan ketersediaan asam amino serta degradabilitas protein.

Retensi nitrogen: Jumlah nitrogen yang disimpan (diretensi) dalam tubuh ternak, dihitung dari nitrogen yang dikonsumsi dikurangi nitrogen yang diekskresikan melalui feses dan urin.

Rumen: Bagian pertama dan terbesar dari lambung ruminansia, tempat utama berlangsungnya fermentasi mikroba.

Rumen degradable protein (RDP): Fraksi protein pakan yang terdegradasi oleh mikroba di dalam rumen dan dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein mikroba.

Rumen undegradable protein (RUP)/protein bypass: Fraksi protein pakan yang lolos dari degradasi mikroba di dalam rumen dan tersedia langsung bagi ternak inang di usus halus.

Silase: Pakan hijauan atau bahan pakan lain yang diawetkan melalui proses fermentasi anaerob dalam kondisi tertutup rapat.

Solar dryer (pengering surya): Alat pengering yang memanfaatkan radiasi matahari secara terkontrol, biasanya dengan efek rumah kaca, untuk meningkatkan efisiensi pengeringan dibandingkan penjemuran terbuka konvensional.

Washout: Fenomena keluarnya partikel pakan halus dari kantong nilon pada metode in sacco tanpa mengalami proses degradasi mikroba secara nyata, dapat menyebabkan bias estimasi degradabilitas.

Volatile fatty acids (VFA): Asam lemak terbang (asetat, propionat, butirat) hasil fermentasi karbohidrat oleh mikroba rumen, merupakan sumber energi utama bagi ternak ruminansia.

INDEKS

Degradabilitas protein, 15, 107

Ekonomi sirkular, 107

Neraca nitrogen, 109

Reaksi Maillard, 110

Retensi nitrogen, 110

Sintesis protein mikroba, 25

Tanin, 112

PROFIL PENULIS



Dr. Sri Wahyuni, S.Pt., M.P. lahir di Klaten pada tanggal 13 Agustus 1968. Menyelesaikan studi S1 di Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan pada tahun 1993. Strata 2 ditempuh dan diselesaikan di Program Studi Magister Ilmu Ternak, Fakultas Peternakan (tahun 2003). Gelar akademik doktor diperoleh dari Program Studi Doktor Ilmu Ternak, Fakultas Peternakan dan Pertanian. Ketiganya diselesaikan di Universitas Diponegoro Semarang (tahun 2019). Sampai sekarang aktif mengajar di Program studi S1- Peternakan, Fakultas Peternakan Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (Undaris) sejak tahun 1996 pada bidang ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak. Mata Kuliah yang diampu adalah Biokimia, Bahan Pakan dan Formulasi Ransum, Teknologi Pengolahan Pakan, Pengendalian Mutu Pakan, Ilmu Tanaman Pakan dan Manajemen Pastura. Sebagai seorang dosen memiliki kewajiban selain untuk melaksanakan pembelajaran juga melaksanakan penelitian dan pengabdian. Bidang penelitian dan pengabdian yang ditekuni terkait dengan Nutrisi Makanan Ternak.

Ampas Tahu Kering *sebagai* Pakan Domba

Ampas tahu merupakan salah satu hasil ikutan agroindustri yang mudah dijumpai di Indonesia, hal ini dikarenakan industri tahu rumah tangga banyak ditemukan di setiap daerah. Ampas tahu, meskipun sebagai limbah, tetapi kadar proteinnya cukup tinggi. Kondisi ini menyebabkan ampas tahu berpotensi menjadi sumber pakan alternatif bagi ternak ruminansia, khususnya domba. Mengingat ampas tahu mempunyai kadar air yang tinggi, sehingga dibutuhkan penanganan dan pengolahannya tepat.

Buku ini disusun untuk mengupas secara mendalam bagaimana ampas tahu dapat diolah dan dimanfaatkan secara optimal sebagai pakan domba. Fokus utama dari buku ini pada cara pengeringan ampas tahu terhadap karakteristik nutrisi, degradabilitas protein di dalam rumen, serta implikasinya terhadap konsumsi pakan dan retensi nitrogen. Buku ini disusun berdasarkan kajian ilmu nutrisi ternak ruminansia, dipadukan dengan data empiris dan diperkaya dengan referensi terkini mengenai pemanfaatan hasil ikutan kedelai (*okara*) sebagai pakan ternak di berbagai belahan dunia.

Selain aspek ilmiah, buku ini juga menyajikan pembahasan praktis: analisis ekonomi kualitatif, studi kasus penerapan di berbagai daerah di Indonesia, rekomendasi kebijakan bagi pemangku kepentingan, prospek inovasi teknologi pengolahan, hingga panduan langkah demi langkah dan tanya-jawab praktis bagi peternak yang ingin mengaplikasikan pengetahuan ini secara langsung di kandang masing-masing.



CV. Tahta Media Group
Sukoharjo, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.co.id
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896 5427 3996

