

NUTRISI RUMINANSIA

Nutrisi memegang peran sentral dalam kesehatan, pertumbuhan, dan produksi optimal dari hewan ruminansia. Dengan sistem pencernaan yang unik dan kompleks, hewan-hewan ini memiliki kebutuhan nutrisi yang khas, yang harus dipenuhi dengan cermat untuk memastikan kesejahteraan mereka. Dalam buku ini, kami akan menjelajahi aspek-aspek penting dari nutrisi ruminansia, mulai dari pencernaan dan metabolisme hingga pemilihan pakan yang tepat untuk mendukung pertumbuhan dan produksi yang optimal. Sistem pencernaan ruminansia, terdiri dari rumen, retikulum, omasum, dan abomasum, menghasilkan kondisi unik yang memungkinkan hewan-hewan ini untuk memanfaatkan bahan pakan berserat tinggi dengan efisiensi tinggi.

Buku ini membahas tentang Pengenalan Nutrisi Ruminansia, Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan Ruminansia, Proses Fermentasi Mikroba Rumen, Komponen Nutrisi Ruminansia, Kualitas Pakan untuk Ruminansia, Pengolahan Pakan Ruminansia, Evaluasi Nutrisi Pakan Ruminansia, Manajemen Kesehatan Ruminansia Melalui Nutrisi, Metabolisme Nutrisi, Strategi Pemberian pakan Ruminansia.

NUTRISI RUMINANSIA

Insun Sangadji



PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA
Email : penerbitmafya@gmail.com
Website : penerbitmafya.com
FB : Penerbit Mafy



Insun Sangadji

NUTRISI RUMINANSIA



NUTRISI

Ruminansia

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).

NUTRISI

Ruminansia

Insun Sangadji



NUTRISI RUMINANSIA

Penulis:

Insun Sangadji

Editor:

Andi Asari

Insun Sangadji

Desainer:

Tim Mafy

Sumber Gambar Cover:

www.freepik.com

Ukuran:

x, 132 hlm, 15,5 cm x 23 cm

ISBN: 978-623-8726-73-8

Cetakan Pertama:

Agustus 2024

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-Undang. Dilarang menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA

ANGGOTA IKAPI 041/SBA/2023

Kota Solok, Sumatera Barat, Kode Pos 27312

Kontak: 081374311814

Website: www.penerbitmafy.com

E-mail: penerbitmafy@gmail.com

Prakata

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas pertolongan dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan buku yang berjudul **Nutrisi Ruminansia**. Buku ini disusun secara lengkap dengan tujuan untuk memudahkan para pembaca memahami isi buku ini. Buku ini membahas tentang Pengenalan Nutrisi Ruminansia, Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan Ruminansia, Proses Fermentasi Mikroba Rumen, Komponen Nutrisi Ruminansia, Kualitas Pakan untuk Ruminansia, Pengolahan Pakan Ruminansia, Evaluasi Nutrisi Pakan Ruminansia, Manajemen Kesehatan Ruminansia Melalui Nutrisi, Metabolisme Nutrisi, Strategi Pemberian pakan Ruminansia.

Kami menyadari bahwa buku yang ada di tangan pembaca ini masih banyak kekurangan. Maka dari itu kami sangat mengharapkan saran untuk perbaikan buku ini di masa yang akan datang. Dan tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penerbitan buku ini. Semoga buku ini dapat membawa manfaat dan dampak positif bagi para pembaca.

Penulis, 1 Agustus 2024

Daftar Isi

Prakata	v
Pendahuluan	1

BAB 01. Pengenalan Nutrisi Ruminansia

A. Pengantar Ruminansia.....	3
B. Pengertian Nutrisi Ruminansia	7
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Nutrisi.....	10
D. Jenis-jenis Pakan Bernutrisi Untuk Ruminansia	12

BAB 02. Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan

Ruminansia

A. Pengertian Sistem Pencernaan Ruminansia	15
B. Anatomi Sistem Pencernaan Ruminansia.....	16
C. Fisiologi Sistem Pencernaan Ruminansia	22

BAB 03. Proses Fermentasi Mikroba Rumen

A. Pengenalan Proses Fermentasi Mikroba Rumen	27
B. Mikroorganisme yang Terlibat dalam Fermentasi.....	28
C. Tahapan Fermentasi Mikroba Rumen.....	32

D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fermentasi Rumen.....	33
E. Dampak Fermentasi Rumen pada Nutrisi dan Kesehatan Hewan.....	35

BAB 04. Komponen Nutrisi Ruminansia

A. Karbohidrat dalam Ransum Ruminansia.....	37
B. Protein dalam Ransum Ruminansia.....	40
C. Lemak dalam Ransum Ruminansia	42
D. Serat Kasar dalam Ransum Ruminansia	45

BAB 05. Kualitas Pakan untuk Ruminansia

A. Kualitas Nutrisi.....	47
B. Konsistensi dan Kebersihan.....	51
C. Aspek Palatabilitas.....	54
D. Aspek Biologis dan Fisiologis Ruminansia.....	55
E. Kemampuan Simpan.....	56

BAB 06. Pengolahan Pakan Ruminansia

A. Pengolahan Pakan Ruminansia	59
B. Metode Pengolahan Pakan Ruminansia	60
C. Pengelolaan Pakan Ruminansia secara Fisik.....	64

BAB 07. Evaluasi Nutrisi Pakan Ruminansia

A. Komposisi Nutrisi Pakan	71
B. Evaluasi Kualitas Pakan	73
C. Analisis Proksimat.....	74
D. Pengukuran Energi.....	75

E. Evaluasi Palatabilitas.....	79
--------------------------------	----

BAB 08. Manajemen Kesehatan Ruminansia Melalui

Nutrisi

A. Pemberian Pakan Berkualitas.....	83
B. Kebutuhan Air.....	84
C. Kualitas Hijauan.....	86
D. Suplemen Mineral dan Vitamin.....	88
E. Pengelolaan Kualitas Silase.....	90

BAB 09. Metabolisme Nutrisi

A. Metabolisme Protein dalam Rumen.....	93
B. Metabolisme Karbohidrat dalam Rumen.....	97

BAB 10. Strategi Pemberian Pakan Ruminansia

A. Pencernaan Ruminansia.....	105
B. Pakan Ternak Ruminansia.....	106
C. Konsumsi Pakan Ternak Ruminansia.....	108
D. Suplementasi Pakan Ternak Ruminansia.....	111
E. Penyajian dan Frekuensi Pemberian Pakan Ruminansia ...	112

Kesimpulan	117
-------------------------	------------

Daftar Pustaka	119
-----------------------------	------------

Tentang Penulis	131
------------------------------	------------

Pendahuluan

Nutrisi memegang peran sentral dalam kesehatan, pertumbuhan, dan produksi optimal dari hewan ruminansia. Dengan sistem pencernaan yang unik dan kompleks, hewan-hewan ini memiliki kebutuhan nutrisi yang khas, yang harus dipenuhi dengan cermat untuk memastikan kesejahteraan mereka. Dalam buku ini, kami akan menjelajahi aspek-aspek penting dari nutrisi ruminansia, mulai dari pencernaan dan metabolisme hingga pemilihan pakan yang tepat untuk mendukung pertumbuhan dan produksi yang optimal. Sistem pencernaan ruminansia, terdiri dari rumen, retikulum, omasum, dan abomasum, menghasilkan kondisi unik yang memungkinkan hewan-hewan ini untuk memanfaatkan bahan pakan berserat tinggi dengan efisiensi tinggi.

Fermentasi mikroba di dalam rumen memecah serat kompleks menjadi zat-zat sederhana yang dapat diserap oleh tubuh, memungkinkan hewan ruminansia untuk memanfaatkan sumber daya alam yang beragam. Namun, pemahaman yang mendalam tentang kebutuhan nutrisi spesifik dari hewan ruminansia sangat penting. Ini termasuk asupan serat kasar yang cukup, persyaratan asam amino esensial, mineral, dan vitamin yang diperlukan untuk menjaga kesehatan, pertumbuhan, dan

produksi yang optimal. Selain itu, manajemen pakan yang tepat, termasuk penyimpanan dan formulasi ransum yang seimbang, juga diperlukan untuk memastikan bahwa kebutuhan nutrisi dari hewan-hewan ini terpenuhi dengan baik.

BAB 01.

Pengenalan Nutrisi Ruminansia

A. Pengantar Ruminansia

Ruminansia adalah mamalia dengan perut empat bilik, yang memungkinkan mereka mencerna tanaman melalui proses yang disebut ruminasi. Hewan ruminansia termasuk sapi, kambing, dan rusa. Mereka dikenal karena kemampuan mereka untuk mengubah selulosa dan bahan tanaman lainnya menjadi protein, vitamin, dan mineral yang berkualitas tinggi, yang membantu meningkatkan ketahanan pangan. Bakteri anaerob, protozoa, jamur, archaea metanogenik, dan fag hidup dalam ekosistem rumen yang kompleks yang bekerja sama untuk memecah bahan tanaman dan memberikan energi bagi inangnya. Untuk mengatasi tantangan pertanian global, memahami mikrobioma rumen sangat penting karena hewan ruminansia memainkan peran penting dalam ketahanan pangan dan dampak lingkungan (Huws *et al.*, 2018).



Gambar 1.1. Hewan Ruminansia
 Sumber: Ruang Guru

Ciri perut empat bilik hewan ruminansia memungkinkan mereka mencerna tumbuhan melalui proses yang disebut ruminasi. Ruminansia memiliki beberapa karakteristik utama, seperti (Steffey, 1986; Zahn, 2019):

1. Perut empat bilik: Perut ternak memiliki rumen, retikulum, omasum, dan abomasum. Mereka dapat memecah bahan tumbuhan, terutama selulosa, yang sulit dicerna oleh mamalia lain karena sistem pencernaan mereka yang berbeda.
2. Perilaku merenung: Ruminasi, sebuah proses di mana hewan ruminansia memuntahkan dan mengunyah kembali makanan-

- nya, membantu mereka memecah bahan tanaman dan mengekstrak nutrisi.
3. Protein, vitamin, dan mineral berkualitas tinggi: Hewan ruminansia mengubah selulosa dan bahan tanaman lainnya menjadi protein, vitamin, dan mineral berkualitas tinggi, yang merupakan komponen penting dari ketahanan pangan.
 4. Mikrobioma rumen kompleks: Rumen adalah ekosistem yang kompleks yang terdiri dari bakteri anaerob, protozoa, jamur, archaea metanogenik, dan fag. Bakteri ini bekerja sama untuk memecah bahan tanaman dan menyediakan energi bagi inang mereka. Karena hewan ruminansia memainkan peran penting dalam ketahanan pangan dan dampak lingkungan, memahami mikrobioma rumen sangat penting untuk mengatasi tantangan pertanian global.
 5. Kelompok mamalia yang beragam: Ruminansia terdiri dari banyak spesies, seperti sapi, kambing, rusa, dan banyak lagi.
 6. Hubungan evolusioner: Sistem pencernaan dan tutup kepala hewan ruminansia yang unik, termasuk tanduk dan tanduk, telah menjadi subjek perdebatan dalam studi asal usul mereka. Ini menunjukkan bahwa hewan ruminansia memiliki hubungan evolusi yang kompleks.
 7. Adaptasi terhadap lingkungan yang keras: Beberapa hewan ruminansia, seperti rusa kutub, telah mengembangkan adaptasi genetik untuk hidup di lingkungan yang keras, seperti Arktik.

Hewan ruminansia sangat penting untuk ketahanan pangan, dampak lingkungan, dan pemahaman evolusi mamalia karena karakteristik ini. Hewan ruminansia termasuk:

1. Sapi (*Bovidae*): Keluarga ini terdiri dari spesies seperti sapi, kerbau, dan bison, yang dikenal karena peran mereka dalam pertanian dengan menyediakan daging, susu, dan kulit.
2. Rusa (*Cervidae*): Rusa, bagal, rusa berekor putih, dan rusa lainnya diburu untuk daging, tanduk, dan kulit.
3. Kambing (*Capridae*): Kambing terkenal karena susu, daging, dan serat, termasuk kasmir. Kemampuannya untuk memakan berbagai macam tanaman dan kelincahannya di daerah pegunungan juga membuat mereka dimanfaatkan.
4. Domba (*Bovidae*): Domba ditenak untuk daging, wol, dan susunya. Mereka juga dimanfaatkan karena mudahnya hidup di pegunungan dan mampu memakan berbagai macam tanaman.
5. Unta (*Camelidae*): Kemampuan untuk hidup di gurun yang keras adalah alasan mengapa unta dikenal. Mereka dibesarkan untuk mengkonsumsi daging, susu, dan kulitnya.
6. Jerapah (*Giraffidae*): Perut empat bilik jerapah beradaptasi dengan daun dan tunas dari pohon tinggi, meskipun tidak umum dianggap sebagai hewan ruminansia.

Hewan ruminansia ini telah dijinakkan atau diburu untuk dimanfaatkan oleh manusia karena mereka berevolusi untuk hidup di berbagai lingkungan.

B. Pengertian Nutrisi Ruminansia

Nutrisi ruminansia mengacu pada nutrisi yang diperlukan oleh hewan ruminansia seperti sapi, domba, dan kambing. Hewan-hewan ini memiliki sistem pencernaan khusus yang memungkinkan mereka memamah biak dan memfermentasi bahan tanaman seperti selulosa dan karbohidrat kompleks lainnya. Mikroba dalam rumen hewan membantu proses ini, mengekstraksi nutrisi dari bahan tumbuhan. Hewan-hewan ini memerlukan nutrisi ruminansia untuk kesehatan, produktivitas, dan efisiensi penggunaan sumber daya tanaman. Ini mencakup pemahaman tentang apa yang diperlukan hewan ruminansia untuk nutrisi, seperti energi, protein, mineral, dan vitamin, serta bagaimana nutrisi ini diberikan melalui pakan konsentrat, hijauan, dan sumber makanan lainnya (Fahey & Hussein, 1999; Wang & Proctor, 2013).

Jenis nutrisi esensial yang dibutuhkan hewan ruminansia adalah sebagai berikut (Karlsson *et al.*, 2021a; Pinotti *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2020):

1. Energi: Energi dapat diperoleh dari hijauan, pakan konsentrat, dan sumber makanan lainnya. Hewan ruminansia memerlukan makanan berenergi tinggi untuk mendukung proses metabolisme dan menjaga produktivitas.
2. Protein: Protein diperlukan hewan ruminansia untuk pertumbuhan, pemeliharaan, dan produksi susu. Protein dapat diperoleh melalui hijauan, pakan konsentrat, dan suplemen.
3. Mineral: Keseimbangan mineral, termasuk kalsium, fosfor, dan mineral, diperlukan oleh hewan ruminansia untuk perkem-

bangun jaringan dan tulang, fungsi sistem kekebalan tubuh, dan berbagai proses fisiologis lainnya.

4. Vitamin: Untuk pertumbuhan, fungsi kekebalan tubuh, dan kesehatan secara keseluruhan, hewan ruminansia membutuhkan berbagai vitamin, termasuk vitamin A, vitamin E, dan vitamin B.
5. Serat: Hewan ruminansia memerlukan makanan tinggi serat untuk mendukung fungsi rumen dan fermentasi mikroba. Serat dapat diperoleh melalui makanan hijau dan serat.
6. Antioksidan: Vitamin E dan jenis antioksidan lainnya dapat membantu hewan ruminansia melindungi diri dari stres oksidatif dan meningkatkan kesehatan metabolismenya.
7. Sumber kelompok metil: Kolin dan sumber kelompok metil lainnya dapat membantu menjaga metabolisme ruminansia tetap sehat, terutama selama periode penting seperti puncak laktasi dan proses melahirkan.
8. Minyak atsiri: Hewan ruminansia dapat meningkatkan pencernaan nutrisi, fermentasi rumen, dan parameter darah dengan minyak atsiri dari tumbuhan.
9. Nutrisi pakan berlabel isotop stabil: Nutrisi pakan berlabel isotop stabil dapat digunakan untuk menilai kinetika lintasan pakan spesifik nutrisi pada hewan ruminansia. Ini penting untuk memprediksi pasokan nutrisi dan mengoptimalkan kinerja hewan.

Kebutuhan nutrisi ruminansia berbeda-beda tergantung pada tahap pertumbuhan dan produksi (Warner *et al.*, 2014).

1. **Pertumbuhan:** Pola makan yang seimbang diperlukan untuk hewan ruminansia yang sedang dalam tahap pertumbuhan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Ini termasuk diet yang mengandung banyak energi, jumlah protein yang cukup, dan sejumlah vitamin dan mineral penting. Jika diperlukan, hijauan harus menjadi sumber utama nutrisi.
2. **Laktasi:** Untuk mendukung produksi susu selama menyusui, hewan ruminansia memerlukan pakan hijauan dan konsentrat. Untuk menjaga kuantitas dan kualitas susu, protein, mineral, dan vitamin sangat penting.
3. **Kehamilan:** Pola makan yang seimbang sangat penting bagi hewan ruminansia selama masa kehamilan untuk membantu perkembangan janin. Ini termasuk diet yang mengandung banyak energi, jumlah protein yang cukup, dan sejumlah vitamin dan mineral penting. Jika diperlukan, hijauan harus menjadi sumber utama nutrisi.
4. **Masa kemarau:** Pola makan seimbang penting bagi hewan ruminansia untuk menjaga kesehatannya secara keseluruhan dan menjaga kondisi tubuhnya. Di antaranya adalah diet yang mengandung energi sedang, jumlah protein yang cukup, dan sejumlah vitamin dan mineral penting. Jika diperlukan, hijauan harus menjadi sumber utama nutrisi.
5. **Masa transisi:** Bagi hewan ruminansia, masa transisi, yang mencakup beberapa minggu pertama laktasi dan minggu sebelum melahirkan, sangat penting. Untuk menjaga kondisi tubuh mereka dan mendukung produksi ASI, mereka membutuhkan pola makan yang mengandung banyak energi.

Untuk menjaga kuantitas dan kualitas susu, protein, mineral, dan vitamin sangat penting.

6. Hewan ruminansia perah dengan hasil tinggi: Pola makan yang seimbang diperlukan untuk meningkatkan produksi susu hewan ruminansia perah dengan hasil tinggi, seperti sapi perah. Ini termasuk pola makan yang mengandung banyak energi, jumlah protein yang cukup, dan sejumlah mineral dan vitamin yang penting, terutama selama masa kritis dari masa melahirkan hingga puncak masa menyusui. Sumber antioksidan dan kelompok metil, seperti vitamin E dan kolin, dapat memperbaiki kesehatan metabolisme hewan ini dan meningkatkan produksi susu.

Oleh karena itu, diperlukan perhatian khusus pada setiap kondisi dan fase hewan ruminansia untuk menyesuaikan nutrisi apa yang harus dipenuhi.

C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Nutrisi

Beberapa faktor memengaruhi kebutuhan nutrisi hewan ruminansia, termasuk (Gerber *et al.*, 2000):

1. Umur: Hewan ruminansia yang lebih muda, seperti anak sapi, membutuhkan nutrisi yang berbeda dari hewan dewasa. Untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan yang cepat, anak sapi membutuhkan lebih banyak protein dan energi dalam makanannya.
2. Tahap fisiologis: Kebutuhan nutrisi hewan ruminansia bunting dan menyusui meningkat untuk membantu pertumbuhan dan

perkembangan janin dan menghasilkan susu untuk keturunannya.

3. Kondisi lingkungan: Kebutuhan nutrisi ruminansia dapat dipengaruhi oleh faktor seperti suhu dan kelembapan. Misalnya, hewan dalam lingkungan yang panas dan lembab mungkin membutuhkan lebih banyak air dan energi untuk mempertahankan suhu tubuhnya.
4. Kualitas hijauan: Jumlah nutrisi hijauan yang tersedia bagi hewan ruminansia dapat memengaruhi jumlah nutrisi yang mereka butuhkan. Misalnya, hewan ruminansia yang mengonsumsi hijauan berkualitas tinggi yang memiliki kandungan protein dan energi yang lebih tinggi mungkin memerlukan jumlah nutrisi yang lebih sedikit.
5. Faktor genetik: Karena perbedaan genetik dalam metabolisme dan pemanfaatan nutrisi, ras ruminansia yang berbeda mungkin memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda.
6. Status kesehatan: Tingkat nutrisi yang berbeda mungkin diperlukan untuk hewan dengan masalah kesehatan untuk membantu mereka pulih dan tetap sehat.
7. Tujuan produksi: Tujuan produksi seperti hasil susu, laju pertumbuhan, dan performa reproduksi dapat memengaruhi kebutuhan nutrisi ruminansia.

Ketika merancang dan menerapkan strategi pemberian pakan untuk hewan ruminansia, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk memastikan nutrisi yang optimal.

D. Jenis-jenis Pakan Bernutrisi untuk Ruminansia

Berikut ini adalah beberapa jenis pakan bergizi yang dapat diberikan kepada hewan ruminansia (Karlsson *et al.*, 2021b; Twyman *et al.*, 2020a):

1. Hijauan: Sumber nutrisi utama hewan ruminansia adalah rumput, polong-polongan, dan tanaman lainnya. Mereka memberi mereka energi, protein, dan serat, serta mineral dan vitamin yang penting, dan sangat penting untuk menjaga kesehatan dan produktivitas ternak ruminansia.
2. Pakan konsentrat: Nutrisi hijauan ditambahkan dengan pakan konsentrat, seperti bungkil kedelai dan biji-bijian, serta sumber protein nabati lainnya. Mereka memberi Anda lebih banyak energi, protein, mineral, dan vitamin penting daripada pakan serat yang buruk.
3. Suplemen protein: Bungkil kedelai dan lupin, yang biasanya mengandung protein kasar yang tinggi, dapat digunakan untuk meningkatkan jumlah protein dalam makanan ruminansia. Mereka juga dapat membantu mengurangi kekurangan nutrisi dalam rumen dan meningkatkan pemanfaatan serat.
4. Sumber serat: Jerami, silase, dan sisa tanaman adalah sumber serat yang penting untuk fermentasi mikroba dan fungsi rumen. Mereka juga dapat digunakan untuk meningkatkan daya cerna dan meningkatkan kandungan nutrisi hijauan dan pakan konsentrat.
5. Sumber Energi: Lemak unggas dan sumber energi lainnya dapat digunakan untuk meningkatkan nutrisi makanan ruminansia. Namun, asupan lemak yang tinggi dapat menyebabkan daya cerna serat yang lebih rendah dan

fermentasi rumen yang tidak cukup. Untuk memenuhi kebutuhan kalori Anda dan mengurangi efek negatif yang terkait dengan pemasukan lemak, Anda dapat menggunakan pendekatan pemberian makan yang tepat.

6. Nutrisi pakan berlabel isotop stabil: Nutrisi pakan berlabel isotop stabil dapat digunakan untuk menilai kinetika lintasan pakan spesifik nutrisi pada hewan ruminansia. Ini penting untuk memprediksi pasokan nutrisi dan mengoptimalkan kinerja hewan. Teknik ini dapat memberikan informasi yang lebih akurat tentang kinetika saluran pencernaan dan membantu mengatasi keterbatasan metode penanda eksternal konvensional.

Dengan memahami kebutuhan nutrisi ruminansia dan sifat-sifat sumber pakan yang berbeda, ahli gizi dapat mengembangkan strategi pemberian pakan yang lebih efektif yang mengoptimalkan nilai gizi pakan ruminansia dan meningkatkan kinerja dan produktivitas hewan.

BAB 02.

Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan Ruminansia

A. Pengertian Sistem Pencernaan Ruminansia

Hewan ruminansia adalah kelompok hewan mamalia yang biasa memamah (memakan) dua kali dan dikenal dengan hewan memamah biak, yang mengacu pada kebiasaan mereka dalam mengonsumsi makanan secara cepat untuk kemudian mengunyah ulang makanan tersebut dalam proses yang dikenal sebagai ruminasi (Anjarwati *et al.*, 2022).

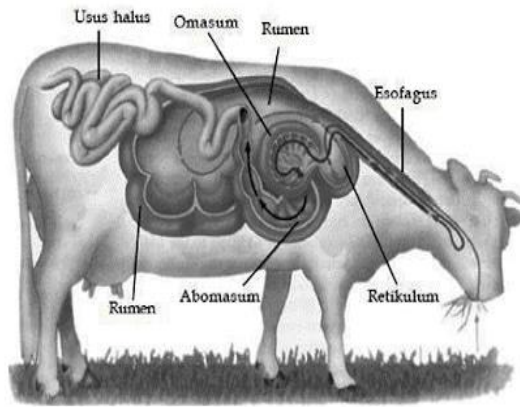
Sistem pencernaan ruminansia merupakan salah satu yang paling unik di antara mamalia. Perbedaan utamanya adalah pada struktur lambung yang terdiri dari beberapa kompartemen, termasuk rumen, retikulum, omasum, dan abomasum. Rumen dan retikulum berfungsi sebagai tempat fermentasi makanan, yang diperoleh melalui pengunyahan ulang dan proses pengolahan lebih lanjut oleh mikroorganisme. Omasum bertindak sebagai penyaring untuk menyerap air dan mineral tambahan dari

makanan yang telah difermentasi sebelum mencapai abomasum, di mana pencernaan lebih lanjut terjadi secara kimiawi.

Selain itu, hewan ruminansia memiliki kemampuan untuk makan secara cepat dan kemudian mengunyah makanan secara intensif pada saat istirahat, yang dikenal sebagai ruminasi. Kelangsungan proses ruminasi sangat bergantung pada ketersediaan bahan pakan dengan kadar serat kasar tinggi, yang umumnya terdapat pada hijauan tanaman (Sariri & Engkus Ainul Yakin, 2020). Proses ini berbeda dengan hewan non-ruminansia yang hanya mengunyah makanan sekali sebelum menelan. Secara umum, sistem pencernaan ruminansia memungkinkan hewan untuk mencerna makanan berserat tinggi dengan lebih efisien dan memanfaatkan sumber daya pangan yang kurang dapat dicerna oleh mamalia non-ruminansia.

B. Anatomi Sistem Pencernaan Ruminansia

Anatomi sistem pencernaan ruminansia mengacu pada struktur internal dan eksternal yang membentuk sistem pencernaan pada hewan ruminansia, seperti sapi, domba, kambing, dan sejenisnya. Sistem pencernaan ruminansia ini memiliki beberapa perbedaan signifikan dengan sistem pencernaan mamalia non-ruminansia.

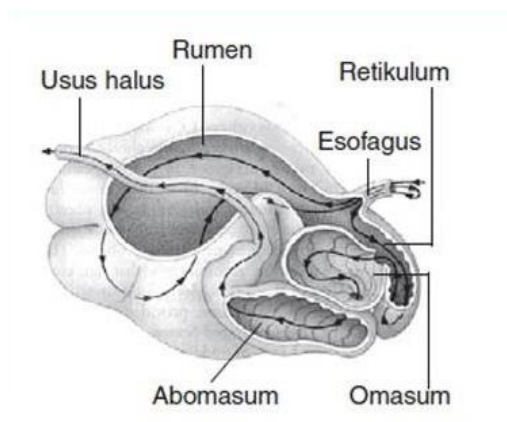


Gambar 2.1. Sistem Pencernaan Hewan Ruminansia Sapi
(Sumber: gambarhewan.pro)

Berikut adalah komponen utama dari sistem pencernaan ruminansia:

1. **Mulut:** Tempat dimulainya proses pencernaan adalah di mulut. Di sini, makanan diambil oleh hewan ruminansia dengan bantuan lidah dan ditempatkan di antara gigi geraham yang kuat untuk dikunyah secara intensif menjadi potongan-potongan kecil yang lebih mudah dicerna dan diolah lebih lanjut oleh sistem pencernaan.
2. **Esophagus** (kerongkongan): Setelah makanan dikunyah di mulut, kerongkongan berperan dalam mengirimkan makanan tersebut dari mulut menuju rumen, di mana makanan akan mengalami proses fermentasi dan pencernaan lebih lanjut oleh mikroorganisme yang ada di dalamnya.
3. **Lambung:** Lambung pada hewan ruminansia memiliki struktur yang unik dan terbagi menjadi beberapa kompartemen yang berbeda dari lambung pada mamalia non-

ruminansia. Sistem pencernaan ruminansia terdiri dari empat kompartemen utama: rumen, retikulum, omasum, dan abomasum (Rido & Erni, 2023).



Gambar 2.2. Bagian Lambung Hewan Ruminansia
(Sumber: nafiun.com)

Rumen: Rumen adalah kompartemen utama dalam sistem pencernaan ruminansia yang berperan penting dalam proses pencernaan dan metabolisme makanan. Rumen merupakan kantong besar yang memiliki kapasitas yang signifikan dan merupakan tempat utama untuk fermentasi makanan oleh mikroorganisme. Semua pencernaan di organ ini dilakukan oleh populasi mikroba yang terdiri dari protozoa ciliata, bakteri anaerob, dan jamur anaerob yang membantu dalam mencerna serat kasar dan kompleks dalam makanan, seperti rumput dan jerami, melalui proses fermentasi (Dr. Ir. Nancy W. H. Tuwaidan, 2023). Selama fermentasi, mikroorganisme ini mengubah serat kompleks menjadi asam lemak rantai pendek, gas (seperti metana), dan senyawa

lainnya yang dapat dicerna oleh hewan ruminansia. Rumen juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan yang belum tercerna dan tempat pengaturan keasaman serta suhu yang optimal untuk aktivitas mikroba. Kemampuan rumen untuk melakukan fermentasi dan mencerna serat kasar adalah kunci keberhasilan hewan ruminansia dalam memanfaatkan sumber pakan yang berserat tinggi dan memperoleh nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan produksi. Dengan demikian, rumen memiliki peran sentral dalam sistem pencernaan ruminansia, memungkinkan hewan ini untuk menjadi herbivora yang sangat efisien.

Retikulum: Retikulum adalah bagian penting dalam sistem pencernaan ruminansia, terletak di depan rumen. Fungsinya meliputi proses pengunyahan awal makanan, penyaringan partikel kasar, dan penyatuan bolus makanan sebelum dikirim ke rumen. Selain itu, retikulum juga berperan dalam keamanan hewan ruminansia dengan kemampuannya untuk mendeteksi dan menangani benda asing yang tertelan. Dengan fungsi-fungsi tersebut, retikulum memainkan peran yang penting dalam mempersiapkan makanan untuk proses pencernaan lebih lanjut di dalam rumen, serta dalam menjaga kesehatan dan kesejahteraan hewan ruminansia secara keseluruhan.

Omasum: Omasum adalah salah satu kompartemen dalam sistem pencernaan ruminansia yang terletak di antara retikulum dan abomasum. Omasum memiliki struktur yang berlipat-lipat dan berfungsi sebagai penyaring dan menyerap nutrisi tambahan dari makanan yang telah difermentasi di

dalam rumen sebelum makanan tersebut masuk ke abomasum (Dr. Hamdi Mayulu, S.Pt., 2019). Omasum membantu dalam proses pemisahan cairan dan partikel kasar dari makanan yang dikirim dari retikulum, sehingga memungkinkan hanya nutrisi yang sudah tercerna dan dipecah yang mencapai bagian-bagian lebih dalam dari sistem pencernaan. Selain itu, omasum juga berperan dalam menyerap air dan mineral tambahan dari makanan sebelum mencapai abomasum. Dengan demikian, omasum berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi pada hewan ruminansia, memastikan bahwa hanya nutrisi yang paling berguna dan bermanfaat yang diserap oleh tubuh.

Abomasum: Abomasum adalah bagian dari sistem pencernaan ruminansia yang merupakan analogi dari lambung pada mamalia non-ruminansia. Terletak setelah omasum, abomasum berperan sebagai lambung sejati pada hewan ruminansia. Di dalam abomasum, makanan yang telah mengalami proses fermentasi di rumen dan pencernaan awal di omasum akan mengalami pencernaan lebih lanjut secara kimiawi. Enzim pencernaan dan asam lambung yang dihasilkan oleh abomasum membantu dalam pemecahan nutrisi menjadi bentuk yang lebih sederhana untuk diserap oleh dinding usus halus. Proses pencernaan di abomasum mirip dengan yang terjadi pada lambung mamalia non-ruminansia, memungkinkan hewan ruminansia untuk mencerna protein, lemak, dan karbohidrat dengan lebih efisien. Abomasum berperan penting dalam proses pencernaan

ruminansia dan menyediakan lingkungan yang optimal untuk pencernaan lebih lanjut sebelum nutrisi diserap oleh tubuh.

- 4. Intestin Halus** (*duodenum, jejunum, ileum*): Penyerapan nutrisi dari makanan terjadi di usus halus, yang terdiri dari tiga bagian utama: duodenum, jejunum, dan ileum. Di sini, nutrisi yang telah dicerna di lambung dan dipecah oleh enzim pencernaan dari pankreas dan empedu dari hati diserap melalui dinding usus halus ke dalam aliran darah untuk digunakan oleh tubuh. Enzim-enzim pencernaan dari pankreas, seperti amilase, lipase, dan tripsin, membantu dalam pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein. Sementara itu, empedu membantu dalam emulsifikasi lemak, memecahnya menjadi partikel yang lebih kecil agar dapat dicerna lebih efisien oleh enzim lipase. Dengan bantuan enzim-enzim ini, proses penyerapan nutrisi dapat berlangsung dengan efisien, memungkinkan tubuh untuk memperoleh nutrisi yang dibutuhkan untuk berbagai fungsi biologis.
- 5. Intestin Besar** (kolon dan rektum): Penyerapan air tambahan terjadi di usus besar, yang terdiri dari dua bagian utama: kolon dan rektum. Di sini, air yang tersisa dari makanan yang telah dicerna dan diserap di usus halus direabsorpsi ke dalam aliran darah, menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh. Selain itu, sisa-sisa makanan yang tidak dicerna atau yang tidak dapat dicerna lebih lanjut dikumpulkan di usus besar sebelum dikeluarkan sebagai kotoran melalui anus. Proses ini penting untuk pengeluaran limbah dan menjaga keseimbangan dalam sistem pencernaan.

6. Anus: Lubang terakhir dalam sistem pencernaan di mana kotoran dikeluarkan dari tubuh. Setelah proses pencernaan selesai dan nutrisi telah diserap, sisa-sisa makanan yang tidak dicerna atau limbah pencernaan dikumpulkan di usus besar sebelum dieliminasi dari tubuh. Melalui kontraksi otot-otot peristaltik, kotoran tersebut didorong ke arah anus, di mana kemudian dikeluarkan dari tubuh melalui lubang ini dalam proses yang disebut sebagai defekasi atau buang air besar.

Sistem pencernaan ruminansia sangat efisien dalam mencerna makanan berserat tinggi karena adanya mikroorganisme dalam rumen yang membantu dalam fermentasi selulosa. Berbagai jenis mikroorganisme yang melimpah di dalam lingkungan rumen memiliki peran khusus dalam menguraikan karbohidrat, protein, dan lemak yang berasal dari pakan (Yanuartono, Nururrozi, Indarjulianto, *et al.*, 2019). Hal ini memungkinkan hewan ruminansia untuk memperoleh nutrisi dari bahan pangan yang sulit dicerna oleh mamalia non-ruminansia.

C. Fisiologi Sistem Pencernaan Ruminansia

Fisiologi sistem pencernaan ruminansia mencakup proses-proses biologis yang terjadi dalam pencernaan makanan pada hewan ruminansia, terutama pada spesies seperti sapi, domba, dan kambing. Fisiologi sistem pencernaan ruminansia melibatkan sejumlah proses biologis yang kompleks, yang mencakup:

Fermentasi: Proses fermentasi yang terjadi di dalam rumen merupakan salah satu aspek kunci dari fisiologi sistem

pencernaan ruminansia. Mikroorganisme di rumen, seperti bakteri, fungi, dan protozoa, membantu dalam memecah makanan yang dikonsumsi oleh hewan menjadi asam lemak rantai pendek, gas metana, dan produk fermentasi lainnya.

Pengunyahan dan Ruminasi: Hewan ruminansia memiliki kemampuan untuk mengunyah makanan secara cepat dan kemudian mengunyah ulang makanan tersebut dalam proses yang disebut ruminasi. Ini memungkinkan makanan untuk terkena enzim-enzim dalam air liur dan mengalami pengunyahan yang lebih intensif, sehingga memfasilitasi pencernaan lebih lanjut di dalam rumen.

Penyerapan Nutrisi: Setelah makanan diolah di dalam rumen melalui proses fermentasi yang kompleks oleh mikroorganisme, berbagai nutrisi yang dihasilkan seperti asam lemak rantai pendek, vitamin, mineral, dan produk fermentasi lainnya diserap melalui dinding usus halus ke dalam aliran darah untuk disalurkan ke seluruh tubuh. Proses penyerapan ini memungkinkan tubuh hewan ruminansia untuk memperoleh nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan, metabolisme, dan berbagai fungsi biologis lainnya.

Regulasi pH: pH dalam rumen harus diatur agar kondisi lingkungan menjadi optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi. Proses regulasi ini sangat penting karena mikroorganisme dalam rumen memiliki rentang pH yang optimal untuk melakukan fermentasi dengan efisien. Ketika pH dalam rumen berada dalam kisaran yang sesuai, mikroorganisme dapat berkembang biak dan menghasilkan enzim-enzim yang diperlukan untuk mencerna

makanan dengan baik. Dengan demikian, regulasi pH ini memastikan bahwa fermentasi berlangsung dengan efisien dan membantu hewan ruminansia memperoleh nutrisi yang diperlukan dari pakan yang mereka konsumsi.

Pergerakan Makanan: Pergerakan makanan melalui saluran pencernaan, termasuk kontraksi otot-otot peristaltik dan gerakan lainnya, adalah aspek penting dalam fisiologi sistem pencernaan ruminansia. Ini membantu memfasilitasi pencernaan dan penyerapan nutrisi dengan efisien, menciptakan lingkungan yang optimal di dalam sistem pencernaan untuk proses pencernaan yang efektif dan kesehatan keseluruhan hewan.

Produksi Gas Metana: Produksi gas metana dalam sistem pencernaan ruminansia merupakan hasil dari fermentasi mikroba di dalam rumen saat menguraikan bahan pakan seratik, seperti rumput dan jerami. Gas ini, yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari aktivitas mikroorganisme, menjadi perhatian karena dampaknya terhadap efek rumah kaca dan perubahan iklim global (Restitrisnani *et al.*, 2022). Oleh karena itu, penelitian tentang produksi gas metana dalam sistem pencernaan ruminansia penting untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan menjaga keseimbangan lingkungan.

Fisiologi sistem pencernaan ruminansia melibatkan serangkaian proses biologis yang kompleks, termasuk fermentasi di dalam rumen oleh mikroorganisme, pengunyahan dan ruminasi, penyerapan nutrisi, regulasi pH, pergerakan makanan, dan produksi gas metana. Semua proses ini bekerja bersama-sama untuk memungkinkan hewan ruminansia mencerna serat kasar

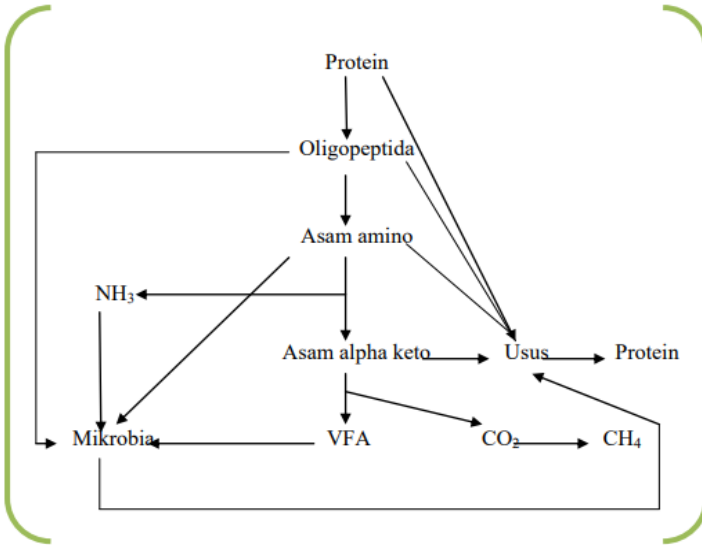
dengan efisien dan memanfaatkan sumber daya pangan yang berbeda.

BAB 09.

Metabolisme Nutrisi

A. Metabolisme Protein Dalam Rumen

Di dalam rumen, protein dipecah menjadi oligopeptida oleh enzim proteolitik yang diproduksi oleh mikroba. Sebagian mikroba dapat menggunakan oligopeptida ini untuk sintesis protein tubuhnya, sementara sebagian lainnya mengurai oligopeptida lebih lanjut menjadi asam amino (AA). Sebagian besar mikroba rumen tidak memiliki sistem transport yang memungkinkan mereka mengambil AA langsung ke dalam tubuh mereka. Oleh karena itu, sekitar 82% mikroba rumen lebih memilih untuk mengubah AA menjadi ammonia untuk digunakan sebagai sumber nitrogen.

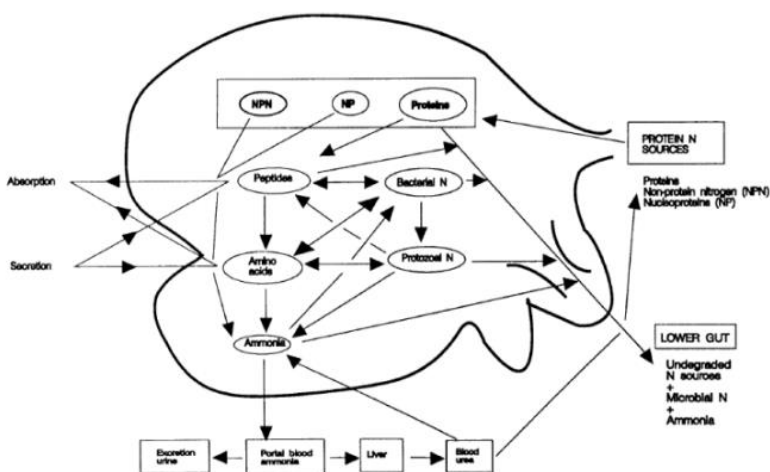


Gambar 9.1. Perombakan Protein/Asam Amino

Proses deaminasi asam amino menjadi asam alpha keto dan ammonia di dalam rumen terjadi lebih cepat daripada proses proteolisis. Oleh karena itu, kadar asam amino bebas dalam rumen selalu rendah pada setiap waktu, meskipun dapat meningkat 5-10 kali saat makanan dikonsumsi (Creevey *et al.*, 2014). Meskipun demikian, jumlah asam amino bebas ini tetap relatif kecil jika dibandingkan dengan konsentrasi ammonia. Ilustrasi tersebut juga mencerminkan bahwa sumber bahan yang disajikan untuk diserap dan digunakan dalam sintesis protein dalam tubuh berasal dari dua fraksi utama:

1. Protein yang dihasilkan oleh mikroba dalam rumen.
2. Protein dari makanan yang tidak mengalami degradasi di dalam rumen.

Penting untuk dicatat bahwa fraksi kedua, yaitu protein yang terhindar dari degradasi dalam rumen, dapat mencapai kisaran 20-80%, tergantung pada tingkat kelarutannya dalam cairan rumen. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat peluang besar untuk memilih sumber protein bagi ruminansia berdasarkan tingkat kelarutannya.



Gambar 9.2. Proses Utama dalam Metabolisme Protein di Rumen

Peran mikroorganisme dalam proses degradasi protein di rumen adalah untuk mengawali tahap awal penguraian. Efisiensi penguraian protein oleh mikroba rumen tergantung pada seimbangannya proses proteolisis, yang menghasilkan peptida dan asam amino yang secara langsung diserap oleh protein mikroba, dengan proses sintesis mikroba yang memerlukan sedikit energy (Choudhury *et al.*, 2015). Aktivitas proteolitik terutama terkait dengan mikroorganisme, sedangkan sumbangan

protozoa dalam degradasi protein relatif kecil. Namun, protozoa masih memiliki peran penting dalam metabolisme protein, baik dengan meningkatkan penggantian protein dalam rumen melalui pemangsa bakteri, maupun dengan mencerna partikel protein besar seperti kloroplas, yang dihidrolisis untuk memungkinkan penyesuaian ukuran.

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, mayoritas asam amino dalam rumen mengalami proses deaminasi oleh mikroba rumen, menghasilkan amonia, CO₂, metana, dan asam lemak terbang (VFA) dari sisa kerangka karbon. Aktivitas utama dalam proses ini didominasi oleh protozoa bersilia, sementara bakteri juga berperan dalam produksi ammonia (Nagaraja, 2016). Amonia adalah produk akhir dari degradasi protein dalam pakan oleh mikroba rumen, yang kemudian digunakan untuk mendukung pertumbuhan mikroba. Namun, dalam kondisi tertentu, produksi amonia dapat melampaui kebutuhan mikroba, yang dapat menghasilkan penggunaan protein yang kurang efisien oleh hewan inang.

Mayoritas amonia di dalam rumen digunakan untuk sintesis mikroba, di mana sekitar 30-80% digunakan oleh bakteri dan 25-64% oleh protozoa. Amonia juga diserap melalui dinding rumen ke dalam pembuluh darah, kemudian diolah menjadi urea di hati. Urea ini kemudian kembali ke rumen melalui saliva dan difusi melalui dinding rumen. Di dalam rumen, urea dengan cepat diubah menjadi amonia.

Proses daur ulang nitrogen tidak terbatas pada rumen saja, tetapi juga terjadi di setiap bagian saluran pencernaan, terutama setelah rumen. Tingkat sintesis mikroba umumnya tidak terbatas

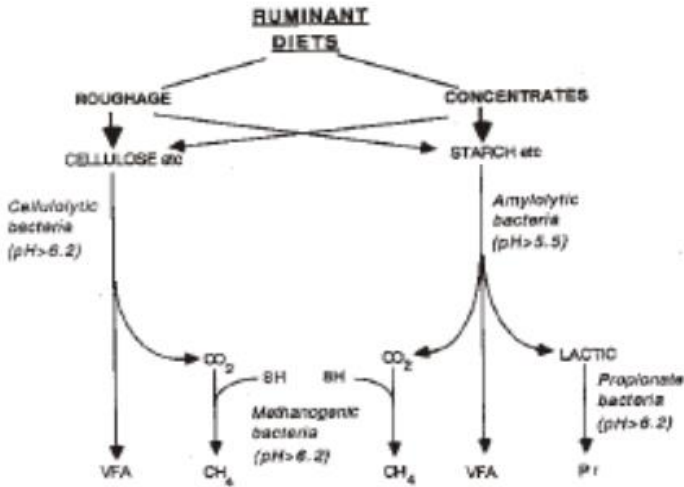
oleh ketersediaan amonia dalam rumen, karena penggunaan amonia yang efisien memastikan tingkat sintesis maksimal, tetapi tergantung pada penyediaan ATP yang dihasilkan melalui fermentasi karbohidrat pakan. Sebagian besar nitrogen yang terdapat dalam aliran digesta dari rumen berasal dari protein mikroba, protein pakan yang tidak terdegradasi, amonia, dan campuran peptida-peptida yang proporsinya sangat bervariasi tergantung pada jenis pakan dan aktivitas mikroba dalam rumen.

B. Metabolisme Karbohidrat dalam Rumen

Sekitar 60-75% dari ransum yang biasanya dikonsumsi oleh ruminansia terdiri dari karbohidrat. Karbohidrat dalam makanan kasar sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sementara pakan konsentrat umumnya mengandung pati. Lignin adalah komponen intraseluler yang membuat tanaman menjadi keras, bukan karbohidrat, dan sulit dicerna oleh enzim. Selulosa, mirip dengan pati, adalah polimer glukosa. Sebagian besar pakan yang mengandung karbohidrat akan dimetabolisme oleh mikroba rumen, terutama menjadi glukosa atau glukosa-1-fosfat sebelum dioksidasi lebih lanjut menjadi piruvat dan asetat melalui siklus "Embden Meyerhof Parnas (EMP)" (Leng, 1969).

Bakteri rumen menyediakan sejumlah besar enzim yang mampu mengurai selulosa dan hemiselulosa. Oligosakarida dan glukosa merupakan produk akhir dari degradasi ekstraseluler selulosa, pati, dan polisakarida. Glukosa yang larut dengan mudah akan cepat diserap dan dihidrolisis untuk menghasilkan ATP yang dibutuhkan untuk biosintesis material sel. Bakteri primer akan mendegradasi unsur-unsur pakan, tergantung pada pilihannya,

misalnya, untuk selulosa disebut selulolitik, sementara untuk pati disebut amilolitik.

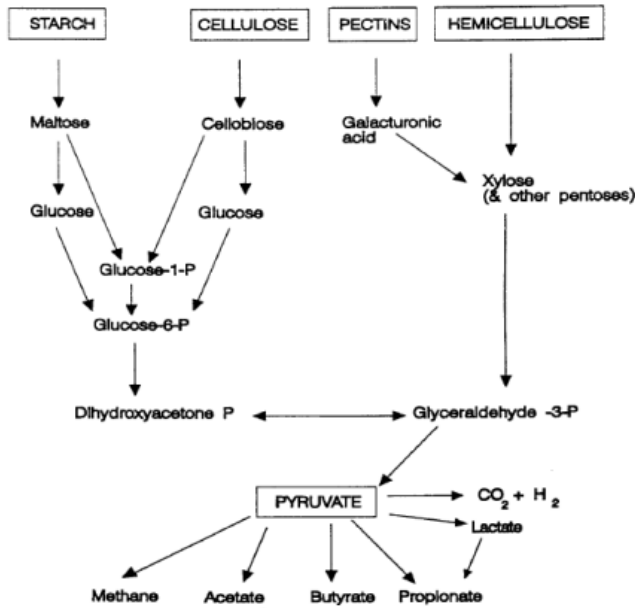


Gambar 9.3. Metabolisme Karbohidrat

Selulase 1 adalah enzim non-hidrolitik yang bertanggung jawab untuk memecahkan ikatan hidrogen sehingga molekul selulosa dapat dihidrolisis oleh selulase 2. Selulosa dapat hadir dalam bentuk amorf atau kristal, di mana bentuk amorf cenderung lebih mudah dicerna. Faktor-faktor yang memengaruhi pencernaan selulosa meliputi kadar lignin, kadar kitin dan lilin, kadar pati, kadar nitrogen, proses penggilingan dan pembentukan pellet, pengeringan, perlakuan alkali, kadar silikat, penggunaan antibiotika, dan kadar lemak.

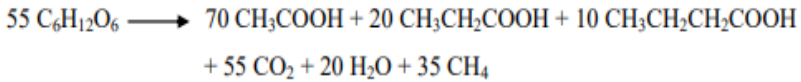
Polisakarida dalam rumen dipecah menjadi monosakarida melalui berbagai enzim, termasuk xylanase, xylobiase, selulase, selobiase, maltase, alpha-amylase, dan invertase (Cakra, 2016). Bakteri sekunder akan menggunakan produk akhir yang

dihasilkan oleh bakteri primer. Sebagai contoh, bakteri methanogenik akan mengoksidasi koenzim yang telah tereduksi, menggunakan atom H, untuk mengubah CO₂ menjadi CH₄.



Gambar 9.4. Siklus Fermentasi Karbohidrat dalam Rumen

Produk primer dari fermentasi monosakarida di rumen adalah asam lemak terbang (VFA), yang utamanya terdiri dari asetat (A), propionat (P), butirrat (B), dan valerat (V). Selain n-butirat dan n-valerat, terdapat juga isobutirat dan isovalerat. Biasanya, perbandingan VFA dalam rumen berkisar antara 65% asetat, 20% propionat, 10% butirrat, dan 5% valerat. Jika diberikan perbandingan VFA dari analisis rumen seperti A: P: B= 70: 20: 10, maka glukosa yang difermentasikan dapat dihitung dengan menggunakan proporsi tersebut.

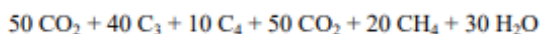


Jika dihitung energi reaktan dan produk fermentasi tersebut di atas, maka energi reaktan = $(55)(673) = 37015$ kkal, sedangkan energi produk = $(70)(209,4) + (20)(367,2) + (10)(524,3) + (35)(210,8) = 34623$ kkal. Ternyata ada perbedaan sebesar 2392 kkal atau 6,5% dari energi reaktan yang hilang dari produk. Kehilangan ini dibuang sebagai panas fermentasi. Dengan cara yang sama akan dapat dihitung dengan mudah bila fermentasi tidak menghasilkan perbandingan A: P: B = 70: 20: 10 tetapi 50: 40: 10, maka 55grl glukosa akan menghasilkan produk sebagai berikut: $50\text{CO}_2 + 40\text{C}_3 + 10\text{C}_4 + 50\text{CO}_2 + 20\text{CH}_4 + 30 \text{ H}_2\text{O}$.

Dalam kedua contoh tersebut, persentase panas yang terbangun sebagai panas fermentasi sama, yaitu sebesar 6,5%. Namun, terdapat perbedaan besar dalam hal energi yang terbangun sebagai metana (Suwandiyastuti *et al.*, 2015). Pada contoh I, persentase energi yang terbangun sebagai metana adalah 20%, sedangkan pada contoh II, persentasenya adalah 11%. Kesimpulan yang dapat diambil adalah: 1) Sistem biofermentasi anaerob dalam rumen kurang efisien karena sebagian energi terbangun sebagai panas dan metana; 2) Produksi metana akan minimal jika kadar propionat dalam rumen tinggi.

Kandungan energi:

Asetat	: 209,4 kkal/grol
Propionat	: 367,2
Butirat	: 524,3
Glukosa	: 673,0
Methan	: 210,8
Energi reaktan	: (55)(673) = 37015 kkal/grol
Energi produk	: (70) (209,4)+(20) (367,2)+ (10)(524,3)+ (35)(210,8)= 34625 kkal/grol
Hilang	: 2390 kkal = 6,5%

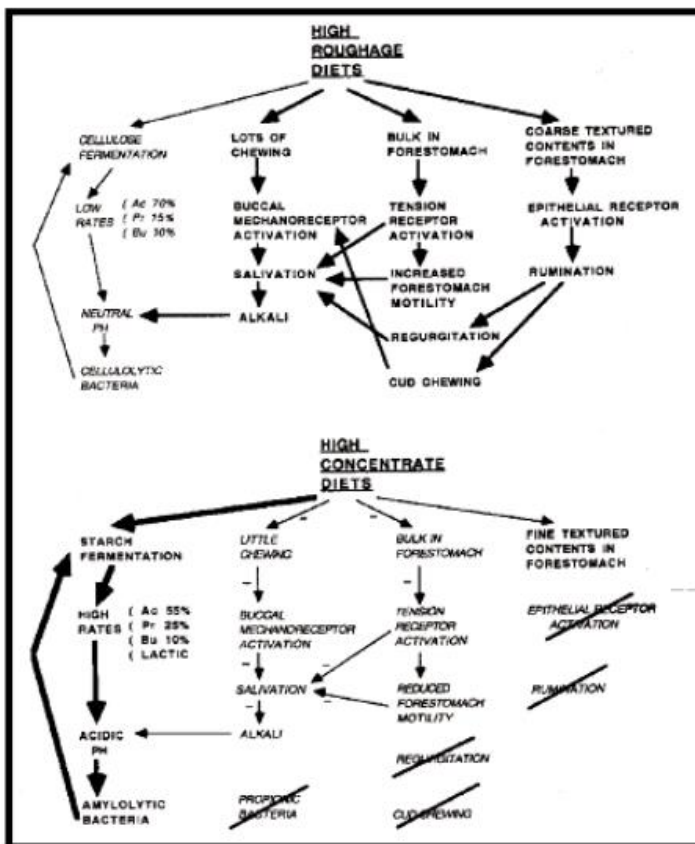


Panas yang terbuang sama, yaitu 6,5% tetapi energi yang terbuang sebagai methan berbeda:

$$\text{Contoh I} \quad : \quad \frac{35 \times 210,8}{55 \times 673} \times 100\% = 20\%$$

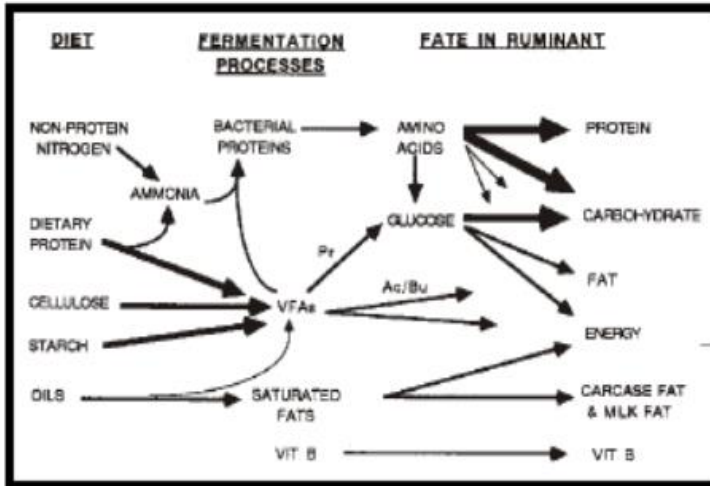
$$\text{Contoh II} \quad : \quad \frac{20 \times 210,8}{55 \times 673} \times 100\% = 11\%$$

Pemberian pakan konsentrat atau hijauan kering dalam jumlah berlebihan akan mempengaruhi proses fermentasi di dalam rumen. Perbedaan antara fermentasi hijauan kering dan fermentasi konsentrat dapat dilihat dalam diagram berikut ini:



Gambar 9.5. Perbedaan Fermentasi Raughage (atas) dengan konsentrat (bawah)

Diagram di bawah ini menyajikan ringkasan dari seluruh proses fermentasi yang terjadi di dalam rumen.



Gambar 9.6. Proses Fermentasi Lengkap di dalam Rumen

BAB 10.

Strategi Pemberian Pakan Ruminansia

A. Pencernaan Ruminansia

Pencernaan pada ternak ruminansia merupakan proses kompleks yang melibatkan dua lambung dan keterlibatan mikroorganisme dalam rumen. Ternak ruminansia, seperti sapi, domba, dan kambing, memiliki sistem pencernaan yang terdiri dari *rumen*, *retikulum*, *omasum*, dan *abomasum*. Rumen dan retikulum sering disebut "*lambung pemfermentasi*" karena di dalamnya terjadi fermentasi pakan oleh mikroorganisme. Setelah fermentasi, pakan yang sudah terfermentasi akan dikeluarkan dari rumen dan retikulum ke dalam omasum untuk proses penyerapan air dan nutrisi tambahan. Kemudian, makanan yang sudah mengalami fermentasi dan penyerapan akan masuk ke abomasum atau "*lambung sejati*" yang memiliki fungsi pencernaan seperti pada lambung mamalia non-ruminansia.

Rumen dan retikulum ternak ruminansia merupakan lingkungan yang kaya akan mikroorganisme, termasuk bakteri, protozoa, dan fungi. Mikroorganisme ini memiliki peran penting dalam pencernaan pakan, khususnya serat kasar yang sulit dicerna oleh hewan lain. Bakteri dan fungi dalam rumen dan retikulum mampu menguraikan serat selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana, seperti asam lemak rantai pendek dan gas metana, melalui proses fermentasi. Protozoa dalam rumen dan retikulum juga berperan dalam mengurai serat selulosa dan memproduksi enzim pencernaan tertentu. Selain itu, mikroorganisme ini juga memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan rumen, termasuk menjaga pH dan mengendalikan populasi mikroba yang ada (Yasin *et al.*, 2021).

Dengan adanya dua lambung dan keterlibatan mikroorganisme, pencernaan pada ternak ruminansia menjadi lebih efisien dalam memanfaatkan pakan yang tersedia, terutama pakan berserat tinggi seperti rumput dan jerami. Sistem pencernaan yang kompleks ini memungkinkan ternak ruminansia untuk mendapatkan nutrisi yang cukup meskipun mengonsumsi pakan dengan kandungan serat kasar yang tinggi.

B. Pakan Ternak Ruminansia

Pakan ternak ruminansia mencakup berbagai jenis pakan untuk ternak seperti sapi, domba, dan kambing yang memiliki sistem pencernaan ruminansia. Sistem pencernaan ruminansia pada ternak ini memungkinkan mereka untuk mencerna pakan berserat tinggi, seperti rumput dan jerami, melalui proses fermentasi oleh mikroorganisme dalam rumen (Hamdi Mayulu,

2023b). Contoh pakan ternak ruminansia ada rumput, jerami, hijauan, konsentrat, silase serta mineral dan vitamin:

1. Rumput

Rumput merupakan sumber pakan utama bagi ternak ruminansia. Jenis rumput yang biasanya diberikan antara lain rumput gajah, rumput lapangan, rumput sawah, rumput raja dan lainnya.

2. Jerami

Jerami merupakan sisa dari hasil panen tanaman pangan seperti padi, jagung, atau gandum. Jerami biasanya digunakan sebagai pakan tambahan atau pengganti rumput ketika rumput tidak tersedia atau mahal.

3. Hijauan

Hijauan merupakan istilah umum yang digunakan untuk menyebutkan berbagai jenis tanaman hijau yang diberikan kepada ternak. Ini bisa termasuk leguminosa seperti kacang-kacangan, daun singkong, atau tanaman hijau lainnya.

4. Konsentrat

Pada ternak ada pemberian konsentrat bertujuan agar nutrisi dari ternak ruminansia terpenuhi yang sangat tinggi dalam fase produksi atau pertumbuhan. Konsentrat dapat berupa tepung biji-bijian (misalnya jagung, kedelai), limbah industri (misalnya bungkil kelapa sawit), atau pelet khusus pakan ternak.

5. Silase

Silase adalah pakan fermentasi yang dibuat dari tanaman hijau yang difermentasi dalam kondisi anaerobik. Silase sering kali dibuat dari jerami, rumput, atau tanaman hijau lainnya dan digunakan sebagai pakan tambahan pada musim kemarau ketika hijau segar tidak tersedia.

6. Mineral dan Vitamin

Ternak juga membutuhkan asupan mineral dan vitamin yang cukup untuk menjaga kesehatan dan produktivitasnya. Oleh karena itu, diberikan suplemen mineral dan vitamin yang sesuai dengan kebutuhan ternak.

Pilihan jenis pakan yang tepat bergantung pada kebutuhan nutrisi, kondisi lingkungan, serta tujuan peternakannya. Penting untuk memberikan pakan yang seimbang dan berkualitas agar ternak menghasilkan produk berkualitas tinggi seperti susu, daging, atau bulu.

C. Konsumsi Pakan Ternak Ruminansia

Konsumsi pakan merupakan jumlah pakan yang dikonsumsi oleh ternak ruminansia (seperti sapi, kambing, dan domba) dalam satu hari jika pakan tersebut diberikan secara bebas atau *ad libitum*. Dalam konteks ini, konsumsi pakan dapat menjadi indikator penting dalam mengevaluasi palatabilitas atau daya tarik bahan pakan yang diberikan kepada ternak (Rinca *et al.*, 2022).

Secara umum, konsumsi pakan yang tinggi pada ternak ruminansia biasanya berkorelasi positif dengan tingkat produksi

ternak tersebut. Hal ini berarti bahwa ternak yang mengonsumsi pakan dalam jumlah yang mencukupi cenderung memiliki produksi yang lebih tinggi. Dalam konteks ini, konsumsi pakan yang tinggi dianggap menguntungkan karena berpotensi meningkatkan produksi ternak.

Meningkatkan konsumsi pakan ternak ruminansia merupakan strategi yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi usaha peternakan. Hal ini dikarenakan biaya pakan merupakan salah satu komponen biaya terbesar dalam peternakan. Dengan meningkatkan konsumsi pakan, diharapkan produksi ternak dapat ditingkatkan tanpa perlu menambah biaya lainnya seperti biaya kandang atau biaya tenaga kerja.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi konsumsi pakan seekor ternak antara lain:

1. Faktor Ternak itu Sendiri

Ternak dari jenis dan ras yang berbeda mungkin memiliki kebutuhan pakan yang berbeda pula. Misalnya, sapi perah akan memiliki kebutuhan pakan yang berbeda dengan sapi potong. Ternak dalam tahap pertumbuhan, reproduksi, atau produksi biasanya memiliki kebutuhan pakan yang berbeda. Misalnya, sapi muda memerlukan lebih banyak pakan untuk pertumbuhan optimalnya. Ternak yang lebih berat mungkin membutuhkan lebih banyak pakan untuk mempertahankan berat badan atau meningkatkan produksinya. Kesehatan ternak juga memengaruhi konsumsi pakan. Ternak yang sakit mungkin tidak memiliki nafsu makan yang baik sehingga mengonsumsi pakan lebih sedikit.

2. Faktor Lingkungan

Iklim yang panas atau dingin dapat memengaruhi konsumsi pakan ternak. Ternak cenderung mengonsumsi lebih banyak pakan dalam cuaca dingin untuk mempertahankan suhu tubuhnya. Ketersediaan dan kualitas pakan yang ada di lingkungan juga mempengaruhi konsumsi pakan ternak. Ternak akan mengonsumsi lebih banyak pakan jika sumber pakan berkualitas baik dan cukup tersedia. Faktor-faktor seperti kebersihan kandang, ruang gerak yang cukup, dan ketersediaan air minum juga dapat memengaruhi konsumsi pakan ternak.

3. Faktor Manajemen

Cara pemberian pakan, apakah secara *ad libitum* atau terjadwal, dapat memengaruhi konsumsi pakan ternak. Kandungan nutrisi dan palatabilitas ransum juga mempengaruhi konsumsi pakan. Ransum yang kaya nutrisi dan memiliki cita rasa yang baik cenderung meningkatkan konsumsi pakan ternak.

4. Faktor Genetik

Beberapa karakteristik genetik dalam ternak dapat mempengaruhi metabolisme dan kebutuhan pakan. Pemilihan dan perkawinan ternak berdasarkan karakteristik genetik tertentu dapat memengaruhi konsumsi pakan keturunan.

D. Suplementasi Pakan Ternak Ruminansia

Suplementasi pakan ternak ruminansia adalah praktik umum dalam usaha peternakan, terutama ketika terjadi kendala dalam penyediaan pakan berkualitas, seperti pada musim kemarau. Pada musim kemarau, hijauan sulit didapat dan kandungan serat kasar pada pakan biasanya tinggi sementara kandungan proteinnya rendah. Suplementasi dilakukan untuk meningkatkan kualitas nutrisi pakan yang diberikan kepada ternak (Soetanto, 2021).

Ternak ruminansia memiliki kemampuan untuk mengubah non-protein nitrogen (NPN) menjadi asam amino yang diperlukan oleh tubuh, proses ini dilakukan oleh bakteri dalam rumen. Salah satu sumber NPN yang paling umum adalah urea, yang mengandung sekitar 46% nitrogen. Namun, penggunaan urea untuk suplementasi pakan berkualitas rendah harus dilakukan dengan hati-hati karena dapat menyebabkan keracunan pada ternak.

Gejala keracunan urea pada sapi antara lain gelisah, mengeluarkan air liur, kembung perut, menyepakkan kaki ke perut, jalan sempoyongan, sesak napas, dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan takaran penggunaan urea, yang biasanya direkomendasikan tidak melebihi 100 mg/kg berat badan sapi atau maksimal 115 gram per ekor sapi. Penggunaan urea dalam jumlah yang berlebihan dapat membahayakan kesehatan ternak (Utomo *et al.*, 2021).

Beberapa nutrisi Indonesia merekomendasikan beberapa syarat terkait penggunaan urea sebagai suplemen pakan, antara lain:

1. Takaran pemberian urea tidak melebihi sepertiga dari total nitrogen (protein equivalen).
2. Pemberian urea tidak lebih dari 1% dari ransum lengkap atau 3% dari campuran penguat sumber protein.
3. Urea harus dicampur secara homogen dalam ransum dan perlu disertai dengan penambahan mineral.

Sebagian ilmuwan juga menyarankan takaran penggunaan urea yang ideal sekitar 100 mg/kg berat badan sapi atau 10 gram/100 kg berat badan sapi. Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan urea sebagai suplemen pakan memerlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik tentang dosis dan prosedur yang tepat untuk mencegah terjadinya keracunan pada ternak.

E. Penyajian dan Frekuensi Pemberian Pakan Ruminansia

Penyajian dan frekuensi pemberian pakan pada ternak ruminansia merupakan faktor penting dalam manajemen pakan yang berpengaruh langsung terhadap kesehatan dan produktivitas ternak. Berikut adalah penjelasan mengenai penyajian dan frekuensi pemberian pakan pada ternak ruminansia:

1. Penyajian Pakan

Pakan harus disajikan dalam kondisi yang bersih dan bebas dari kontaminasi. Hal ini termasuk menjaga kebersihan tempat penyimpanan pakan, wadah pakan, serta area pemberian pakan. Konsistensi penyajian pakan perlu dijaga agar ternak tidak mengalami gangguan pencernaan. Misalnya, pakan yang terlalu kasar atau terlalu halus dapat menyebabkan masalah pencernaan pada ternak (Bidura, 2016).

2. Frekuensi Pemberian Pakan

Pemberian pakan dapat dilakukan secara *ad libitum* (bebas) atau terjadwal. Pemberian pakan *ad libitum* memungkinkan ternak untuk mengonsumsi pakan sesuai kebutuhan mereka secara mandiri, sedangkan pemberian pakan terjadwal melibatkan jadwal pemberian pakan yang telah ditentukan.

Jumlah pemberian pakan per hari dapat bervariasi tergantung pada jenis ternak, tahap pertumbuhan atau produksinya, serta ketersediaan pakan. Secara umum, pakan diberikan beberapa kali sehari, terutama pada ternak dengan kebutuhan pakan tinggi seperti sapi perah.

3. Kebutuhan Air

Penting untuk memastikan bahwa ternak memiliki akses yang cukup terhadap air bersih setiap saat, terutama setelah makan. Air sangat penting untuk pencernaan yang baik dan kesehatan umum ternak.

4. Pengawasan dan Monitoring

Penting untuk memantau konsumsi pakan ternak secara teratur untuk memastikan bahwa kebutuhan nutrisi mereka terpenuhi. Perubahan dalam konsumsi pakan bisa menjadi indikasi adanya masalah kesehatan atau nutrisi yang perlu ditangani.

Pola pemberian pakan untuk ternak ruminansia umumnya melibatkan penyediaan hijauan dan konsentrat dalam jumlah dan

waktu tertentu sepanjang hari. Berikut adalah pola pemberian pakan yang umum digunakan:

1. Pemberian Hijauan

- a. Pagi Hari: Hijauan pertama diberikan pada pagi hari sebelum atau saat fajar, sekitar pukul 06.00-07.00. Ternak diberi akses kepada rumput atau jerami dalam jumlah yang mencukupi untuk memenuhi kebutuhan mereka.
- b. Siang Hari: Hijauan kedua diberikan pada siang hari, sekitar pukul 12.00-13.00. Pada waktu ini, ternak diberikan akses lagi kepada rumput atau jerami.
- c. Sore Hari: Hijauan ketiga diberikan pada sore hari, sekitar pukul 17.00-18.00. Pada saat ini, ternak kembali diberi akses kepada rumput atau jerami.

2. Pemberian Konsentrat

- a. Pagi Hari: Konsentrat pertama diberikan pada pagi hari bersamaan dengan pemberian hijauan pertama, sekitar pukul 06.00-07.00. Ternak diberikan konsentrat dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi mereka.
- b. Sore Hari: Konsentrat kedua diberikan pada sore hari bersamaan dengan pemberian hijauan ketiga, sekitar pukul 17.00-18.00. Ternak kembali diberikan konsentrat dalam jumlah yang sesuai.

3. Akses Air Minum

Ternak ruminansia harus selalu memiliki akses yang cukup terhadap air minum segar dan bersih sepanjang hari. Air

minum penting untuk menjaga kesehatan ternak dan mendukung proses pencernaan yang efisien.

Pola pemberian pakan ini dianggap ideal untuk ternak ruminansia karena mempertimbangkan kebutuhan pencernaan dan metabolisme ternak. Meskipun memerlukan lebih banyak tenaga kerja karena memerlukan enam kali pemberian pakan, pola ini mengoptimalkan pencernaan dan kesehatan ternak. Penting untuk mencacah hijauan agar memudahkan ternak saat mengonsumsinya, sementara pemberian konsentrat sebaiknya dalam bentuk kering untuk menghindari kerusakan. Selain itu, pola ini harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan ternak untuk mendapatkan hasil yang optimal (Santo, 2019).

Kesimpulan

Nutrisi memegang peran krusial dalam menjaga kesehatan, pertumbuhan, dan produktivitas hewan ruminansia. Kualitas pakan menjadi faktor utama yang menentukan ketersediaan nutrisi bagi hewan tersebut. Kandungan nutrisi seperti protein, serat, energi, dan mineral harus diperhatikan dengan cermat dalam penyusunan ransum pakan yang seimbang. Protein yang berkualitas baik, dengan profil asam amino yang lengkap, diperlukan untuk pertumbuhan, perbaikan jaringan, dan produksi susu yang optimal pada hewan ruminansia. Serat juga merupakan komponen penting dalam pakan, membantu dalam pencernaan yang efisien dan menjaga kesehatan rumen. Sementara itu, energi merupakan sumber utama yang diperlukan untuk mendukung berbagai fungsi tubuh, termasuk pertumbuhan, reproduksi, dan produksi susu

Selain itu, aspek lain seperti palatabilitas, kemampuan simpan, dan kebersihan pakan juga menjadi perhatian penting dalam manajemen nutrisi ruminansia. Pakan yang disukai oleh hewan, mudah disimpan tanpa mengalami penurunan kualitas, dan bebas dari kontaminasi akan membantu memastikan asupan nutrisi yang optimal bagi hewan tersebut. Dengan memperhati-

kan semua aspek ini, peternak dapat merancang ransum pakan yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi spesifik dari hewan ruminansia mereka. Hal ini tidak hanya akan mendukung kesehatan dan kesejahteraan hewan, tetapi juga membantu meningkatkan produktivitas dan profitabilitas operasi peternakan secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang nutrisi ruminansia dan penerapannya dalam manajemen nutrisi menjadi kunci untuk kesuksesan peternakan yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Abid, K., Yaich, H., Jabri, J., Malek, A., Rekhis, J., & Kamoun, M. (2023). Bioconversion of green algae *Ulva lactuca* biomass with *Saccharomyces cerevisiae* yeast and exogenous fibrolytic enzymes into suitable ruminant feed. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04227-4>
- Alem, W. T. (2024). Effect of herbal extracts in animal nutrition as feed additives. *Heliyon*, 10(3), e24973. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24973>
- Angkasa, I. S. (2017). Ramuan pakan ternak. *Penebar Swadaya Grup*.
- Anjarwati, A., Festawanti, E. D., Wulandari, Y., Rahmadhini, F., & Muthmainnah. (2022). Pemahaman Tentang Sistem Pencernaan Manusia dan Hewan Siswa SDN Sukabumi 6 Probolinggo. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 1(3), 250–251. <https://doi.org/10.47233/jpst.v1i2.354>
- Aruwayo, A. (2018). Use of Urea Treated Crop Residue in Ruminant Feed. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 4(7), 54–64. <https://doi.org/10.31695/IJASRE.2018.32794>

- Barbero-Palacios, L., Ferraro, K. M., Barrio, I. C., Krumins, J. A., Bartolomé, J., Albanell, E., Jarque-Bascuñana, L., Lavín, S., Calleja, J. A., Carreira, J. A., & Serrano, E. (2023). Faecal nutrient deposition of domestic and wild herbivores in an alpine grassland. *Science of The Total Environment*, 903, 166616. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166616>
- Beauchemin, K. A. (2018). Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4762–4784. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13706>
- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'mara, F., & McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2), 21–27.
- Bidura, N. (2016). Pakan Ternak Ruminansia Strategi Pemberian Pakan. *Universitas Udayanan Denpasar Bali*.
- Bionaz, M., Vargas-Bello-Pérez, E., & Busato, S. (2020). Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 2020 11:1, 11(1), 1–36. <https://doi.org/10.1186/S40104-020-00512-8>
- Cakra, I. G. L. O. (2016). *Ruminologi*. Fakultas Perternakan Universitas Udayana.
- Chen, Y., Gong, X., Huang, Y., Jiang, M., Zhan, K., Lin, M., & Zhao, G. (2022). Growth Performance, Rumen Fermentation and Inflammatory Response on Holstein Growing Cattle Treated with Low and High Non-Fibrous Carbohydrate to Neutral Detergent Fiber Ratio Pelleted Total Mixed Ration. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/ANI12081036>

- Choudhury, P. K., Salem, A. Z. M., Jena, R., Kumar, S., Singh, R., & Puniya, A. K. (2015). Rumen microbiology: An overview. *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*, 1–379. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3_1/COVER
- Church, D. C. (1993). *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Waveland press.
- Creevey, C. J., Kelly, W. J., Henderson, G., & Leahy, S. C. (2014). Determining the culturability of the rumen bacterial microbiome. *Microbial Biotechnology*, 7(5), 467–479. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12141/SUPPINFO>
- Defourneaux, M., Barrio, I. C., Boulanger-Lapointe, N., & Speed, J. D. M. (2024). Long-term changes in herbivore community and vegetation impact of wild and domestic herbivores across Iceland. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-024-01998-6>
- Dr. Hamdi Mayulu, S.Pt., M. Si. (2019). *Teknologi Pakan Ruminansia* (M. Kes. Dr. Endang Sawitri, Ed.; 1st ed.). PT RAJAGRAFINDO PERSADA.
- Dr. Ir. Nancy W. H. Tuwaidan, M. (2023). Aditif Pakan Ruminansia. In M. Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang (Ed.), *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*. CV. Patra Media Grafindo Bandung.
- Fahey, G. C., & Hussein, H. S. (1999). Forty Years of Forage Quality Research: Accomplishments and Impact from an Animal Nutrition Perspective. *Crop Science*, 39(1), 4–12. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI1999.0011183X003900010002X>

- Fiorentini, G., Carvalho, I. P. C., Messana, J. D., Canesin, R. C., Castagnino, P. S., Lage, J. F., Arcuri, P. B., & Berchielli, T. T. (2015). Effect of Lipid Sources with Different Fatty Acid Profiles on Intake, Nutrient Digestion and Ruminal Fermentation of Feedlot Nellore Steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(11), 1583. <https://doi.org/10.5713/AJAS.15.0130>
- Garg, M., Kannan, A., Shelke, S., Phondba, B., & Sherasia, P. (2012). Nutritional Evaluation of Some Ruminant Feedstuffs. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 82.
- Gerber, N. D., Nsahlai, I. V., Bonsi, M. L. K., & Gous, R. M. (2000). Ruminal degradability and intestinal digestion of eight plant protein supplements used in ruminant diets. *South African Journal of Animal Science*, 30(4). <https://doi.org/10.4314/SAJAS.V30I4.3905>
- GHEORGHE-IRIMIA, R.-A., ŞONEA, C., TĂPĂLOAGĂ, D., & TĂPĂLOAGĂ, P.-R. (2023). EXPLORING THE SYNERGY: ESSENTIAL OILS IN ANIMAL NUTRITION AND THEIR ROLE IN ENHANCING PRODUCTION. *Annals of the University of Craiova - Agriculture Montanology Cadastre Series* ", 53(1), 141–148. <https://doi.org/10.52846/aamc.v53i1.1448>
- Goetsch, A., & Aiken, G. (2000). *BROILER LITTER IN RUMINANT DIETS-IMPLICATIONS FOR USE AS A LOW-COST BYPRODUCT FEEDSTUFF FOR GOATS*.
- Hamdi Mayulu, S. P. (2023a). Teknologi Pakan Ruminansia. *RajaGrafindo Persada-Rajawali Pers*.
- Hamdi Mayulu, S. P. (2023b). Teknologi Pakan Ruminansia. *RajaGrafindo Persada-Rajawali Pers*.

- Hanigan, M. D., Souza, V. C., Martineau, R., Lapierre, H., Feng, X., & Daley, V. L. (2024). A meta-analysis of the relationship between milk protein production and absorbed amino acids and digested energy in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24230>
- Hobson, P. N., & Stewart, C. S. (Eds.). (1997). *The Rumen Microbial Ecosystem*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1453-7>
- Huws, S. A., Creevey, C. J., Oyama, L. B., Mizrahi, I., Denman, S. E., Popova, M., Muñoz-Tamayo, R., Forano, E., Waters, S. M., Hess, M., Tapio, I., Smidt, H., Krizsan, S. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Belanche, A., Guan, L., Gruninger, R. J., McAllister, T. A., Newbold, C. J., ... Morgavi, D. P. (2018). Addressing Global Ruminant Agricultural Challenges Through Understanding the Rumen Microbiome: Past, Present, and Future. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP), 2161. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.02161>
- Jiang, X., & Wang, L. (2022). Grassland-based ruminant farming systems in China: Potential, challenges and a way forward. *Animal Nutrition*, 10, 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.04.007>
- Johnson, K. A., & Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73(8), 2483–2492.
- Kand, D., Castro-Montoya, J., Hossain, S. A., Sherasia, P. L., B., T., Phondba, Garg, M., & Dickhoefer, U. (2015). *In-vitro and in-vivo Methane Production from Improved and Traditional Rations of Dairy Cows in India*.
- Karlsson, J. O., Parodi, A., van Zanten, H. H. E., Hansson, P. A., & Röös, E. (2021a). Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. *Nature Food*, 2(1), 38–46. <https://doi.org/10.1038/S43016-020-00203-7>

- Karlsson, J. O., Parodi, A., van Zanten, H. H. E., Hansson, P. A., & Rööf, E. (2021b). Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. *Nature Food*, 2(1), 38–46. <https://doi.org/10.1038/S43016-020-00203-7>
- Kung, L., & Shaver, R. (2001). Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forage*, 3(13), 1–5.
- Mathers, J. C. (1991). Digestion of non-starch polysaccharides by non-ruminant omnivores. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 50(2), 161–172. <https://doi.org/10.1079/PNS19910027>
- Mauludyani, A. V. R., Pratinda, W. N. A. S., Ramdan, A. M., Yusuf, A. M., Ipangka, I. , S. M. S. , & Palisu, V. H. (2021). Pelatihan Pembuatan Pakan Fermentasi di Desa Muaradua Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, 2(1), 11–19.
- Muhtarom, N., Setiawan, D., Nugraha, A., & Rumania, D. (2022). Edukasi Pembuatan Pakan Silase di Desa Sungai Besar Kabupaten Ketapang. *Jurnal Berdaya*, 2(2), 40–46.
- Nagaraja, T. G. (2016). Microbiology of the rumen. *Rumenology*, 39–61. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_2/COVER
- National Academies of Sciences, Engineering, and M. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press.
- on Beef Cattle Nutrition, N. R. C. (U. S.). S. (1996). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Academy Press.
- Pinotti, L., Manoni, M., Fumagalli, F., Rovere, N., Tretola, M., & Baldi, A. (2020). The role of micronutrients in high-yielding dairy ruminants: Choline and vitamin E. *Ankara Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 67(2), 209–214. <https://doi.org/10.33988/AUVFD.695432>

- Pomeranz, Y., & Meloan, C. E. (2000). *Food Analysis: Theory and Practice*. Springer US.
- Restitrisnani, V., Prima, A., & Rahayu, A. P. (2022). Konversi Produksi Daging Sapi Potong Terhadap Emisi Metana Di Kabupaten Semarang. *Jurnal Peternakan*, 19(1), 22. <https://doi.org/10.24014/jupet.v19i1.15580>
- Rido, M., & Erni, N. (2023). Pentingnya Hijauan Pakan untuk Mendukung Usaha Ternak Potong di Desa E2 (Sumber Mulya). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 4(3), 2058–2063. <https://doi.org/https://doi.org/10.55338/jpkmn.v4i3.1314>
- Rinca, K. F., Mubdi, R., Kristanto, D., Putra, I. P. C., Luju, M. T., Bollyn, Y. M. F., & Gultom, R. (2022). Faktor resiko yang mempengaruhi respon termoregulasi ternak ruminansia. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 24(3), 304–314.
- Roque-Jiménez, J. A., Rosa-Velázquez, M., Pinos-Rodríguez, J. M., Vicente-Martínez, J. G., Mendoza-Cervantes, G., Flores-Primo, A., Lee-Rangel, H. A., & Relling, A. E. (2021). Role of Long Chain Fatty Acids in Developmental Programming in Ruminants. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ANI11030762>
- Ross, D., Gutierrez-Botero, M., & Amburgh, M. V. (2013). *DEVELOPMENT OF AN IN VITRO INTESTINAL DIGESTIBILITY ASSAY FOR RUMINANT FEEDS*.
- Salvia, S., Ramaiyulis, R., & Sari, D. K. (2022). Teknologi Pengolahan Pakan. Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Sanjorjo, R. A., Tseten, T., Kang, M.-K., Kwon, M., & Kim, S.-W. (2023). In Pursuit of Understanding the Rumen Microbiome. *Fermentation*, 9(2), 114. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020114>

- Santo, K. (2019). Strategi Pemberian Pakan. Kementerian Pertanian Indonesia.
- Sariri, A. K., & Engkus Ainul Yakin. (2020). Fermentasi dengan Menggunakan Berbagai Jenis Mikrobia untuk Menurunkan Kandungan Saponin Buah Trembesi (*Samanea saman*). *AGRISAINTIFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 3(2), 126. <https://doi.org/10.32585/ags.v3i2.547>
- Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Leblanc, J., Nebbia, C. S., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Wallace, H., Gropp, J., Mulder, P., Oswald, I. P., ... Hoogenboom, L. (Ron). (2024). Risks for animal health related to the presence of ergot alkaloids in feed. *EFSA Journal*, 22(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8496>
- Seshadri, R., Leahy, S. C., Attwood, G. T., Teh, K. H., Lambie, S. C., Cookson, A. L., Eloë-Fadrosh, E. A., Pavlopoulos, G. A., Hadjithomas, M., Varghese, N. J., Paez-Espino, D., Perry, R., Henderson, G., Creevey, C. J., Terrapon, N., Lapebie, P., Drula, E., Lombard, V., Rubin, E., ... Kelly, W. J. (2018). Cultivation and sequencing of rumen microbiome members from the Hungate1000 Collection. *Nature Biotechnology*, 36(4), 359–367. <https://doi.org/10.1038/nbt.4110>
- Sharma, V., Lamba, J. S., Grewal, R. S., Hundal, J. S., & Singh, C. (2020). Effect of Supplementation of Herbs Containing Essential Oils on Nutrients Digestibility, Rumen Fermentation and Blood Parameters in Cross Bred Calves. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 1327–1336. <https://doi.org/10.20546/IJCMAS.2020.905.148>
- Soetanto, H. (2021). Ilmu Nutrisi Ternak Ruminansia: Tingkat Lanjut. Universitas Brawijaya Press.

- Steffey, E. P. (1986). Some characteristics of ruminants and swine that complicate management of general anesthesia. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 2(3), 507–516. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)31203-2](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31203-2)
- Suwandyastuti, S. N. O., Efka, D., & Rimbawanto, A. (2015). Produk Metabolisme Rumen pada Sapi Perah Laktasi. *Jurnal Agripet*, 15(1), 1–6.
- Syaiful, F. L., Diva, D. T., & Hafizoh, M. (2020). penerapan teknologi amoniasi jerami sebagai pakan alternatif sapi potong di Kenagarian Sungai Kunyit, Solok Selatan. *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*, 3(1), 88–95.
- Twyman, S., Toledo, M., Thomas, O., J.Eche, -, sabal, Stockler, R., Aguerre, M. J., Lascano, G., D., Taysom, Neto, J. M. D. S., J., Souza, de, Burch, A. M., Lock, A., Sun, L. L., L., Lei, Brenna, J., ... Xu, J. (2020a). *Ruminant Nutrition: Carbohydrates and Lipids*.
- Twyman, S., Toledo, M., Thomas, O., J.Eche, -, sabal, Stockler, R., Aguerre, M. J., Lascano, G., D., Taysom, Neto, J. M. D. S., J., Souza, de, Burch, A. M., Lock, A., Sun, L. L., L., Lei, Brenna, J., ... Xu, J. (2020b). *Ruminant Nutrition: Carbohydrates and Lipids*.
- Utomo, R., Agus, A., Noviandi, C. T., Astuti, A., & Alimon, A. R. (2021). Bahan pakan dan formulasi ransum. *UGM PRESS*.
- van Barneveld, R. J. (1999). Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus spp.*) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*, 12(2), 203–230. <https://doi.org/10.1079/095442299108728938>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.

- Waddell, J. C., Cabezas-Garcia, E., & Reed, K. F. (2023). 328 Comparison of Predicted Nutritional Requirements of Two Feeding Systems for Dairy Cattle Implemented in a Monte-Carlo Simulation Model of Herd Dynamics. *Journal of Animal Science*, 101(Supplement_3), 285–286. <https://doi.org/10.1093/jas/skad281.341>
- Wang, Y., & Proctor, S. D. (2013). Current issues surrounding the definition of trans-fatty acids: implications for health, industry and food labels. *The British Journal of Nutrition*, 110(8), 1369–1383. <https://doi.org/10.1017/S0007114513001086>
- Warner, D., Dijkstra, J., Hendriks, W. H., & Pellikaan, W. F. (2014). Stable isotope-labelled feed nutrients to assess nutrient-specific feed passage kinetics in ruminants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(5), 819–824. <https://doi.org/10.1002/JSFA.6426>
- Wiseman, J. (2013). *Feeding of Non ruminant Livestock*. Elsevier Science.
- Yanuartono, Nururrozi, A., Indarjulianto, S., & Purnamaningsih, H. (2019). Peran Protozoa pada Pencernaan Ruminansia dan Dampak Terhadap Lingkungan. *TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production*, 20(1), 16–28. <https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2019.020.01.3>
- Yanuartono, S. I., Nururrozi, A., Purnamaningsih, H., & Raharjo, S. (2019). Urea molasses multinutrien blok sebagai pakan tambahan pada ternak ruminansia. *Jurnal Veteriner*, 20(3), 445-451., 20(3), 445–451.
- Yasin, M. Y. , Khomarudin, M. , Hadiarto, A. F. , & Lestariningsih, L. (2021). Peran Penting Mikroba Rumen pada Ternak Ruminansia. *International Journal of Animal Science*, 4(1), 33–42.

- Zahn, L. M. (2019). Phylogeny and characteristics of ruminants. *Science*, 364(6446), 1148.
<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.364.6446.1146-J>
- Zhang, R. Y., Jin, W., Feng, P. F., Liu, J. H., & Mao, S. Y. (2018). High-grain diet feeding altered the composition and functions of the rumen bacterial community and caused the damage to the laminae tissues of goats. *Animal*, 12(12), 2511–2520.
<https://doi.org/10.1017/S175173111800040X>

Tentang Penulis



Dr. Ir. Insun Sangadji, M. Si.

Dosen Jurusan Peternakan

Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

Penulis lahir di Namlea tanggal 4 Juli 1961, penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura Ambon, penulis menekuni bidang Ilmu Nutrisi Ternak Ruminansia. Penulis melanjutkan pendidikan Sarjana pada Program Studi Peternakan Universitas Pattimura Tahun 1988, Program Magister pada Program Studi Ilmu Ternak

Institut Pertanian Bogor Tahun 1998, dan menyelesaikan Program Doktor Ilmu Peternakan pada Institut Pertanian Bogor tahun 2009. Disamping menulis artikel yang sudah terbit pada jurnal Nasional dan Internasional dan mengikuti seminar Nasional dan Internasional, penulis juga pernah menulis Buku Referensi berjudul: Teknologi Pakan; Teknologi Feedlot; Dasar-dasar Ilmu Nutrisi Ternak; dan Tekhnologi Peternakan Peningkatan Nilai Nutrisi Pakan Ternak, dan sejak tahun 2020 sampai sekarang menjabat sebagai Plt. Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Maluku.