NUTRISI DAN PAKAN TERNAK
RUMINANSIA

Dalam buku ini dibahas peran pakan dan zat makanan untuk ternak ruminansia, sistem pencernaan ternak ruminansia, pengetahuan tentang mikroba rumen, pakan limbah agroindustri dan teknologi fementasi, kebutuhan nutrien, dan formulasi ransum pada ternak ruminansia. Buku ajar ini menggunakan bahasa yang lugas dan sistematis sehingga sangat mudah dipahami dalam rangka membantu pemahaman tentang ilmu nutrisi ternak ruminansia. Pemahaman ilmu nutrisi ternak ruminansia yang memadai sangat membantu dalam budidaya ternak sapi khususnya sapi bali, ternak kambing atau domba maupun ternak perah lainnya.

Semoga buku ini bermanfaat untuk menambah dan melengkapi ilmu nutrisi dan makanan ternak yang telah ada, baik untuk mahasiswa diploma, sarjana maupun pascasarjana ilmu peternakan.



Sekilas tentang penulis bahwa penulis dilahirkan di Gianyar, Bali tanggal 12 Maret 1959, menyelesaikan studi S1 (sebagai Sarjana Peternakan) di FKHP Universitas Udayana pada tahun 1984, Magister Ilmu Peternakan diraih di Program Pascasarjana (PPs) IPB Bogor pada tahun 1993 dan juga di PPs IPB Bogor ini, meraih gelar Doktor dalam bidang Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak pada tahun 2000. Saat ini penulis masih aktif sebagai staf pengajar di Fakultas Peternakan dan Program Pascasarsarjana Ilmu Peternakan (S2 dan S3) Unud.

Penulis juga aktif berpartisipasi dalam seminar ilmiah di tingkat nasional, regional maupun internasional. Beberapa hasil karya tulis yang telah dipresentasikan dalam seminar internasional adalah *Increasing productivity of Bali cattle steer through supplementation of multivitamins and minerals in ration based on ammoniated rice straw and agroindustrial by products dan Optimizing microbial protein synthesis in the rumen through supplementation with vitamin and mineral in ration based on king grass to increase Bali cattle productivity* pada tahun 2010 di Denpasar Bali; *Optimizing vitamin-mineral supplementation in king grass-based rations to maximize productivity of Bali cattle* pada tahun 2012 di Jakarta.

UDAYANA UNIVERSITY PRESS
Kampus Universitas Udayana Denpasar
Jl. P.B. Sudirman, Denpasar - Bali,
Telp. 0361 9173067, 255128 Fax. 0361 255128
unudpress@yahoo.com http://penerbit.unud.ac.id

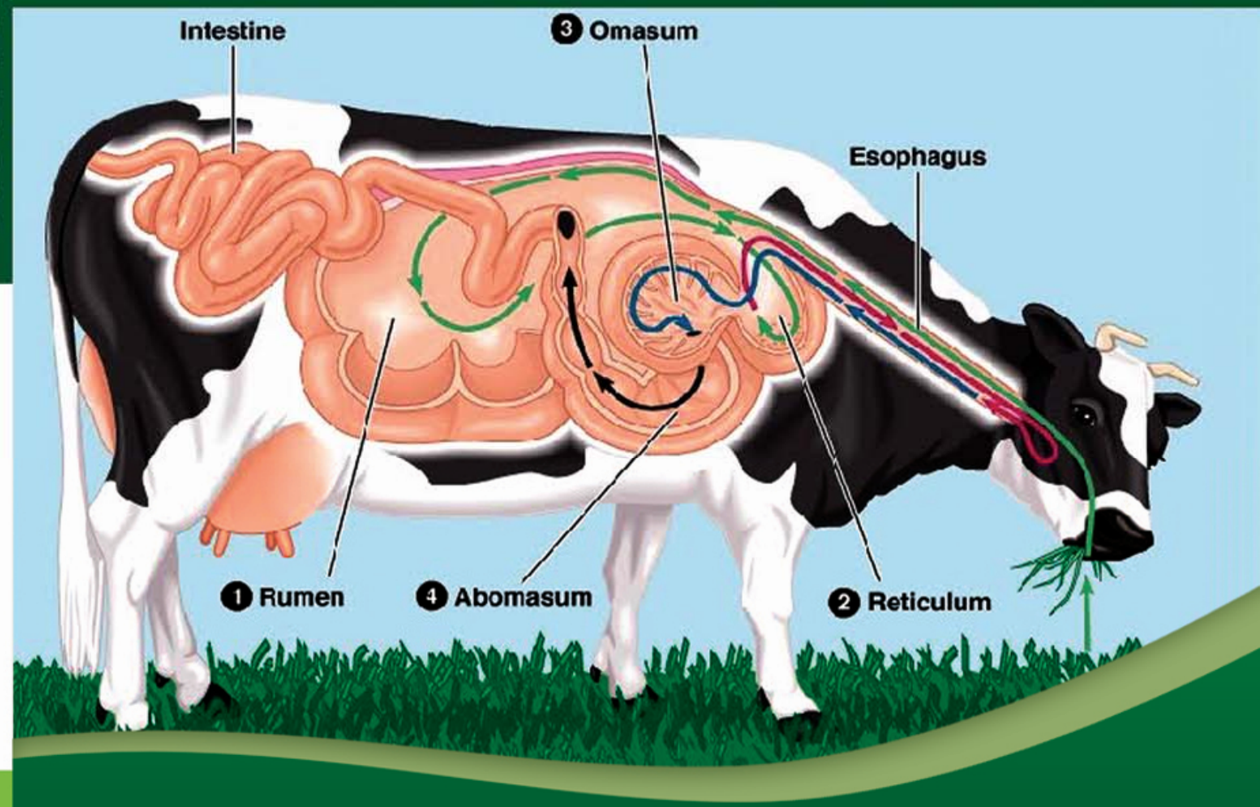
ISBN 978-602-7776-59-3

NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

DR. IR. IDA BAGUS GAGA PARTAMA, MS

UDAYANA UNIVERSITY PRESS

NUTRISI DAN PAKAN TERNAK
RUMINANSIA



DR. IR. IDA BAGUS GAGA PARTAMA, MS

NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta
Pasal 2

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak Ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Ketentuan Pidana
Pasal 72

1. Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 49 Ayat (1) dan Ayat (2) dipidana dengan penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000,00 (lima juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terbit sebagai dimaksud pada Ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

DR. IR. IDA BAGUS GAGA PARTAMA, MS

UDAYANA UNIVERSITY PRESS
2013

NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

Penulis:
Dr. Ir. Ida Bagus Gaga Partama, MS

Penyunting:
Prof. Ir. D. K. Harya Putra, M.Sc.,Ph.D

Cover & Ilustrasi:
Repro

Lay Out:
Putu Mertadana

Diterbitkan oleh:
Udayana University Press
Kampus Universitas Udayana Denpasar
Jl. P.B. Sudirman, Denpasar - Bali, Telp. 0361 255128 Fax. 0361 255128
Email: unudpress@yahoo.com http://penerbit.unud.ac.id

Cetakan Pertama:
2013, xiv + 160 hlm, 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-602-7776-59-3

Hak Cipta pada Penulis.
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang :
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Pengembangan ternak ruminansia secara ekstensif sangat tidak memungkinkan, karena akan diperlukan lahan yang cukup luas. Untuk itu, diperlukan pengetahuan tentang nutrisi untuk ternak ruminansia tersebut. Ilmu nutrisi adalah ilmu yang mempelajari pemilihan dan konsumsi pakan, serta pemanfaatan zat makanan untuk mempertahankan kelestarian hidup dan keutuhan organ tubuh ternak (pembaharuan sel tubuh yang "aus" atau terpakai) dan untuk memenuhi tujuan produksi ternak.

Tugas pokok ilmu nutrisi adalah untuk mempelajari bagaimana tubuh memperoleh zat makanan yang dibutuhkannya. Kebutuhan akan zat makanan untuk mempertahankan kelestarian hidup dan keutuhan organ tubuh dinamakan kebutuhan hidup pokok (*maintenance requirement*).

Sebagaimana halnya manusia, ternak pun membutuhkan gizi yang lengkap. Makin banyak ragam bahan baku yang dipakai dalam menyusun ransum, makin baik pula kualitas ransum tersebut. Ternak yang diberi ransum yang mengandung bahan baku nabati dan hewani, umumnya akan mempunyai performans yang jauh lebih baik daripada ternak yang hanya menerima ransum berbahan baku nabati saja. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya saling melengkapi kekurangan gizi satu bahan dengan bahan lainnya.

Buku ajar ini disusun secara bersama-sama yang didasarkan kepada kompetensi bidang ilmu masing-masing dan disinergikan dalam sebuah tulisan yang sederhana ini. Dalam buku ini,

dikupas sistem pencernaan ternak ruminansia dan mikroba yang berperan di dalamnya, khususnya yang befungsi untuk degradasi pakan serat secara fermentatif di dalam rumen, dan jenis pakan yang diberikan, sehingga diperoleh produktivitas ternak ruminansia yang optimal. Ternak ruminansia mempunyai empat buah perut, yaitu retikulum, rumen, omasum, dan abomasum. Proses pencernaan zat makanan di dalam retikulum, rumen, dan omasum dilakukan oleh mikroba rumen (bakteri, fungi, dan protozoa) yang merombak zat makanan secara fermentatif, sehingga menjadi senyawa lain yang berbeda dari molekul zat makanan asalnya. Dengan demikian, bahan ajar ini akan sangat berguna dan membantu dalam pemahaman mengenai ilmu nutrisi untuk ternak ruminansia.

Sasaran utama pengguna buku ajar ini adalah mahasiswa peternakan tingkat sarjana untuk menunjang Mata Kuliah "Nutrisi Ternak Ruminansia" maupun mahasiswa pascasarjana di bidang peternakan dan yang terkait dengannya. Selain itu, buku ini juga akan bermanfaat bagi mereka yang berkecimpung atau setidaknya menaruh minat di bidang peternakan, khususnya ternak ruminansia, karena dalam buku ini juga diberikan beberapa hasil penelitian dan pemanfaatan berbagai macam limbah, baik dengan maupun tanpa sentuhan teknologi.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Rektor Universitas Udayana, atas dana yang diberikan melalui beberapa dana penelitian, karena sebagian data dalam penyusunan buku ajar ini mengacu pada hasil penelitian yang penulis dapatkan. Ucapan yang sama juga disampaikan kepada Dekan Fakultas Peternakan, Universitas Udayana, atas waktu dan dorongan yang diberikan, sehingga penyusunan buku ajar ini dapat terselesaikan. Penerbitan buku ini pun akan sulit terwujud bila tidak ada kesempatan dan bimbingan dari bapak Prof. Ir. Dewa Ketut Harya Putra, M.Sc. Ph.D. Beliau sendiri adalah Dewan Penyunting Buku Ajar. Karena itu, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus

kepada beliau. Ucapan yang sama disampaikan kepada Dr. Ir. I Gst. Nym. Gde Bidura, MS; Ir. I Made Mudita, MS, dan Ir. Desak Putu Mas Ari Candrawati, MSi yang telah banyak membantu dalam penelusuran pustaka di media elektronik maupun media cetak.

Akhirnya, penulis berharap semoga buku ini berguna untuk menambah pengetahuan dan menjadi rujukan dalam penyusunan ransum ternak ruminansia dengan memperhitungkan prinsip-prinsip ekonomi, sehingga produktivitas ternak ruminansia, khususnya ternak sapi dapat ditingkatkan. Buku ajar yang sederhana ini tidak akan sempurna bila tidak ada kritik saran dari pembaca. Oleh karena itu, segala kritik dan saran untuk kesempurnaan buku ajar ini sangat kami harapkan.

Denpasar, Maret 2013

Hormat kami,
Penyusun

DAFTAR ISI

PRAKATA ..... **v**

BAB I. PENDAHULUAN..... 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Konsep Modern Dalam Penyusunan Ransum Ternak Ruminansia 3
1.3 Daya Dukung Lahan dan Limbah..... 5

BAB II. PERAN PAKAN DAN ZAT MAKANAN **6**
2.1 Konsumsi Nutrien pada Ruminansia 6
2.2 Peran Konsentrat 9
2.3 Peran Serat Kasar 10
2.4 Peran Karbohidrat 11
2.5 Peran Protein 15
2.6 Peran Mineral 22
2.6.1. Mineral Kalsium (Ca) 24
2.6.2. Mineral P (Phosphor) 25
2.6.3. Unsur N (Nitrogen) 26
2.6.4. Mineral Zn (Seng) 27
2.7 PeranVitamin 29

BAB III. SISTEM PENCERNAAN TERNAK RUMINANSIA..... 32
3.1 Pengertian Tentang Sistem Pencernaan..... 32
3.2 Organ Sistem Pencernaan Ternak Ruminansia 33
3.2.1. Mulut dan Esofagus 33

3.2.2. Retikulum **34**
3.2.3. Rumen 36
3.2.4. Omasum 37
3.2.5. Abomasum 37
3.2.6. Usus halus Dan Usus Besar (Caecum dan Colon) 37
3.3 Pencernaan Ternak Ruminansia 38

BAB IV. MIKROBA RUMEN 42
4.1 Mikroba Rumen 42
4.2 Mikroba Pendegradasi Lignin 45
4.3 Mikroba Pendegradasi Selulosa 47
4.4 Mikroba Pendegradasi Hemiselulosa 50
4.5 Ekosistem Rumen 52
4.5.1. Bakteri 53
4.5.2. Fungi (Jamur) 56
4.5.3. *Yeast* 57
4.5.4. *Protozoa* dan *Algae* 59
4.6 Pertumbuhan Mikroba 59
4.7 Isolasi Mikroba Rumen 61
4.8 Kultivasi Mikroba 62

BAB V. PAKAN LIMBAH AGRO INDUSTRI DAN FERMENTASI 64
5.1 Ketersediaan Pakan 64
5.2 Problema Ketersediaan Pakan 65
5.3 Pertimbangan Teknis dan Ekonomis Dalam Pemilihan Bahan Pakan..... 66
5.4 Pengetahuan Mengenai Sifat Fisik d an Kimia Pakan 68
5.5 Pemakaian Bahan Baku Lokal 70
5.6 Pakan pada Integrasi Ternak dengan Usaha Pertanian dan Perkebunan 72
5.7 Pakan Serat (Limbah) Terfermentasi 75

5.7.1. Karakteristik Mikroba Fermentasi 81
5.7.2 Indikator Keberhasilan Fermentasi 82

BAB VI. NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA 84
6.1 Jenis Pakan 84
6.1.1. Rumput 86
6.1.2. Bahan Pakan Hijauan 88
6.1.3. Pakan Penguat/Konsentrat 91
6.1.4. Bahan Pakan Tambahan 93
6.2 Pakan Inkonvensional 95
6.2.1. Kulit Cokelat (*Theobroma cacao*) 95
6.2.2. Bungkil Inti Kelapa Sawit 97
6.2.3. Lumpur Sawit 98
6.2.4. Pelapah Sawit 100
6.2.5. Batang Pisang *(Musa paradisica)* 101
6.3 Sistem Pemberian Pakan 101
6.4 Konsumsi Zat Makanan pada Ruminansia 103
6.5 Kebutuhan Protein 105
6.6 Keseimbangan Asam Amino 106
6.7 Lemak 107
6.8 Karbohidrat 108
6.9 Mineral 109
6.10 Vitamin 110
6.11 Air 111

BAB VII. FORMULASI RANSUM 113
7.1 Ransum 113
7.2 Metode Menyusun Ransum 114
7.2.1. Kebutuhan Akan Zat Makanan dan Periode Pemeliharaan 115
7.2.3. Pemberian Ransum Saat Ternak Bunting 117
7.2.3. Pemberian Ransum Saat Induk Menyusui 118

7.2.4. Ransum Pedet 119
7.3 Konsumsi Ransum 119
7.4 Konversi Pakan Kering ke Pakan Segar 120

BAB VIII. PENUTUP 125
8.1 Ketahanan Pakan 125
8.2 Pakan Lokal 127
8.3 Strategi Pemberian Pakan 128
8.4 Pertimbangan Teknis dan Ekonomis 129
8.5 Pengolahan Pakan 130

DAFTAR PUSTAKA 133

DAFTAR GAMBAR

2.1 Bagan alir protein pakan dan NPN di dalam rumen ternak ruminansia (McDonald *et al*., 1995) 16
2.2 Diagram skematik dari protein sejati 17
2.3 Aliran protein pada sapi laktasi 20
2.4 Laju degradasi protein pakan dalam rumen 21
3.1 Rumen ternak ruminansia (Hobson, 1988) 35
3.2 Saluran pencernaan sapi (Tillman *et al.,* 1988) 35
5.1 Fermentasi glukosa menjadi asam virupat (Owens dan Goetsch, 1988)..... 79
6.1 Pakan hijauan (rumput) dan penguat (dedak padi).. 85
6.2 Performans sapi pada musim kamarau dan hujan.... 85
6.3 Pagar tanaman gamal di sekeliling *paddock*..... *90*
6.4 Tanaman leguminosa bahan pakan sumber protein. 91
6.5 Pod kakao tanpa perlakuan (a) dan pod kakao yang telah mengalami fermentasi dengan kapang (b) (Erika, 1998)..... 97
6.6 Pemeliharaan sapi di bawah pohon sawit 100

DAFTAR TABEL

2.1 Utilisasi nitrogen pada sapi Bali penggemukan yang diberi ransum berbasis jerami padi amoniasi urea disuplementasi mineral 19
4.1 Jenis bakteri, protozoa, dan fungi, serta aktivitas enzim pendegradasi komponen dinding sel tanaman (serat kasar) dalam rumen 43
4.2 Koefisien cerna bahan kering dan bahan organik jerami padi oleh isolat mikroba rumen kerbau yang disimpan selama 8 bulan 45
5.1 Pengaruh silase jerami padi dengan cairan rumen kerbau terhadap produksi gas komulatif dan kecernaan ruminal bahan kering dan bahan organik substrat oleh rumen sapi peranakan onggol (PO) 80
6.1 Komposisi bahan pakan dan zat makanan yang umumnya diberikan dalam ransum sapi..... 95
8.1 Susunan ransum sapi Bali bunting dengan empat bahan baku pakan 123

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan peternakan merupakan bagian integral dari pembangunan pertanian sebagaimana yang tercantum dalam arah dan kebijakan pembangunan nasional yang bertujuan untuk meningkatkan produksi dan populasi ternak. Dengan demikian, pemenuhan kebutuhan daging akan dan susu secara nasional dapat terpenuhi, atau impor daging dan susu dapat dikurangi, sehingga dapat menghemat devisa negara. Peningkatan kesejahteraan masyarakat dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya protein hewani juga ikut mendorong meningkatnya permintaan terhadap pangan hewani.

Pengembangan ternak ruminansia (sapi, kerbau, kambing, dan domba) perlu mendapat perhatian serius, mengingat permintaan produk ternak (daging dan susu) tidak dapat dipenuhi oleh pasokan produk hewani dalam negeri. Sebagian besar kebutuhan akan produk ternak dalam negeri dipenuhi oleh produk ternak impor. Hal ini merupakan peluang dan tantangan untuk pengembangan budidaya ternak ruminansia yang efisien dan berorientasi pasar. Untuk itu, diperlukan strategi pemberian pakan sesuai dengan kebutuhan ternak itu sendiri, sehingga akan terwujud peternakan yang efisien dalam memanfaatkan sumberdaya alam. Sentuhan teknologi ini akan mendukung program terobosan Direktorat Jenderal Produksi Peternakan, yakni swasembada daging sapi pada tahun 2014 (Direktorat Jenderal Peternakan, 2000).

Pengembangan ternak ruminansia di Indonesia dihadapkan pada kendala potensi sumberdaya pakan yang tidak sesuai dengan kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Karena itu, penanganannya perlu mendapat perhatian serius karena pakan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha ternak. Oleh sebab itu, perbaikan manajemen pakan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi usaha sapi potong (Mahaputra *et al*., 2003). Usaha penggemukan ternak ruminansia memerlukan pakan yang banyak, sehingga perlu rekayasa pemberian pakan menggunakan bahan pakan berkualitas dengan manfaat optimal. Pertambahan bobot badan sapi bali yang mengkonsumsi hijauan saja belum menunjukkan hasil yang optimal. Sapi bali yang diberi pakan rumput lapangan saja, pertambahan berat badan hanya sekitar 100-200 g/ekor/hari (Gunawan *et al.,* 2003).

Pada sistem pemeliharaan ternak ruminansia atau pemberian nutrisi untuk ternak rumnansia, pemberian pakan ditujukan tidak hanya sekedar untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok, tetapi juga untuk mencapai tingkat produksi setinggi-tingginya. Oleh karena biaya pakan merupakan biaya variabel terbesar dalam suatu usaha peternakan, maka capaian tingkat produksi ternak harus senantiasa diusahakan agar dapat dicapai dengan biaya pakan semurah-murahnya.

Kendala utama yang dijumpai adalah rendahnya produktivitas ternak ruminansia, rendahnya kualitas pakan yang diberikan, dan belum diterapkannya strategi pemberian pakan yang efisien dengan prinsip-prinsip ilmu nutrisi ternak ruminansia. Kendala lainnya adalah terbatasnya pengetahuan peternak mengenai pentingnya arti nutrisi bagi ternak, jenis pakan yang diberikan, dan belum dimanfaatkannya limbah pertanian secara optimal sebagai pakan ternak ruminansia.

Faktor pakan merupakan faktor yang paling dominan pengaruhnya terhadap produktivitas ternak ruminansia, sebab untuk mendeposit nutrien dalam bentuk masa tubuh diperlukan bahan baku dari pakan. Namun, nutrien yang terdapat di dalam

bahan pakan kadang-kadang berada dalam bentuk molekul yang sulit dicerna oleh enzim pencernaan.

Strategi pemberian pakan perlu mendapat perhatian dalam usaha peternakan sapi potong maupun perah. Terbatasnya lahan untuk penyediaan hijauan pakan secara kontinyu dan berlimpahnya limbah pertanian yang belum termanfaatkan secara optimal sebagai pakan sapi merupakan permasalahan yang perlu solusi secara komprehensif.

1.2 Konsep Modern Dalam Penyusunan Ransum Ternak Ruminansia

Konsep modern yang harus dikembangkan dalam penyusunan ransum ternak ruminansia adalah keseimbangan zat makanan, terutama protein dan energi untuk menunjang produksi protein mikroba yang maksimal, di samping pasokan protein makanan yang lolos dari degradasi mikroba rumen, sehingga langsung masuk ke dalam abomasum dan usus kecil untuk dicerna oleh enzim percernaan dan diserap oleh tubuh (Febriana, 2006).

Ternak ruminansia mempunyai empat buah perut, yaitu retikulum, rumen, omasum, dan abomasum. Proses pencernaan zat makanan di dalam retikulum, rumen, dan omasum dilakukan oleh mikroba rumen (bakteri, fungi, dan protozoa) yang merombak zat makanan secara fermentatif, sehingga menjadi senyawa lain yang berbeda dari molekul zat makanan asalnya. Misalnya, protein dirombak menjadi NH_3 dan karbohidrat dirombak menjadi asam lemak atsiri (FVA = *folatile fatty acid*).

Amonia yang bersumber dari perombakan protein makanan dan NPN (*non protein nitrogen*) sebagian besar digunakan oleh mikroba untuk membentuk protein tubuhnya, sedangkan fermentasi karbohidrat akan menyediakan kerangka karbon dan energi untuk sintesis protein mikroba. Dengan demikian, apabila amonia cukup, maka penambahan sumber karbohidrat

yang mudah tersedia dapat meningkatkan pembentukan protein mikroba.

Konsentrat sebagai ransum ternak ruminansia dapat disusun dari bahan yang berbeda, seperti dedak padi, pollard, tepung darah, onggok, dan ampas tahu. Darah merupakan sisa pemotongan hewan yang belum dimanfaatkan secara optimal, bahkan di beberapa daerah, darah sering menyebabkan pencemaran air dan lingkungan. Walaupun darah sulit didegradasi dalam rumen, tetapi diharapkan akan menjadi sumber *by-pass protein* yang dapat dimanfaatkan oleh ternak pascarumen. Dengan formulasi ransum yang tepat, diharapkan terjadi sinkronisasi antara kebutuhan akan energi dengan kebutuhan akan protein untuk pertumbuhan dan pembentukan protein mikroba rumen.

Jerami padi mempunyai potensi besar sebagai pakan ternak ruminansia, terutama sebagai sumber serat. Ketersediaan jerami padi cukup luas di berbagai daerah di Indonesia, dengan jumlah yang melimpah. Akan tetapi, kualitas gizinya rendah yang ditandai dengan rendahnya kandungan protein dan tingginya kandungan silika dan lignin, sehingga mengakibatkan rendahnya kecernaan jerami padi.

Pengolahan jerami padi dengan menggunakan larutan urea 4% (”amoniasi urea”) ternyata dapat meningkatkan kandungan protein dan kecernaan bahan kering jerami (Susila, 1994). Pemberian ransum barbasis jerami padi amoniasi urea harus didukung oleh konsentrat yang mengandung energi yang mudah difermentasikan, karena produksi amonia dalam rumen yang berasal dari urea, akan cepat terjadi setelah makan, sedangkan pakan berkualitas rendah, seperti jerami padi tersebut tidak mampu menyediakan energi yang cukup dalam waktu yang relatif singkat untuk keperluan sintesis atau pembentukan protein mikroba yang maksimal. Oleh karena itu, setiap imbangan jerami padi amoniasi urea dan konsentrat dalam ransum secara

langsung akan mempengaruhi tingkat efisiensi sintesis protein mikroba.

Berbagai penelitian tentang pemanfaatan jerami padi dengan suplementasi sisa hasil industri pertanian, maupun dengan hijauan leguminosa segar telah dilakukan untuk pakan ternak ruminansia kecil. Untuk menggantikan rumput segar, jerami padi dapat digunakan sampai sekitar 10%. Akan tetapi, bila digunakan bersamaan dengan konsentrat, maka jerami padi dapat menggantikan rumput sampai sekitar 30% untuk kambing dan domba.

1.3 Daya Dukung Lahan dan Limbah

Kegiatan pembangunan peternakan perlu memperhatikan daya dukung dan kualitas lingkungan. Usaha peternakan ternak ruminansia dengan skala besar dan relatif terlokalisasi akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Pencemaran ini disebabkan oleh pengelolaan limbah yang belum dilakukan dengan baik. Akan tetapi, kalau dikelola dengan baik, limbah tersebut memberikan nilai tambah bagi usaha peternakan dan lingkungan di sekitarnya.

Sistem usaha peternakan dengan penerapan produksi bersih lingkungan ("zero waste") merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalisasi limbah ternak. Limbah peternakan meliputi semua kotoran yang dihasilkan dari suatu kegiatan usaha peternakan, baik berupa limbah padat, cair, gas, ataupun sisa pakan (Soehadji, 1992). Salah satu upaya untuk menanggulangi limbah adalah dengan mengintegrasikan usaha tersebut dengan usaha lainnya, seperti penggunaan suplemen pada pakan, usaha pembuatan kompos, budidaya ikan, dan budidaya padi sawah, sehingga menjadi suatu sistem yang saling sinergis.

BAB II
PERAN PAKAN DAN ZAT MAKANAN

2.1 Konsumsi Nutrien pada Ternak Ruminansia

Konsumsi pakan merupakan faktor esensial yang menjadi dasar untuk menentukan kebutuhan hidup pokok dan produksi (Parakkasi, 1995). Konsumsi pakan adalah jumlah pakan yang dikonsumsi oleh hewan bila pakan diberikan secara *ad libitum* (pakan selalu tersedia secara berlebihan di tempat pakan ternak). Konsumsi pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. berat badan: makin besar berat badan ternak, maka makin tinggi konsumsi ransumnya. Hal ini disebabkan karena kebutuhan zat makanan untuk menunjang pertumbuhan yang besar semakin tinggi.
2. tipe ternak: tipe ternak sangat berpengaruh terhadap konsumsi pakan. Misalnya, tipe ternak pedaging akan berbeda dengan tipe ternak perah.
3. tingkat produksi: tingkat produksi yang tinggi akan selalu diikuti dengan tingkat konsumsi pakan yang tinggi.
4. jenis pakan: jenis pakan yang diberikan pada ternak, misalnya pakan dalam bentuk kering (*hay*) atau pakan serat (*roughage*) akan dikonsumsi lebih banyak dibandingkan dengan pakan segar per satuan berat kering pakan. Hal ini disebabkan karena pakan segar mengandung lebih banyak air, sehingga daya tampung rumen cepat terpenuhi.
5. Lingkungan: lingkungan tempat ternak dipelihara sangat mempengaruhi konsumsi pakan. Ternak yang dipelihara

pada lingkungan yang panas akan mengkonsumsi pakan yang lebih rendah dibandingkan dengan ternak yang dipelihara pada ingkungan dingin atau nyaman.

Secara umum, konsumsi pakan dapat meningkat sejalan dengan meningkatnya berat badan (Amin, 1997), karena pada umumnya kapasitas saluran pencernaan meningkat dengan semakin meningkatnya berat badan, sehingga mampu menampung pakan dalam jumlah yang lebih banyak. Menurut Arora (1995), konsumsi pakan akan bertambah jika aliran pakan dalam rumen cepat. Hal ini disebabkan karena pakan yang mudah didegradasi oleh mikroba rumen akan secepatnya habis, sehingga rumen menjadi kosong dan secara naluri ternak akan mengkonsumsi pakan lagi. Seperti dilaorkan oleh Arora (1995), bahan pakan yang mudah dicerna akan meningkatkan kecepatan aliran pakan, sehingga konsumsi pakan akan meningkat (Arora, 1995). Dilaporkan juga bahwa kecepatan alir digesta dalam saluran pencernaan, terutama keluarnya dari retikulo-rumen menentukan jumlah pakan yang dikonsumsi. Sebaliknya, bahan pakan yang mengandung serat kasar tinggi, seperti rumput lapangan dan jerami, menyebabkan sukar dicerna sehingga kecepataan alirannya juga rendah (Tillman *et al.,* 1991).

Pakan dengan ukuran partikel yang kecil dapat dikonsumsi dalam jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan pakan yang ukuran partikelnya besar. Hal ini berarti bahwa konsumsi pakan yang lebih banyak menyebabkan alir digesta dalam saluran pencernaan menjadi lebih cepat (Susila, 1994). Ada hubungan yang erat antara kecernaan, kecepatan pencernaan, dan konsumsi pakan (Tillman *et al.,* 1991). Penambahan kecepatan konsumsi pakan sesuai dengan bertambahnya kecernaan pakan, di mana konsumsi bertambah bila diberikan pakan yang kecernaannya atau nilai cernanya tinggi (Arora, 1995).

Parakkasi (1995) menyatakan bahwa semakin meningkatnya nilai nutrisi suatu ransum akan meningkatkan konsumsi bahan

kering ransum sampai pada tingkat kecernaan bahan kering 70%. Ransum dengan tingkat kecernaan bahan kering yang lebih tinggi dari 70% akan menurunkan konsumsi bahan kering, karena kebutuhan ternak akan nutrisi telah terpenuhi. Sebaliknya, jika kecernaan rendah, akan meningkat konsumsi bahan kering untuk memenuhi kebutuhan akan nutrisi, akan tetapi sebelum kebutuhan akan nutrisi terpenuhi, ternak akan berhenti makan karena kapasitas rumen tidak mampu menampung lagi.

Ada tiga kemungkinan dari hubungan kecernaan dan tingkat konsumsi bahan kering pakan sebagai berikut ini.

1. Tidak terdapat hubungan antara kecernaan dan tingkat konsumsi; misalnya, jika ternak diberi silase yang banyak mengandung zat beracun, konsumsi menurun,
2. Terdapat hubungan positif antara keduanya itu; pakan dengan kecernaan rendah akan mengurangi konsumsi, karena pakan akan lebih lama berada dalam rumen sehingga tidak ada ruang yang tersedia dalam saluran pencernaan untuk memasukkan bahan pakan baru.
3. Terdapat hubungan negatif; jika pakan berkualitas tinggi, menyebabkan konsumsi akan menurun, karena sesungguhnya ternak mengkonsumsi pakan adalah untuk memenuhi kebutuhan akan energi dan protein. Oleh sebab itu, apabila kandungan nutrisi pakan tinggi, akan menyebabkan konsumsi pakan menurun, karena kebutuhan nutrisi ternak lebih cepat terpenuhi. Sebaliknya, apabila kandungan serat kasar pakan tinggi, maka konsumsi pakan akan meningkat. Hal ini disebabkan karena ternak masih kekurangan energi, sehingga ternak berusaha memenuhi kebutuhan akan energinya melalui peningkatan konsumsi pakan (Parakkasi, 1995).

Sifat fisik hijauan pakan ternak berhubungan dengan komposisi kimianya terutama dalam mempengaruhi palatabilitasnya. Hijauan makanan ternak yang mengandung

lignin tinggi palatabilitasnya lebih rendah daripada hijauan yang ligninnya rendah. Sifat pakan yang ”bulky” (”amba”) berpengaruh terhadap tingkat konsumsi; pakan hijauan yang kemampuannya mengisi lambung tinggi menyebabkan ternak akan makan sedikit, karena lambungnya cepat terasa penuh (Putra, 1992).

2.2 Peran Konsentrat

Konsentrat adalah pakan yang tinggi kandungan bahan ekstrak tiada nitrogen (BETN) dan rendah kandungan serat kasar (SK), yaitu lebih rendah dari 18%. Kandungan protein pakan ini dapat tinggi maupun rendah, sehingga konsentrat secara umum dapat dibagi menjadi dua, yaitu (1) konsentrat sumber energi dan (2) konsentrat sumber energi dan protein. Karena konsentrat relatif mengandung serat kasar yang rendah, maka hampir semua konsentrat mempunyai kecernaan yang tinggi.

Penggunaan konsentrat memegang peran penting dalam upaya meningkatkan produksi asam propionat selama biokonversi pakan dalam rumen. Secara alami, peningkatan produksi asam propionat tersebut ternyata dapat menurunkan produksi energi yang terbuang dalam bentuk gas metan (Orskov dan Ryle, 1990). Lebih lanjut dijelaskan bahwa dengan semakin tingginya asam propionat, maka prekursor pembentuk glikogen semakin banyak, sehingga dapat meningkatkan laju pertumbuhan ternak.

Biji-bijian mengandung sejumlah besar pati yang dengan mudah dapat dicerna dan diserap dalam rumen dan usus halus ternak ruminansia. Sebaliknya, protein dari butiran atau biji-bijian kebanyakan defisiensi akan asam amino lisin.

Suplementasi konsentrat pada tingkat 30% pada pakan dasar rumput/jerami padi atau hijauan makanan ternak yang lainnya dapat meningkatkan tambahan bobot badan harian sapi bali jantan antara 76,8-297,9 g/hari dibandingkan dengan tanpa suplementasi (Nitis dan Lana, 1983). Dengan suplementasi

konsentrat tersebut, kecernaan bahan kering, bahan organik, dan energi lebih tinggi daripada tanpa suplementasi. Peningkatan suplementasi konsentrat sampai 80% menyebabkan pertambahan bobot badan ternak juga semakin meningkat, tetapi efisiensi penggunaan ransum mulai menurun. Efisiensi penggunaan ransum yang optimal dicapai pada tingkat suplementasi 50-60% konsentrat.

2.3 Peran Serat Kasar

Serat kasar digolongkan menjadi dua, yaitu (1) karbohidrat struktural dinding sel tanaman yang mengandung lignin, selulosa, dan kitin, dan sangat sukar difermentasi dan (2) karbohidrat nonstruktural yang mengandung glukosa, fruktosa, sukrosa, maltosa, selubiosa, laktosa, dan amilasa/amilopektin yang mana di dalam rumen berperan sebagai energi yang mudah difermentasi. Karbohidrat di dalam rumen di rombak menjadi gula sederhana (selubiosa, maltosa, silosa, atau pentosa) yang kemudian dikonversi oleh mikroba rumen menjadi glukosa atau *glukosa-1-fosfat*. Selanjutnya, melalui proses glikolisis, akan terbentuk asam virupat. Hasil fermentasi tersebut kemudian masuk ke dalam darah melalui vena porta dan selanjutnya ke hati. Di dalam hati, asam virupat tersebut selanjutnya akan dirombak menjadi energi untuk keperluan proses metabolism dalam tubuh.

Pemberian pakan yang mengandung serat kasar secara bersamaan dengan konsentrat akan dapat saling menutupi kekurangan masing-masing bahan. Pemberian konsentrat yang dilakukan terlebih dahulu sebelum pemberian hijauan (serat) menyebabkan mikroba rumen cenderung memanfaatkan konsentrat terlebih dahulu sebagai sumber energi, sehingga mikroba rumen dapat berkembang dengan baik. Dengan meningkatnya populasi mikroba rumen, maka aktivitasnya juga meningkat dan selanjutnya pemanfaatan pakan hijauan (serat) juga meningkat.

2.4 Peran Karbohidrat

Pakan ternak ruminansia sebanyak 60-70% terdiri atas karbohidrat berupa selulosa, hemiselulosa, dan pati. Selulosa dan hemiselulosa tidak dicerna oleh enzim yang dihasilkan ternak ruminansia, tetapi dicerna oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba rumen (Tillman *et al.,*1991).

Mikroba rumen memfermentasi dan mengubah sejumlah besar komponen karbohidrat menjadi *Volatile Fatty Acid* (VFA) yang menghasilkan energi dalam bentuk *Adenosine Tri Phosphate* (ATP). Tubuh atau sel mikroba mengandung 40-60% protein, karena itu sangat diperlukan energi yang mudah tersedia berupa ATP untuk keperluan sintesis protein (Preston dan Leng, 1987). Selain itu, ATP tersebut digunakan untuk mempertahankan kelestarian aktivitas mikroba itu sendiri.

Pada tingkat pertama, pencernaan karbohidrat dalam rumen dikatalisis oleh enzim ekstraseluler (Tillman *et al.,* 1991). Urutan bahan yang difermentasi dalam rumen adalah glukosa, xylosa, pati, dan selulosa (Arora, 1995). Karbohidrat mengalami fermentasi anaerob oleh mikroba rumen menjadi VFA, gas metan, dan karbon dioksida (CO_2).

Asam lemak atsiri (VFA) yang dihasilkan dalam rumen terdiri atas: asam asetat sebanyak 63%, asam propionat 21%, asam butirat, asam valerat, dan lain-lainnya sebanyak 16%. Banyaknya VFA yang dihasilkan di dalam rumen sangat bervariasi antara 200-1500 mg/100 ml cairan rumen. Produksi VFA tersebut sangat tergantung pada jenis ransum yang dikonsumsi (McDonald *et al.,* 1988). Pemberian pakan yang mengandung karbohidrat mudah larut akan menghasilkan produksi VFA yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pakan yang mengandung serat tinggi (karbohidrat sulit larut). Ransum yang kaya pati, produk akhir fermentasinya adalah berupa asam lemak atsiri dengan proporsi asam propionat yang relatif lebih besar dibandingkan dengan ransum yang tinggi serat kasarnya. Sebaliknya, ransum yang

kaya serat kasar, maka porsi produk fermentasinya yang lebih besar adalah asam asetat jika dibandingkan dengan ransum yang kaya pati (Arora, 1989).

Asam lemak atsiri (VFA) mempunyai peran ganda, yaitu sebagai sumber energi bagi ternak dan sumber kerangka karbon bagi pembentukan protein mikroba (Sutardi *et al.,* 1983). Peningkatan konsentrasi VFA dalam rumen mencerminkan peningkatan protein dan karbohidrat pakan yang mudah larut (Davies, 1982). Pada proses fermentasi yang normal, kadar VFA total cairan rumen sekitar 70-130 mM (Sutardi, 1980). Untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen yang maksimal, diperlukan kadar VFA sebesar 80-160 mM (Sutardi, 1979). Lebih lanjut, dijelaskan bahwa laju pertumbuhan mikroba dalam rumen tergantung pada ketersediaan karbohidrat.

Fahey dan Berger (1988) menyatakan bahwa karbohidrat nonstrutural, seperti pati akan dipecah menjadi maltosa yang segera difermentasi oleh mikroba *Saccharolitic*. *Spesies* bakteri yang memecah pati pada pakan dalam rumen adalah *Bacteroides amylophyllus, Streptococcus boviis, Succinimonas amylolytica,* dan *Succinivibrio dextriosolvens.*

Mikroba rumen akan menghidrolisis karbohidrat menjadi monosakarida dan disakarida yang selanjutnya akan difermentasi menjadi asam lemak atsiri, terutama asam asetat, propionat, dan butirat. Asam lemak atsiri tersebut selanjutnya akan diserap melalui dinding rumen bersamaan dengan gas metan (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2). Asam lemak atsiri (VFA) merupakan sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Menurut Ensminger *et al*. (l990), sumbangan energi yang berasal dari asam lemak atsiri dapat mencapai 60-80% dari kebutuhan energi ternak ruminansia. Asam lemak atsiri akan diserap pada dinding retikulum, rumen, dan omasum (Fangel dan Wagner, l984). Menurut Sutardi *et al.* (1983), kadar VFA di dalam rumen yang berkisar antara 80-160 mM telah mencukupi kebutuhan untuk sintesis protein mikroba rumen secara optimal.

Degradasi komponen dinding sel tanaman di dalam rumen dilakukan oleh kombinasi antara bakteri, fungi, dan protozoa. Bakteri bersama fungi mampu mendegradasi komponen dinding sel tanaman sebanyak lebih kurang 80% dan sisanya lebih kurang 20% dilakukan oleh protozoa.

Pencernaan karbohidrat di dalam rumen ternak ruminansia berlangsung karena adanya enzim yang dihasilkan oleh mikroba rumen, terutama fungi bekerjasama dengan bakteri selulolitik dan amilolitik serta protozoa. Di dalam rumen, partikel pakan yang terutama berupa polimer karbohidrat, mengalami degradasi yang sangat intensif menjadi monomer. Bentuk monomer tersebut oleh mikroba rumen difermentasi menjadi piruvat melalui lintasan *Embden Meyerhorf* dan lintasan *Pentosa Posfat* (Erwanto, 1995). Piruvat adalah bentuk produk intermedier yang segera dimetabolis untuk membentuk produk utama pencernaan fermentatif dalam rumen, yaitu asam-asam lemak rantai pendek yang biasa disebut asam lemak atsiri (VFA).

Asam asetat, propionat, butirat, CO_2, gas metan, dan hidrogen adalah hasil akhir pencernaan mikroba dari metabolisme karbohidrat makanan (Tillman *et al.,* 1991). Gas $C0_2$, metan, dan hidrogen merupakan bentuk energi yang tidak bermanfaat bagi ternak yang akan dikeluarkan dari dalam rumen melalui proses eruktasi. Selain itu, juga dihasilkan asam lemak rantai cabang, yaitu *iso butirat* dan *iso valerat*. Asetat adalah produk akhir utama dari pakan yang kaya akan serat kasar, sedangkan pakan yang kaya akan pati menghasilkan propionat yang relatif lebih banyak (Arora, 1995).

Selulosa merupakan salah satu fraksi serat kasar tanaman yang sangat sulit/tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan hewan, sebagai sumber energi untuk mikroorganime dalam rumen. Supaya dapat digunakan oleh mikroba rumen, maka selulosa terlebih dahulu harus diuraikan menjadi senyawa dengan berat molekul rendah, seperti mono-, di-, dan tri-sakarida. Degradasi tersebut melibatkan kompleks enzim selulase yang

dihasilkan oleh mikroba. Fraksi selulosa tersebut merupakan komponen yang paling besar sebagai penyusun dinding sel tanaman yang sudah masak, yaitu sekitar 40-50% (Wainwright, 2002). Selulosa tersebut hanya dapat didegradasi oleh dua enzim utama yang dikeluarkan oleh fungi, yaitu endo-beta-glucanase dan beta glucosidase. Dilaporkan juga bahwa salah satu khamir dari kelompok *Cryptococcus* merupakan khamir yang mampu memproduksi enzim endo (1-4)b-xylanase, yang mampu mendegradasi fraksi serat kasar yang sulit dicerna, yaitu *xylan*.

Menurut Orpin dan Joblin (1988), sebagian besar polisakarida tanaman difermentasi oleh fungi dalam rumen dan hampir 50% komponen selulosa dan hemiselulosa tanaman dicerna oleh fungi, sedangkan bakteri *Ruminococcus albus* hanya mampu mencerna 8%.

Kamir dari kelompok *Cryptococcus*, bersama dengan *Candida*, dan *Hensula* dalam industri peternakan skala luas banyak digunakan untuk memproduksi protein sel tunggal (*single cell protein*) dan enzim lipase (Wainwright, 2002).

Selulase merupakan kelompok enzim yang mengkatalisis degradasi selulosa yang dibangun oleh struktur ikatan b-1, 4 glukosa (Alexander, 1977). Dilaporkan bahwa beberapa tahun terakhir ini, diketahui ada tiga jenis enzim yang termasuk dalam kelompok enzim selulase, yaitu (i) endo-1, 4-b-gluconase; (ii) exo-1, 4-b-gluconase; dan (iii) b-D-glucosidase, yang dapat memecah ikatan selulosa secara acak (Balir dan Kevin, 1999). Hasil akhir dari degradasi selulase adalah glukosa, cellobiosa, dan oligosakarida yang mempunyai berat molekul yang tinggi.

Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut merupakan katalis biologis dalam proses metabolisme untuk mempercepat dan meningkatkan efisiensi proses proses tersebut. Secara umum, enzim yang digunakan pada pakan adalah produk fermentasi dari mikroorganisme, baik fungi maupun bakteri. Enzim yang diproduksi oleh bakteri termasuk ß-gluconase dan endoprotease dari *Bacillus subtilis, pullunase* dari

Bacillus acidophilus. Selanjutnya, yang berasal dari fungi adalah pektinase dari *Aspergillus niger, sellulase* dari *Trichoderma ressei* atau *T.verideae*.

Menurut Fangel dan Wagner (l984), produksi asam asetat (C_2) dalam cairan rumen adalah 65%, asam propionat (C_3) 25%, dan asam butirat (C_4) adalah 10%. Energi pakan dalam bentuk asam lemak terbang ini mencapai 75%, sisanya sebagai produksi gas metan (CH_4) sebesar 12,40%, panas fermentasi sebesar 6,40%, dan sekitar 6,20% digunakan oleh mikroba rumen sebagai sumber energi dalam bentuk adenosine triphosfat (ATP). Dilaporkan juga bahwa komponen asam lemak terbang yang termasuk glukogenik adalah asam propionat, sedangkan asam asetat dan butirat tidak termasuk kelompok ini.

2.5 Peran Protein

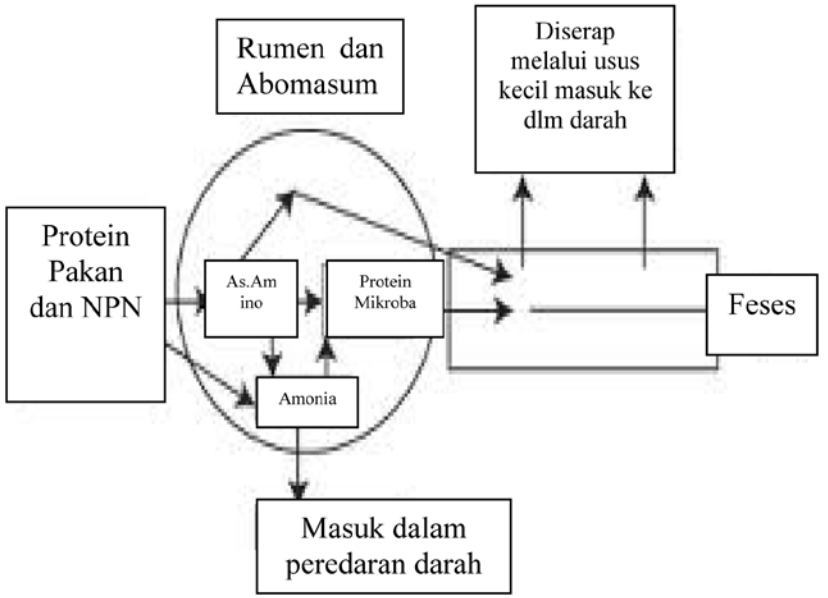
Protein adalah senyawa organik kompleks yang mempunyai molekul tinggi dan mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, serta nitrogen (Tillman *et al*., 1991). Edey (1983) menyatakan bahwa kunci dari struktur protein adalah asam amino, sehingga kualitas protein ditentukan oleh keseimbangan asam amino.

Ternak membuat protein jaringan tubuhnya terutama dari berbagai asam amino hasil pencernaan protein yang terdapat pada bahan pakan yang dimakan (Anggorodi, 1994). Asam amino untuk ternak induk semang juga berasal dari protein yang lolos degradasi atau *By Pass Protein*, protein mikroba rumen yang tercerna dan terserap dalam usus, serta dari hasil fermentasi rumen (McDonald *et al*., 1995).

Perombakan protein oleh enzim proteolitik dalam rumen menghasilkan peptida dan asam-asam amino. Produk ini sebagian besar akan mengalami katabolisme lebih lanjut (deaminasi) sehingga dihasilkan amonia (NH_3). Kegiatan deaminasi asam-asam amino menghasilkan amonia yang bersifat konstitutif, yang

artinya bahwa mikroba rumen akan terus melakukan deaminasi terhadap asam amino, walaupun telah terjadi akumulasi amonia yang cukup tinggi di dalam rumen (Sutardi, 1976).

Protein pakan dan NPN dalam rumen akan dirombak menjadi asam amino dan amonia untuk selanjutnya disintesis menjadi protein mikroba, kemudian masuk ke dalam abomasum dan selanjutnya dalam usus kecil diabsorpsi masuk ke dalam aliran darah. Bagan alirnya tersaji pada Gambar 2.1.

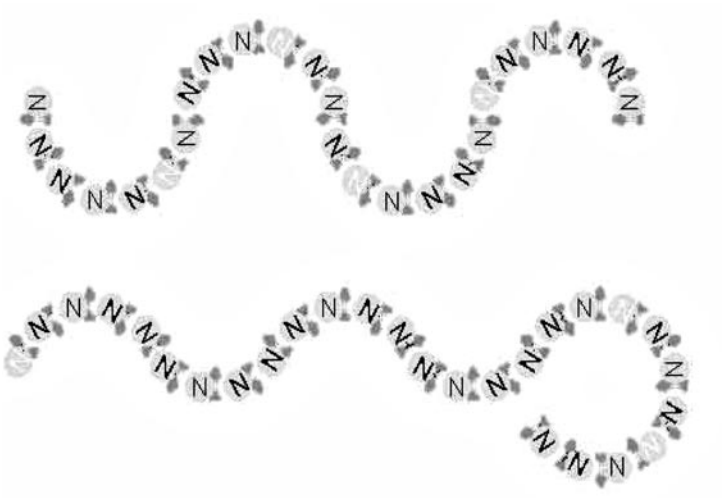


Gambar 2.1. Bagan alir protein pakan dan NPN di dalam rumen ternak ruminansia (McDonald *et al*., 1995)

Dalam rumen, sekitar 80% spesies mikroba rumen mampu menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein. Bakteri rumen adalah pengguna amonia sebagai sumber nitrogen yang paling efisien (Schaefer *et al*., 1980). Di samping dimanfaatkan oleh mikroba rumen, amonia yang dihasilkan juga diserap oleh darah melalui dinding rumen dibawa ke hati dan diubah menjadi urea. Beberapa urea ini mungkin dikembalikan

ke rumen melalui saliva dan juga langsung menembus dinding rumen, tetapi sebagian besar dikeluarkan bersama urine dan kemudian dibuang (Hungate, 1966).

Protein dapat kita bagi menjadi dua kelas utama, yaitu protein kasar ("crude protein") dan protein sejati ("true protein"). Protein sejati tersusun atas asam amino berantai panjang dan setiap proteinnya menjadi berbeda, karena tersusun atas 20 asam amino yang urutannya unik seperti tersaji pada Gambar 2.2. Setiap protein memiliki karakteristik yang unik karena bentuk dan urutan asam aminonya. Kebanyakan protein terdiri atas beberapa ratus sampai sekian ribu rantai asam amino.



Gambar 2.2. Diagram skematik dari protein sejati

Di dalam analisis laboratorium pakan, protein dipisahkan dari karbohidrat dan lipid, karena kandungan nitrogen (N) pada protein tersebut adalah secara umum, dan protein pakan biasanya mengandung 16% nitrogen. Pemisahan tersebut memungkinkan peneliti untuk mengestimasi kandungan protein dari sebuah bahan pakan dengan cara melakukan pengukuran terhadap kandungan N-nya untuk kemudian dikalikan dengan bilangan

6,25 (perbandingan terbalik dari 16%). Meskipun demikian, tidak semua nitrogen di dalam bahan pakan adalah protein. Nitrogen yang bukan protein tersebut disebut dengan istilah Non-protein Nitrogen (NPN).

Non-protein Nitrogen dapat ditemukan dalam komponen pakan, seperti urea, garam amonia, dan asam amino tunggal. Oleh sebab itu, nilai yang didapat dari hasil perkalian total N dengan 6,25 biasa disebut protein kasar ("*c*rude protein"). Sekian persen dari protein kasar yang terdapat dalam bahan pakan yang dikonsumsi oleh sapi ("intake protein") diuraikan oleh mikroba di dalam rumen sapi.

Karena protein pada bahan pakan yang dapat terurai dengan cepat kebanyakan memiliki sifat mampu larut (*soluble)*, maka pengukuran protein terlarut (*soluble protein*) pada skala laboratorium dapat dianggap menunjukkan proporsi dari protein kasar yang terurai, yang mana protein tersebut adalah zat yang paling cepat diuraikan di dalam rumen. Meskipun begitu, sangat penting untuk selalu diingat bahwa beberapa sumber protein terlarut, misalnya tepung darah relatif terurai lebih lambat.

Hasil penelitian Partama (2006) menunjukkan bahwa suplementasi 0,40% mineral dalam ransum berbasis jerami padi amoniasi urea, secara signifikan dapat meningkatkan N-tercerna dan N-teretensi masing-masing: 7,93% dan 16,80% lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (tanpa suplementasi mineral). Lebih rinci hasil penelitian tersebut tersaji pada Tabel 2.1.

Proses metabolisme protein dalam rumen cukup kompleks. Amonia selain berasal dari protein, juga berasal dari senyawa nitrogen bukan protein (NPN). Jumlah amonia yang dapat dipergunakan oleh bakteri sangat tergantung dari jumlah bakteri dan kecepatan bakteri tumbuh. Kecepatan produksi amonia empat kali lebih besar daripada penggunaan amonia oleh mikroba rumen, sehingg amonia terakumulasi di dalam cairan rumen.

Tabel 2.1. Utilisasi nitrogen pada sapi bali penggemukan yang diberi ransum berbasis jerami padi amoniasi urea disuplementasi mineral

Peubah	Suplementasi Mineral			SEM
	0%	0,2%	0,4%	
Konsumsi-N (g)	89,66	86,36	95,29	1,26
N-feses (g)	29,47	28,31	30,20	0,22
N-urin (g)	22,86	19,31	21,35	0,82
N-tercerna (g)	60,31	58,06	65,09	1,16
N-teretensi (g)	37,45	38,74	43,74	1,39
Nilai Biologis (%)	66,08	66,69	67,16	1,53

Sumber: Partama (2006)

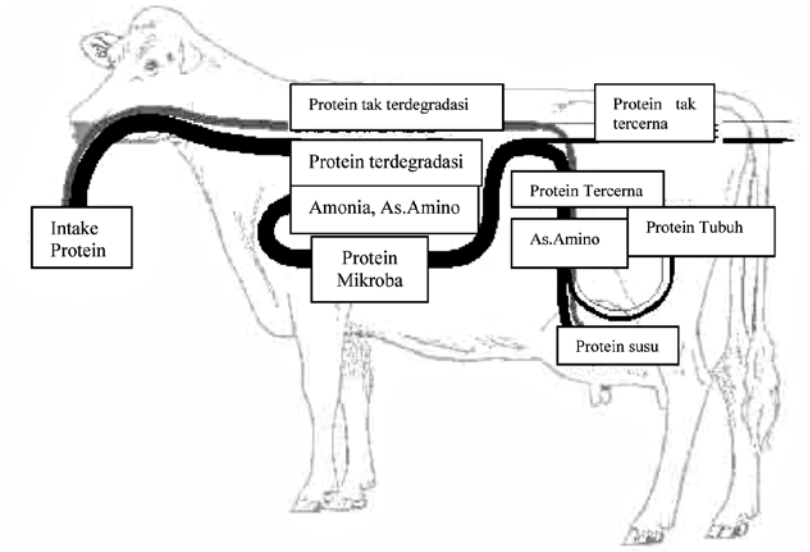
Proses pembentukan protein mikrobial di dalam rumen memerlukan energi dan hal ini menunjukkan adanya ketergantungan antara metabolisme protein dan energi. Protein mikroba sangat penting artinya dalam penyediaan kebutuhan akan protein untuk induk semang (ternak). Nitrogen untuk mikroba rumen dapat berasal dari beberapa sumber, di antaranya:

1. degradasi protein pakan,
2. daur ulang urea melalui saliva,
3. daur ulang urea melalui darah, dan
4. nitrogen endogenus dari dinding rumen.

Sumber protein pakan adalah berupa protein murni dan nitrogen bukan protein (NPN). Urea dalam rumen dihidrolisis menjadi NH_3 dan CO_2. Proses hidrolisis tersebut berlangsung karena adanya aktivitas enzim urease yang diproduksi oleh mikroba rumen (Cullison, 1982). Fermentasi protein dalam rumen menghasilkan asam amino, peptida, dan amonia.

Hasil keluaran dari penguraian protein sebagian besar adalah amonia dan asam amino yang digunakan untuk sintesis sel mikroba untuk menggantikan sel mikroba lain yang tersapu

bersama bahan pakan lain dari rumen, dan terutama, menuju usus kecil (*small intestine*), selanjutnya terdistribusi ke dalam protein tubuh dan susu. Protein pakan yang dikonsumsi oleh sapi sebagain besar mengalami degradasi oleh mikroba rumen menjadi amonia dan asam amino yang selanjutnya digunakan untuk pembentukan protein mikroba. Protein mikroba selanjutnya akan lisis setelah memasuki abomasum yang disebabkan oleh pH abomasum yang sangat rendah (berkisar antara 2-3). Setelah abomasum, protein selanjutnya masuk ke dalam usus kecil di mana protein akan mengalami hidrolisis oleh enzim pencernaan menjadi menjadi asam amino yang kemudian terdistribusi ke dalam protein susu dan protein tubuh. Lebih rinci tersaji pada Gambar 2.3. Protein pakan yang lolos dari degradasi mikroba rumen (protein tak terdegradasi) langsung masuk ke dalam usus kecil yang selanjutnya keluar bersama feses.

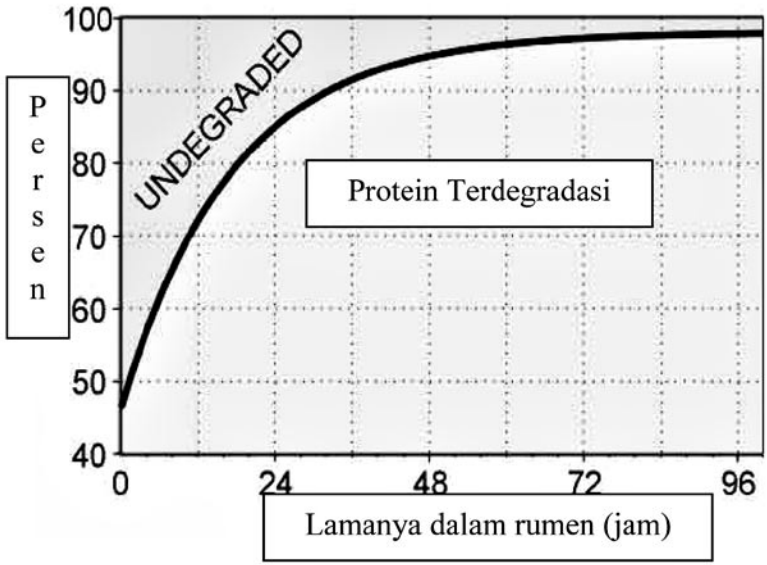


Gambar 2.3. Aliran protein pada sapi laktasi (Owens dan Zinn, 1988)

Pada saat protein sedang diuraikan dalam rumen, sisa bakan pakan (*feed residue*) juga mengalir keluar dari rumen

menuju omasum dan abomasum untuk selanjutnya masuk ke dalam usus kecil. Oleh sebab itu, manakala kecepatan penguraian protein (di dalam rumen) kalah cepat dengan aliran keluar sisa bahan pakan, maka bahan protein tersebut lolos dari penguraian mikroba rumen.

Pada bahan pakan yang merupakan bahan protein lambat terurai, makin lambat tingkat perjalanan bahan (*passage rate*) tersebut melalui rumen, maka semakin banyak mikroba rumen memiliki kesempatan untuk menguraikan bahan tersebut, yang menyebabkan nilai *undegradable intake protein* semakin kecil.



Gambar 2.4. Laju degradasi protein pakan dalam rumen (Owens dan Zinn, 1988)

Karena tempo dan irama penyimpanan rumen akan mempengaruhi tingkat kemampuan urai dari rumen, nilai pelepasan dari sebuah bahan pakan tidak konstan, tetapi akan berubah-ubah seiring dengan tingkat penyerapan nutrien. Laju degradasi protein kasar pakan dalam rumen tersaji pada Gambar 2.4. Dua puluh empat jam setelah protein pakan berada dalam

rumen, maka lebih kurang 85% protein pakan sudah mengalami degradasi (*degraded*) oleh mikroba rumen dan sisanya sekitar 15% tidak terdegradasi (undegraded).

Rate of passsage akan meningkat manakala asupan makanan ditingkatkan. Oleh sebab itulah, nilai *undegradable intake protein* akan lebih kecil manakala sumber bahan pakan protein lepas, seperti tepung jagung (*corn gluten meal*) diberikan pada sapi perah periode masa kering yang mengkonsumsi bahan kering (*dry matter*) sebanyak 2% bobot tubuh, dibandingkan dengan sapi perah yang sedang berproduksi (laktasi) yang mengkonsumsi pakan dua kali lebih banyak (4% bobot tubuh).

2.6 Peran Mineral

Mineral adalah bahan anoganik, bahan kimia yang didapat makhluk dari alam, yang bersumber dari tanah. Mineral ada yang larut dalam air kemudian masuk tubuh lewat air minum atau air yang dipakai untuk mencuci sayur dan memasak.

Mineral biasanya masuk ke dalam tubuh dalam bentuk garam elektrolit. Elektrolit ialah bentuk ion dari mineral tersebut, bermuatan listrik positif (+) atau negatif (-). Ada sebagian mineral dipakai oleh sel sebagai poros atau inti suatu molekul, dan ada pula dipakai untuk menghubungkan suatu cabang ke batang suatu molekul.

Banyak unsur di dalam tanah masuk ke dalam tubuh ternak lewat saluran pencernaan begitu saja, tanpa diabsorpsi dinding usus, selanjutnya keluar lagi bersama tinja atau feses. Mineral dapat juga masuk ke dalam tubuh ternak melalui saluran pernafasan dan bukan lewat saluran pencernaan, yang melekat dan mengendap di antara sel-sel alveolus.

Suplementasi mineral dalam ransum dapat memperbaiki kecernaan ransum (bahan kering), protein kasar, dan serat detergen asam, serta meningkatkan populasi mikroorganisme rumen, sehingga dapat meningkatkan penampilan sapi

sampai 15% lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tanpa suplementasi mineral (Erwanto, 1995).

Mineral yang masuk ke dalam tubuh lewat pakan sebagian diabsorpsi oleh dinding usus dan digunakan untuk berbagai kebutuhan hidup. Mineral yang digunakan oleh tubuh umumnya adalah: Fe (ferum, zat besi), Ca (kalsium, zat kapur), Na (natrium), K (kalium), Cl (klor), Mg (magnesium), P (phosphor, fosfor), S (sulfur, belerang), Zn (zink, seng) I (iodium), F (flor), Co (cobalt), dan St (strontium).

Meningkatnya aktivitas enzim mikroba akan dapat meningkatkan kecernaan nitrien dalam rumen, sehingga konsumsi pakannya meningkat pula. Defisiensi mineral Zn ternyata dapat menurunkan selera makan yang berdampak pada penurunan konsumsi pakan (Elurtidjo, 1993), dapat meningkatkan populasi bakteri, meningkatkan sintesis protein mikroba, kecernaan, dan pertambahan berat badan sapi (Putra,1999).

Suplementasi mineral dan vitamin tidak saja untuk memenuhi sintesis protein mikroba, juga untuk memenuhi kebutuhan induk semang atau ternak. Defisiensi salah satu mineral atau vitamin menyebabkan komposisi kimia ransum kurang seimbang, sehingga berpengaruh terhadap tingkat konsumsi ransum dan produktivitas ternak (Parakkasi, 1998).

Uraian di atas menunjukkan bahwa mineral maupun vitamin sangat berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme rumen, yang secara umum menentukan dalam proses fermentasi pakan berserat tinggi, sehingga dapat meningkatkan kecernaan pakan. Penambahan mineral dan vitamin dalam ransum berbasis jerami padi perlu dilakukan dengan harapan kecernaan dan konsumsi pakan dapat meningkat, sehingga pertumbuhan ternak maksimal. Rendahnya kualitas jerami padi berakibat tidak optimalnya jerami padi sebagai pemasok nutrien bagi ternak sapi. Oleh karena itu, pemanfaatan jerami padi sebagai pakan sapi harus dilengkapi dengan bahan pakan sumber energi, protein, mineral, dan vitamin (Parakkasi, 1998).

Fungsi mineral secara umum dalam tubuh ternak antara lain:

1. pembangun kerangka tubuh dan gigi seperti Ca dan P;
2. komponen dari ikatan-ikatan organik (protein dan lipida), seperti dalam urat daging, darah, dan jaringan lemak;
3. menjadi komponen atau pengaktif beberapa enzim (katalisator reaksi-reaksi dalam sistem biologis); dan
4. sebagai garam-garam yang larut dalam darah atau cairan tubuh lainnya dalam rangka mengatur tekanan osmosa dan keseimbangan asam basa yang penting untuk merespon urat saraf atau urat daging. Demikian pula dalam saliva terkandung mineral, seperti Na, K, Cl, P, S, dan Mg dan mineral tersebut sering pula dinamakan elektrolit tubuh.

Defisiensi atau ketidakseimbangan mineral pada ternak ruminansia telah dilaporkan di hampir seluruh penjuru daerah tropis. Mineral yang umum diketahui atau dicurigai defisiensi di Indonesia adalah mineral P, Co, Se, Zn, dan Si, sedangkan yang dicurigai berlebihan yang dapat menimbulkan keracunan adalah Mn (McDowell *et al*., 1983).

2.6.1. Mineral Kalsium (Ca)

Mineral kalsium masuk ke dalam tubuh lewat makanan dan minuman, seperti hijauan dan kacang-kacangan, serta banyak pula terkandung dalam air minum yang diberikan. Mineral Ca ini sulit diabsorpsi dari usus, dan hanya lebih kurang setengah dari yang dikonsumsi dapat dimanfaatkan, selebihnya dibuang lewat feses. Absorpsi dalam usus berkurang bila tubuh kekurangan vitamin D.

Mineral Ca dalam darah terdapat dalam plasma, sebagian dalam bentuk ion dan sebagian lagi bergabung dengan protein. Kadar Ca dalam darah dikontrol oleh hormon parathormon yang dikeluarkan oleh kelenjar anak gondok. Mineral Ca yang berlebihan dalam jaringan akan dibuang lewat feses dan kencing.

Mineral kalsium berguna untuk membentuk tulang dan gigi. Peran yang sangat penting ialah untuk memelihara kelancaran perangsangan saraf dan kerutan otot. Jika mineral ini defisiensi, maka tulang dan gigi akan menjadi rapuh atau lunak.

2.6.2. Mineral P (Phosphor)

Mineral P memegang peran utama dalam memelihara struktur dan fungsi fisiologi tubuh ternak. Adenosin trifosfat (ATP), asam nukleat, membran, protein, dan berbagai enzim mengandung P dalam bentuk ikatan fosfat. Untuk melepaskan glukosa dari glikogen sebagai sumber energi dan untuk mengubah glukosa menjadi glikogen yang akan disimpan dalam hati dan otot, maka diperlukan gugus fosfat sebagai pelaksana reaksi. Unsur ini diabsorpsi tubuh dari usus berupa ion fosfat yang selanjutnya bergabung dengan bahan anorganik dan sebagian kecil dengan bahan organik; dalam bahan organik, misalnya, dalam kasein susu, fosfolipida, dan asam nukleat.

Sumber mineral P yang penting adalah susu, keju, telur, daging, ikan, sereal, dan hijauan. Dalam sereal atau kacang kacangan, unsur ini berada dalam bentuk asam fitat yang sulit diabsorpsi. Lagi pula, asam ini dapat menghalangi reabsorpsi Fe dan Ca. Gandum mengandung enzim fitase yang dapat merombak asam fitat menjadi inositol dan asam fosfat. Dalam bentuk garam anorganik, unsur ini mudah diabsorpsi dari usus. Dalam darah, unsur ini sangat penting artinya karena ikut berperan sebagai konstituen eritrosit dan plasma darah. Kelebihan mineral P sebagian besar dibuang lewat kemih dan sebagian kecil lewat feses.

Kebutuhan akan mineral ini meningkat pada ternak bunting dan menyusui. Enzim fosfatase memecah fosfoglukosa menjadi glukosa dan asam fosfat. Mineral P dalam tulang rawan diperlukan untuk proses pembentukan tulang. Unsur ini juga diperlukan dalam memelihara kelancaran fungsi ginjal dalam menyaring ampas metabolisme untuk jadi kemih. Enzim

fosfatase juga dapat diekskresikan oleh kelenjar prostat ke dalam air mani. Pada darah pasien kanker prostat, bila kadar enzim ini tinggi dapat dipakai sebagai diagnosa apakah prostat seorang pria sudah mengalami kanker atau belum.

Tulang mengandung sekitar 60% garam anorganik P dan 40% garam organik, terutama dalam bentuk osein. Selain itu, dalam tulang ada berbagai unsur mineral lain, yaitu Ca, Mg, Na, K, Str, dan Fe. Mineral dalam tulang adalah berupa apatit, garam Ca-fosfat, dan kapur ($CaCO_3$). Gigi juga banyak mengandung unsur P. Lapisan email dan dentin mengandung Ca-fosfat berkadar tinggi, tetapi lebih rendah kadar $CaCO_3$ dibandingkan dengan tulang. Mineral tulang, termasuk garam fosfat, terus menerus mengalami perombakan atau penumpukan, sesuai dengan kebutuhan dalam metabolisme tubuh.

2.6.3. Unsur N (Nitrogen)

Unsur nitrogen berguna untuk membentuk protein, ATP, dan asam nukleat. Apabila tidak ada ketiga unsur ini (protein, ATP, dan asam nukleat), maka tidak akan terbentuk sel, dan berarti tidak ada kehidupan. Unsur ini banyak terkandung dalam sayur, buah, umbi, dan biji-bijian. Biasanya unsur ini masuk ke dalam tubuh ternak dalam bentuk nitrat (NO_3-). Di udara banyak terkandung unsur ini dalam bentuk N_2. Oleh kilat atau petir, dan oleh bantuan bakteri, maka N_2 di udara diubah menjadi NO_3-. Nitrogen baru bisa diisap oleh akar tumbuhan apabila dalam bentuk NO_3-, yang selanjutnya digunakan untuk mensintesis protein, asam nukleat, vitamin, dan beberapa bahan organik lain. Petani umumnya memberi tumbuhan pupuk yang mengandung banyak nitrat yang dibuat pabrik yang sering disebut dengan pupuk nitrat. Kelebihan unsur ini akan dibuang dalam bentuk amonia (NH_3), asam urat, dan urea.

2.6.4. Mineral Zn (Seng)

Mineral Zn banyak dijumpai sebagai komponen penyusun jaringan epidermis, seperti kulit, bulu, dan wool; serta dalam jumlah yang kecil didapatkan pula dalam komponen tulang, urat daging, darah, dan berbagai organ lainnya. Mineral Zn ini berfungsi untuk kelancaran produksi sperma. Jika kadar unsur ini kurang dalam tubuh, maka ada indikasi keinfertilan ternak jantan.

Menurut Arora (1995), mineral seng dan sulfur sangat penting untuk meningkatkan aktivitas mikroba rumen. Defisiensi mineral seng dan sulfur dapat menurunkan kecernaan bahan kering ransum, baik secara *in vivo* maupun *in vitro.* Suplementasi mineral sulfur dalam bentuk amonium sulfat dapat meningkatkan kecernaan serat ransum, meningkatkan populasi mikroba rumen, dan meningkatkan pertambahan berat badan sapi sampai 15% lebih tinggi daripada tanpa suplementasi.

Suplementasi mineral Zn dalam ransum dapat meningkatkan kecernaan ransum, populasi mikroba rumen, dan meningkatnya aktivitas fermentasi rumen, sehingga berpengaruh positif terhadap pertambahan berat badan sapi (Erwanto, 1995). Mineral Zn juga sangat berperan dalam produksi enzim, proses metabolisme asam nukleat, sintesis protein, dan metabolisme karbohidrat (McDonald *et al.,* 1995).

Suplementasi mineral Zn dalam ransum dapat mengaktifkan beberapa enzim, di antaranya enzim karboksi peptisidase, dan thymidine kinase, serta bertanggungjawab dalam sintesis asam nukleat (RNA dan DNA) melalui pengaktifan ensim RNA polimerase dan DNA polimerase, sintesis protein, dan metabolisme karbohidrat (McDonald *et al*., 1995). Suplementasi 50 mg Zn asetat/kg ransum nyata dapat meningkatkan aktivitas mikroba rumen, sintesis mikroba rumen, sintesis protein mikroba, kecernaan bahan kering pakan, dan pertambahan berat badan (Putra, 1999).

Mineral Zn juga sangat penting untuk produksi enzim dehidrogenase, peptidase, dan fosfatase yang terlibat dalam proses metabolisme asam nukleat, sintesis protein, dan metabolisme karbohidrat (McDonald *et al.*,1995). Suplementasi Zn berbentuk Zn asetat dalam ransum dapat meningkatkan aktivitas mikroba rumen, sintesis protein mikroba, kecernaan bahan kering ransum, dan pertambahan bobot hidup sapi (Putra, 1999). Defisiensi mineral Zn dapat menurunkan kecernaan bahan kering ransum karena menurunnya aktivitas enzim pencernaan (Zewska *et al*., 1993).

Partama *et al.* (2003) melaporkan bahwa sapi bali penggemukan yang diberi pakan komplit berbasis jerami padi amoniasi urea dengan suplementasi mineral dan vitamin dapat mencapai pertambahan bobot hingga 0,90 kg/hari. Dilain pihak, pertambahan bobot badan sapi yang diberi ransum tanpa suplementasi mineral dan vitamin sebesar 0,65 kg/hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa suplementasi mineral dan vitamin dalam ransum dapat meningkatkan aktivitas mikroba dan sintesis protein mikroba rumen, sehingga akan berdampak pada peningkatan kecernaan ransum.

Mineral pada pakan, khususnya jerami padi masih terikat dengan fitat maupun senyawa kompleks lainnya, sehingga sangat sulit tersedia bagi mikroba rumen maupun untuk ternak inang. Ketersediaan mineral yang tinggi sebagai akibat adanya suplementasi mineral ke dalam pakan yang diberikan menyebabkan aktivitas mikroba rumen meningkat, yang berdampak pada peningkatan degradasi pakan berserat. Hal senada dilaporkan oleh Lieberman dan Brunning (l990) bahwa mineral ternyata dapat memacu aktivitas DNA dan RNA polymerase. Kondisi ini akan dapat menciptakan keseimbangan neurohormonal, sehingga aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba rumen maupun ternak inang meningkat sesuai dengan fungsinya masing-masing.

2.7 Peran Vitamin

Bahan pakan yang diberikan sehari-hari pada ternak ruminansia, mengandung berbagai macam vitamin dalam jumlah yang relatif kecil bila dibandingkan dengan kandungan energi dan protein pakan. Akan tetapi, ketersediaan vitamin dalam pakan yang diberikan sangat vital sekali artinya untuk metabolisme dalam tubuh ternak.

Umumnya, peternak dan formulator ransum lebih suka mengabaikan tentang kadar vitamin yang telah ada dalam bahan pakan yang akan dipakai untuk penyusunan ransum. Hal ini dimungkinkan karena dewasa ini sudah banyak beredar dipasaran suplemen vitamin dengan berbagai Merk dagang. Pertimbangan peternak untuk menggunakan suplemen vitamin disebabkan adanya proses pelayuan, pengeringan, dan penyimpanan hijauan pakan yang dapat merusak atau menghilangkan kandungan vitamin dalam hijauan pakan tersebut.

Vitamin A sangat esensial dalam memelihara jaringan epithel di seluruh tubuh bagian luar maupun bagian dalam, agar jaringan tersebut dapat berfungsi dengan normal. Jaringan epithel yang dimaksud terutama dari mata, alat-alat pernafasan, pencernaan, alat reproduksi, saraf, dan sistem kelenjar endokrin, serta pembuangan urine (Parakkasi, 1998).

Semua ternak ruminansia memerlukan vitamin A. Vitamin tersebut tidak terdapat dalam bahan pakan nabati secara aktif, akan tetapi dalam bentuk provitamin (karoten) yang dapat diubah menjadi bentuk aktif di dalam tubuh ternak. Beberapa bentuk aktif dari provitamin A, yaitu β-karoen, α-karoten, γ-karoten, β-zeakaroten, cryptoxanthin, citoxanthin, dan β-karoten monoepoxid.

Penambahan vitamin D dalam ransum yang kekurangan vitamin D dan mineral Ca dapat merangsang pertumbuhan ternak muda, tetapi tidak mempengaruhi proses mineralisasi tulang. Pemupukan dengan nitrogen (urea) dosis tinggi pada

hijauan makanan ternak akan menurunkan kadar provitamin D dalam tanaman, karena meningkatnya kadar antivitamin D (terutama karoten) dalam tanaman tersebut, sehingga ternak yang mengkonsumsi hijauan tersebut dapat menyebabkan defisiensi vitamin D.

Penyerapan vitamin D terjadi terutama di daerah duodenum bagian dari usus kecil saluran pencernaan sapi. Dalam proses penyerapannya memerlukan lemak dan garam empedu; rupanya ada hubungannya dengan pembentukan *micelle* dalam proses penyerapan lemak. Penyerapan vitamin D dapat dipercepat dengan bantuan asam laktat atau asam-asam organik lainnya yang ada di dalam usus kecil.

Vitamin E sangat vital dalam metabolisme normal urat daging/saraf, kontraksi urat daging, sirkulasi, respirasi, pencernaan, ekskresi, pertumbuhan konversi pakan, dan reproduksi. Tanpa vitamin E, maka jaringan dan sel-sel akan tidak normal atau berhenti berfungsi atau mati dan secara umum menyebabkan kesehatan dan penampilan ternak menurun.

Secara normal, vitamin K dapat disintesis dalam saluran pencernaan dengan jumlah yang cukup untuk kebutuhan ternak ruminan bersangkutan. Dalam keadaan tertentu, defisiensi vitamin K dapat terjadi bila hewan mengkonsumsi zat antikoagulan, misalnya dekumarol yang biasanya dibentuk oleh berbagai jamur pada tanaman, yang dapat mencegah terbentuknya protrombin.

Setelah retikulum, rumen, dan omasum bersama mikrobanya berkembang dengan baik, maka kebutuhan vitamin B untuk ternak ruminan akan disuplai secara cukup oleh sintesis mikroba dalam rumen dan dari bahan pakan. Walaupun suplementasi vitamin B-kompleks tidak dibutuhkan, tetapi jenis pakan dan kondisi rumen mempengaruhi kadar vitamin B dalam rumen. Pemberian konsentrat dalam berbagai *processing* bahan pakan sebelum diberikan kepada ternak akan mengubah aktivitas mikroba rumen. Hal ini disebabkan karena dalam

proses *processing* bahan pakan tersebut, banyak vitamin B yang rusak yang sudah barang tentu akan berpengaruh pada aktivitas mikroba rumen dalam sintesis protein mikroba.

BAB III
SISTEM PENCERNAAN TERNAK RUMINANSIA

3.1 Pengertian Tentang Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan adalah sebuah sistem yang terdiri dari saluran pencernaan yang dilengkapi dengan beberapa organ yang bertanggung jawab atas pengambilan, penerimaan, dan pencernaan bahan makanan dalam perjalanannya melalui tubuh (saluran pencernan) mulai dari rongga mulut sampai ke kloaka (Parakkasi, 1983). Disamping itu, sistem pencernaan bertanggung jawab pula atas pengeluaran (ekskresi) bahan makanan yang tidak terserap atau tidak dapat diserap kembali.

Pencernaan didefinisikan secara sederhana sebagai proses perombakan makanan untuk dapat diserap atau diabsorpsi oleh saluran pencernaan (Tillman *et al.*, 1998). Semua fungsi dari berbagai proses pencernaan adalah untuk mereduksi pakan menjadi ukuran molekul atau mempunyai daya larut yang memungkinkan terjadinya penyerapan oleh saluran pencernaan (Church dan Pond, 1988). Proses pencernaan pada ternak ruminansia dapat dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. terjadi secara mekanis di mulut, seperti mastikasi atau kontraksi otot dari saluran pencernaan,
2. pencernaan fermentatif oleh mikroba rumen, dan
3. secara hidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan.

Proses pencernaan mekanik dalam mulut dimulai dengan penempatan pakan di dalam mulut. Di dalam mulut, terjadi proses pelumatan dengan cara mengunyah yang dapat membantu

perombakan makanan secara mekanik serta dapat merangsang proses sekresi cairan saliva dari mulut. Sekresi saliva berjalan kontinyu dan bersifat alkalis yang berfungsi sebagai buffer asam hasil fermentasi mikroba rumen, zat pelumas, dan *surfactan* yang membantu didalam proses mastikasi dan ruminasi (Arora, 1995). Lebih lanjut, dijelaskan bahwa di dalam saliva terdapat elektrolit tertentu, seperti Na, K, Ca, Mg, P, dan urea yang dapat meningkatkan kecepatan fermentasi mikroba.

3.2 Organ Sistem Pencernaan Ternak Ruminansia

3.2.1. Mulut dan Esofagus

Pencernaan merupakan perubahan fisik dan kimia yang dialami oleh bahan makanan dalam organ pencernaan. Perubahan tersebut dapat berupa penghalusan makanan menjadi butir-butir atau partikel kecil atau penguraian molekul besar menjadi molekul kecil. Pengertian pencernaan dimulai dengan penempatan makanan di dalam mulut di mana terdapat pemamahan atau pelumatan dengan pengunyahan.

Di dalam rongga mulut ternak ruminansia terdapat tiga alat pelengkap pencernaan, yaitu gigi, lidah, dan saliva. Gigi berguna untuk memecah atau memotong bahan pakan secara mekanis menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, sehingga dengan mudah dapat ditelan oleh ternak bersangkutan. Lidah membantu dalam mengambil makanan dan memindah-mindahkan makanan dalam rongga mulut untuk dicampur dengan saliva dan atau untuk dikunyah, kemudian ditelan.

Di dalam mulut juga terdapat beberapa kelenjar air liur (saliva). Kelenjar saliva utama pada berbagai jenis ternak umumnya adalah kelenjar *parotid* yang terletak di depan telinga, kelenjar *mandibularis (submaksilaris)* terdapat pada rahang bawah, dan kelenjar *sublingualis* terdapat di bawah lidah. Pati dan glikogen mengalami proses pencernaan secara enzimatis oleh enzim ptialin dari saliva, dan menghasilkan maltosa. Proses

pencernaan di mulut ini relatif singkat, karena makanan tidak lama berada dalam rongga mulut.

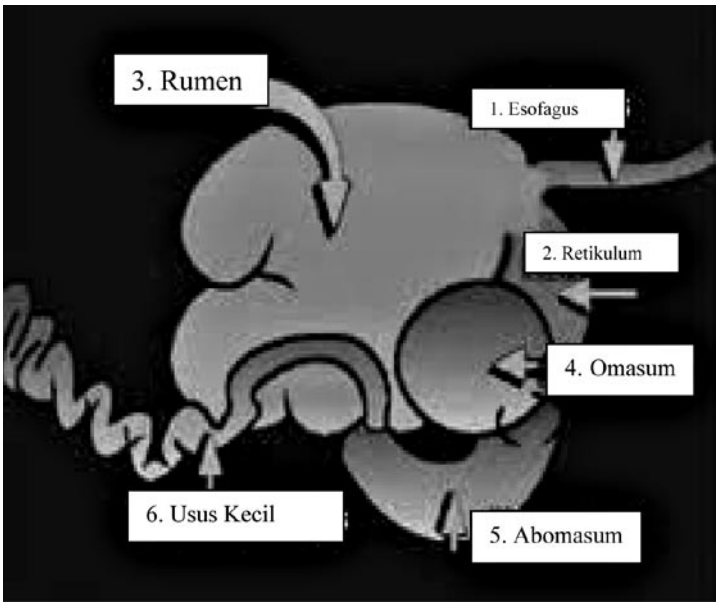
Organ esofagus ini menghubungkan faring dengan retikulum. Bolus bahan makanan yang dibentuk dalam rongga mulut dapat berjalan melalui esofagus disebabkan karena adanya gerakan peristaltik dari otot esofagus, serta adanya tekanan gaya gravitasi bumi. Gerakan peristaltik tersebut terjadi setelah proses penelanan bolus bahan makanan (peristaltik primer) serta akibat rangsangan bolus-bolus itu sendiri terhadap otot esofagus dalam perjalanannya menuju retikulum-rumen (peristaltik sekunder). Gerakan peristaltik ini dapat berjalan kedua arah, yaitu arah retikulum dan arah rongga mulut (Parakkasi, 1983).

3.2.2. Retikulum

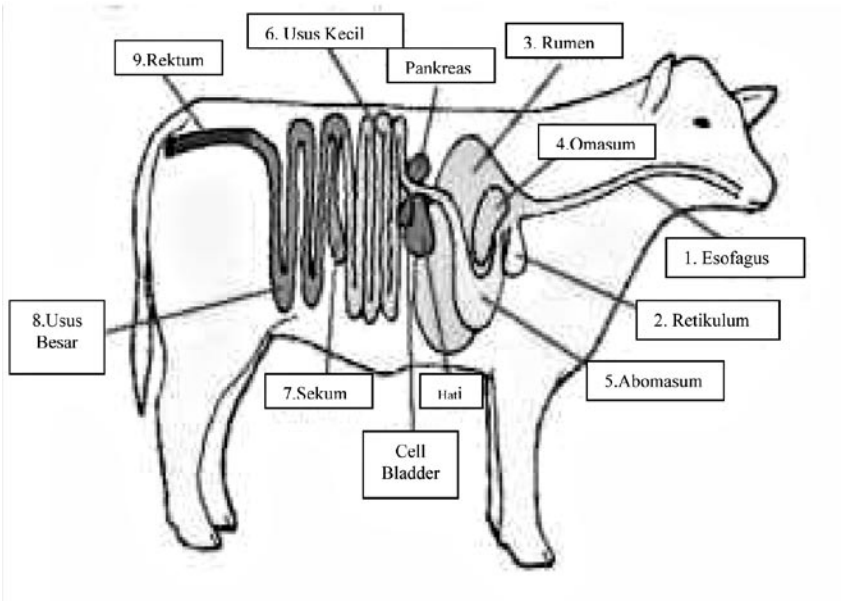
Ternak ruminansia mempunyai lambung majemuk yang terdiri atas retikulum, rumen, omasum, dan abomasum. Proses fermentasi yang intensif dan dalam kapasitas besar terjadi di retikulum dengan bantuan mikroba rumen (Satter dan Roffler, 1981). Retikulum yang menyerupai bentuk sarang tawon, berfungsi mendorong pakan padat dan digesta ke dalam rumen atau mengalirkan digesta ke dalam omasum dan regurgitasi digesta selama ruminasi (Arora, 1995).

Mikroba yang ada dalam retikulum ini memapu mengeluarkan enzim pendegradasi pakan serat, yaitu kompleks enzimselulase(endo-β-D-1.4-glukanase;aviselase;eksoglukanase; dan β-D-14-glukosidase); dan enzim hemiselulase (endo-1,4-β-xilanase dan β-D-1,4-mannanase) (Purwadaria *et al.*, 2003;2004).

Makanan yang dimakan, setelah melewati esofagus selanjutnya masuk ke dalam retikulum, kemudian rumen, dan omasum. Menurut Frandson (1992), retikulum, rumen, dan omasum secara bersama-sama disebut perut depan (*forestomach* atau *proventriculus*). Lebih rinci gambar ketiga organ tersebut tersaji pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Rumen ternak ruminansia (Hobson, 1988)



Gambar 3.2. Saluran pencernaan sapi (Tillman *et al.,* 1988)

Pada ketiga organ pencernaan ini (retikulum, kemudian rumen, dan omasum) terjadi proses fermentasi oleh mikroba rumen, setelah itu masuk ke dalam abomasum (proses fermentasi terhenti karena pH abomasum sangat rendah). Dari abomasum, digesta selanjutnya masuk usus kecil, kemudian sekum, dan kolon, terakhir masuk ke dalam rektum dan kloaka. Lebih rinci tersaji pada Gambar 3.2.

3.2.3. Rumen

Rumen adalah tempat untuk proses fermentasi makanan yang masuk serta menyediakan energi dan protein mikroba untuk kebutuhan proses metabolisme. Peran mikroba rumen dalam membantu pemecahan pakan serat dan mengubahnya menjadi senyawa lain yang dapat dimanfaatkan ternak merupakan keunggulan yang dimiliki ternak ruminansia. Rumen merupakan ekosistem kompleks yang dihuni oleh beberapa mikroba yang sebagian besar berupa bakteri, protozoa, dan fungi yang berperan penting dalam pencernaan makanan (Preston dan Leng, 1987).

Rumen dan mikroba yang ada di dalamnya membantu ternak ruminansia dalam mencerna bahan pakan berserat tinggi, serta mengubah nutrien pakan secara fermentatif menjadi senyawa lain. Kondisi rumen yang anaerob sangat penting artinya dalam proses fermentasi dalam rumen, karena pada keadaan tersebut mikroba rumen dapat melakukan berbagai reaksi dan interaksi dengan makanan yang dikonsumsi ternak, untuk menghasilkan nutrien yang dapat diserap dan selanjutnya dapat dimanfaatkan oleh ternak. Untuk mencapai pertumbuhan maksimal, kondisi rumen harus memiliki pH berkisar antara 5,5-7,2 dan suhu antara 38°- 41°C (Owens dan Goetsch, 1988).

Pemecahan komponen serat sangat tergantung pada aktivitas enzimatis mikroba rumen dan sifat degradabilitas komponen serat tersebut. Aktivitas mikroba rumen di pengaruhi kadar protein kasar, karbohidrat mudah larut, dan kadar mineral dalam ransum (Arora, 1995).

3.2.4. Omasum

Omasum merupakan lambung ketiga dari ternak ruminansia yang permukaannya terdiri atas lipatan-lipatan (*fold*), sehingga nampak berlapis-lapis, tersusun seperti halaman buku, sehingga sering dinamakan juga "perut buku" atau manyplies (Sutardi, 1980). Lipatan-lipatan (*fold*) pada permukaan omasum tersebut dapat menambah luas permukaan omasum (Arora, 1995).

Dalam proses pencernaan, omasum berfungsi dalam membantu memperkecil ukuran partikel pakan dan berpengaruh pada pengendalian aliran ingesta ke dalam perut bagian belakang, serta beberapa absorpsi nutrien terjadi dalam omasum (Churh dan Ponds, 1988).

3.2.5. Abomasum

Abomasum ternak ruminansia sebenarnya sama dengan lambung ternak non ruminansia, disinilah disekresikan cairan lambung oleh sel-sel abomasum. Mukosa abomasum terdiri atas sel-sel kelenjar yang menghasilkan HCl dan pepsinogen, seperti pada mamalia lainnya. Oleh karena itu disebut dengan perut sejati atau perut kelenjar. Setelah makanan masuk abomasum dan berjalan terus, proses digesti dan absorpsi terjadi seperti ternak non ruminansia.

Abomasum merupakan tempat pertama terjadinya pencernaan pakan secara kimiawi, karena adanya sekresi getah lambung (Arora,1995). Jadi, abomasum dipercaya mempunyai fungsi sebagai tempat pencernaan pakan oleh enzim dan penyerapan nutrien (Church dan Ponds, 1988). Abomasum, usus halus (*duodenum, jejenum* dan *ileum*), usus besar (*caecum* dan *colon)* dan rektum adalah saluran pencernaan bagian belakang (Frandson, 1992).

3.2.6. Usus halus Dan Usus Besar (Caecum dan Colon)

Usus halus berfungsi mengatur laju aliran ingesta ke dalam usus besar dengan gerakan peristaltik. Dengan bantuan

getah pankreas, getah usus, dan getah empedu, nutrien hasil akhir fermentasi mikroba diubah menjadi monomer yang cocok diabsorpsi (Arora ,1995). Saluran pencernaan yang berfungsi sebagai tempat penyerapan sebagian besar nutrien adalah usus halus.

Usus besar adalah organ terakhir dari saluran pencernaan ternak ruminansia. C*olon* berfungsi sebagai tempat penyerapan air, elektrolit, dan VFA yang berasal dari *ileum* dan *caecum*. Di dalam usus besar, terjadi sedikit proses fermentasi yang menghasilkan VFA dan amonia, di mana hanya 10% dari total VFA yang ada digunakan oleh ternak (Egan, 1980), sedangkan protein mikroba yang dihasilkan tidak dapat dimanfaatkan oleh ternak (Leng *et al*., 1977).

3.3 Pencernaan Ternak Ruminansia

Pencernaan adalah perubahan fisik dan kimia yang dialami bahan pakan dalam alat atau organ pencernaan. Perubahan tersebut dapat berupa penghalusan bahan pakan menjadi butir-butir atau partikel kecil, atau penguraian molekul besar menjadi molekul yang lebih kecil. Dalam proses ini, bahan akan akan mengalami perombakan, sehingga sifat-sifat kimia bahan pakan mengalami perubahan.

Dalam mencerna pakan, ternak ruminansia dibantu oleh mikroba di dalam rumennya. Beberapa peneliti mendapatkan bahwa aktivitas enzimatis mikroba rumen dapat dihilangkan melalui pemberian ransum yang kaya kandungan karbohidrat dan protein yang mudah didegradasi oleh mikroba rumen.

Daya cerna ("digestibility") adalah bagian zat makanan dari makanan yang tidak diekskresikan dalam feses. Biasanya ini dinyatakan dalam dasar bahan kering dan apabila dinyatakan dalam persentase disebut koefisien cerna (Tillman *et al.*, 1998). Menurut Anggorodi (1994), penentuan daya cerna adalah suatu usaha untuk menentukan jumlah zat makanan dari bahan ransum

yang diserap oleh ternak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya cerna menurut Tillman *et al.* (1998) adalah sebagai berikut ini.

1. Komposisi makanan, erat hubungannya dengan komposisi kimia, dan serat kasarnya mempunyai pengaruh yang terbesar terhadap daya cerna;
2. Daya cerna semu protein kasar, tergantung pada prosentase protein kasar dalam makanan oleh karena nitrogen metabolik konstan jumlahnya, sehingga pengurangan terhadap nitogen dalam makanan dan protein juga tetap;
3. Lemak pengaruhnya kecil karena kebanyakan ransum hewan kadar lemaknya rendah;
4. Komposisi ransum, adanya efek asosiasi, di mana setiap bahan pakan dapat mempengaruhi daya cerna dari bahan lain;
5. Penyajian makanan, seperti pemotongan atau pencacahan, ternyata mempunyai pengaruh terhadap daya cerna, tetapi dapat mengurangi pemilihan bagian-bagian yang mudah dicerna, sehingga mengurangi daya cerna keseluruhan;
6. Faktor hewan yaitu bahan makanan yang mengandung serat kasar tinggi lebih cocok untuk ruminansia karena nitrogen metabolik pada ruminansia lebih tinggi dibandingkan dengan ternak non ruminansia;
7. Jumlah makanan yang dimakan dapat mempercepat arus makanan dalam usus, sehingga dapat mengurangi daya cerna. Biofermentasi merupakan proses perubahan kimia pada substrat sebagai hasil kerja enzim dari mikroorganisme dengan menghasilkan produk tertentu. Proses ini berjalan tergantung pada jenis substrat, mikroorganisme, dan lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan dan untuk menghasilkan produktivitas ternak yang optimal,

perlu adanya bahan pakan yang mempunyai nilai manfaat yang tinggi. Namun, nutrien yang terkandung dalam bahan pakan kadang-kadang berada pada ikatan molekuler yang sulit dicerna, sehingga tidak dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrien bagi ternak.

Hofmann (1988) menggolongan ternak ruminansia berdasarkan morfofisiologi jenis pakan yang dimakan yang terdiri atas:

1. pemilih konsentrat (*concentrate selector*),
2. pemakan campuran konsentrat dan hijauan (*intermediate mixed feeders*), dan
3. pemakan rumput atau *roughage* (*grass* atau *roughage eaters*).

Ternak ruminansia kecil, seperti kambing misalnya, digolongkan ke dalam tipe *intermediate mixed feeders* dan berbeda dengan ternak domba yang tergolong tipe pemakan rumput atau *roughage*, sehingga kapasitas retikulum ternak domba lebih besar daripada ternak kambing. Namun demikian, berdasarkan sejumlah penelitian seperti Devendra dan Burn (1994), dinyatakan bahwa ternak kambing mempunyai efisiensi pencernaan lebih tinggi daripada ternak domba. Hal ini didukung oleh Linberg dan Gonda (1996) yang menyatakan bahwa jika dibandingkan dengan ternak domba, ternak kambing lebih efisien dalam memamah biak dan lebih efisien memanfaatkan nitrogen bila keduanya diberi ransum dengan kandungan protein rendah.

Proses pencernaan secara fermentatif yang terjadi di rumen memberikan keuntungan maupun kerugian. Keuntungan yang diperoleh adalah: (1) produk fermentasi mudah diserap usus, (2) dapat mencerna selulosa, (3) dapat menggunakan non protein nitrogen seperti urea, dan (4) dapat memperbaiki kualitas protein pakan yang nilai hayatinya rendah menjadi protein mikroba yang nilai hayatinya tinggi. Kerugian yang dialami adalah: (1) banyak energi yang terbuang sebagai gas metan dan panas, dan (2) protein hayati bernilai tinggi di rumen mengalami degradasi

menjadi $NH_{3.}$

Proses fermentasi yang intensif dan dalam kapasitas besar terjadi di retikulum mencapai 60-80% dari kebutuhan akan energi pada ternak ruminansia. Proses fermentasi yang melibatkan aktivitas mikroba rumen (protozoa, bakteri, dan fungi) mengubah komponen pakan untuk menghasikan produk akhir yang berguna, yaitu asam lemak atsiri (VFA) dan protein mikroba, sedangkan yang tidak berguna adalah CH_4 dan CO_2. Asam lemak atsiri (VFA), CO_2, dan CH_4 (gas metan) merupakan hasil degradasi dari karbohidrat pakan, sedangkan amonia merupakan hasil perombakan protein pakan (Owens dan Zinn, 1988).

BAB IV
MIKROBA RUMEN

4.1 Mikroba Rumen

Lambung depan ternak ruminansia (rumen) merupakan kantung yang memiliki potensi sebagai sumber mikroba, karena mengandung bakteri sekitar 10^9/gram cairan rumen. Jenis mikroorganisme yang terdapat dalam rumen adalah bakteri, protozoa, fungi, dan virus. Kecernaan pakan sangat tergantung dari peranan mikroba rumen.

Fermentasi pakan serat dalam rumen merupakan suatu sistem yang kompleks dan dipengaruhi oleh adanya interaksi dinamik antara faktor ternak, pakan, dan populasi mikroba. Faktor pakan di antaranya struktur kimia dan fisik serat dan salah satu fraksi serat kasar yang sulit dicerna adalah lignin. Adanya perlakuan pengolahan, baik secara kimia, fisik, dan biologis terhadap pakan serat tersebut (lignin) diharapkan akan meningkatkan laju fermentasi pakan serat dalam rumen. Untuk mencerna serat, ternak ruminansia sepenuhnya tergantung pada peranan mikroba rumen. Ternak ruminansia tidak memproduksi enzim yang dapat menghidrolisis selulosa atau hemiselulosa (Bidura, 2005).

Spesies utama bakteri rumen adalah bakteri pencerna selulosa dan hemiselulosa. Bakteri pencerna selulosa meliputi *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes*, dan *Butyrivibrio fibriosolvens*, sedangkan bakteri pencerna hemiselulosa adalah *Eubacterium ruminantum* dan *Bacteriodes ruminocola*.

Bakteri membentuk koloni pada pakan serat selama lima menit, protozoa selama 15 menit, dan selama 2 jam untuk sporangia dan rhizoid kapang (Demeyer, 1981). Oleh karena itu, ternak ruminansia yang mendapat ransum dengan serat tinggi, maka kehadiran fungi sangat berperanan dalam mencerna pakan serat tersebut. Fungi membentuk koloni pada jaringan ikatan lignoselulosa partikel pakan (Fonty *et al.,* 1990). Adanya benang rhizoid pada fungi memungkinkan fungi dapat menembus dinding partikel tanaman, sehingga menciptakan akses bagi bakteri yang selanjutnya bekerjasama dengan bakteri selulolitik mencerna serat. Jenis bakteri, protozoa, dan fungi, serta aktivitas enzim pendegradasi komponen dinding sel tanaman (serat kasar) dalam rumen tersaji pada Tabel 4.1 (Wang dan McAllister, 2002).

Tabel 4.1. Jenis bakteri, protozoa, dan fungi, serta aktivitas enzim pendegradasi komponen dinding sel tanaman (serat kasar) dalam rumen

Organisme	Aktivitas Degradasi		
	Cellulolytic	*Hemicellu-lolytic*	*Pectinolytic*
Bacteria			
• *Fibrobacter succinogenes*	+	+	+
• *Ruminococcus albus*	+	+	+
• *Ruminococcus flavefaciens*	+	+	+
• *Butyrivibrio fibrisolvens*	+	+	+
• *Eubacterium cellulosolvens*	+	-	+
• *Clostridium locheadii*	-	+	+
• *Prevotella ruminantium*	-	+	+
• *Eubacterium xylanophilum*	-	+	-
• *Ruminobacterium amylophilus*	-	+	-
• *Selenomonas ruminantium*	-	+	-
• *Lachnospira multiparus*	-	+	+
• *Streptococcus bovis*	-	+	+

• *Megasphaera eisdenii*	-	+	-
Protozoa			
• *Eudiplodinium maggii*	+	+	+
• *Ostracodinium dilobum*	+	+	+
• *Epidinium caudatum*	+	+	-
• *Matddinium affine*	+	+	+
• *Eudiplodinium bovis*	+	+	+
• *Orphryoscolex caudatus*	+	+	+
• *Polyplastron multivesiculatum*	+	+	+
• *Entodinium caudatum*	+	+	-
• *Isotricha intestinalis*	+	+	+
• *Isotrica prostoma*	+	+	+
Fungi			
• *Neocallimastix frontalis*	+	+	+
• *Neocallimastix patriciarum*	+	+	+
• *Neocallimastix joyonii*	+	+	-
• *Caecomyces communis*	+	+	+
• *Piromyces communis*	+	+	+
• *Ruminomyces elegans*	+	+	-

Sumber: Wang dan McAllister (2002)

Menurut Kamra (2005), cairan rumen ternak ruminansia di daerah tropis yang umumnya mengkonsumsi pakan kaya serat, mengandung sekitar 50 jenis bakteri dan jumlahnya dapat mencapai 10^{10}-10^{11} sel/ml cairan rumen, sekitar 25 jenis protozoa bersilia (10^4-10^6 sel/ml cairan rumen, dan sekitar 5 jenis fungi anaerob (10^3-10^5 zoospore/ml cairan rumen).

Isi rumen merupakan bahan pakan yang terdapat dalam rumen yang baru dikeluarkan dari dalam rumen setelah ternak dipotong. Menurut Yasin (1988), isi rumen mengandung 8,86% protein; 2,60% lemak; 28,78% serat kasar; 41,42% BETN (bahan ekstrak tiada nitrogen); 18,54% abu; 0,53% Ca dan 0,55% P dengan kandungan air 10,90%. Isi rumen dapat digunakan sebagai sumber mikroba dalam fermentasi pembuatan silase.

Total bakteri yang terdapat dalam isi rumen tidak jauh berbeda dengan yang terdapat pada cairan rumen. Sutrisno *et al.* (2004) memperkirakan jumlah bakteri yang ada dalam rumen berkisar antara 8 x 108 – 23 x 109 sel/ml cairan rumen. Salah satu teknologi yang menarik untuk dipelajari adalah pemanfaatan isi rumen sebagai sumber mikroba pendegradasi pakan serat (limbah pertanian). Menurut Widyati-Slamet *et al*. (2001), isi rumen yang dikeringkan dengan sinar matahari ataupun oven ternyata mempunyai kemampuan yang sama dalam hal mendegradasi serat pakan dibandingkan dengan isi rumen segar. Pada Tabel 4.2 tersaji koefisien cerna bahan kering (KCBK) dan bahan organik (KCBO) jerami padi oleh isolat mikroba rumen kerbau yang disimpan selama 8 bulan.

Tabel 4.2. Koefisien cerna bahan kering dan bahan organik jerami padi oleh isolat mikroba rumen kerbau yang disimpan selama 8 bulan.

Perlakuan	KCBK (%)	KCBO (%)
Isolat mikroba rumen kerbau yang disimpan dalam freezer (1)	32,02	39,58
Cairan rumen sapi peranakan ongol (PO) segar (2)	37,46	49,99
Kombinasi 1 dan 2	38,74	51,67
Isolat mikroba rumen kerbau yg disimpan dalam refrigerator (3)	31,94	41,81
Kombinasi 2 dan 3	41,32	54,81

Sumber: Widiawati dan Winugroho (2009)

4.2 Mikroba Pendegradasi Lignin

Degradasi lignin dari kompleks lignoselulolitik merupakan respon dari aktivitas tiga kelompok utama enzim ekstraseluler, yaitu lignin-peroksidase (Li-P), mangan-peroksidase (Mn-P), dan lakase (Lac). Enzim Li-P bertugas mengkatalisis oksidasi sebuah elektron dari cincin aromatik lignin dan akhirnya membentuk

kation-kation radikal (Crawford, 1981). Senyawa radikal ini secara spontan atau bertahap melepaskan ikatan antarmolekul dan beberapa di antaranya melepaskan inti pada cincin aromatik. Enzim Mn-P mengoksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{3+} dan H_2O_2 sebagai katalis untuk menghasilkan gugus peroksida (Camarero *et al*., 1994). Mn^{3+} yang dihasilkan dapat berdifusi ke dalam substrat dan mengaktifkan proses oksidasi. Proses ini diakhiri dengan bergabungnya O_2 ke dalam struktur lignin (De Jong *et al*., 1994).

Enzim Lakase (Lac) berperan mengoksidasi gugus fenol menjadi kuinon (Arora dan Sandhu, 1985). Lakase adalah enzim pengoksidasi melalui proses demitilasi yang mengubah gugus metoksi menjadi methanol. Di samping itu, terdapat kelompok enzim fenoloksidase (lakase dan tirosinase) yang mengoksidasi gugus δ dan p-fenol serta gugus amina menjadi kuinon dan memberi perubahan warna terhadap substansi fenolik 1-naftol dan p-kresol (Hutchinson, 1990).

Mikroba eukariotik, seperti jamur di alam merupakan perombak lignin paling efisien dan berperanan penting dalam siklus karbon. Spesies jamur perombak lignin dikelompokkan berdasarkan warna saat fermentasi substrat, yaitu *soft rot, brown rot,* dan *white rot* (Paul, 2007). Jamur *soft rot* bertugas melepas rantai samping metil (R-O-CH_3) dan membuka cincin aromatik, tetapi tidak mampu merombak struktur lignin secara sempurna. Contohnya *Chaetomium* dan *Preussia*.

Brown rot adalah jamur mayoritas perombak kayu. *Brown rot* merombak lignin melalui demetilasi dan melepas rantai samping metil menghasilkan fenol hidroksilat. Pemisahan polisakarida dari lignin terjadi secara oksidasi non enzimatik melalui pembentukan radikal hidroksil (OH). Reaksi ini menjadikan *brown rot* mampu merombak struktur kayu tanpa merusak struktur lignin. Contohnya: *Poria* dan *Gloeophyllum*.

White rot adalah jamur perombak lignin paling aktif. Jamur *white rot* menghasilkan enzim lignin-peroksidase (Li-P), mangan-peroksidase (Mn-P), dan lakase (Lac), sehingga

mampu mengoksidasi pelepasan unit fenilpropanoid, demetilasi, mengubah gugus aldehid (R-CHO) menjadi gugus karboksil (R-COOH), dan membuka cincin aromatik hingga secara sempurna merombak lignin menjadi CO_2 dan H_2O. Contoh jamur *white rot* adalah *Basidiomycetes (Phanerochataete chrysosprium* dan *Coriolus versicolor)* dan *Ascomycetes* (*Xylaria, Libertella*, dan *Hypoxylon)*.

Fungi (jamur dan yeast) rumen juga berperan penting dalam proses degradasi lignin (Madigan *et al.,* 1997). Fungi rumen merombak lignin dengan cara mengkoloni lignoselulosa dinding sel tanaman/pakan. Rhizobium atau hifa pada fungi akan masuk ke dalam jaringan *xylem, sclerenchym,* dan *cuticula* tanaman dan secara parsial merombaknya (Akin dan Borneman, 1990; Jouany, 1991). Fungi rumen dibedakan menjadi dua golongan, yaitu yeast/khamir (*Trichosporon, Candida, Torulopsis, Kluyveromyces, Saccharomycopsis,* dan *Hansenula*); dan golongan jamur atau kapang (*Aspergillus, Sporormia, Piromonas, Callimastix,* dan *Spaeromonas*).

Beberapa mikrobia prokariotik, seperti bakteri mempunyai kemampuan mendegradasi lignin. Bakteri dari genus *Aeromonas, Bacillus, Flavobacterium, Pseudomonas,* maupun *Streptomyces* memiliki kemampuan enzimatis dalam menggunakan senyawa cincin aromatik (*aromatic ring*) dan rantai samping yang ada pada lignin (Hernandes *et al*., 1994). Martani *et al.* (2003) mengungkapkan bakteri dari genus *Micrococcus* (isolat SPH-9) dan *Bacillus* (isolat SPH-10) yang diisolasi dari sampah domestik mampu mendegradasi lignin, masing-masing sebesar 75% dan 78%.

4.3 Mikroba Pendegradasi Selulosa

Lignoselulosa terdiri atas tiga polimer, yaitu lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Haltrich and Steiner, 1994; Linder, 1992). Degradasi secara sempurna ketiga polimer tersebut dapat menyediakan semua potensi nutrisi yang terkandung dalam

bahan pakan asal limbah inkonvensional. Bakteri dan fungi lignoselulolitik memegang peran yang sangat penting dalam proses degradasi ketiga polimer serat kasar tersebut. Mikroba ini banyak terdapat pada saluran pencernaan khususnya dalam rumen ternak ruminansia (kambing, sapi, maupun kerbau), sel tubuh maupun saluran pencernaan rayap, tanah pertanian maupun lahan gambut (Mudita *et al*, 2009; Purwadaria *et al*., 2003; 2004; Watanabe *et al*., 1998).

Aktivitas mikrobia selulolitik dalam mendegradasi selulosa dilakukan secara ekstraseluler melalui dua sistem, yaitu:

1. sistem hidrolitik, melalui produksi enzim hidrolase yang merombak selulosa dan hemiselulosa, dan
2. sistem oksidatif dan sekresi lignase ekstraseluler melalui depolimerisasi lignin (Peres *et al*., 2002).

Beauchemin *et al*. (2003) dan Lynd *et al* (2002) melaporkan bahwa perombakan secara enzimatis berlangsung karena adanya kompleks enzim selulase yang bersifat spesifik untuk menghidrolisis ikatan β-1,4-glikosidik, rantai selulosa, dan derivatnya melalui beberapa tahapan sebagai berikut ini.

1. Tahap pertama adalah menguraikan polimer selulosa secara acak oleh enzim *carboxymethilcelulase*/*CMC-ase* atau *endo β-1,4 glukanase* dengan cara memecah ikatan hidrogen yang ada di dalam struktur kristalin selulosa (ikatan internal α-1,4-glukosida), sehingga terbentuk rantai-rantai individu selulosa (oligodekstrin).
2. Tahap kedua adalah penguraian selulosa dari ujung pereduksi dan non pereduksi oleh enzim *eksoglukanase* (enzim *selodektrinase* dan *selobiohydrolase*) melalui pemotongan ujung-ujung rantai individu selulosa (ujung pereduksi dan non-pereduksi), sehingga menghasilkan disakarida dan tetrasakarida (misal selobiosa).
3. Tahap ketiga (terakhir) adalah tahap penguraian selobiosa menjadi glukosa oleh enzim *β-glukosidase*/*glukohydrolase.*

Mikrobia selulolitik seperti jamur, bakteri dan *Aktinomycetes* banyak ditemukan pada tanah tanah pertanian, hutan, jaringan hewan, dan saluran pencernaan ternak herbivora dalam rumen, sekum, maupun kolonnya.

Susanti (2005) melaporkan bahwa jumlah isolat jamur selulolitik yang ditemukan, ternyata lebih banyak daripada bakteri dan *Aktinomycetes*. Hal ini disebabkan karena faktor lingkungan, seperti pH, air, aerasi, suhu, dan lain sebagainya. Namun, Maranatha (2008) menyebutkan bahwa mikrobia selulolitik dari kelompok bakteri mempunyai tingkat pertumbuhan yang cepat dan variasi genetik yang beragam.

Pada umumnya, kelompok bakteri selulolitik dominan pada rumen bila ternak mengkonsumsi hijauan/pakan berserat. Spesies-spesies bakteri selulolitik rumen bekerja berkompetisi dalam mendegradasi selulosa. Dalam kondisi jumlah substrat terbatas, populasi *Ruminococcus flavifaciens* akan lebih tinggi dibandingkan dengan *Fibrobacter succinogenes* dan *Ruminococcus albus* (Chen dan Weimer, 2001). Namun, hasil penelitian Berra-Maillet *et al.* (2004) menunjukkan bahwa populasi *Fibrobacter succinogenes* adalah paling besar di dalam rumen sapi dan domba.

Fungi selulolitik rumen dapat berbentuk *thallus* maupun *flagella*, dan dalam bentuk kultur murni terbukti dapat merombak selulosa menjadi VFA (Madigan *et al*., 1997). Fungi selulolitik rumen mempunyai peranan yang sangat penting dalam perombakan serat kasar pakan berkualitas rendah, tetapi populasinya sedikit.

Akin dan Bornemann (1990) menyebutkan fungi selulolitik rumen mempunyai berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan bakteri rumen, antara lain:

1. menghasilkan enzim selulase dan xylanase kadar tinggi,
2. mampu mengkoloni jaringan dinding sel tanaman secara lebih baik jika dibandingkan dengan bakteri, dan
3. hasil inkubasi pakan berserat oleh fungi/jamur rumen lebih lunak jika dibandingkan dengan bakteri.

Kemampuan degradasi selulosa berbagai mikrobia bervariasi, yang dipengaruhi oleh jenis/spesies, substrat maupun lingkungan. Hasil penelitian Soetopo dan Endang (2008) menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma harzianum* mampu mendegradasi selulosa limbah pabrik kertas sampai 51,11%, sedangkan jamur *Trichoderma reesei* dan *Phanerochaete chrysosporium* hanya mampu mendegradasi selulosa sebesar 31,96% dan 24,51%. Menurut Sreenath (2002), enzim selulase yang dihasilkan oleh *Trichoderma viridie* mampu menghidrolisis CMC/carboxy methyl cellulosa menjadi glukosa sebesar 2-4 kali lebih tinggi dibandingkan *Aspergillus niger*.

4.4 Mikroba Pendegradasi Hemiselulosa

Komponen utama dari fraksi hemiselulosa adalah xilan dan mannan. Degradasi sempurna dari xilan membutuhkan enzim yang bekerja secara sinergis, seperti endo-1,4-β-xilanase, 1,4-β-xilosidase, α-glukuronidase, α-L-arabinofuranosidase, asetil, furoloil, p-kumaril-esterase, dan asetil-esterase (Coughlan and Hazlewood, 1993; Olempska-Beer, 2004). Enzim endo-1,4-β-xilanase bertugas menghidrolisis ikatan β-1,4 dalam rantai xilan menghasilkan silooligomer pendek yang selanjutnya akan dihidrolisis menjadi unit silosa tunggal oleh β-silosidase.

Degradasi hemiselulosa merupakan hasil dari aktivitas kompleks enzim hemiselulase yang terdiri atas enzim endo-β-1,4-xylanase, ekso-β-1,4-xylosidase, endo-arabinase, α-L-arabinofuranosidase, endo-β-1,4-mananase,dan ekso-β-1,4-mannosidase. Enzim α-D-glukorosidase menghidrolisis ikatan α-1,2-glikosidik dari asam 4-O-metil-D-glukoronik rantai samping xilan. Asetil esterase menghidrolisis substitusi asetil pada silosa dan feruloil esterase yang menghidrolisis ikatan ester antara substitusi arabinosa dan asam ferulik.

Feruloil esterase dapat melepaskan hemiselulosa dari lignin, sehingga lebih mudah didegradasi oleh enzim

hemiselulase. Selanjutnya, degradasi sempurna dari mannan membutuhkan adanya kompleks enzim mananase yang terdiri atas: endo-β-D-mananase, ekso-β-D-mananase, α-D-manosidase, dan D-glukosidase (McCleary and Matheson, 1986). Enzim β-D-mananase menghidrolisis bagian tengah rantai manan, galaktomanan, dan glukomanan, sedangkan β-D-glukosidase menghidrolisis rantai sampingnya. Aktivitas hidrolisis dari kompleks enzim tergantung pada tipe enzim dan struktur manan sebagai substrat.

Hemiselulase dihasilkan oleh berbagai mikrobia, seperti *Trichoderma, Aspergillus, Bacillus sp, Aeromonascaviae, Neurospora sitophila, Cryptococcus, Penicillium, Aureobasidium, Fusarium, Chaetomium, Phanerochaete, Rhizomucor, Humicola, Talaromyces*, dan *Clostridium sp.* (Chandel *et al.*, 2007; Ohara *et al.*, 1998).

Beberapa jenis bakteri rumen (*F. succinogenes, B. fibrisolvens, R. Albus*) dan fungi rumen ternyata mampu menghasilkan enzim xylanase. Akin dan Borneman (1990) menyebutkan bahwa jamur rumen mampu menghasilkan enzim xylanase lebih tinggi daripada jamur anaerob lainnya, tetapi produksi xylanase tersebut dipengaruhi oleh keberadaan gula, dan jika terdapat gula maka produksi xylanase akan terhambat.

Endosilanase dan endoglukanase dari jamur rumen *Neocllimastix frontalis* mempunyai aktivitas lebih tinggi jika dibandingkan dengan endosilanase dan endoglukanase dari jamur anaerobik lainnya. Peres *et al.* (2002) mengungkapkan bahwa enzim silanase dari bakteri pada umumnya lebih stabil pada pengaruh temperatur daripada enzim silanase dari jamur.

Enzim xylanase termofilik dapat dihasilkan oleh kelompok bakteri *Actinomycetes* dan *Thermonospora*. Enzim xylanase *Actinobacteria* bekerja aktif pada kisaran pH 6,0 - 7,0; sedangkan enzim xylanase dari jamur bekerja optimal pada pH 4,5-5,5. Jamur lain juga mampu menghasilkan xylanase. *Aspergillus niger* yang ditumbuhkan pada media 50% dedak padi mampu menghasilkan enzim xylanase ekstraseluler (Riyanto *et al.*, 2000).

Penicillium oxalicum juga dapat menghasilkan enzim xylanase yang mampu aktif pada suhu tinggi dan pH basa (Muthezilan *et al.*, 2007).

4.5 Ekosistem Rumen

Bakteri merupakan penghuni terbesar di dalam rumen ternak ruminansia. Bakteri tersebut secara garis besar dikelompokkan menjadi tiga (Preston dan Leng, 1987), yaitu:

1. bakteri yang hidup bebas dalam cairan rumen yang jumlahnya lebih kurang 30% dari total bakteri,
2. bakteri yang menempel pada partikel makanan yang jumlahnya lebih kurang 70% dari total bakteri, dan
3. sebagian kecil kelompok bakteri melekat pada dinding ephitel rumen dan ada juga dalam jumlah kecil bakteri melekat pada protozoa, yaitu yang bersifat methanogenik

Sebagian protozoa memakan bakteri untuk memperoleh sumber nitrogen dan mengubah bakteri menjadi protein protozoa (Arora 1995). Jenis makanan akan mempengaruhi spesies protozoa. Misalnya,populasi protozoa dalam rumen sapi atau biri-biri yang memakan makanan berserat dan mengandung gula terlarut yang rendah adalah sangat rendah, yaitu sebanyak 10^5/ ml. Namun, jika makanannya mengandung gula atau tepung, maka populasi protozoa meningkat mencapai 40 x 10^5/ml cairan rumen. Protozoa sangat peka terhadap situasi asam. Bila pH diturunkan, maka jumlahnya dalam rumen akan menurun (Purser dan Moir, 1959).

Mikroba rumen yang lain adalah fungi, yang bersifat anaerob dan ditemukan pada beberapa jenis hewan herbivora termasuk biri-biri, kambing, sapi, dan beberapa famili rusa (Arora, 1995). Fungi mempunyai fungsi dalam mencerna pakan ternak, yaitu sebagai pembuka jalan agar bagian dinding sel tanaman yang semula tidak dapat dicerna, akhirnya dapat

dicerna oleh ternak rumunansia. Fungi adalah mikroba rumen yang pertama menyerang dan mencerna komponen tanaman (Akin *et al.*, 1983).

Populasi mikrobia dalam rumen ruminansia di daerah tropis yang mengkonsumsi pakan kaya serat terdiri atas bakteri (10^{10}–10^{11} sel/ml, terdiri atas 50 jenis), protozoa bersilia (10^{4}–10^{6}/ ml, terdiri atas 25 jenis), dan fungi anaerob (10^{3}-10^{5} zoospore/ml, terdiri atas 5 jenis).

Bakteri yang terdapat pada cairan rumen adalah bakteri pencerna selulosa (*Bacteroides succinogenes, Ruminococcus flavafaciens, Ruminococcus albus,* dan *Butyrifibrio fibrisolvens*), bakteri pencerna hemiselulosa (*Butirifibrio fibrisolvens, Bacteroides ruminocola, Ruminococcus amylolytica*), bakteri pencerna gula (*Triponema bryantii, L. ruminus*), bakteri pencerna protein (*Clostridium sporogenus, Bacillus licheniformis*). Selanjutnya, protozoa terdiri atas golongan *Holotrichs* (pencerna serat yang fermentabel) dan *Oligotrichs* (perombak karbohidrat yang lebih sulit dicerna).

Jumlah populasi mikroba yang tinggi di dalam rumen sangat baik artinya dalam mendukung proses fermentasi atau degradasi pakan berserat. Di samping itu, adanya fungi dalam cairan rumen berperanan penting dalam proses degradasi serat pakan dengan membentuk koloni pada jaringan selulosa pakan, sehingga dinding sel pakan menjadi lebih terbuka dan mudah untuk didegradasi oleh enzim bakteri rumen (Firkin *et al.*, 2006).

4.5.1. Bakteri

Bakteri merupakan mikroba uniseluler yang selalu dilindungi oleh dinding sel. Banyak spesies pada permukaan luar dinding selnya ditutupi oleh kapsul atau lapisan lendir, seperti lem perekat termasuk sel prokariotik yang relatif kecil dan sederhana. Bentuk khas bakteri ada tiga, antara lain:

1. bulat (*coccus*) dengan diameter berkisar antara 0,5-4,0 mikrometer,

2. batang (*bacillus*) dengan panjang antara 0,5-20 mikrometer, dan
3. spiral (*spirilla*) berukuran panjang > 10 mikrometer dan lebar 0,5 mikrometer (Tarigan, 1989).

Kelebihan utama bakteri adalah kemampuannya membentuk *endospora* di bawah kondisi kritis. *Endospora* adalah bentuk dorman yang mampu bertahan terhadap panas, radiasi, dan racun kimia. Apabila *endospora* ini dikembalikan pada lingkungan yang menyenangkan, maka sel akan tumbuh dan berfungsi normal seperti biasa.

Dinding sel bakteri terdiri atas *peptidoglycan*, yaitu suatu jaringan rantai polisakarida yang terikat dengan suatu oligopeptida. Bakteri gram negatif memiliki lapisan *peptidoglycan* serupa, tetapi lebih tipis dan diselimuti lapisan luar berupa polisakarida dan lipoprotein. Di samping itu, bakteri juga memiliki "kapsula" yang menyerupai gel, dan ada juga yang memiliki *flagella* dan *villi* (Darma, 1992).

Flagella bakteri dapat menyebar ke seluruh permukaan sel, tipe demikian disebut *peritrichous*, atau hanya di bagian polar (baik pada satu polar maupun di kedua polar). Adanya *flagella* memungkinkan bakteri bergerak. *Villi* lebih pendek, tipis, dan lurus daripada *flagella*.

Pada ternak ruminansia, bakteri dalam rumen berperan penting dalam pencernaan serat kasar, karena banyak di antaranya yang memproduksi enzim selulase, amilase, dan polisakaridase lainnya, sehingga membantu ternak inang dalam mencerna serat. Bakteri rumen cenderung bersifat *anaerob* atau *facultative aerob*. Bakteri asam laktat berperan dalam pembuatan silase, karena kelompok bakteri inilah yang menghasilkan asam laktat dan menurunkan pH bahan sehingga bahan pakan dapat diawetkan.

Purnomohadi (2006) melaporkan bahwa penggunaan bakteri selulolitik yang diisolasi dari cairan rumen sapi dalam

proses fermentasi jerami padi ternyata dapat meningkatkan mutu jerami padi terlihat dari perubahan nutrisinya. Bahan kering jerami padi menurun dari 91,29% menjadi 81,53% dan kadar serat kasar dari 37,10% menjadi 31,17%. Sebaliknya, kadar protein kasarnya meningkat dari 4,10% menjadi 9,01%.

Banyaknya gas yang dihasilkan selama proses fermentasi substrat oleh mikroba rumen mengindikasikan banyaknya substrat yang tercerna oleh mikroba (Widiawati dan Winugroho, 2009). Semakin banyak substrat yang tercerna, maka semakin banyak gas yang dihasilkan.

McAllister (2000) menyatakan bahwa spesies bakteri yang diisolasi dari ruminansia liar, sperti rusa, secara umum tidak berbeda dengan bakteri yang diisolasi dari ruminansia yang dipelihara secara intensif. Kemampuan beberapa ruminansia, seperti kerbau dalam mencerna pakan berserat tinggi dapat terjadi karena waktu laju pakan yang rendah dalam saluran pencernaan yang diikuti dengan peningkatan retensi nitrogen ke dalam rumen.

Sutrisno *et al.* (2004) menyatakan bahwa isi rumen sapi dengan penambahan dedak padi 30% dan dikeringkan dengan pengering terkendali meningkatkan laju pertumbuhan total bakteri, total fungi, bakteri amilolitik, bakteri lipolitik, bakteri pembentuk asam, dan bakteri proteolitik isi rumen. Isi rumen yang dikeringkan dengan pengering terkendali menunjukkan daya hidup mikrobia yang lebih baik jika dibandingkan dengan pengeringan sinar matahari. Pengeringan dengan pengering terkendali lebih efisien dan kualitasnya lebih baik jika dibandingkan dengan isi rumen segar maupun dengan pengeringan sinar matahari.

Thalib *et al*. (2000) menyatakan bahwa penggunaan cairan rumen sapi dalam silase jerami padi ternyata dapat memperbaiki performan rumen sapi. Dilaporkan juga bahwa penggunaan mikroba cairan rumen kerbau kepada sapi secara nyata dapat menimbulkan efek sinergistik antara spesies mikroba rumen

kerbau dengan mikroba rumen sapi. Hal tersebut dapat menyebabkan kemampuan mencerna pakan sapi meningkat jika dibandingkan dengan kontrol (tanpa pemberian cairan rumen kerbau).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Prabowo *et al.* (2007) menunjukkan bahwa mikroba cairan rumen kerbau ternyata mempunyai aktivitas selulolitik yang paling tinggi dibandingkan dengan mikroba selulolitik yang bersumber dari rayap, feses gajah, dan cairan rumen sapi. Menurut Sudirman (2011), di samping sumber mikroba yang menentukan aktivitas pencernaan serat, juga sangat ditentukan oleh tepatnya dosis inokulum mikroba, keseragaman jenis dan populasi mikroba yang digunakan.

Produksi gas dan koefisien cerna bahan kering dan bahan organik hasil kombinasi dengan mikroba rumen sapi peranakan ongole (PO) lebih besar, yaitu masing-masing 98 ml; 39%; dan 52% untuk yang disimpan dalam freezer, dan secara berturutan 103 ml; 41%; dan 55% untuk yang disimpan dalam refrigator (Widiawati dan Winugroho, 2009). Nilai tersebut ternyata lebih tinggi bila dibandingkan dengan cairan rumen sapi PO sendiri, yaitu 95 ml; 37%; dan 50%.

4.5.2. Fungi (Jamur)

Fungi tersebar luas di alam dan dapat hidup pada lingkungan dengan kelembaban yang relatif rendah jika dibandingkan dengan yang disenangi oleh bakteri. Metabolismenya terutama secara aerobik dan struktur vegetatifnya disebut *miselium*.

Miselium menyerupai sistem *tube* (tabung) bercabang banyak; di dalamnya terdapat massa sitoplasma yang bergerak mengandung banyak inti (Tarigan, 1989). Miselium dapat terdiri atas satu sel atau lebih dengan tipe yang mirip. Sel yang panjang berbentuk seperti filamen atau pita tipis pada miselium disebut *hifa*. *Hifa* bercabang banyak dan dapat mempunyai dinding penyekat atau tidak. Lebarnya antara 4-20 mikrometer.

Fungi dapat berupa sel tunggal, seperti khamir atau berwujud koloni berfilamen yang multiseluler, misalnya kapang dan jamur yang memiliki badan buah (mushroom, supa). Bentuk yang multiseluler, tidak memiliki daun, batang, dan akar. Fungi tidak bersifat saprofitik atau porasitik. Fungi mempunyai hifa yang tumbuh ke dalam medium dan menyerap nutrien yang keseluruhannya disebut miselium vegetatif, sedangkan yang mencuat kepermukaan disebut miselium reproduktif.

Fungi mampu menghasilkan enzim lignoselulase, amilase, protease, dan polimerase lainnya. Enzim-enzim tersebut dapat diinklusikan ke dalam pakan ternak untuk meningkatkan kecernaannya. Protein sel tunggal (PST) jamur yang diproduksi dengan sistem kultur cair lebih mudah dipanen jika dibandingkan dengan bakteri atau khamir (Darma, 1992).

Miselium jamur yang menyebar memungkinkan fermentasi substrat padat digunakan untuk memproduksi protein sel tunggal jamur. Rumen pada ternak ruminansia banyak mengandung jamur. Rhizoid jamur rumen ini melakukan penetrasi ke dalam jaringan tanaman atau pakan, sehingga struktur jaringan menjadi rapuh dan hancur. Oleh karena itu, permukaan menjadi luas, dan permukaan yang luas ini menguntungkan bakteri rumen selulolitik dalam mencerna selulosa.

Kapang *Phanerochaete chrysosporium* adalah kapang pendegradasi lignin dari klas *Basidiomycetes*, membentuk sekumpulan miselium dan berkembang biak secara aseksual melalui spora (Dhawale dan Katrina, 1993). Menurut Vallie *et al*. (l992), kapang ini adalah kapang "white rot" yang mempunyai kemampuan kuat merombak lignin secara efektif dengan cara menghasilkan enzim *peroksidase ekstraseluler*, berupa *lignin peroksidase* (LiP) dan *mangan peroksidase* (MnP).

4.5.3. *Yeast*

Yeast adalah fungi sel tunggal yang penting. Ukurannya relatif kecil dan panjangnya sekitar 8 mikron dengan diameter

5 mikron. Perkembangbiakan *yeast* berlangsung dengan cara aseksual dan cara seksual. Pembuahan secara aseksual berlangsung melalui pembentukan tunas dan melalui pembelahan sel. Tunas sebagai sel anak, tumbuh menempel di samping sel inang, setelah dewasa melepaskan diri, tetapi mungkin tidak segera, sehingga membentuk rumpun yang terdiri atas beberapa generasi.

Pembelahan dengan cara aseksual, yaitu sel membagi diri menjadi dua bagian yang sama, sedangkan pembelahan secara seksual berlangsung melalui penggabungan dua sel haploid (yang masing-masing mempunyai kromoson tunggal) dengan melebur dinding yang menempel untuk membentuk *ascospora*.

Mikroba penghasil *selulase* secara ekstraseluler tersebar pada kapang dan bakteri (Bidura *et al.,* 2008). *Selulase* dihasilkan oleh beberapa jenis kapang dan bakteri sebagai respon terhadap adanya selulosa pada lingkungan tempat hidupnya. Kemampuan memproduksi *selulase* menjadikan mikroba mampu menghidrolisis selulosa menjadi gula sederhana yang hasilnya dapat digunakan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhannya. Pada beberapa mikroba, produksi *selulase* berkaitan langsung dengan fungsi regulasi pertumbuhan sel, germinasi spora, dan kemampuan penetrasi miselium mikroba ke dalam media pertumbuhan.

Kapang yang baik digunakan untuk memproduksi *selulase* adalah *T. reesei, T. viride, T. koningii, A. niger, A. terreus, P. iriensis, P. verruculossum, dan Fusarium solani.* Aktivitas *selulase* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu, seperti pH, suhu, dan adanya senyawa-senyawa penghambat. Kapang *Trichoderme viride* mampu menghasilkan tiga jenis enzim selulase, yaitu selobiohidrolase (C1) yang akan menyerang bagian kristal dari selulosa; endoglukonase (Cx) yang menyerang bagian amorf dari struktur selulosa; dan b-glukosidase yang menguraikan selobiosa menjadi glukosa (Judoamidjojo *et al.*, l989).

Mikroba fermentasi mempunyai kemampuan katabolik terhadap komponen organik kompleks, dan diubah menjadi

komponen sederhana. Proses tersebut timbul karena adanya aktivitas beberapa enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Sumarsih *et al.* (2007) menyatakan bahwa amoniasi eceng gondok yang difermentasi dengan *Trichoderma viride* dapat meningkatkan kualitas nutrisi, kecernaan bahan kering dan bahan organik.

4.5.4. Protozoa dan *Algae*

Protozoa dan algae termasuk *eukariot* yang mempunyai struktur yang telah terorganisasi dan terdiferensiasi. Morfologinya bervariasi dan terdapat dalam bentuk uniseluler maupun multiseluler. Atas dasar kemampuan fotosintesis, keduanya berbeda.

Algae adalah organisme fotosintetik, sehingga menyerupai tumbuhan primitif, sedangkan protozoa adalah organisme nonfotosintetik sehingga menyerupai binatang sederhana. *Algae* mengandung klorofil dan banyak pigmen lain yang terasosiasi dengan klorofil, seperti *karotenoid, xantofil*, dan *fitosianin* yang menyebabkan *algae* berwarna warni.

Protozoa merupakan kelompok mikroorganisme yang bersifat nonfotosintetik, motil, dan bersel tunggal. Protozoa mungkin berkembang dari algae uniseluler yang kehilangan pigmennya (Darma, 1992).

4.6 Pertumbuhan Mikroba

Pertumbuhan mikroba rumen mengacu pada pertambahan total massa sel meliputi peningkatan ukuran masa sel dan populasi mikroba rumen (Pelczar dan Chan, 1986). Selama fase pertumbuhan seimbang (*ballanced growth*), pertambahan massa bakteri atau mikroba lain berbanding lurus dengan pertambahan komponen seluler lainnya, seperti DNA, RNA, dan protein.

Setiap mikroorganisme mempunyai kurve pertumbuhan yang hampir sama. Kurve pertumbuhan fungi mempunyai beberapa fase sebagai berikut ini.

1. Fase *lag*, yaitu fase penyesuaian sel dengan lingkungan pembentukan enzim-enzim untuk mengurai substrat.
2. Fase *akselerasi*, yaitu fase mulainya sel membelah dari fase *lag* menjadi fase aktif.
3. fase *eksponensial*, merupakan fase perbanyakan jumlah sel yang sangat banyak, aktivitas sel sangat meningkat, dan fase ini merupakan fase yang penting bagi kehidupan fungi. Pada awal fase ini kita dapat memanen enzim.
4. Fase *deselerasi*, yaitu waktu sel-sel mulai kurang aktif membelah. Kita dapat memanen biomassa sel atau senyawa-senyawa yang tidak lagi diperlukan oleh sel.
5. Fase *stasioner,* yaitu fase jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang. Kurve pada fase ini merupakan garis lurus yang horizontal. Banyak senyawa metabolit sekunder yang dapat dipanen pada fase ini.
6. Selanjutnya pada fase terakhir, fase kematian dipercepat, jumlah sel-sel yang mati lebih banyak daripada sel-sel yang masih hidup.

Leng (1997) mengungkapkan bahwa pertumbuhan mikrobia yang maksimal, membutuhkan kondisi lingkungan yang optimal, serta didukung pasokan makro- dan mikro-nutrien yang cukup dan seimbang. Mikroba rumen membutuhkan kondisi lingkungan pada temperatur $\pm 39^{o}C$ dengan pH berkisar antara 6,0-7,2 (Kamra, 2005). Menurut Arora (1995), pertumbuhan mikrobia tergantung pada ketersediaan nutrien, kecepatan pemecahan nitrogen, kecepatan absorbsi amonia dan asam-asam amino, dan ketersediaan sumber energi atau karbon. Kebutuhan mikroba akan asam amino dan jenis fermentasi berdasarkan pada jenis pakan yang dikonsumsi.

4.7 Isolasi Mikroba Rumen

Isolasi adalah proses pemurnian mikroba dari sekelompok mikrobia yang terdapat dalam habitat yang sama. Pemurnian ini bertujuan untuk mendapatkan mikrobia murni (yang hanya terdiri atas satu species saja). Pada kegiatan isolasi mikroba, maka pengetahuan jenis mikroba yang diharapkan dan karakteristiknya sangat mutlak diperlukan.

Pemilihan media dan metode isolasi harus disesuaikan dengan jenis mikrobia yang akan dicari atau diisolasi. Misalnya, isolasi bakteri lignolitik harus menggunakan media yang mengandung lignin, untuk bakteri selulolitik harus menggunakan media yang mengandung selulosa, dan sebagainya. Pemilihan metode isolasi juga sangat penting yang akan menentukan keberhasilan isolasi yang dilaksanakan.

Terdapat tiga jenis isolasi yang umum dilakukan, yaitu (1) isolasi pada media cawan, (2) isolasi pada medium cair, dan (3) isolasi sel tunggal (Fardiaz, 1988). Isolasi *agar cawan* (cawan dengan media *agar*) dilakukan dengan menggunakan goresan kuadran atau metode *agar tuang*. Keberhasilan metode ini sangat tinggi, karena kebanyakan bakteri, kapang, dan khamir dapat membentuk koloni pada media padat, supaya mudah diisolasi dengan cara menyebarkan sel-sel tersebut pada *agar cawan*, sehingga timbul koloni-koloni yang terpisah.

Isolasi dengan metode *medium cair* dipergunakan untuk beberapa mikroba yang ukuran selnya besar, tidak dapat tumbuh pada *agar cawan*, dan hanya dapat tumbuh pada kultur cair (metode pengenceran). Metode pengenceran ini mempunyai kelemahan, karena hanya dapat digunakan untuk mengisolasi mikroba yang jumlahnya dominan dalam suatu campuran populasi mikroba. Isolasi sel tunggal digunakan untuk mengisolasi sel mikroba yang ukurannya besar serta tidak dapat diisolasi dengan *metode cawan* maupun *metode pengenceran*.

4.8 Kultivasi Mikroba

Kultivasi adalah menumbuhkan mikroba hasil seleksi (isolat mikroba) dalam medium buatan di luar habitat alami. Kondisi media kultivasi harus sesuai dengan habitat aslinya, sehingga isolat yang dibiakkan dapat berkembang dengan baik.

Keberhasilan metode kultivasi tergantung pada nutrien yang terdapat dalam media biakan. Pada umumnya, setiap mikrobia membutuhkan nutrien, seperti sumber karbon (karbohidrat), sumber nitrogen (protein/amonia/asam amino), ion-ion organik tertentu, vitamin, dan air (Volk dan Wheleer, 1988).

Pada prinsipnya, semua organisme membutuhkan energi untuk mempertahankan kehidupannya. Selain itu, ada beberapa organisme yang membutuhkan nitrogen, sulfur, unsur logam, dan vitamin untuk menunjang kehidupannya (Pelczar dan Chan, 1986). Jenis nutrien utama yang dibutuhkan mikrobia akan menentukan jenis mikroba tersebut (Bryant dan Robinson, 1961). Substrat spesifik ditambahkan pada media tumbuh dimanfaatkan sebagai sumber nutrien utama oleh mikroba (Leedle *et al.*, 1982). Menurut Hobson dan Stewart (1992), media tumbuh tersebut digunakan untuk mengetahui jenis dan populasi mikroba (lignolitik, selulolitik, xylanolitik, amilolitik, proteolitik, lipolitik, methanogenik, dan lain sebagainya). Di samping kebutuhan akan nutrien yang sesuai untuk kultivasi mikroba, juga diperlukan kondisi lingkungan yang memungkinkan untuk pertumbuhan optimum. Beberapa persyaratan lingkungan fisik yang harus dipenuhi dalam proses penumbuhan mikroba antara lain: suhu, atmosfer gas, dan derajat keasaman (Pelczar dan Chan, 1986).

Pertumbuhan mikroba juga dipengaruhi oleh adanya keberadaan gas atmosfer, seperti oksigen dan karbondioksida. Atas dasar tersebut, maka terdapat empat kelompok besar mikrobia, yaitu:

1. mikroba aerobik, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen,

2. mikroba anaerobik adalah organisme yang tidak memerlukan oksigen dalam hidupnya,
3. mikroba anaerobik fakultatif adalah organisme yang dapat tumbuh dalam lingkungan aerobik maupun anaerobik, dan
4. mikroba mikroaerofilik adalah mikronorganisme yang tumbuh dengan baik jika hanya ada sedikit oksigen dalam lingkungannya (Pelczar dan Chan, 1986).

Pertumbuhan mikroba juga tergantung dari jumlah energi metabolis (ATP) yang tersedia. Jumlah ATP dari heksosa ini diperoleh dari jalur fermentasi oleh mikroorganisme rumen (Russell dan Bruckner, 1991). Penambahan cairan rumen dalam media, selain memberikan kondisi yang sesuai, juga memberikan supply nutrien bagi mikroorganisme rumen (Hungate,1960). Sebagian besar mikrobia dapat tumbuh dengan baik pada saat penambahan cairan rumen pada medianya (Russell dan Bruckner, 1991).

Sebagian besar mikroba tumbuh dengan baik pada pH 6,5 - 7,5. Akan tetapi, terdapat mikroba yang mampu tumbuh pada lingkungan yang ekstrem (sangat asam maupun basa). Perubahan pH pada medium mikroba ini dapat disebabkan oleh senyawa yang dihasilkan oleh mikroba tersebut selama pertumbuhannya. Untuk menjaga kondisi seperti pH awal, maka pada medium biakan ditambahkan larutan penyangga. Beberapa senyawa yang berfungsi sebagai penyangga adalah pepton dan kombinasi garam fosfat (Pelczar dan Chan, 1986).

BAB V
PAKAN LIMBAH AGRO INDUSTRI DAN FERMENTASI

5.1 Ketersediaan Pakan

Kendala umum dari pengembangan peternakan adalah ketersediaan dan kualitas pakan yang rendah. Selama ini pembuatan ransum ternak banyak menggunakan bahan baku pakan yang bersaing dengan manusia. Persaingan pemanfaatan ini menyebabkan harga bahan pakan tersebut mahal, sehingga harga ransum yang dihasilkan relatif tinggi. Dilain pihak, kendala lainnya adalah semakin menyempitnya lahan pertanian yang menyebabkan budidaya tanaman pangan lebih diprioritaskan daripada tanaman penghasil pakan, seperti hijauan.

Kendala lainnya di bidang pakan adalah manajemen pemberian pakan yang dirasakan belum efektif dan efisien. Misalnya, pemberian pakan pada ternak ruminansia masih dipisahkannya antara pakan hijauan sebagai sumber serat dan pakan konsentrat sebagai sumber protein dan energi. Hal ini berakibat pada tidak efisiennya alokasi waktu dan pemakaian tenaga yang selanjutnya berimplikasi pada meningkatnya biaya produksi.

Pemanfaatan limbah organik seperti limbah agro-industri sebagai pakan merupakan salah satu upaya dalam menanggulangi permasalahan ketersediaan pakan. Namun, pemanfaatan limbah ini masih kurang optimal disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, limbah agro-industri ini umumnya dihasilkan oleh pengusaha-pengusaha kecil yang tempatnya terpencar dan sulit dijangkau. Keadaan ini akan berdampak pada sulitnya dalam

mengumpulkan bahan tersebut dan jika dapat pun harganya terlalu mahal yang disebabkan tingginya biaya pengumpulan dan transfortasi. Kedua, limbah umumnya mudah mengalami kerusakan mengingat tingginya kadar air yang dimilikinya. Lebih jauh, teknologi pengolahan yang selama ini dilakukan (teknologi pengeringan) menghasilkan produk yang relatif mahal. Sehubungan dengan hal tersebut, serta dalam upaya menanggulangi permasalahan ketersediaan pakan, alternatif teknologi pengolahan agro-industri perlu dikembangkan.

5.2 Problema Ketersediaan Pakan

Selama ini ada beberapa hal yang berkaitan dengan ketidakberdayaan negara kita dalam menyediakan bahan baku pakan lokal yang kalau kita analisis secara seksama dan benar tidak dapat diterima oleh akal sehat. Beberapa hal yang melatarbelakangi ketidakberdayaan dalam penyediaan pakan adalah sebagai berikut ini.

- Tidak mampunya kita memenuhi kebutuhan akan jagung dan kacang kedelai, padahal kita mempunyai lahan yang luas dan subur yang kalau dimanfaatkan secara optimal akan dapat mencukupi kebutuhan tersebut dan bahkan dimungkinkan dapat berlebih. Selain itu, makin banyaknya ahli pertanian dengan bidang keahlian yang beragam.
- Belum adanya pengusaha yang melirik bisnis produksi minyak kedele dan masih sangat langkanya pengusaha yang menghasilkan minyak jagung atau pati jagung, padahal usaha ini sangat menguntungkan, karena harga bahan baku (kedelai dan jagung) dan hasil sampingannya (bungkil kedelai) adalah sama.
- Ketidakmampuan kita dalam memproduksi tepung ikan, padahal kita mempunyai laut yang sangat luas dengan beragam jenis ikan di dalamnya. Sebagai pembandingnya, Negara Thailand yang mepunyai luasan laut dengan

sumberdaya manusia yang lebih sedikit dari Indonesia dapat mengekspor produk tepung ikannya.

5.3 Pertimbangan Teknis dan Ekonomis Dalam Pemilihan Bahan Pakan

Bahan pakan yang akan digunakan harus tersedia dalam waktu yang lama atau ketersediaannya harus kontinyu. Bahan pakan yang sudah tersedia pada suatu saat dan kemudian hilang (tidak tersedia) harus dihindarkan penggunaannya. Masalah ketersediaan ini erat kaitannya dengan produksi.

Padi yang diproduksi secara masal dan nasional menyebabkan ketersediaan dedak padi dan bekatul untuk ternak juga akan berlimpah. Lain halnya dengan bahan pakan yang diproduksi secara terbatas akan menghasilkan bahan pakan yang terbatas pula ketersediaannya. Karena masalah ketersediaan inilah, beberapa bahan pakan inkonvensional tidak dapat digunakan dalam pembuatan ransum oleh pabrik makanan ternak pada umumnya.

Beberapa contoh bahan pakan inkonvensional yang sering digunakan sebagai bahan pakan oleh peternak tradisional adalah tepung daun singkong, tepung ubi kayu, tepung sisa rumah potong, limbah tempe, kulit biji kacang kedelai, kulit cokelat, dan lain-lain (Bidura *et al*., 2010). Walaupun dari segi nutrisi bahan pakan tersebut dapat dimanfaatkan oleh ternak, karena ketersediaannya yang terbatas dan tidak berkesinambungan, menjadikan bahan tersebut tidak layak digunakan sebagai bahan utama penyusun ransum ternak. Contoh spesifik untuk di Indonesia adalah ubi kayu. Ubi kayu produksinya cukup banyak, tetapi karena bahan ini masih banyak digunakan untuk industri dan pangan manusia, serta kandungan nutrisinya yang rendah, maka ubi kayu tidak layak digunakan dalam penyusunan ransum ternak.

Produksi pertanian yang dalam jumlah besar tentu akan menghasilkan banyak bahan pakan untuk ternak. Indonesia yang mengutamakan produksi padi akan banyak menghasilkan dedak dan bekatul. Karena itu, dedak padi selalu digunakan dalam penyusunan ransum ternak.

Buah kelapa dan kelapa sawit banyak dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan minyak goreng, dan hasil samping pembuatan minyak goreng itu dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, seperti bungkil kelapa dan bungkil sawit. Dapat dikatakan bahwa bahan pakan yang banyak diproduksi akan menjamin ketersediaannya, sehingga terjamin pula kontinyuitas penggunaannya dalam penyusunan ransum ternak.

Bahan pakan untuk ternak tidak boleh bersaing dengan manusia. Apabila manusia lebih banyak membutuhkannya, maka bahan pakan tersebut tidak boleh diberikan pada ternak, misalnya kacang kedelai. Namun demikian, bungkil kacang kedelai dapat diberikan pada ternak.

Pertimbangan lainnya adalah harga bahan pakan itu sendiri. Walaupun dapat digunakan sebagai bahan pakan, apabila harganya mahal, maka penggunaan bahan atau peran bahan pakan itu sebagai bahan pakan ternak akan tersisihkan. Murah ataupun mahalnya suatu bahan pakan harus dinilai dari manfaat bahan pakan itu sendiri, yang merupakan cermin dari kualitasnya dan hasil yang diperoleh. Tepung ikan misalnya, harganya memang mahal. Akan tetapi, bila dibandingkan dengan kandungan proteinnya yang tinggi dan kelengkapan asam aminonya serta manfaat yang diperoleh, maka penggunaan tepung ikan sebagai bahan pakan sumber protein menjadi relative murah.

Walaupun harga absolut suatu bahan pakan murah, ketersediaannya banyak dan berkesinambungan, tetapi bila kandungan gizinya rendah atau mengecewakan, maka bahan pakan tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan pakan unggas. Kelengkapan asam amino, vitamin, mineral, dan energi

yang terkandung di dalamnya memegang peran penting untuk menentukan apakah bahan pakan tersebut berperan atau tidak. Bahan pakan limbah yang mudah membentuk racun atau mudah cemar juga tidak dapat digunakan sebagai bahan pakan. Bungkil kelapa misalnya, meskipun masih tetap digunakan karena kandungan minyaknya masih tinggi, ransum yang mengandung bungkil kelapa dalam proporsi tinggi akan mudah tengik. Karena itu, beberapa pabrik makanan ternak mulai meninggalkan penggunaan bungkil kelapa dalam penyusunan ransum.

5.4 Pengetahuan Mengenai Sifat Fisik dan Kimia Pakan

Ada beberapa pertimbangan yang perlu diketahui sebelum seseorang mengolah suatu bahan pakan. Pertimbangan utama yang perlu diketahui adalah sifat fisik dan kimia suatu bahan. Sifat fisik bahan di antaranya adalah keambaan (*bulk density*) dan tekstur, sedangkan sifat kimia bahan di antaranya adalah komposisi nutrien (termasuk kadar air), pH, kandungan antinutrisi, dan kelarutan. Secara umum sifat fisik dan kimia dari bahan limbah agro-industri adalah sebagai berikut ini.

1. *Bulkiness* (*voluminous*). Limbah agro-industri khususnya limbah sumber energi biasanya mempunyai sifat keaambaan yang tinggi (*voluminous*). Bahan pakan yang mempunyai keambaan yang tinggi tidak akan efisien dalam pengangkutan dan pemakaian ruangan penyimpanan. Cara yang paling tepat untuk menanggulangi permasalahan ini adalah dengan cara pemadatan (*pressing*) bahan di bawah tekanan menjadi bentuk blok sebelum difermentasi.
2. Kadar air tinggi. Sebagian besar limbah yang dihasilkan dari agro-industri mempunyai kadar air lebih dari 60 persen. Penerapan teknologi pengeringan di Indonesia hanya efisien pada musim kemarau dan tidak efisien pada musim hujan. Selain itu, teknologi ini sangat mudah terkontaminasi oleh mikroorganisme yang tidak bermanfaat dan bahkan

membahayakan ternak yang mengkonsumsinya. Oleh karena itu, teknologi fermentasi merupakan teknologi yang tepat diterapkan karena selain lebih efisien juga efektif dalam mencegah masuknya kontaminan. Lebih jauh, teknologi ini dapat mempertahankan kualitas bahan dalam waktu yang relatif lebih lama.

3. Kualitas nutrien rendah. Pada umumnya, limbah agro-industri sumber energi mempunyai kandungan serat yang tinggi yaitu di atas 20 persen. Serat yang tinggi ini tentunya tidak dapat dimanfaatkan oleh ternak monogastrik. Berdasarkan hasil kajian, diketahui bahwa teknologi pengeringan maupun teknologi fermentasi kurang efektif dalam menurunkan kandungan serat limbah agro-industri.
4. Keberadaan antinutrien. Antinutrien dalam pakan akan menghambat penyerapan zat makanan dalam saluran pencernaan, sehingga nutrien ransum tidak dapat dimanfaatkan untuk produksi optimal ternak. Penggunaan bahan pakan yang mengandung antinutrien sangat dibatasi dalam penyusunan ransum atau dalam penggunaannya perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi antinutrien yang terkandung dalam bahan tersebut. Kandungan antinutrien suatu bahan dapat diturunkan baik dengan teknologi pengeringan, penambahan bahan kimia maupun fermentasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa kandungan HCN singkong dapat menurun lebih dari 50 persen setelah difermentasi.
5. Kelarutan total rendah. Kelarutan total bahan pakan merupakan gambaran dari kecernaannya. Bahan yang kelarutannya tinggi akan mempunyai kecernaan yang tinggi, karena bahan yang kelarutannya tinggi menunjukkan bahan tersebut mengandung nutrien yang mudah didegradasi dan diserap saluran pencernaan. Sebaliknya, bahan yang mempunyai kelarutan rendah memperlihatkan kecernaan dari bahan tersebut juga rendah.

Berdasarkan deskripsi sifat fisik dan kimia di atas, maka teknologi yang tepat untuk diterapkan dalam mengolah limbah agro-industri adalah teknologi fermentasi, yaitu silase.

5.5. Pemakaian Bahan Baku Pakan Lokal

Setiap pelaku bisnis dalam menjalankan usahanya selalu ingin mendapatkan keuntungan yang maksimal. Keuntungan tersebut akan didapat apabila input dan proses produksi dapat ditekan semaksimal mungkin. Dalam industri pakan, perolehan keuntungan yang maksimal bergantung pada harga pembelian bahan baku. Selain pertimbangan harga, industri pakan juga harus memikirkan kualitas dan kontinuitas ketersediaan bahan tersebut. Industri pakan kemungkinan tidak akan memakai bahan pakan yang ketersediaannya tidak terjamin, walaupun bahan iersebut murah dan mempunyai kualitas baik. Untuk itu, dalam upaya mengoptimalkan pemakaian pakan lokal perlu penerapan beberapa strategi berikut ini.

1. Adanya jaminan kualitas. Bila dibandingkan dengan pakan impor, pakan lokal mempunyai kualitas nutrisi yang lebih rendah. Selain itu, variasi kualitas nutrisi pada pakan lokal sangat besar. Lebih jauh, pakan lokal mengandung mikroorganisme yang lebih tinggi, sehingga dapat mempengaruhi daya simpan pakan tersebut. Hal ini dapat dipahami, mengingat belum adanya standar baku pengelolaan pakan lokal. Oleh karena itu, untuk menjamin kualitas, pakan lokal perlu dibuat standard pengelolaannya dengan didukung oleh fasilitas peralatan yang baik. Selain standar pengelolaan, sertifikasi terhadap produk yang dihasilkan juga perlu dilakukan. Sertifikasi ini dibuat dalam rangka untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan, mencegah pemalsuan, dan untuk memudahkan dalam penentuan harga jual. Bahan pakan yang sudah terjamin kualitasnya dapat dipakai dalam jumlah yang optimal dalam ransum.

2. Adanya jaminan ketersediaan bahan pakan yang kontinyu. Selama ini, petani dalam memproduksi hasil pertaniaannya diberi kebebasan penuh dalam memilih komoditi yang akan ditanamnya, sehingga produk yang dihasilkannyapun tidak sama dari tahun ke tahun. Umumnya jenis produk yang dipilih petani untuk ditanam adalah yang mempunyai nilai jual yang baik pada saat dipanen. Mengingat komoditas jagung dan kacang kedelai untuk pakan bukan termasuk kategori produk yang menguntungkan petani, maka kerjasama yang saling menguntungkan antara petani dan pihak industri pakan mutlak diperlukan. Melalui kerjasama ini, diharapkan petani dapat secara serentak dan terjadwal menanam tanaman, sehingga kontinuitas ketersediaan bahan tersebut dapat terpenuhi. Keadaan di atas tidak akan terealisasi dengan baik tanpa adanya dukungan infrastruktur yang baik. Untuk itu, pemerintah dan pelaku bisnis pakan seyogianya memfasilitasi pengembangan infrastuktur yang diperlukan. Misalnya, sarana produksi dan transfortasi.
3. Adanya jaminan harga. Pengusaha pakan tidak akan tenang dalam usahanya jika harga suatu bahan baku pakan yang digunakannya berubah secara drastis. Pihak pengguna pakan tentunya akan mempertimbangkan kembali pemakaian bahan tersebut dan jika dipakai pun kemungkinan dalam persentase yang sangat sedikit, karena akan berisiko terhadap berubahnya harga pakan. Karena itu, jaminan harga bahan akan menentukan persentase pemakaiannya dalam ransurn.

Kebutuhan industri pakan akan jagung, bungkil kedelai, dan tepung ikan sampai saat ini masih dipenuhi dari impor. Dengan melihat sumber daya alam dan manusia, negara kita sebetulnya mampu memproduksi bahan baku pakan tersebut secara kontinyu dengan kualitas dan harga yang terjamin. Hanya

saja untuk mencapai tujuan tersebut, semua pihak yang terlibat perlu punya persepsi dan komitmen yang jelas yang diikuti dengan aksi yang terencana.

5.6 Pakan pada Integrasi Ternak dengan Usaha Pertanian dan Perkebunan

Dalam usaha mewujudkan usaha peternakan yang lebih menguntungkan dan ramah lingkungan, perlu dilakukan penggunaan teknologi pengolahan pakan secara selektif. Dengan demikian, akan diperoleh hasil yang lebih efektif terhadap produksi dan efisien, serta tidak mengganggu lingkungan. Hal ini harus disesuaikan dengan jenis ternak yang dipelihara dan kapasitas produksi yang dimiliki serta pakan yang tersedia.

Peran teknologi pengolahan pakan dalam upaya memadukan ternak dengan usaha pertanian dan perkebunan sangat berdampak positif terhadap aspek budidaya, dan sosial ekonomi. Budidaya ternak akan semakin efisien, karena ketersediaan pakan dapat dilakukan dengan kontinyu dengan biaya yang lebih murah dan dapat meningkatkan nilai tambah sehingga akan lebih menguntungkan bagi usaha peternakan. Secara ekonomis, peternak dapat melakukan efisiensi usaha (meningkatkan pendapatan) dengan menggunakan pakan yang lebih murah dan mudah didapat di lingkungan sekitarnya.

Dari jenis bahan pakan yang tersedia, perlu diketahui kualitasnya dan apakah perlu dilakukan peningkatan atau tidak. Kalau kualitas pakan yang dimiliki masih rendah dan kurang efisisen diberikan pada ternak, maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Teknologi pengolahan pakan yang digunakan secara teknis harus mudah diterapkan dan secara ekonomis harus menguntungkan, serta aman bagi ternak.

Dalam penerapan teknologi pakan, perlu disadari bahwa tidak ada komposisi nutrisi dan strategi pakan yang paling sempurna yang dapat diterapkan pada semua sistem usaha

peternakan yang tersebar pada berbagai lokasi usaha. Hal yang menjadi perhatian adalah bagaimana mengolah potensi bahan pakan yang tersedia menjadi produk yang sehat, menguntungkan, dan ramah terhadap lingkungan. Oleh karena itu, beberapa faktor yang perlu diterapkan dalam pemberian pakan pada ternak adalah sebagai berikut :

1. disesuaikan dengan anatomi dan fisiologi pencernaan ternak yang bersangkutan,
2. perhatikan kebutuhan pakan (kesehatan, biaya, dan hasil),
3. pemilihan bahan pakan,
4. strategi pemberian pakan,
5. perhitungan kecukupan akan pakan, dan
6. pemberian pakan yang sesuai dengan status produksi ternak.

Subsektor peternakan sebagai bagian dari sektor pertanian dapat melakukan integrasi dengan subsektor pertanian dan perkebunan untuk meningkatkan produktivitas masing masing sektor. Artinya, ketiga komponen ini dapat saling menopang untuk saling mengisi dalam meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan produk sampingan usaha. Ternak yang diusahakan dapat diintegrasikan dengan usaha pertanian dan perkebunan untuk saling mengisi, sehingga masing-masing usaha dapat memberi hasil optimal. Dengan adanya integrasi tersebut, maka keseluruhan potensi yang ada dapat dimanfaatkan secara maksimal tanpa adanya materi yang terbuang dari dalam sistem (*zero waste*). Dengan demikian, usaha peternakan yang dilakukan akan lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan adanya dukungan sistem yang saling terkait secara sinergis dan saling menguntungkan. Selain itu, pengembangan potensi limbah ini akan dapat membuka kesempatan kerja baru dan peningkatan pendapatan dengan adanya nilai tambah dari pengolahan limbah yang dilakukan.

Usaha ternak memiliki kendala, yaitu ketergantungan pada penyediaan sumber pakan ternak secara kontinyu (baik hijauan maupun konsentrat), terbatasnya lahan untuk pengembangan usaha, dan permasalahan lingkungan sekitar usaha. Namun, usaha pertanian dan perkebunan menghadapi kendala dalam penyediaan sumber unsur hara untuk lahan, pertumbuhan tanaman yang kurang sehat akibat unsur hara yang berkurang, perawatan untuk pertumbuhan tanaman memerlukan biaya yang besar, dan permasalahan limbah yang semakin lama semakin menumpuk, sehingga menjadi sarang hama dan penyakit. Kendala-kendala tersebut dapat diatasi dengan melakukan integrasi atar subsektor secara terpadu. Misalnya, kotoran ternak diolah sebagai pupuk organik, selanjutnya digunakan untuk pupuk tanaman, dan tanaman diberikan ternak.

Sistem pertanian terpadu (*integrated farming system*) merupakan suatu sistem yang mengintegrasikan beberapa unit usaha di bidang pertanian yang dikelola secara terpadu dan berorientasi ekologis, sehingga diperoleh peningkatan nilai ekonomis, tingkat efisiensi, dan produktivitas yang tinggi. Konsep pertanian terpadu juga sering disebut sebagai konsep LEISA (*Low External Input Sustainable Agriculture*). Konsep ini diharapkan menjadi arah baru bagi pertanian masa depan, di mana pihak yang terlibat dapat menikmati hasil yang sepadan dan berkelanjutan. Konsep LEISA menyangkut berbagai aspek, yaitu (1) optimalisasi pemanfaatan sumberdaya lokal, (2) maksimalisasi daur ulang (zero waste), (3) minimalisasi kerusakan lingkungan (ramah lingkungan), (4) diversifikasi usaha, (5) pencapaian tingkat produksi yang stabil dan memadai untuk jangka panjang, dan (6) menciptakan kemandirian.

Berdasarkan konsep LEISA, usaha ternak dapat diintegrasikan dengan usaha pertanian dan perkebunan dengan cara berikut ini.

1. Hasil samping (limbah) pertanian dan perkebunan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan. Jerami padi, pucuk

tebu, tongkol jagung, jerami kacang tanah, jerami kacang kedelai, dan kulit buah kakao dapat digunakan sebagai pakan ternak.

2. Kotoran ternak dan sisa pakan serta hasil panen yang bukan pangan atau pakan dapat didekomposisi menjadi kompos untuk penyediaan unsur hara lahan.
3. Ternak dapat dilepas di perkebunan (kelapa sawit atau hibrida) untuk memanfaatkan tanaman liar/gulma sebagai pakan dan sekaligus menghemat biaya penyiangan.

Problem sosial yang sering kali terjadi akibat limbah yang menimbulkan polusi (kotoran ternak, sisa panen, limbah perkebunan/pertanian) dapat diatasi dan membawa pengaruh yang baik. Di samping itu, secara ekonomis petani atau peternak dapat melakukan efisiensi usaha (meningkatnya pendapatan) dengan menggunakan pakan yang lebih murah dan mudah didapat di lingkungan sekitarnya.

Pada saat pakan mahal, maka perlu dilakukan substitusi dengan bahan pakan lain yang harganya lebih murah dan nilai nutrisinya cukup tinggi. Dengan berbagai macam teknologi pakan yang ada tersebut, maka masalah kualitas pakan akan dapat diatasi yang nantinya akan memberikan kontribusi yang besar terhadap efisiensi dalam usaha peternakan sehingga akan lebih menguntungkan. Akhirnya, kemandirian petani/peternak dalam berusaha dapat diwujudkan dan ketergantungan pada sarana produksi dari luar dapat ditekan (dikurangi).

5.7 Pakan Serat (Limbah) Terfermentasi

Serat kasar pakan didefinisikan sebagai suatu komponen tanaman yang tak larut pada larutan detergen netral, yang terdiri atas polisakarida, senyawa fenolik, dan mineral terutama silika pada rumput-rumputan dan kalsium (Ca) pada legum (Van Soest, 1985). Hatfield (1989) melaporkan bahwa Neutral Detergen Fiber

(NDF) sebagian besar merupakan polisakarida, hemiselulosa, dan selulosa. Komponen lain dari serat kasar adalah lignin, silika, dan kutin (Ohide dan Becker, 1982) dan ditemukan pula sejumlah nitrogen.

Karakteristik serat terutama struktur fisika dan kimia, mempunyai peran penting dalam mempengaruhi kecepatan dan tingkat degradasi serat kasar tersebut. Adanya ikatan ester dan ikatan kovalen antara lignin, polisakarida dari protein serat kasar, secara alamiah membentuk ikatan intrinsik pada sebagian besar struktur serat kasar dan merupakan pembatas utama dalam degradasi, baik degradasi selulosa maupun hemiselulosa (Chesson,1988; Hatfield, 1989 dan Jung, 1989).

Ikatan lignin dengan komponen selulosa dan hemiselulosa dinding sel bertindak sebagai penghalang dari kerja enzim yang dikeluarkan oleh bakteri dan fungi dalam rumen. Terhambatnya aktivitas mikroba berhubungan dengan ukuran pori-pori dari serat kasar tersebut (Hartley, 1987).

Morrison (1986) melaporkan bahwa hemiselulosa lebih erat terikat dengan lignin jika dibandingkan dengan selulosa, sehingga selulosa lebih mudah dicerna jika dibandingkan dengan hemiselulosa. Jung (1989) menyatakan bahwa perubahan kecernaan selulosa dan hemiselulosa diakibatkan karena keberadaan lignin yang berubah-ubah yang disebabkan karena perbedaan umur panen hijauan dan pengaruh musim. Musim kamarau yang berkepanjangan dapat menyebabkan meningkatnya kandungan kandungan lignin tanaman.

Fermentasi merupakan proses perubahan kimia pada substrat sebagai hasil aktivitas mikrobia dengan dihasilkannya produk tertentu, dimana selama proses fermentasi terjadi perubahan pH, kelembaban, aroma, dan perubahan komposisi zat makanan/nutrien (Bidura, 2007). Efektivitas fermentasi tergantung pada jenis substrat, mikroba yang bekerja, dan kondisi lingkungan. Karena itu, kesesuaian jenis substrat yang akan difermentasi dengan jenis mikrobia yang bekerja serta kondisi lingkungan saat fermentasi berlangsung haruslah optimal.

Fraksi serat kasar yang sangat sulit dicerna adalah lignin. Adanya proses delignifikasi baik secara kimia, fisik, dan biologis diharapkan akan dapat meningkatkan laju fermentasi pakan serat di dalam rumen. Untuk mencerna serat, ternak ruminansia sepenuhnya tergantung pada peranan mikroba rumen.

Ternak ruminansia tidak memproduksi enzim yang dapat menghidrolisis selulosa maupun hemiselulosa. Demikian juga halnya dengan ternak nonruminansia. Peningkatan fermentabilitas pakan serat dapat dilakukan dengan beberapa pengolahan, di antaranya biofermentasi dengan isi rumen dan kapang pendegradasi serat.

Substrat yang mengalami fermentasi biasanya memiliki nilai gizi yang lebih tinggi daripada bahan asalnya. Hal ini dikarenakan sifat katabolik dan anabolik mikroorganisme, sehingga mampu memecah komponen yang lebih kompleks menjadi senyawa yang sederhana dan mudah tercerna. Proses fermentasi diharapkan akan merombak struktur jaringan kimia dinding sel, pemutusan ikatan lignoselulosa, dan penurunan kadar lignin. Pakan serat yang mengalami fermentasi dengan kapang akan meningkat kecernaan nutriennya (Puls dan Poutanen, 1989).

Degradasi polisakarida yang terdapat pada dinding sel tanaman yang merupakan bagian terbesar komponen serat kasar bervariasi tergantung pada jaringan tanaman, jenis tanaman, dan umur tanaman (Hatfield,1989). Chesson (1988) melaporkan bahwa penyusun utama dinding sel tanaman lebih mungkin dapat dicerna daripada bagian yang kedua yang lebih tebal dari dinding sel. Perombakan lignin oleh kapang melibatkan kerja enzim ligninolitik yang akan menguraikan lignin menjadi karbondioksida (CO_2). Enzim tersebut adalah lignin peroksidase, mangan peroksidase, likase, dan oksidase (Houghton *et al.*,1987 dalam Bidura, 2007).

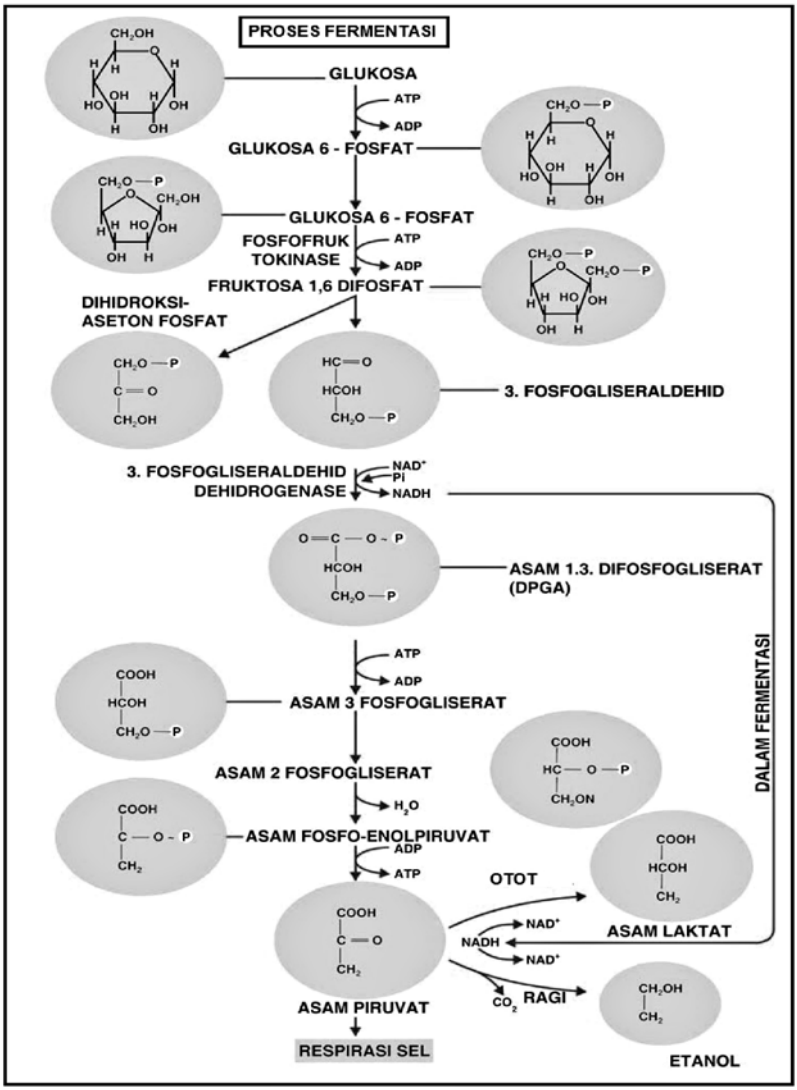
Penambahan molasses atau tetes pada proses biofermentasi dapat mempercepat mekanisme kerja tersebut. Kunci reaksi degradasi lignin oleh kapang adalah biokatalis enzim lignase

yang mengkatalis oksidasi cincin aromatiknya dan membentuk radikal-radikal kation. Laju degradasi lignin meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan oksigen. Hidrogen peroksida (H_2O_2) berfungsi sebagai oksidan ekstraseluler dan perangsang aktivitas lignolisis (Bidura *et al*., 2008).

Fermentasi pakan serat di dalam rumen ternak ruminansia merupakan suatu sistem yang kompleks dan dipengaruhi oleh adanya interaksi dinamik antara faktor ternak, pakan, dan populasi mikroba di dalam rumen. Faktor pakan di antaranya struktur kimia dan sifat fisik serat. Fraksi serat kasar yang sangat sulit dicerna adalah lignin. Adanya proses delignifikasi baik secara kimia, fisik, dan biologis diharapkan akan dapat meningkatkan laju fermentasi pakan serat di dalam rumen (Bidura, 2007)

Proses fermentasi diharapkan akan merombak struktur jaringan kimia dinding sel, pemutusan ikatan lignoselulosa, dan penurunan kadar lignin. Pakan serat yang mengalami fermentasi dengan kapang akan meningkat kecernaan nutriennya (Vallie *et al*., l992). Menurut Jaelani *et al*. (2008), terjadinya peningkatan kandungan energi termetabolis (ME) bungkil inti sawit (BIS) sebagai akibat fermentasi oleh kapang *T. reesei* dari 1.824 kkal/kg menjadi 1930 kkal/kg yang karena adanya degradasi polisakarida mannan yang ada pada BIS oleh kapang *T. reesei* menjadi bentuk yang lebih sederhana (monosakarida) yang menghasilkan nilai energi yang cukup baik dibandingkan dalam bentuk polisakarida mannan. Hal senada dilaporkan juga oleh Sabini *et al*. (2000) yang menyatakan bahwa kapang *T. reesei* mampu mendegradasi polisakarida mannan menjadi mannotriosa, mannobiosa, dan mannosa

Pramono *et al.* (2007) menyatakan bahwa terjadi peningkatan gula reduksi dan protein terlarut akibat dari degradasi komponen karbohidrat dan protein, kemudian mengalami penurunan karena diduga digunakan untuk metabolisme mikroba. Perubahan glukosa menjadi asam piruvat dalam proses fermentasi tersaji pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Fermentasi glukosa menjadi asam virupat
(Owens dan Goetsch, 1988)

Menurut Jaelani *et al*. (2008), kandungan protein kasar feses yang diberi BISF (bungkil inti sawit terfermentasi) ternyata lebih tinggi daripada kandungan protein kasar BIS (bungkil inti sawit),

sehingga retensi nitrogen semu pada BISF lebih rendah daripada BIS. Hal ini diduga karena protein kasar pada BISF lebih sulit dicerna yang disebabkan protein kasar kapang tinggi kandungan nukleotidnya. Dilaporkan juga bahwa terjadi pengurangan kandungan ADF (*acid ditergent fibre*) dan hemiselulosa bahan, sedangkan kandungan NDF (*neutral ditergent fibre*) meningkat. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan komponen serat kasar pada fermentasi BIS oleh kapang *T. resei* adalah komponen NDF. Komponen ADF maupun hemiselulosa banyak mengalami degradasi oleh kapang *T. resei* menjadi komponen mannose, glukosa, xylosa, dan galaktosa.

Peningkatan nilai nutrisi jerami padi dapat dilakukan dengan memanfaatkan jasa mikroba rumen kerbau dalam proses ensilase jerami padi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Thalib *et al.* (2000) menunjukkan bahwa jerami padi terfermentasi dengan cairan rumen kerbau nyata dapat meningkatkan kecernaan bahan kering dan bahan organiknya, serta secara nyata meningkatkan produksi gas dalam rumen sapi. Lebih rinci tersaji pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Pengaruh silase jerami padi dengan cairan rumen kerbau terhadap produksi gas kumulatif dan kecernaan ruminal bahan kering dan bahan organik substrat oleh rumen sapi peranakan ongole (PO)

Variabel	Perlakuan		
	Jerami padi kontrol	Jerami padi terfermentasi dg cairan rumen kerbau	Rumput gajah
Produksi gas (ml)	96,5a	198,0c	131,0b
Daya cerna bahan kering (%)	32,76a	53,94c	44,65b
Daya cerna bahan organik (%)	31,93a	51,65c	42,44b

Sumber: Thalib *et al.* (2000)

Faktor lain yang menghambat daya cerna jerami padi adanya kandungan lignin yang cukup tinggi dan tidak dapat dihancurkan oleh mikroba rumen dan adanya kristalisasi dari selulosa dan hemiselulosa yang menghambat kerja enzim untuk mencerna dinding sel jerami padi.

Kandungan lignin pada jerami padi berkisar antara 3-5% (Komar, 1984). Kecernaan yang rendah ini merupakan akibat struktur jaringan penyangga tanaman yang sudah tua. Jaringan ini sudah mengalami proses lignifikasi yang sudah lanjut, sehingga kompleks lignoselulose dan lignohemiselulose sulit untuk dicerrna.

5.7.1. Karakteristik Mikroba Fermentasi

Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi adalah mikroba yang mempunyai kemampuan menghasilkan enzim dalam jumlah besar. Bakteri, khamir, dan cendawan merupakan mikroba sel tunggal, mempunyai kapasitas fungsional pertumbuhan, reproduksi, pencernaan, dan memperbaiki isi dalam sel. Oleh karena itu, mikroba sel tunggal merupakan wujud kehidupan yang lengkap, misalnya khamir yaitu mikroba yang memiliki produktivitas enzim dan kapasitas fermentatif yang tinggi bila dibandingkan dengan mahluk hidup lainnya.

Mikroba secara kimia sangat mirip dengan sel mamalia dan dapat menunjukkan banyak persamaan reaksi biokimia, seperti siklus karbon, oksigen, nitrogen, dan unsur-unsur yang dibutuhkan. Ada tiga karakteristik penting yang harus dimiliki oleh mikroba bila akan digunakan dalam proses fermentasi dan pengasaman.

1. Mikroba harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok dan mudah untuk dibudidayakan dalam jumlah besar.
2. Mikroba tersebut harus memiliki kemampuan untuk mengatur ketahanan fisiologis dalam kondisi seperti tersebut di atas serta mampu menghasilkan enzim-enzim

esensial dengan mudah dan dalam jumlah besar agar berbagai bahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi.

3. Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan dan produksi maksimum secara komperatif harus sederhana.

Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi membutuhkan tersedianya karbohidrat, protein, lemak, mineral, dan zat gizi lainnya yang ada didalam bahan pakan aslinya.

Mikroba pertama-tama menyerang karbohidrat, kemudian protein, dan berikutnya lemak. Bahkan, ada tingkatan penyerangan terhadap karbohidrat, yaitu yang pertama diserang adalah gula, kemudian alkohol, baru kemudian asam. Karena kebutuhan yang pertama bagi aktivitas mikroba adalah energi, maka tampak bahwa bentuk yang paling dapat disediakan sesuai dengan tingkat kesukaan adalah rantai karbon CH_2; CH; CHOH; dan COOH. Beberapa ikatan seperti radikal CN tidak dapat dimanfaatkan oleh mikroba.

5.7.2. Indikator Keberhasilan Fermentasi

Ada lima fase dalam proses pembuatan silase, yaitu mulai dari proses respirasi sampai terbentuknya asam laktat. Setiap fase tersebut mempunyai sifat-sifat yang khas. Keberhasilan proses fermentasi anaerob dalam pembuatan silase dapat dilihat dari beberapa indikator sebagai berikut ini.

1. Tercapainya keasaman pada pH 3,5-4 (indikator utama): pH asam menandakan bahwa bakteri pembentuk asam tumbuh dan berkembang dengan baik. Pada pH tersebut, bakteri asam laktat yang tumbuh adalah *Lactobacillus plantarum, Pediococcus pentosaceus, Lactobacillus brevis,* dan *leuconostoc mesentereoides*.
2. Indikator tambahan, seperti bau asam, warna hampir sama dengan warna aslinya, dan tidak menggumpal atau berjamur.

Bahan atau silase yang tidak menunjukkan indikator tersebut di atas menandakan bahwa bahan tersebut tidak berhasil terfermentasi. Berdasarkan gambaran di atas, tentunya hal yang tepat untuk pengolahan bahan limbah agro-industri adalah pengolahan fermentasi dengan dibuat silase ransum komplit. Pakan komplit silase sebagai salah satu teknologi diharapkan mampu mengatasi permasalahan peternak dalam penyediaan pakan dan penangan limbah agro-industri, khususnya limbah agro-industri yang dihasilkan di daerah perkotaan. Lebih jauh dengan diterapkan teknologi ini, harga limbah agro-industri dapat ditekan, sehingga peternak dapat menyusun ransum yang efisien dan ekonomis.

Setelah silo (tempat penyimpanan silase) dibuka, seyogianya produk tidak diberikan langsung ke ternak. Produk fermentasi mengandung sejumlah gas yang dihasilkan selama fermentasi, yang dapat menekan konsumsi dan bahkan berbahaya bagi ternak bila diberikan langsung setelah pembongkaran silo. Sebelum diberikan pada ternak, silase perlu diangin-anginkan terlebih dahulu agar aromanya tidak lagi menyengat. Selain itu, produk silase juga harus diperiksa dari logam-logam berat yang mungkin mencemarinya sebelum diberikan ke ternak.

BAB VI
NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

6.1 Jenis Pakan

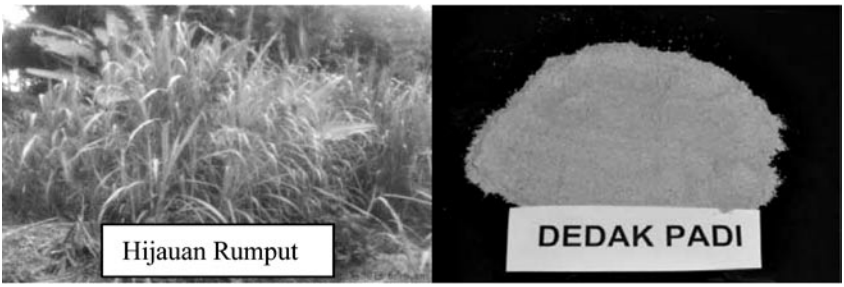
Sebagaimana halnya manusia, ternak pun membutuhkan nutrisi yang lengkap. Makin banyak ragam bahan baku pakan yang dipakai dalam menyusun ransum, maka semakin baik pula kualitas ransum tersebut. Ternak yang diberikan ransum mengandung bahan baku nabati dan hewani umumnya akan mempunyai performans yang jauh lebih baik daripada ternak yang hanya menerima ransum berbahan baku nabati saja. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya pengaruh saling melengkapi kekurangan gizi satu bahan dengan bahan lainnya.

Bahan pakan adalah segala bahan yang dapat dikonsumsi, disukai, dapat dicerna sebagian atau seluruhnya, bermanfaat, serta tidak berbahaya atau mengganggu kesehatan ternak (Tillman *et al*., 1998). Adapun fungsi pakan adalah:

1. menyediakan energi untuk melangsungkan berbagai proses dalam tubuh ternak,
2. menyediakan nutrien untuk membangun dan memperbarui jaringan tubuh yang rusak, dan
3. mengatur kelestarian proses-proses dalam tubuh dan kondisi lingkungan dalam tubuh.

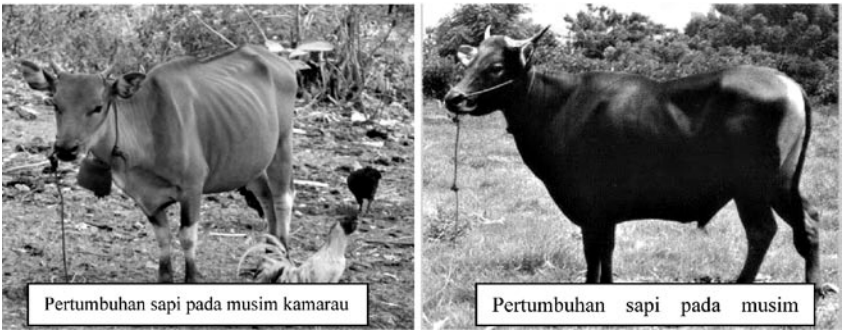
Bahan pakan ternak ruminansia pada pokoknya bisa digolongkan menjadi tiga, yakni pakan hijauan, pakan penguat, dan pakan tambahan (Sudarmono *et al*., 2008). Pakan hijauan dapat berupa tanaman rumput (Gambar 6.1), semak, pohon, jerami,

atau leguminosa merambat (*Centrosema pubescen*), sedangkan pakan penguat dapat berupa dedak padi (Gambar 6.1), onggok, pollard, bungkil kelapa, dan lain sebagainya. Pakan tambahan umumnya vitamin, mineral, urea sebagai sumber nitrogen, dan sebagainya.



Gambar 6.1. Pakan hijauan (rumput) dan penguat (dedak padi)

Pemberian campuran pakan hijauan makanan ternak antara rumput dan legominosa (lamtoro dan gamal) dapat memberikan performans sapi yang lebih baik bila dibandingkan dengan yang diberi rumput saja. Umumnya pada musim kamarau yang panjang, peternak mengalami kekurangan pakan, sehingga pertumbuhan sapi menurun. Sebaliknya, pada musin hujan, ketersediaan hijauan pakan (rumput dan legominosa) berlimpah dan pertumbuhan sapi meningkat. Lebih rinci tersaji pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2. Performans sapi pada musim kamarau dan hujan

6.1.1. Rumput

Jenis-jenis rumput yang baik untuk ternak sapi antara lain: rumput gajah (*Pennisetum purpureum)*, rumput setaria *(Setaria sphacelata)*, rumput meksiko, *Brachiaria decumbens*, *Paspalum dilatatum*, dan lain sebagainya.

Rumput lapangan *(wilde grassen)* merupakan jenis-jenis rumput yang bercampur, yaitu *Graminae* dan juga beberapa *Cyperaceae* (Lubis,1963). Selanjutnya, dijelaskan bahwa jenis-jenis rumput bisa tumbuh di lapangan; contohnya *Paspalum conjugatum*, *Axonopus compresus*, *Cynodon dactylon*, *Polytrias amaura*, dan *Paspalum scribicucatum,* serta beberapa *Digitaria.*

Rumput lapangan mudah tumbuh di tepi jalan, sungai, selokan, serta lahan marginal lainnya, dengan kualitas rendah yang ditandai dengan kandungan TND (*total digestible nutrient*) sebesar 69,40% dan proteinnya 8,95%, serta produksinya yang tidak kontinyu (Nitis *et al.*,1985). Rumput lapangan sebagai pakan utama ternak ruminansia sangat mudah diperoleh, karena memiliki kemampuan tumbuh dan adaptasi yang tinggi terutama di daerah tropis, serta merupakan hijauan segar yang menguntungkan peternak karena sangat disukai oleh ternak (Kartadisastra, 1997).

Kualitas rumput lapangan di Indonesia jauh lebih rendah dibandingkan dengan rumput lapangan di daerah sub-tropis. Hal ini disebabkan di daerah tropis banyak terjadi penguapan, sehingga rumput lapangan akan beradaptasi dengan cara menebalkan daun atau mengeluarkan duri, sehingga serat kasar pada rumput lapangan tinggi dengan kualitas yang rendah.

Rumput lapangan di Bali mengandung protein kasar 8,77%; serat kasar 27,88%; dan kecernaan bahan keringnya sebesar 43,44% pada musim penghujan dan 43,42% pada musim kemarau (Nitis *et al.*,1985). Lebih lanjut, Mathius *et al.* (1989) melaporkan bahwa rumput lapangan umumnya mengandung protein kasar berkisar antara 1-7%, dan nilai total zat makanan yang dapat dicerna sangat rendah, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan akan

zat makanan pada kambing walaupun diberikan *ad libitum.*

Campuran rumput lapangan dan dedak padi dapat menyediakan bahan pembentuk protein mikroba, seperti amonia (NH_3) dan asam lemak atsiri (VFA) yang cukup di rumen. Hal ini akan berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba rumen menjadi lebih cepat, sehingga populasi dan aktivitas mikroba dalam mencerna pakan serat yang terdapat pada rumput lapangan meningkat. Meningkatnya kecernaan pakan berserat akan berakibat pada laju alir makanan menjadi lebih cepat, sehingga lambung lebih cepat kosong, dan pada akhirnya dapat meningkatkan konsumsi pakan.

Pemanfaatan jenis rumput-rumputan sebagai ransum tunggal ternak kambing dapat memberikan penampilan pertumbuhan yang kurang baik, karena kecernaannya sangat rendah yang didasari oleh: (1) kandungan ligninnya relatif tinggi (Nitis *et al.,* 1985); (2) kandungan protein kasarnya rendah, sehingga tidak mampu memacu aktivitas mikroba rumen dalam mencerna pakan serat, akibatnya kecernaan pakan menurun (Putra, 1999); dan (3) bersifat *bulky* atau *amba* (Sutardi *et al.,* 1995).

Hijauan pakan ternak dengan kandungan lignin tinggi akan menurunkan kecernaan isi sel. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan lignin dengan selulosa dan hemiselulosa sebagai pembentuk dinding sel yang sulit dilepas oleh enzim mikroba (Van Soest, 1982). Demikan juga halnya dengan hijauan pakan yang bersifat *amba* akan berpengaruh terhadap tingkat konsumsi, karena ternak yang mengkonsumsi pakan yang *amba* akan dibatasi oleh kapasitas saluran pencernaan atau lambung. Hal ini sangat erat hubungannya dengan komponen penyusun dinding sel hijauan. Semakin tinggi kadar dinding hijauan, seperti lignin dan silika, maka keadaan pakan akan lebih *amba* dan konsumsinya makin rendah.

Hijauan pakan yang berkadar protein rendah juga dapat membatasi konsumsi bahan kering. Hal ini adalah akibat

pengaruh rendahnya protein pada makanan, yaitu terletak pada penyediaan nitrogen bagi mikroba rumen menjadi rendah, sehingga aktivitas fisiologisnya terhambat dan degradasi pakan menjadi terhambat yang pada akhirnya dapat menekan konsumsi (Bowker *et al.,* 1978).

Rataan konsumsi bahan kering (BK) ternak kambing adalah 3,21% dari bobot badan atau serupa dengan 66 g/kg$W^{0,75}$. Konsumsi bahan kering ternak kambing lokal di daerah tropis adalah berkisar antara 1,80-3,80% dari bobot badan atau setara dengan 40,50 sampai 127 g/kg$W^{0,75}$ (Devendra dan Burn, 1994). Untuk ternak kambing muda yang diberi hijauan dan konsentrat, konsumsi bahan keringnya berkisar antara 32-130 g/ kg$W^{0,75}$ (Suarna, 2002). Sebagai pembatas utama dari rendahnya laju pertumbuhan kambing adalah rendahnya konsumsi energi, sedangkan banyaknya bahan kering yang dapat dicerna dipengaruhi oleh konsumsi bahan kering.

Jumlah atau banyaknya bahan kering yang dapat dikonsumsi oleh seekor ternak antara lain dipengaruhi oleh kapasitas retikulum, kebutuhan akan nutrien, kualitas dan kuantitas pakan, palatabilitas, kesehatan dan kondisi temperatur lingkungan, jumlah energi yang dikonsumsi, pilihan pakan, laju pakan dalam saluran pencernaan, kondisi fisiologis, dan ukuran tubuh ternak.

Ternak akan berhenti makan bila retikulo-rumen penuh, keadaan ini terjadi bila kandungan serat dalam pakan tinggi. Sebaliknya, bila kandungan energi dalam pakan tinggi, ternak akan berhenti makan bila kebutuhan akan energi telah terpenuhi, walaupun retikulo-rumen masih mampu menampung lebih banyak. Pakan dengan kualitas rendah akan dikonsumsi dalam jumlah yang lebih banyak (Van Soest, 1994).

6.1.2. Bahan Pakan Hijauan

Ternak ruminansia dapat diberi pakan dalam tiga jenis, yaitu pakan hijauan, pakan konsentrat (penguat), dan pakan

tambahan. Bahan hijauan dapat diberikan pada sapi dalam bentuk segar dan kering atau dikeringkan. Pakan jenis dedaunan dapat berasal dari kacang-kacangan (leguminosa) dan nonleguminosa. Pakan dari jenis dedaunan yang yang berasal dari leguminosa, umumnya lebih disukai olah sapi dan juga memiliki kandungan protein yang lebih tinggi jika dibandingkan pakan yang berasal dari nonleguminosa maupun dari rerumputan. Dedaunan yang sering diberikan pada sapi, antara lain daun dadap, daun gamal, daun kayu santen, daun kaliandra, lamtoro, turi, bunut, waru, nangka, dan lain-lainnya.

Termasuk jenis leguminosa antara lain: lamtoro *(Leucaena glauca)*, gamal *(Gliricidia)*, turi *(sesbania grandifora)*, centro *(Centrosoma pubescens)*, kalopo *(Calopogonium muconoides)*, dan lain sebagainya. Jenis tanaman leguminosa penutup tanah, antara lain *Centrocema, Pureraria*, dan *Crotalaria,* mampu mengembangkan sistem perakaran yang dalam pada tanah bereaksi asam di wilayah tropika basah. Tanaman penutup tanah yang bertujuan untuk menekan pertumbuhan gulma antara lain *Pachyrrhizus erosus* atau *Mucuna utilis.*

Jumlah pakan hijauan segar yang diberikan pada sapi, baik berupa rerumputan maupun dedaunan, tergantung pada bobot sapi. Sapi bali dengan bobot badan 300 kg biasanya diberi pakan hijauan dalam bentuk segar sebanyak 30 kg/hari atau 10% dari bobot badannya. Hijauan segar sebaiknya berasal dari berbagai jenis hijauan, sehingga kebutuhan sapi akan zat makanan dapat terpenuhi. Sebagai contoh, sapi bali dengan berat badan 250 kg yang diberikan hijauan dengan komposisi 70% rumput gajah dan 30% daun gamal, maka kebutuhan akan protein, kalori dan energi metaboliknya dapat terpenuhi, sehingga sapi dapat tumbuh dengan baik. Pakan hijauan kering atau yang dikeringkan dapat berupa jerami dan dedaunan yang dikeringkan.

Meskipun gamal dapat diperbanyak dengan biji, tetapi lebih sering menggunakan setek batang dalam usaha mengembangbiakan gamal. Hal ini disebabkan karena gamal

sudah secara berkala dipanen daun dan batangnya, sehingga jarang yang dapat tumbuh sampai berbunga dan berpolong. Alasan lain adalah bahwa perbanyakan dengan setek batang lebih mudah dan lebih cepat daripada melalui biji. Tanaman yang diperbanyak dengan setek sudah dapat dipanen perdana pada usia di bawah satu tahun dan umumnya umur 8-10 bulan, sedangkan pada tanaman dari biji, hasil biomassanya baru dapat diperoleh pada usia sekitar 2 tahun. Berdasarkan hasil penelitian Nitis (2007), produksi daun gamal tertinggi diperoleh bila berasosiasi dengan tanaman rumput (6% lebih tinggi daripada dengan legum dan 37% lebih tinggi bila gamal berasosiasi dengan pohon).

Kadang-kadang pohon gamal menggugurkan daunnya pada musim kering dan kondisi udara dingin. Pohon gamal dapat dikategorikan sebagai pohon yang selalu hijau (*evergreen*) dan dapat dipanen setiap 3-4 bulan sekali, dengan hasil antara 1-2 kg hijauan basah per tanaman. Penanaman stek gamal sebagai pagar, tersaji pada Gambar 6.3. Penanaman pohon gamal disekeliling *paddock,* selain berfungsi sebagai sumber hijauan pakan, juga dapat berfungsi sebagai pagar pelindung *paddock* dari serangan hewan liar dari luar *paddock.*



Gambar 6.3. Pagar tanaman gamal di sekeliling *paddock*

Jenis tanaman leguminosa penutup tanah, seperti *Centrocema, Purearia*, dan *Crotalaria* mampu mengembangkan sistem perakaran yang dalam pada tanah bereaksi asam di wilayah tropika basah (Gambar 6.4). Di bawah larikan tanaman semusim, misalnya tanaman jagung, disebar benih tanaman penutup tanah yang mempunyai pertumbuhan rendah dan rapat, yaitu tanaman leguminosa, seperti *Centrosema pubescen, Pueraria phasoloides,* dan *Arachis prostrata*. Larikan mulsa hidup dipotong pada saat tanaman pangan akan ditanam. Pada Gambar 6.4 tersaji tanaman leguminosa *Centro* yang ditanam sebagai hijauan pakan ternak sumber protein.



Gambar 6.4. Tanaman leguminosa bahan pakan sumber protein

6.1.3. Pakan Penguat/Konsentrat

Pakan penguat adalah pakan yang berkonsentrasi tinggi dengan kadar serat kasar yang rendah dan mudah dicerna. Tujuan pemberian konsentrat adalah sebagai sumber protein (kandungan protein lebih dari 20%) dan sumber energi (Cheeke *et al*., 1982). Fungsi pakan penguat atau konsentrat adalah meningkatkan dan memperkaya nilai gizi pada bahan pakan hijauan. Bahan pakan penguat ini meliputi konsentrat sumber energi (bekatul, dedak, pollard, gaplek, tapioka, onggok, empok, molases, jagung, sorghum, dan lain sebagainya) dan konsentrat sumber protein (bungkil kedelai, bungkil kelapa, bungkil biji

kapuk, bungkil kacang, dan lain sebagainya).

Selain hijauan makanan ternak yang berkualitas, maka untuk mengefisienkan produksi ternak, konsentrat biasanya diperlukan sebagai bahan tambahan pada hijauan. Hal ini disebabkan karena ternak yang diberi hijauan saja tidak dapat memenuhi kebutuhannya untuk produksi yang tinggi mengingat hijauan mempunyai kecernaan dan net energi yang rendah.

Kosentrat atau pakan penguat merupakan jenis pakan bergizi tinggi dengan kandungan serat kasar yang relatif rendah, sehingga lebih mudah dicerna jika dibandingkan dengan hijauan. Pada sapi, pakan kosentrat biasanya berupa dedak padi, bungkil kelapa, bungkil kacang tanah, gaplek (ketela pohon), dan sebagainya. Harga bahan pakan konsentrat relatif lebih mahal jika dibandingkan dengan harga bahan hijauan. Pada saat hijauan tersedia dalam jumlah yang berlimpah, pemberian kosentrat perlu dipertimbangkan secara ekonomis, karena pemberian kosentrat yang terlalu tinggi secara ekonomis sering tidak menguntungkan.

Bahan pakan penguat yang mempunyai nilai nutrisi yang cukup tinggi dan mudah didapat adalah limbah industri pertanian. Salah satunya adalah dedak padi. Dedak padi mengandung protein 13,50% dan energi tercerna sebesar 2.460 kkal (Hartadi *et al.,* 1990). Kandungan energi yang cukup tinggi pada dedak padi dapat menyediakan karbohidrat mudah larut, sehingga tersedia energi siap pakai yang dibutuhkan oleh mikroba rumen dan ternak untuk menghasilkan produksi yang optimal.

Dedak merupakan salah satu bahan penyusun konsentrat, yang berasal dari hasil samping penggilingan padi dan telah lama dimanfaafkan sebagai pakan ternak. Dedak padi dapat digolongkan berdasarkan proses penggilingannya, yaitu: (1) dedak halus kampung, (2) dedak halus pabrik, dan (3) bekatul.

Dedak halus kampung mengandung kadar serat kasar lebih tinggi, karena didapatkan dari padi yang ditumbuk dan pemisahan dedak halus dengan dedak kasar menggunakan alat

yang sederhana yaitu ayakan. Dedak halus pabrik merupakan hasil sampingan dari penggilingan padi di pabrik, di mana pemisahan dedak yang halus dengan yang kasar menggunakan alat yang bekerja secara otomatis. Pada dedak halus pabrik, masih terdapat lembaga padi atau bekatul yang mengandung protein tinggi.

Suhartati dan Hartoyo (1998) melaporkan bahwa tingkat kontaminasi sekam pada dedak bervariasi dari 5% sampai 60%. Secara umum, kualitas dedak padi sebagai pakan ternak sangat bervariasi dan tergantung pada varietas padi, serta tingkat kontaminasi sekam sebagai akibat dari perbedaan penggilingan padi yang digunakan.

Domba lokal yang disuplementasi dedak padi sebesar 200 dan 400 g/ekor/hari dengan pakan dasar yang diberikan berupa rumput gajah menghasilkan pertambahan bobot badan secara berturutan 27,47 g dan 44,46 g/e/hari dan konsumsi bahan kering (BK) berturut-turut 912,94 g dan 967,17 g/e/hari (Rianto *et al.,* 2006). Rahmat (2000) melaporkan bahwa domba lokal yang disuplementasi dedak padi dengan pakan dasar berupa rumput gajah dengan perbandingan 30 : 70, konsumsi bahan keringnya sebesar 54,63 g/h/kg$W^{0,75}$ dan pertambahan berat badan hariannya sebesar 43,65 g/kg$W^{0,75}$.

Pada dasarnya, pemberian pakan penguat pada ternak kambing adalah untuk meningkatkan produksi asam lemak atsiri (VFA) melalui peningkatan produksi asam propionat. Asam lemak atsiri tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan mikroba rumen dan hewan inang akan energi.

6.1.4. Bahan Pakan Tambahan

Walaupun telah diberi pakan berupa hijauan dan/atau konsentrat yang telah mengandung zat makanan yang memenuhi kebutuhannya, ternak sapi masih sering menderita kekurangan vitamin, mineral, dan bahkan protein. Keadaan ini dapat mengganggu pertumbuhan atau kesehatan sapi, sehingga untuk

mengatasinya sapi dapat diberi pakan tambahan.

Pakan tambahan bagi ternak sapi biasanya berupa: vitamin, mineral, dan urea (*Nutrient additive);* antibiotika, hormon, enzim, dan probiotik (*Non Nutrient additive*). Pakan tambahan ini seringkali digunakan pada sapi yang dipelihara secara intensif, yang hidupnya berada di dalam kandang terus menerus.

Vitamin biasanya diberikan dalam bentuk pakan tambahan atau *feed supplement* berupa minyak ikan untuk memenuhi kekurangan vitamin A dan D. Banyak vitamin yang mudah rusak karena oksidasi dan kerusakan tersebut dipercepat dengan adanya sinar, panas, dan logam (besi, tembaga, dan lain-lain). Kerusakan tersebut perlu dipertimbangkan pada penyimpanan pakan sebelum diberikan kepada ternak. Beberapa preparat vitamin yang diperdagangkan dibuat dalam bentuk butir-butir kecil yang dilapisi dengan lilin atau gelatin yang berguna untuk melindunginya dari oksidasi.

Kekurangan mineral, khususnya Ca, P, dan NaCl pada pakan ternak dapat dipenuhi dengan pemberian tepung tulang, tepung kapur ($CaCO_3$), dan garam dapur (NaCl). Secara umum, mineral berfungsi antara lain sebagai bahan pembentuk tulang dan gigi yang menyebabkan adanya jaringan yang keras dan kuat; mempertahankan keadaan koloidal dari beberapa senyawa dalam tubuh; dan memelihara keseimbangan asam basa dalam tubuh.

Kekurangan protein sering terjadi pada sapi bila pakan yang diberikan hanya berupa jerami atau atau rumput kering yang berkadar protein rendah. Oleh sebab itu, untuk memenuhinya, maka ke dalam pakan yang diberikan perlu ditambahkan urea. Pemberian urea dapat menguntungkan, karena sebagai hewan ruminansia, sapi mampu mengubah sumber nitrogen nonprotein menjadi protein.

Bahan pakan berprotein tinggi, seperti tepung daging dan tepung ikan harganya cukup mahal. Akan tetapi, pemberian urea pada sapi perlu kehati-hatian, sebab pemberian urea yang

berlebihan dapat menyebabkan keracunan. Sebagai pedoman, kadar urea dalam pakan tidak boleh melebihi 1% dari jumlah pakan atau 20 gram per 100 kg bobot badan sapi bali.

Bahan pakan ternak yang umumnya diberikan pada sapi dan komposisinya tersaji pada Tabel 6.1. Kandungan protein kasar pada jerami kacang tanah dan jerami kacang kedelai cukup tinggi jika dibandingkan dengan jerami padi, sehingga sangat sesuai bila digunakan sebagai bahan pakan sumber protein. Demikian juga halnya dengan bungkil kelapa dan daun lamtoro. Apabila dilihat dari kandungan energi termetabolisnya (ME), maka rumput *Panicum maximum* dan dedak padi yang sesuai digunakan sebagai bahan pakan sumber energy.

Tabel 6.1. Komposisi bahan pakan dan zat makanan yang umumnya diberikan dalam ransum sapi

Nama Bahan	BK (%)	PK (%)	TDN (%)	ME (Mcal/ kg)	Ca (%)	P (%)
Jerami Kacang Tanah	38,1	15,2	63,3	2,37	1,40	0,20
Jerami Kedelai	86,0	16,6	56,0	2,03	1,20	0,31
Jerami Padi	40,0	4,3	39,5	1,53	-	-
Daun Lantoro	29,1	23,2	63,1	2,70	2,20	0,31
Rumput Benggala	40,0	4,9	45,3	1,61	0,25	0,26
Rumput Gajah	15,7	11,4	53,1	1,89	0,70	0,40
Panicum maximum	40,0	4,9	45,3	4,61	0,25	0,26
Dedak Padi	86,0	14,0	87,6	3,32	0,10	0,80
Bungkil Kelapa	86,0	21,6	78,0	2,85	0,16	0,72

Sumber: Tillman *et al.* (l998).

6.2 Pakan Inkonvensional

6.2.1. Kulit Cokelat (*Theobroma cacao*)

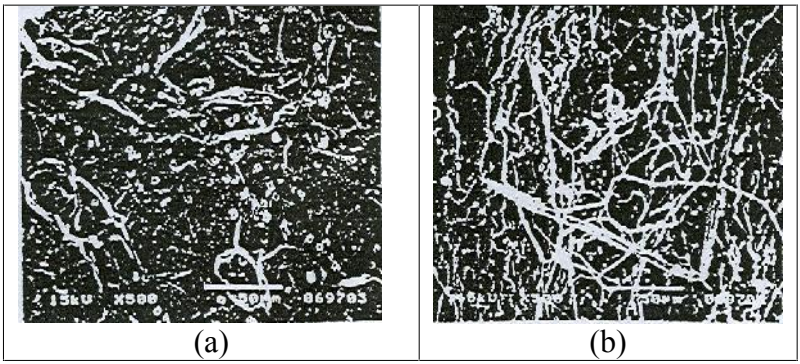
Tanaman kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu tanaman perkebunan, yang saat ini penanamannya berkembang dengan pesat, khususnya di pulau Jawa dan Bali. Umumnya,

buah kakao setelah dipanen, dikupas di kebun dan isinya (27%) diangkut ke pabrik untuk diolah, sedangkan bagian cangkang atau podnya (73%) biasanya disebarkan di sekitar tanaman.

Tujuan utama produksi kakao adalah untuk mendapatkan bijinya (*bean)* yang menjadi salah satu devisa andalan Indonesia. Dalam proses pengeluaran biji tersebut, dihasilkan limbah yang jumlahnya jauh lebih banyak. Buah kakao terdiri atas 73% cangkang buah atau *pod* dan 27% isi buah yang terdiri atas biji beserta *musilase* (Wong *et al*., l986). Kulit cokelat atau cangkang kakao mengandung *theobromine* (*3,7-dimethyl-xanthine*). Konsentrasi yang tertinggi terdapat pada isi biji (*nib*), pada kulit biji sekitar 1,8-2,1%, dan pada cangkang kakao sekitar 0,17-0,20%.

Smith (l984) menyatakan bahwa fraksi karbohidrat (BETN) pada cangkang kakao sangat mudah dicerna, tetapi kecernaan serat kasarnya rendah. Hal ini disebabkan karena kadar NDF (*Neutral Detergent Fibre)* pada cangkang kakao tinggi, yaitu 66,30%, ADFnya (*Acid Detergent Fibre*) 65,10%, dan lignin 28,0%, serta kadar silikanya rendah yaitu 0,17%.

Proses biofermentasi pada pod kakao akan merombak struktur jaringan kimia dinding sel, pemutusan ikatan lignoselulosa dan lignin, sehingga ransum mudah dicerna. Perubahan struktur jaringan serat pod kakao sebagai akibat difermentasi oleh kapang secara visual dengan menggunakan mikroskop elektron (SEM) tersaji pada Gambar 6.5. Pada gambar, tampak penampang dinding serat pod kakao sebelum difermentasi (kiri) dan sesudah difermentasi oleh kapang (kanan). Biofermentasi pod kakao dengan kapang *Phanerochaete chrysosporium* ternyata dapat melunakkan dan memecah dinding serat pod kakao.



Gambar 6.5. Pod kakao tanpa perlakuan (a) dan pod kakao yang telah mengalami fermentasi dengan kapang (b) (Erika, 1998).

Kapang mampu melepaskan pita-pita serat mikrofibril, sehingga struktur serat menjadi rapuh dan lebih terbuka (Gambar 6.4b). Kapang tersebut bekerja secara bertahap dalam memecah komponen dinding sel. Melalui benang *fibril hifanya*, kapang *Phanerochaete chrysosporium* mengeluarkan enzim *peroksidase ekstraseluler*. Enzim *peroksidase ekstraseluler* tersebut bekerja secara aktif pada aktivitas lignolisis sehingga ikatan lignoselulosa putus, dan fraksi lignin terurai menjadi CO_2 dan selulosa dapat dimanfaatkan oleh mikroba rumen.

6.2.2. Bungkil Inti Kelapa Sawit

Bungkil inti kelapa sawit merupakan hasil ikutan proses pemisahan minyak inti sawit. Produksi bungkil inti sawit sebagai pakan ternak dapat diduga jumlahnya, yaitu 2,20% dari total tandan buah sawit. Kandungan nutrisi bungkil inti kelapa sawit adalah 85-91% bahan kering, 12,5-21,30% protein kasar, 12,50-21,30% lemak kasar, 11,90-20,80% serat kasar, dan 41,0-55,30% BETN (Aritonang, 1985).

Bungkil inti sawit adalah limbah ikutan proses ekstraksi inti sawit. Limbah ini dapat diperoleh melalui proses kimia dan mekanik pabrik pengolahan kelapa sawit. Setiap satu ton tepung bungkil inti sawit dapat menghasilkan 5% inti sawit dan dari

5% inti sawit dapat menghasilkan 45-46% bungkil inti sawit. Bungkil inti sawit dapat diberikan sebesar 30% dalam pakan domba. Menurut Batubara *et al.* (1993), bungkil inti sawit dapat digunakan sampai 40% dalam konsentrat untuk penggemukan domba, yang ditambah dengan 20% molasses.

Dalam pakan tambahan untuk kerbau yang mengandung bungkil inti sawit sampai 55,5%, penggunaan molasses sampai 7,5% dalam ransum, ternyata mampu menghasilkan pertambahan bobot badan yang sama jika dibandingkan dengan pemberian konsentrat komersil (Batubara *et al.*, 1992). Dilaporkan juga bahwa pemanfaatan bungkil inti sawit dalam ransum sapi mampu menghasilkan penambahan berat badan sebesar 0,74-0,76% kg/ekor/hari.

6.2.3. Lumpur Sawit

Lumpur sawit, yaitu hasil sampingan proses pengolahan minyak sawit (*crude palm oil*), cocok digunakan sebagai bahan pakan alternatif untuk ternak ruminansia sebagai sumber energi. Hasil kajian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2004) melaporkan bahwa lumpur sawit mengandung bahan kering berkisar antara 84-93%; protein kasar 9-14%; lemak kasar 10-13%; BETN 39-46%; dan energi termetabolisnya 2900-3100 kkal/kg bahan. Fermentasi lumpur sawit dengan menggunakan kapang *Aspergillus niger* ternyata dapat meningkatkan kandungan protein dan asam amino pada lumpur sawit.

Lumpur sawit yang sudah terolah dapat diberikan sebagai suplemen tunggal atau komponen konsentrat sebanyak 15-30% dalam ransum. Hasil percobaan pada kambing dan domba menunjukkan bahwa ternyata pemberiannya mampu memberikan pertambahan bobot badan masing-masing 70 g dan 80 g per ekor per hari.

Menurut Chin (2002), pemberian lumpur sawit yang dicampur dengan bungkil inti sawit dengan perbandingan 50:50 adalah yang terbaik untuk pertumbuhan sapi. Dilaporkan juga

bahwa sapi yang digembalakan di padang penggembalaan rumput *Brachiaria decumbens* hanya mencapai pertumbuhan 0,25 kg/ekor/hari, tetapi dengan penambahan lumpur sawit yang dicampur dengan bungkil inti sawit, mampu mencapai pertumbuhan 0,81 kg/ekor/hari.

Mathius *et al.* (2004) melakukan penelitian dengan membuat formulasi pakan sapi dari kombinasi pelepah sawit, lumpur sawit, dan bungkil inti sawit, tanpa dedak padi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pakan sapi yang terbaik adalah bila dikombinasikan antara pelepah sawit, lumpur sawit, dan bungkil inti sawit dengan perbandingan (bahan kering) 1:1:1. Dengan formula ini, diperoleh rataan pertambahan bobot badan sebesar 338 g/ekor/hari.

Elisabeth dan Ginting (2004) membuat penelitian dengan memberikan pakan pada ternak sapi berupa campurandari pelepah sawit, lumpur sawit, bungkil inti sawit, dedak, urea, dan garam. Dari hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa formula pakan yang terbaik adalah campuran pakan yang terdiri atas pelepah sawit 60%, lumpur sawit 18%, bungkil inti sawit 18%, dan dedak padi 4%. Dengan perlakuan tersebut, ternak sapi Bali yang digunakan dapat mencapai rata-rata pertambahan bobot badan 0,52 kg/ekor/hari.

Mathius *et al*. (2005) melaporkan bahwa ransum yang merupakan campuran daun pelepah sawit, bungkil inti sawit, lumpur sawit, dan produk fermentasi limbah sawit (lumpur sawit dan bungkil inti sawit) diberikan pada ternak sapi, yang dibandingkan dengan ransum kontrol yang terdiri atas campuran jagung, dedak padi, dan mineral. Hasil penelitian tersebut mendapatkan bahwa pakan yang terbaik adalah campuran dari pelepah sawit, bungkil inti sawit, dan produk fermentasi dengan perbandingan 1:1:1 (setara berat kering). Campuran pakan ini menghasilkan rata-rata pertambahan bobot badan sebesar 582 g/ ekor/hari, sedangkan sapi yang diberi pakan yang terdiri atas limbah pabrik sawit yang tidak difermentasi dan pakan kontrol

masing-masing menghasilkan pertambahan bobot badan sebesar 310 dan 354 g/ ekor/hari.

6.2.4. Pelapah Sawit

Hasil kajian pemanfaatan pohon kelapa sawit sebagai pakan ternak, yang dilakukan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2004) di Sumatera Utara, menunjukkan bahwa sebelum dihasilkan buah sawit, ternyata pelepah daun kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai pakan alternatif untuk ternak ruminansia (sapi dan kambing).

Kandungan nutrien pelepah kelapa sawit adalah sebagai berikut: bahan kering 80-85%; protein kasar 7-11%; selulosa 30-34%; hemiselulosa 34-36%; dan lignin 16-18%. Pemberiannya pada ternak dapat dicampurkan langsung dengan konsentrat atau diberikan segar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelepah kelapa sawit yang sudah dicacah dapat mengganti penggunaan rumput sampai level 80% tanpa berpengaruh buruk pada penampilan kambing. Pada Gambar 6.6 tersaji pemeliharaan sapi dibawah pohon kelapa sawit yang banyak dijumpai di daerah Sumatera. Rumput yang tumbuh dibawah pohon kelapa sawit dimanfaatkan oleh sapi pada saat penggembalaan. Sedangkan pada saat dikandangkan, sapi diberi pakan limbah sawit (pelepah sawit ataupun bungkil sawit).



Gambar 6.6. Pemeliharaan sapi di bawah pohon sawit

Umumnya pelepah kelapa sawit secara rutin dipangkas untuk mendapatkan buah tandan yang banyak. Sebelum diberikan pada ternak kambing atau sapi, terlebih dahulu pelepah tandan tersebut dikupas, selanjutnya dicacah dan dapat diberikan langsung pada ternak dalam keadaan segar atau dicampur dengan konsentrat. Pada Gambar 6.5 tersaji pemeliharaan sapi di sela-sela tanaman sawit. Sapi dapat memanfaatkan rumput maupun tanaman gulma yang ada di bawah pohon sawit, dan produk olahan kelapa sawit dapat diberikan kepada sapi sebagai *feed suplement*.

6.2.4. Batang Pisang *(Musa paradisica)*

Tanaman pisang *(Musa paradisica)* merupakan tanaman tropis dan subtropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Selain buahnya, ternyata batangnya sudah banyak dimanfaatkan sebagai campuran pakan babi, kuda, dan ternak ruminansia lainnya. Batang pisang merupakan batang semu karena dibentuk oleh pelepah daun yang memanjang dan saling menutupi.

Batang pisang sebagai pakan ternak mengandung 92,50% air; 0,35% protein kasar, 4,60% karbohidrat, dan kaya akan mineral, antara lain mengandung fosfor sebesar 135 mg, kalsium 122 mg, kalium 213 mg; dan zat besi 0,70 mg. Kandungan mineral utama yang terkandung pada batang pisang dan diharapkan akan paling banyak perannya adalah mineral Zn yang berkisar antara 37-163 ppm. Mineral Zn akan mempengaruhi kualitas karkas melalui peningkatan metabolisme protein.

6.3. Sistem Pemberian Pakan

Sistem pemberian pakan pada sapi atau ternak ruminansia lainnya dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

1. sistem penggembalaan (*pasture fattening*),
2. kereman (*dry lot fattening*), dan
3. kombinasi cara pertama dan kedua.

Pada umumnya, setiap sapi membutuhkan makanan berupa hijauan. Sapi dalam masa pertumbuhan, sedang menyusui, dan supaya tidak jenuh memerlukan pakan yang memadai dari segi kualitas maupun kuantitasnya.

Penggembalaan ternak (*pasture fattening*) sapi dilakukan dengan melepas sapi di padang rumput yang biasanya dilakukan di daerah yang mempunyai tempat penggembalaan cukup luas dan memerlukan waktu sekitar 5-7 jam per hari. Dengan cara ini, maka ternak sapi tidak memerlukan tambahan pakan penguat, karena sapi telah memakan bermacam-macam jenis rumput ataupun leguminosa yang terdapat dalam pasture atau padang penggembalaan.

Pakan dapat diberikan dengan cara dijatah atau disuguhkan yang yang dikenal dengan istilah kereman. Sapi secara penuh berada dalam kandang (dikandangkan) dan pakan diperoleh dari ladang, sawah, atau tempat lain. Setiap hari sapi memerlukan pakan kira-kira sebanyak 10% dari berat badannya dan juga pakan tambahan sebanyak 1-2% dari berat badan. Ransum tambahan berupa dedak halus atau bekatul, bungkil kelapa, gaplek, atau ampas tahu diberikan dengan cara dicampurkan dalam rumput di tempat pakan. Selain itu, dapat ditambah mineral sebagai penguat berupa garam dapur atau kapur. Pakan sapi dalam bentuk campuran dengan jumlah dan perbandingan tertentu ini dikenal dengan istilah ransum.

Pemberian pakan sapi yang terbaik adalah kombinasi antara penggembalaan dan kereman. Menurut keadaannya, jenis hijauan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu hijauan segar, hijauan kering, dan silase. Jenis hijauan segar adalah rumput-rumputan, kacang-kacangan (*leguminosa*), dan tanaman hijau lainnya.

Rumput yang baik untuk pakan sapi adalah rumput gajah, rumput raja (*king grass*), daun turi, ataupun daun lamtoro. Hijauan kering berasal dari hijauan segar yang sengaja dikeringkan dengan tujuan agar tahan disimpan lebih lama. Termasuk dalam hijauan kering adalah jerami padi, jerami kacang tanah, jerami jagung,

dan sebagainya yang biasa digunakan pada musim kemarau. Hijauan ini tergolong jenis pakan yang banyak mengandung serat kasar.

Pada sapi perah, hijauan diberikan siang hari setelah pemerahan sebanyak 30-50 kg/ekor/hari. Pakan berupa rumput bagi sapi dewasa umumnya diberikan sebanyak 10% dari bobot badan (BB) dan pakan tambahan sebanyak 1-2% dari berat badan ternak. Sapi yang sedang menyusui (laktasi) memerlukan makanan tambahan sebesar 25% hijauan dan konsentrat dalam ransumnya. Hijauan yang berupa rumput segar, sebaiknya ditambah dengan jenis kacang-kacangan (legum).

Pemberian pakan konsentrat sebaiknya diberikan pada pagi hari dan sore hari sebelum sapi diperah sebanyak 1-2 kg/ekor/ hari. Selain makanan, sapi harus diberi air minum sebanyak 10% dari berat badan per hari. Bahan pakan sebagai konsentrat yang umu diberikan pada ternak sapi adalah dedak halus atau bekatul, ampas tahu, gaplek, dan bungkil kelapa, serta mineral yang berupa garam dapur, kapur, dan lain sebaginya.

6.4. Konsumsi Zat Makanan pada Ruminansia

Konsumsi pakan merupakan faktor esensial yang menjadi dasar untuk menentukan kebutuhan hidup pokok dan produksi (Parakkasi, 1995). Lebih lanjut, dijelaskan bahwa konsumsi pakan adalah jumlah pakan yang dikonsumsi oleh hewan bila pakan diberikan *ad libitum.* Jumlah pakan yang dikonsumsi ternak dibatasi oleh banyak faktor, di antaranya faktor fisik, kapasitas retikulo-rumen, dan interaksinya.

Menurut Church (1976), konsumsi pakan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya berat badan, individu ternak, tingkat produksi, dan jenis pakan, serta lingkungan. Secara umum konsumsi pakan dapat meningkat sejalan dengan meningkatnya berat badan (Amin, 1997), karena pada umumnya kapasitas saluran pencernaan meningkat dengan semakin meningkatnya

berat badan, sehingga mampu menampung pakan dalam jumlah yang lebih banyak. Menurut Arora (1995), konsumsi pakan akan bertambah jika aliran atau lewatnya pakan cepat.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan zat gizi ternak dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Stadium produksi,
2. umur ternak,
3. ukuran tubuh serta kondisinya,
4. kemampuan menghasilkan susu,
5. kondisi iklim, dan
6. lama masa perkawinan.

Bahan pakan yang mengandung serat kasar tinggi, seperti rumput lapangan dan jerami, sukar dicerna sehingga kecepataan alirannya dalam saluran pencernaan juga rendah (Tillman *et al.,* 1991). Untuk bahan pakan yang mudah dicerna, kecepatan alirannya akan meningkat, sehingga konsumsi pakan akan meningkat (Arora, 1995). Kecepatan alir digesta dalam saluran pencernaan, terutama keluarnya dari retikulo-rumen menentukan konsumsi pakan.

Ada hubungan yang erat antara kecernaan, kecepatan pecernaan, dan konsumsi pakan (Tillman *et al.,* 1991). Parakkasi (1995) menyatakan bahwa dengan semakin meningkatnya nilai nutrisi suatu ransum, maka akan semakin meningkat konsumsi bahan kering pakan sampai pada tingkat kecernaan bahan kering pakan 70%. Ransum dengan tingkat kecernaan bahan kering yang lebih tinggi dari 70% akan menurunkan konsumsi bahan kering, karena kebutuhan ternak akan nutrisi telah terpenuhi. Sebaliknya, kecernaan rendah akan meningkatkan konsumsi bahan kering untuk memenuhi kebutuhan akan nutrisi. Akan tetapi, sebelum kebutuhan akan nutrisi terpenuhi, ternak akan berhenti makan karena kapasitas rumen tidak mampu menampung lagi.

6.5 Kebutuhan Akan Protein

Protein berfungsi untuk memperbaiki dan menggantikan sel tubuh yang rusak, pembentukan se-sel baru dari tubuhnya (misalnya pada pedet), berproduksi (misalnya pada sapi dewasa), dan diubah menjadi energi (misalnya pada sapi kerja). Protein merupakan unsur nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh ternak dalam jumlah relatif lebih besar, terutama ternak yang sedang dalam masa pertumbuhan, bunting, dan menyusui. Kekurangan unsur nutrisi protein pada ternak cenderung menyebabkan hal-hal sebagai berikut: pertumbuhan terhambat, konversi pakan tinggi, pengurasan nitrogen tubuh, berat lahir rendah, produktivitas turun, dan fertilitas rendah.

Protein lebih banyak dibutuhkan oleh sapi muda yang sedang tumbuh jika dibandingkan dengan sapi dewasa. Karena unsur protein tidak dapat dibentuk dalam tubuh, padahal sangat mutlak diperlukan, maka sapi harus diberi pakan yang cukup mengandung protein.

Sumber protein bagi sapi adalah hijauan dari jenis leguminosa, seperti *Centrosema pubescens*, daun turi, lamtoro, dan pakan tambahan berupa penguat, seperti bungkil kelapa, bungkil kacang tanah, katul, tepung darah, tepung ikan, tepung daging, dan lain sebagainya. Bahan pakan yang berkadar protein tinggi adalah yang susunan proteinnya mendekati susunan protein tubuhnya. Protein asal hewan (hewani) lebih baik ketimbang protein asal tanaman (nabati), sebab kandungan asam amino essensial dan nilai gizinya lebih tinggi. Protein hewani dapat diproses kembali menjadi protein jaringan dengan risiko kerugian yang sangat kecil bila dibandingkan dengan pengolahan protein nabati, seperti jagung dan jerami.

Ternak ruminansia, termasuk sapi tidak membutuhkan protein yang bermutu tinggi di dalam pakannya, sebab di dalam rumen dan ususnya yang panjang itu, pakan diolah oleh jasad renik. Namun, jika protein yang diberikan adalah protein yang

telah membusuk dan terurai, maka protein atau asam-asam amino dalam pakan harus ditingkatkan pula. Oleh karena itu, jika sapi hanya diberi pakan berupa jerami, maka kekurangan unsur protein/asam amino dan unsur lainya dapat ditutupi dengan pemberian pakan tambahan yang banyak mengandung protein, lemak, dan karbohidrat.

6.6 Keseimbangan Asam Amino

Hasil akhir dari penguraian protein di usus kecil adalah asam amino. Asam amino ini kemudian diserap oleh aliran darah dan digunakan oleh sapi untuk pertumbuhan, perawatan jaringan, dan produksi susu. Dari sekitar 20 jenis kandungan asam amino yang terdapat di dalam bahan pakan sumber protein, 10 jenis dapat diproduksi sendiri oleh sapi. Sisanya yang tidak dapat diproduksi oleh sapi disebut asam amino esensial (EAA; *essential amino acids*). Untuk memastikan konsumsi asam amino yang seimbang, EAA ini harus terdapat di usus kecil baik dalam bentuk protein yang dihasilkan mikroba atau pakan UIP (*undegradated intake protein*).

Idealnya, proporsi relatif dari setiap asam amino esensial yang diserap oleh ternak mampu mencukupi dengan tepat kebutuhan ternak tersebut. Hal ini disebabkan karena ketiadaan salah satu jenis asam amino esensial dapat membatasi pemanfaatan jenis asam amino yang lain. Hal ini membuat pemberian pakan tidak efisien.

Protein yang dihasilkan oleh mikroba mengandung campuran EAA yang masih jauh dari ideal, apabila dibandingkan secara relatif dengan kebutuhan dari seekor sapi yang sedang berproduksi tinggi. Target utama dari pemilihan ramuan dan unsur protein adalah untuk menghasilkan UIP (yang mengandung paduan EAA) yang mampu memenuhi kekurangan asam amino yang dihasilkan mikroba pembuat protein. Kebanyakan penelitian nutrisi pada saat ini di fokuskan untuk mencari dan menentukan

kebutuhan akan EAA secara lebih tepat dan memprediksi EAA yang mana yang dapat dibatasi.

Makanan penguat meliputi bahan pakan kaya energi, protein, mineral, dan serat mudah tercerna, sehingga dengan menambahkan makanan penguat dapat meningkatkan nutrien pakan dan konsumsi pakan (Murtidjo,1993). Bahan pakan yang sering digunakan sebagai pakan penguat tunggal adalah limbah industri pertanian, salah satunya adalah dedak padi. Dedak padi dapat dimanfaatkan oleh ternak sebagai sumber energi. Di samping itu, dedak padi mudah didapat dan harganya relatif murah serta kandungan protein dan energinya cukup tinggi, yaitu 13,5% dan 2.460 kkal/kg bahan (Hartadi *et al*., 1990).

Suplementasi dedak padi dalam ransum mampu memenuhi kebutuhan akan nutrien bagi mikroba rumen dan menghasilkan asam lemak atsiri (VFA) dalam rumen dengan lebih cepat dan lebih banyak. Di sisi lain, suplementasi dedak padi berlebihan menyebabkan produk VFA dalam rumen cendrung akan meningkat yang diikuti dengan meningkatnya kadar asam laktat dan menurunnya pH di rumen (Amin,1997). Suplementasi dedak padi sebesar 200 dan 400 g/ekor/hari pada domba lokal dengan bobot badan 20,95 kg yang diberi pakan dasar rumput gajah, ternyata dapat memberikan tambahan berat badan berturut-turut sebesar 27,47 dan 44,46 g/e/h dan konsumsi bahan kering sebesar 912,94 g dan 967,17 g/e/h (Rianto *et al.,* 2006).

6.7 Lemak

Lemak berfungsi sebagai sumber energi (tenaga) dan sebagai pelarut vitamin A, D, E, dan K dalam tubuh. Dalam tubuh, lemak dalam bahan pakan dapat diubah menjadi pati dan gula, dan digunakan sebagai sumber tenaga, atau dapat disimpan dalam jaringan atau sel sebagai lemak cadangan.

Kandungan lemak dalam tubuh berbeda-beda antara jaringan satu dan jaringan lainnya. Lemak tubuh biasanya

dibentuk dari karbohidrat dan lemak makanan, yang tidak langsung digunakan. Lemak dalam tubuh ternak berfungsi sebagai penghasil asam-asam lemak dan energi. Unsur nutrisi ini dicerna menjadi asam-asam lemak dan gliserol, yang kemudian sebagian akan diubah menjadi energi.

Di dalam tubuh, kelebihan lemak akan disimpan di bawah kulit sebagai lemak cadangan. Setiap jenis ternak memiliki alat atau tempat khusus untuk menyimpan lemak, misalnya sapi pada punuknya, domba ekor gemuk pada ekornya, dan lain sebagainya. Di samping itu, lemak yang berlebihan juga dapat disimpan di sekitar buah pinggang, selaput penggantung usus, dan di antara otot.

Tubuh hewan terdiri atas tiga jenis jaringan, yaitu tulang, otot, dan lemak. Di antara ketiga jenis jaringan tersebut, jaringan lemak terbentuk paling akhir. Dalam tubuh hewan, lemak mempunyai sifat yang berbeda.

Pada ternak sapi potong yang digemukkan, seperti pada sapi kereman, lemak yang disimpan menyelubungi serabut otot, sehingga daging sapi menjadi lebih lembut. Sapi yang dipotong pada usia lanjut akan memiliki daging yang liat atau alot, apalagi bila sapi tersebut dipekerjakan terlalu berat dan diberi pakan yang tidak memenuhi syarat.

Hewan ternak yang hanya diberi pakan berupa hijauan dari rumput akan memperoleh kadar lemak yang sangat rendah, sebab kandungan lemak kasar pada rumput hanya sekitar 1%. Bahan pakan ternak yang banyak mengandung lemak adalah: bungkil kacang tanah, bungkil kelapa, dan bungkil kedelai

6.8 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan unsur nutrisi yang sebagian besar (50-80%) mengisi konsentrasi bahan kering tanaman makanan ternak. Strukturnya terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dalam tubuh ternak ruminansia, karbohidrat dicerna

dengan bantuan enzim yang diproduksi oleh bakteri. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber tenaga (energi) dan sebagai pembentuk lemak cadangan dalam tubuh.

Energi merupakan sumber tenaga bagi semua proses hidup dan produksi. Energi diperoleh dari proses oksidasi karbohidrat, lemak, dan protein. Ternak untuk tujuan penggemukan hendaknya diberikan ransum dengan kandungan konsentrat yang lebih tinggi, karena akan lebih mengarah pada pembentukan asam propionat yang lebih banyak, sehingga lebih mengarah dalam pembentukan daging. Sumber karbohidrat yang penting adalah serat kasar dan BETN (bahan ekstrak tanpa nitrogen), yaitu bagian dari bahan makanan yang banyak mengandung karbohidrat, pati, dan gula.

Selulosa adalah suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati. Senyawa ini sebagian besar merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa tidak dapat dicerna dan tidak dapat digunakan sebagai bahan makanan kecuali pada hewan ruminansia (sapi, domba, dan kambing) yang mempunyai mikroorganisme selulotik dalam rumennya. Mikroba tersebut dapat mencerna selulosa dan memungkinkan hasil akhir dari pencernaan bermanfaat bagi hewan (Anggorodi, 1984).

Jagung dan pakan butiran lainnya juga sebagai sumber karbohidrat. Kebutuhan sapi akan karbohidrat dapat dipenuhi dari bahan hijauan, sehingga kebutuhan ternak akan karbohidrat tidak banyak mengalami kesulitan.

6.9 Mineral

Mineral berguna dalam pembentukan jaringan tulang dan otot, proses produksi, penggantian mineral tubuh yang hilang, dan pemeliharaan kesehatan. Meskipun diperlukan hanya dalam jumlah yang kecil dan terdapat dalam jumlah banyak dalam jaringan tulang, mineral berperan amat penting dalam kehidupan

hewan ternak. Mineral mempermudah proses pencernaan dan penyerapan zat makanan, dan pada anak hewan yang sedang tumbuh atau yang sudah dewasa, mineral diperlukan untuk memperbarui sel-sel yang mati. Selain itu, janin hanya dapat tumbuh dengan baik bila tersedia mineral dalam jumlah yang cukup.

Beberapa jenis mineral penting yang diperlukan tubuh ternak adalah natrium, khlor, kalsium, fosfor, sulfur, kalium, magnesium, tembaga, seng, dan selenium. Pada umumnya, unsur tersebut banyak terdapat dalam pakan. Namun, mineral tertentu, seperti garam dapur (NaCl), calsium (Ca), dan fosfor, sering masih perlu ditambahkan dalam ransum.

Tanda bahwa ternak sapi kekurangan mineral adalah sapi suka makan tanah. Kekurangan mineral dapat menimbulkan penyakit tulang atau fertilitasnya (kesuburan) ternak menjadi rendah. Pada sapi, sumber mineral utama adalah hijauan dan pakan tambahan berupa mineral (*feed supplement-mineral*)

6.10 Vitamin

Vitamin adalah senyawa organik yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit. Berbeda halnya dengan mineral, vitamin terdapat dalam tubuh tidak sebagai struktur dari senyawa lain, serta sebagian besar vitamin mempunyai fungsi sebagai Ko-enzim.

Dalam tubuh ternak, vitamin berfungsi untuk mempertahankan kekuatan tubuh, kesehatan, dan berproduksi. Kebutuhan ternak akan vitamin sering tidak menjadi perhatian peternak, karena unsur tersebut biasanya tersedia dalam jumlah yang cukup dalam pakan. Selain itu, ternak ruminansia seperti sapi dapat membentuk vitamin tertentu dalam ususnya, terutama vitamin B kompleks. Akan tetapi, pada musim kemarau yang panjang, bahan pakan sapi mengandung vitamin A dengan kadar yang tidak cukup. Oleh karena itu, bagi ternak sapi yang

dipelihara secara intensif, atau yang ruang geraknya dibatasi, maka ke dalam ransumnya perlu ditambahkan vitamin A.

Jika kadar vitamin A dalam tubuh berlebihan, maka vitamin tersebut akan disimpan dalam waktu yang lama dalam hati. Pada sapi, vitamin A yang disimpan dapat bertahan sampai enam bulan, dan pada kambing selama tiga bulan. Bagian hijauan tanaman yang sedang tumbuh atau pada bagian pucuknya banyak mengandung *karoten*, yang dalam tubuh hewan dapat diubah menjadi vitamin A.

Sumber utama vitamin tubuh pada sapi adalah hijauan. Akan tetapi, beberapa faktor, seperti jenis tanah, iklim, dan waktu, serta cara penyimpanan hijauan, dapat berpengaruh terhadap kandungan vitamin dalam hijauan itu. Vitamin A dapat dibentuk dari karoten, sedangkan vitamin B dapat dibentuk sepenuhnya di dalam tubuh hewan, dan vitamin C dapat dibentuk sendiri oleh semua jenis hewan yang telah dewasa, serta vitamin D dibentuk oleh tubuh hewan dari provitamin D dengan bantuan sinar matahari.

6.11 Air

Air merupakan unsur nutrisi terpenting dan mutlak dibutuhkan oleh makhluk hidup. Unsur air mengisi sel-sel tubuh dengan konsentrasi antara 70% hingga 90%. Peran penting unsur nutrisi air adalah: sebagai bahan pelarut, sebagai media transportasi masuknya unsur-unsur lain ke dalam tubuh dan pengeluarannya dari sel-sel tubuh, sebagai media transportasi sisa-sisa metabolisme, dan sebagai pengatur temperatur.

Air berfungsi mengatur suhu tubuh, membantu proses pencernaan, mengeluarkan bahan yang tidak berguna dari dalam tubuh, seperti keringat, air seni, dan kotoran (80% air), melumasi persendian, dan membantu penglihatan. Air merupakan unsur terbesar dalam tubuh hewan, karena lebih dari 50% komposisi

tubuh terdiri atas air. Kebanyakan jaringan dalam tubuh hewan mengandung 70-90% air.

Hewan yang kekurangan air biasanya lebih cepat mati daripada yang hewan yang kekurangan makanan. Hal ini membuktikan bahwa air mempunyai fungsi yang sangat penting bagi ternak. Oleh karena itu, para peternak harus sungguh-sungguh memperhatikan kebutuhan ternaknya akan air.

Kebutuhan ternak akan air minum sangat beragam di antara ternak yang satu dengan yang lainnya. Keragaman ini dipengaruhi olah berbagai faktor, seperti jenis ternak, umur, suhu lingkungan, jenis bahan makanan, dan volume makan yang masuk ke dalam tubuh, serta aktivitas sapi yang bersangkutan. Pada sapi muda yang sedang bekerja, yang berada pada lingkungan suhu yang tinggi, dan yang diberi pakan jerami dalam jumlah yang besar, maka kebutuhan akan air minum lebih tinggi jika dibandingkan dengan sapi pada keadaaan normal.

Kebutuhan tubuh sapi akan air dapat dipenuhi dari air minum, air dari dalam bahan makanan, dan air metabolik yang berasal dari metabolism glukosa, lemak, dan protein. Sebagai pedoman bagi penyediaan air minum adalah: sapi dewasa yang bekerja memerlukan air sekitar 35 liter air per ekor per hari, sedangkan sapi yang tidak bekerja memerlukan air sekitar 25 liter per harinya.

BAB VII
FORMULASI RANSUM

7.1 Ransum

Ransum adalah pakan yang diberikan kepada ternak selama 24 jam, yang tersusun dari satu atau lebih bahan pakan, serta pemberiannya dapat dilakukan sekali atau beberapa kali selama 24 jam tersebut. Ransum yang diberikan pada ternak harus bisa memenuhii kebutuhan akan zat makanan yang diperlukan agar ternak tersebut dapat tumbuh dengan baik.

Ransum "sempurna" adalah kombinasi beberapa bahan pakan yang bila dikonsumsi secara normal dapat mensuplai zat-zat makanan kepada ternak dalam perbandingan, jumlah, dan bentuk sedemikian rupa, sehingga fungsi-fungsi fisiologis dalam tubuh dapat berjalan dengan normal.

Bahan pakan adalah bahan yang dapat dimakan, dicerna, dan digunakan oleh hewan atau bahan pakan yang dapat dimakan (*edible*) oleh ternak. Misalnya, rumput, hijauan kering (*hay*), jerami, dedak padi, dan produk lainnya yang bersumber dari limbah agro-industri pertanian. Namun, tidak semua semua komponen dalam bahan pakan tersebut dapat dicerna oleh ternak. Bahan pakan mengandung zat makanan dan bahan akan adalah istilah umum, sedangkan komponen dalam bahan akan tersebut yang dapat dimanfaatkan oleh ternak disebut dengan zat makanan.

Zat makanan adalah penyusun atau suatu grup penyusun bahan pakan dan umumnya mempunyai komposisi kimia yang

serupa ataupun sama yang diperlukan untuk tubuh. Protein, karbohidrat, lemak, mineral, dan vitamin adalah zat-zat makanan yang telah umum diketahui.

7.2 Metode Menyusun Ransum

Penyusunan atau formulasi ransum bertujuan untuk menyusun ransum dengan menggunakan dua atau lebih bahan pakan untuk mencukupi kebutuhan akan nutrisi, seperti energi, protein, vitamin, dan mineral, agar produktivitas ternak dapat maksimal. Dengan kata lain, penyediaan ransum yang baik secara nutrisional agar dapat dikonsumsi dalam jumlah yang cukup untuk mendukung tingkat produksi pada harga yang layak.

Dalam penyusunan ransum "sempurna" maka seorang formulator ransum harus mempunyai pengetahuan tentang kebutuhan zat makanan dari ternak yang bersangkutan. Pengetahuan mengenai komposisi kimia dari ternak bersangkutan (sapi, kerbau, kambing, dan domba) dari erbagai umur dan berat, serta produksinya adalah penuntun utama yang baik untuk mengerti kebutuhan akan zat makanan yang dimaksud.

Pengetahuan tentang cara menghitung untuk merangkum beberapa bahan pakan untuk mendapatkan kuantitas tertentu dari masing-masing bahan pakan tersebut, sehingga memenuhi kebutuhan ternak akan zat makanan, seperti tercantum dalam tabel kebutuhan. Terdapat tiga macam metode yang biasa digunakan dalam penyusunan formulasi ransum, yaitu (i) *Pearson square method*, (ii) *Least cost formulation*; dan (iii) *Trial and error*.

Pearson square method adalah metode penyusunan pakan yang berasal dari perhitungan empat macam bahan, sedangkan *Least cost formulation* adalah penyusunan ransum ekonomis dengan dasar *linear programming*, dan metode *trial and error* dapat dilakukan peternak dengan cara mengubah-ubah komposisi (persentase) bahan pakan dalam ransum dengan

mempertimbangkan kriteria rasional, ekonomis, dan aplikatif. Saat ini telah pula tersedia beberapa *soft ware* atau program yang dapat digunakan untuk penyusunan formula ransum, seperti MIXID atau aplikasi EXCEL.

Dalam formulasi ransum, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. taksiran bobot badan ternak,
2. status fisiologis ternak,
3. ketersediaan bahan pakan,
4. jumlah pakan yang akan diformulasikan,
5. biaya pakan yang dapat ditoleransi, dan
6. jarak distribusi pakan dan lama simpan sebelum didistribusikan

Penyusunan ransum untuk ternak ruminansia, baik untuk penggemukan, pertumbuhan, dan menyusui maupun sedang bunting, harus disesuaikan dengan kebutuhan ternak tersebut, terutama kebutuhan akan bahan kering (DMI = *dry matter intake*), *total Digestible nutrient* (TDN), protein kasar (PK), *metabolic energy* (ME), serta mineral calsium (Ca) dan phosphor (P).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan pakan yang akan dipergunakan dalam memformulasi ransum, yaitu (i) ketersediaan bahan lokal, (ii) harga, dan (iii) kandungan zat makanan. Hal ini erat hubungannya dengan komposisi yang dibutuhkan, serta kandungan zat makanan. Misalnya, tipe ransum lengkap (*complete ration*) yang merupakan campuran biji-bijian yang dicampur dengan hijauan.

7.2.1. Kebutuhan Akan Zat Makanan Selama Periode Pemeliharaan

Kebutuhan akan zat makanan selama periode pemeliharaan, yaitu berdasarkan kepada kebutuhan konsumsi bahan kering dan periode pemeliharaan (laktasi dan non laktasi). Konsumsi bahan kering dapat diberikan sebesar 2,5-3,0% dari bobot badan ternak,

dan sangat tergantung kepada: bobot badan, tinggi rendahnya produksi susu, periode laktasi, kondisi lingkungan, kondisi tubuh, jenis dan kualitas pakan terutama hijauan.

Ternak sapi yang dilepas atau digembalakan di padang penggembalaan secara selektif akan memilih jenis pakan yang secara alamiah dapat memenuhi kebutuhan akan zat gizi. Akan tetapi, sapi yang dikandangkan secara terus menerus komposisi pakannya perlu diatur sedemikian rupa agar memenuhi nilai gizi yang diperlukan. Pemberian ransum pada ternaknya oleh peternak tradisional, biasanya hanya memperhatikan jumlah atau volume pakan, dan tanpa memperhatikan kandungan zat makanan yang diperlukan oleh ternak.

Zat nutrisi yang perlu diperhatikan pada ternak ruminansia adalah: bahan kering (BK), energi, protein, mineral, dan vitamin. Semua unsur nutrisi tersebut dapat diketahui melalui proses analisis terhadap bahan pakan yang dilakukan di laboratorium.

Kebutuhan zat makanan untuk kebutuhan hidup pokok pada ternak perah merupakan kebutuhan yang paling rendah dalam siklus hidupnya. Umumnya kebutuhan ini dapat dipenuhi dari asupan pakan hijauan. Ternak perah, misalnya kambing perah, akan memperoleh zat makanan, khususnya energi dan protein untuk kebutuhan hidup utamanya dari hijauan berkualitas baik. Apabila kualitas pakan hijauan yang diberikan kurang baik, maka ternak perlu diberi pakan tambahan, seperti dedak padi dan onggok. Pada sapi laktasi yang berproduksi tinggi, kebutuhan akan energi kadang-kadang tidak terpenuhi, karena keterbatasan konsumsi bahan kering, sehingga dapat menurunkan bobot badan dan produksi susunya.

Pemberian pakan hijauan dari jenis leguminosa, seperti kacang-kacangan akan menambah pemenuhan kebutuhan akan protein pada ternak perah. Cara ini yang paling mudah dan murah dilaksanakan oleh peternak di pedesaan. Beberapa pakan ternak jenis leguminosa yang banyak ditanam adalah lamtoro, kaliandra, glirisidia atau gamal, dan turi. Adapun penambahan

mineral sangat dianjurkan untuk mengatasi kemungkinan kurangnya asupan mineral dari pakan hijauan. Beberapa mineral yang bisa diberikan adalah garam dapur, kapur, tepung tulang, dan mineral mix yang dijual di pasaran.

7.2.2. Pemberian Ransum Saat Ternak Bunting

Ternak bunting memerlukan jumlah ransum lebih banyak daripada ternak yang tidak bunting. Ransum tersebut digunakan untuk pertumbuhan janin (pedet atau cempe) yang dikandungnya dan untuk si induk. Saat usia kebuntingan tiga bulan, kebutuhan akan zat makanan sangat tinggi. Hampir 70-75% pertumbuhan pedet (sapi) atau cempe (kambing) yang dikandungnya terjadi pada periode atau umur ini. Oleh karena itu, ternak bunting harus diberi ransum dalam jumlah yang cukup dan berkualitas baik, terutama kandungan protein dan energinya. Kekurangan zat makanan pada saat induk bunting akan mengakibatkan berat lahir anak yang rendah, lemah, dan akhirnya mati.

Pemberian ransum harus memperhatikan kondisi ternak yang bersangkutan dan jangan sampai berlebihan (*overfeed*), terutama pada induk muda. Pemberian pakan yang terlalu banyak saat induk bunting menyebabkan janin terlalu besar, sehingga mempersulit proses kelahiran. Oleh karena itu, pemberian pakan harus dalam jumlah cukup dengan kandungan gizi yang seimbang sesuai dengan kebutuhan ternak.

Berikut ini adalah cara pemberian ransum untuk ternak perah pada kondisi bunting.

1. Ternak diberi pakan hijauan rumput dan leguminosa dalam jumlah berlebih (*ad libitum*) dengan perbandingan 60% rumput dan 40% leguminosa atau dedaunan.
2. Ternak diberi pakan tambahan yang memiliki kandungan protein kasar berkisar antara 14-16% sebanyak 0,50-1,0 kg per hari. Penambahan pakan sumber protein (konsentrat) berkisar antara 0,50-1,0 kg atau bisa juga diganti dengan umbi-umbian (singkong atau ketela rambat) atau limbah

agroindustri, seperti ampas tahu, ampas tempe, dan bungkil inti sawit. Pemberian pakan tambahan tersebut sebenarnya sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan akan zat makanan dari induk bunting.

3. Air selalu tersedia secara bebas.
4. Berikan tambahan mineral blok (garam) untuk mengatasi kemungkinan kekurangan mineral dalam pakan.

7.2.3. Pemberian Ransum Saat Induk Menyusui

Induk menyusui membutuhkan asupan nutrisi pakan yang paling banyak dibandingkan dengan fase fisiologis lainnya. Hal ini dikarenakan induk menyusui memerlukan zat makanan untuk proses menyusui dan untuk perbaikan kondisi tubuhnya pascamelahirkan.

Pakan induk yang lagi menyusui, paling tidak membutuhkan ransum yang mengandung protein kasar berkisar antara 14-16%. Pakan jenis hijauan sebaiknya diberikan dengan porsi yang lebih banyak dengan rasio hijauan jenis rumput 50% dan jenis leguminosa 50%.

Suplementasi mineral ke dalam ransum yang diberikan sangat diajurkan pada kondisi ini, yang bertujuan untuk menghindarkan kekurangan mineral bagi si induk laktasi. Jenis pakan mineral yang diberikan bisa mineral blok atau mineral komplit yang banyak dijual di toko pakan ternak setempat.

Pada saat menyusui (laktasi), kebutuhan akan pakan dari induk dan anaknya merupakan satu kesatuan. Pada anak yang menyusu langsung pada induknya, konsumsi pakan untuk si anak tergantung dari banyaknya susu induk yang dihasilkan. Jika jumlah dan mutu ransum yang diberikan kurang, maka produksi susunya tidak akan maksimal. Agar lebih praktis, hendaknya pemberian konsentrat adalah sebanyak 50% dari jumlah susu yang dihasilkan (perbandingan 1 : 2). Namun, pemberian rumput tetap berpatokan pada 10% dari bobot badan ternak. Kualitas rumput atau hijauan akan mempengaruhi kualitas susu yang dihasilkan, terutama kadar lemaknya.

Produksi susu akan meningkat sampai dengan bulan ke-2 masa laktasi. Oleh karena itu, pemberian pakan pada masa ini harus benar-benar disesuaikan dengan kebutuhan sapi, agar puncak produksi dapat dipertahankan.

Hasil fermentasi komponen serat kasar adalah berupa asam lemak atsiri (VFA) rantai pendek, yaitu asam asetat yang berfungsi sebagai bakalan lemak susu. Oleh arena itu, imbangan antara hijauan dan konsentrat dalam pakan akan berpengaruh juga terhadap kadar lemak susu.

7.2.4. Ransum Pedet

Ransum pedet berumur 0-4 bulan adalah air susu induknya. Namun, pedet dalam peternakan sapi perah hanya diberi susu induk selama tujuh hari pertama sejak dilahirkan. Susu yang dihasilkan selama 7 hari pertama tersebut dinamakan *kolostrum*. *Kolostrum* banyak mengandung zat kekebalan tubuh, protein, dan mineral, sehingga sangat dibutuhkan oleh tubuh sapi anakan (pedet) yang baru lahir. Paling lambat 0,5-1 jam setelah pedet lahir, *kolostrum* harus diberikan. Apabila pemberian *kolostrum* terlambat, maka pedet akan mudah terserang penyakit.

Ransum untuk pedet lepas sapih (umur 4-8 bulan) sudah dapat berupa pakan konsentrat dan dan hijauan/rumput. Pemberian pakan dan air kepada pedet lepas sapih sebaiknya tidak terbatas (*ad libitum*). Patokan pemberian ransum kepada pedet adalah konsentrat sebanyak 11,50% dan hijauan 10% dari bobot hidup. Susunan konsentrat untuk pedet lepas sapih terdiri atas 26% bungkil kelapa, 24% bungkil kedelai, 25% dedak halus, dan 25% ampas tapioca atau onggok.

7.3 Konsumsi Ransum

Banyak faktor yang mempengaruhi konsumsi ransum, seperti konsumsi energi (sangat besar pengaruhnya terhadap konsumsi ransum), bentuk fisik ransum, palatabilitas ransum,

dan sebagainya (Anon, 2010). Dilaporkan juga oleh David (2010), bahwa faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan kering ransum adalah berat badan ternak, kondisi, tingkat produksi, produksi susu, kualitas pakan, jumlah dan jenis suplemen atau pakan yang diberikan, serta kondisi lingkungan. Sapi yang bobot badannya lebih besar akan menkonsumsi bahan kering yang lebih banyak daripada yang berat badannya lebih kecil. Pada keadaan cuaca yang dingin, konsumsi bahan kering akan meningkat, sebaliknya dalam keadaan yang panas, konsumsi bahan kering akan menurun.

Konsumsi bahan kering (DMI) pada dasarnya sangat penting artinya dalam nutrisi ternak, karena menetapkan jumlah nutrisi yang diperlukan ternak untuk kesehatan dan produksi. Memperkirakan *dry matter intake* secara akurat sangat penting artinya dalam penyusunan ransum untuk mencegah kekurangan ransum (*under feeding*) atau kelebihan ransum (*over feeding*) dari nutrisi yang diperlukan, dan juga untuk mempromosikan penggunaan zat makanan yang efisien.

Under feeding nutrisi akan dapat menurunkan produksi ternak dan dapat mempengaruhi kesehatan hewan. Sebaliknya, *over feeding* mengakibatkan meningkatnya biaya pakan, sehingga dapat mengakibatkan ekskresi zat makanan yang berlebihan ke lingkungan, dan pada jumlah yang terlalu tinggi dapat menjadi racun atau menyebabkan efek kesehatan yang merugikan.

7.4 Konversi Pakan Kering ke Pakan Segar

Hijauan yang baru dipotong mengandung bahan kering sekitar 15-20%, sedangkan silase mengandung bahan kering sekitar 30-40%, dan butiran sekitar 90%. Ternak ruminansia secara umum membutuhkan bahan kering pakan sekitar 2,7% sampai 3,0% dari bobot badannya per hari. Ternak sapi yang diberi pakan dalam bentuk segar berdasarkan DMI-nya, maka perhitungannya akan berbeda.

Sebagai contoh, silase mengandung sekitar 30% bahan kering. Jika ternak sapi membutuhkan 3 kg bahan kering, maka dalam berat basahnya dapat dihitung sebagai berikut, yaitu 3 × (100/30) = 10 kg silase basah (Anon, 2004). Contoh lainnya, di kebun tersedia rumput benggala dan daun lamtoro dan saat itu terdapat sapi bunting dengan berat 300 kg. Bila sapi tersebut diberi pakan yang terdiri atas 70% rumput benggala dan 30% daun lantoro, maka susunan ransum yang akan dibuat adalah sebagai berikut ini.

Sapi bali bunting memerlukan pakan dalam bentuk DMI (bahan kering) sebanyak 3,5% dari berat badannya, sehingga membutuhkan DMI 3,5% x 300 kg = 10,50 kg.

Perhitungan DM:

Rumput benggala = 70/100 x 10,5 = 7,35 kg

Daun lamtoro = 30/100 x 10,5 = 3,15 kg

Perhitungan Berat Basah

Rumput benggala = 100/40 x 7,35 = 18,375kg

Daun Lantoro = 100/29 x 3,15 = 10,825 kg

Susunan ransum sapi bali bunting yang beratnya badannya 300 kg dengan komposisi pakan rumput benggala 70% dan daun lamtoro 30% telah mendekati standar gizi ternak itu. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut ini.

Kadar protein: 1,09/10,5 x 100% = 10,40 lebih tinggi dari standar 5,9%. Demikian juga Ca yang diperoleh: 0,0877/10,5 x 100% = 0,83% lebih tinggi dari yang dibutuhkan yaitu 0,21%.

Kadar TDN yang diperoleh: 5,32/10,5 x 100% = 50,7% lebih rendah dari yang dibutuhkan yaitu 56%, akan tetapi ME yang diperoleh: 20,339/10,5 = 1,90 Mkal/kg tepat sama dengan yang dibutuhkan, yaitu 1,90 Mkal/kg.

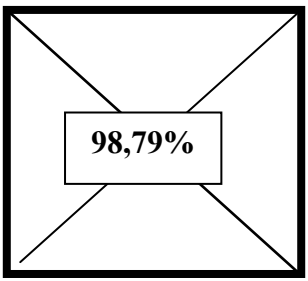
Untuk memperbaiki susunan ransum di atas, yang perlu dilakukan adalah menurunkan kandungan protein kasar dan Ca, dan sebaliknya harus meningkatkan kandungan TDN dengan

pemberian pakan kosentrat. Dalam hal ini, kadar protein kasar lamtoro cukup tinggi, yaitu 23,20%, sehingga porsi daun lamtoro dapat diturunkan menjadi 15%. Jika 15% daun lamtoro diganti dengan dedak padi dan bungkil kelapa, maka bahan kasar pakan menjadi 85%.

TDN yang diperlukan dari dedak padi dan bungkil kelapa = 15/100 x 10,5 = 1,575

Jadi :

DM rumput benggala	= 7,35 kg
DM daun lamtoro	= 3,15 – 1.575 = 1,575 kg
TDN rumput benggala	= 3,33 kg
TND daun lantoro	= 53,1/100 x 1,575 = 0,994 kg
Kekurangan TDN	= (56/100 x 10,5 – (3.33 + 0,994)
	= 5,88 – 4,324 = 1,556 kg
Persentase kekurangan	= 1,556/1.575 x 100% = 98,79%



DM dedak padi	= 20,79/31,98 x 1.575 = 1,024 kg
DM bungkil kelapa	= 11,19/31,98 x 1,575 = 0,551 kg

Jadi dibutuhkan:

Dedak padi	= 100/80 x 1,024 = 1,191 kg
Bungkil kelapa	= 100/80 x 0,551 = 0,641 kg

Berdasarkan bahan baku yang tersedia, baik itu berupa

hijauan maupun konsentrat dalam memberikan pakan untuk ternak sapi, maka susunan ransum yang akan dibuat harus sedemikian rupa, sehingga terpenuhinya standar gizi yang diperlukan oleh ternak tersebut. Pemilihan pakan ternak di samping berdasarkan harga pakan atau kemudahan mendapatkan pakan tersebut, juga harus diperhatikan nilai gizi dari pakan tersebut.

Pada Tabel 7.1 tersaji contoh susunan ransum untuk sapi bali yang sedang bunting dengan menggunakan dua jenis hijauan makanan ternak dengan suplementasi dedak padi dan bungil kelapa sebagai konsentrat.

Tabel 7.1. Susunan ransum sapi Bali bunting dengan empat bahan baku pakan

No	Nama Bahan	Berat (kg)	DM (kg)	PK (kg)	TDN (kg)	ME (Mcal)	Ca (kg)
1	Rumput Benggala	18,375	7,350	0,36	3,33	11,834	0,0184
2	Daun Lamtoro	5,412	1,575	0,365	0,994	4,325	0,0035
3	Dedak Padi	1,191	1,024	0,143	0,897	3,3997	0,0010
4	Bungkil Kelapa	0,641	0,551	0,119	0,430	1,570	0,055
Total		25,619	10,5	0,987	5,651	21,055	0,055
Yang Diperoleh			10,5	9,4%	53,8%	2,000	0,52%
Standar Gizi			10,5	5,90%	56,0%	1,900	0,21%

Sumber: Partama (2006[a])

Pemilihan pakan sapi di musim kemarau perlu mendapat perhatian khusus, karena pada saat musim kemarau pakan ternak sapi sering habis persediaannya, sehingga peternak harus membeli bahan pakan ternak dari daerah lain, baik itu berupa hijauan segar maupun jerami. Sebagai contoh, bila tersedia dua jenis jerami di pasaran, yaitu jerami kacang kedelai dan jerami padi, maka sebaiknya dipilih jerami kacang kedelai, karena jerami kacang kedelai nilai gizinya mendekati dua kali lipat jika dibandingkan dengan jerami padi.

Seekor ternak memerlukan pakan sesuai dengan berat badannya. Umumnya seekor sapi membutuhkan pakan 3% dari berat badannya dalam bentuk bahan kering (DM), atau sekitar 10-12% berat badan dalam bentuk segar.

Kebutuhan akan nutrien dari ternak sapi dihitung per hari berdasarkan kebutuhan akan bahan kering (DMI), jika kita menganggap pakan yang diberikan tidak ada yang tersisa atau dikonsumsi 100%, maka konsumsi bahan kering (DMI) sama dengan kandungan bahan kering pakan (DM).

BAB VIII
PENUTUP

8.1 Ketahanan Pakan

Dewasa ini porsi rata-rata konsumsi protein hewani penduduk Indonesia baru mencapai 4,19 gr/kapita/hari. Ini berarti bahwa tingkat konsumsi protein hewani baru tercapai 69,80% dari norma gizi minimal sebesar 6 gram/kapita/hari. Untuk memenuhi kebutuhan akan protein hewani tersebut, diperlukan ketersediaan produk hewani yang cukup dan kontinyu di masyarakat.

Sementara dilema yang dihadapi bangsa Indonesia adalah bahwa produk daging dalam negeri belum mampu mencukupi kebutuhan masyarakat akan daging. Sekitar 30 persen kebutuhan akan daging secara nasional dipasok dari luar negeri. Pemerintah melalui Kementerian Pertanian telah mencanangkan program Percepatan Swasembada Daging Sapi (PSDS) tahun 2014. Dalam upaya mewujudkan target ini, produktivitas ternak sapi mesti ditingkatkan.

Rendahnya produktivitas ternak sapi ditandai oleh rendahnya pertambahan bobot badan harian yang rata-rata masih dibawah 0,50 kg/hari. Produktivitas ternak dipengaruhi oleh faktor lingkungan sampai 70% dan faktor genetik sekitar 30%. Di antara faktor lingkungan tersebut, aspek pakan mempunyai pengaruh paling besar, yaitu sekitar 60%. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun potensi genetik ternak tinggi, tetapi apabila pemberian pakan tidak memenuhi persyaratan kuantitas dan kualitas, maka produksi yang tinggi tidak akan tercapai. Di samping pengaruhnya yang besar terhadap produktivitas ternak,

faktor pakan juga merupakan biaya produksi yang terbesar dalam usaha peternakan. Biaya pakan ini dapat mencapai 60-80% dari keseluruhan biaya produksi (Hardiato *et al.,* 2002).

Kebutuhan akan pakan ternak dapat terpenuhi dengan pakan hijauan segar (sebagai pakan utama), konsentrat (sebagai pakan penguat), dan pakan tambahan (mineral dan vitamin). Semua jenis bahan tersebut dapat diukur jumlah pemberiannya sesuai dengan berat badan ternak dan produksi yang diharapkan. Pakan yang baik adalah yang harganya murah, mudah didapat, disukai ternak, tidak beracun, mudah diberikan, dan tidak berdampak negatif terhadap produksi, kesehatan ternak, dan lingkungan sekitar.

Keterbatasan yang ada terkait dengan pemanfaatan bahan baku pakan lokal dapat ditanggulangi dengan penerapan teknologi fermentasi. Hal ini dapat berguna tidak hanya untuk mempertahankan kualitas pakan dan manfaatnya bagi kegiatan produksi ternak, tetapi juga dapat menjamin ketersediaan pakan sepanjang tahun.

Pemanfaatan pakan lokal terutama yang bersumber dari hasil samping agroindustri merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan ketersediaan pakan. Untuk lebih menjamin kualitas pakan lokal, teknologi fermentasi pakan menjadi silase merupakan metode pengolahan yang dapat diterapkan.

Berbagai upaya nyata yang mendukung kebijakan pengembangan dan pemanfaatan bahan baku pakan lokal sudah banyak dilakukan, setidaknya dengan orientasi mengurangi ketergantungan akan bahan baku impor. Upaya tersebut antara lain sebagai berikut ini.

1. Menggali dan memanfaatkan sebesar-besarnya potensi bahan baku pakan lokal dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku impor. Pemerintah perlu memasyarakatkan penggunaan bahan baku pakan lokal.

2. Mengubah pola pikir yang cenderung berpikir praktis dan kebiasaan mengimpor apapun yang dapat dibeli di pasar internasional, menjadi pola pikir yang cenderung lebih memanfaatkan potensi sumber daya alam yang kaya, potensi laut yang luas, tidak akan habis menyediakan protein bagi ternak, potensi lahan subur untuk menanam jagung, kedelai, dan bahan baku pakan lainnya.
3. Kontinuitas ketersediaan pakan ditempuh melalui produksi bahan baku pakan lokal dengan adanya jaminan pemasaran serta pelaksanaan kemitraan antara petani/kelompok tani dengan perusahaan pakan yang saling menguntungkan, dan saling membutuhkan. Peningkatan dan kontinuitas produksi jagung lokal, misalnya, dapat dilakukan dengan pengaturan waktu dan pola tanam yang tepat, pengadaan sarana mesin pengering, dan gudang penyimpanan.
4. Regulasi berupa larangan mengekspor bahan baku pakan sebelum kebutuhan lokal terpenuhi. Sejalan dengan pengurangan ketergantungan akan impor bahan baku pakan, maka perlu dilakukan pengawasan mutu dari bahan baku pakan. Pengawasan mutu pakan serta bahan baku pakan perlu dilaksanakan dan ditingkatkan dengan menjaga keamanan dan kualitas pakan yang beredar, disertai dengan adanya perangkat kendali peraturan di bidang pakan yang lebih luas.

8.2 Pakan Lokal

Indonesia sebagai negara agraris berpotensi dalam menghasilkan pakan lokal mengingat terdapatnya sumber-sumber bahan pakan lokal di tiap-tiap daerah yang cukup dapat diandalkan baik segi jumlah dan ketersediaannya. Bahan pakan yang dapat diandalkan dari segi ketersediannya antara lain jagung, singkong, bungkil inti sawit, dan dedak padi, serta yang dapat diusahakan ketersediaannya seperti tepung ikan dan kedelai.

Bahan pakan tersebut di atas dengan sentuhan teknologi tepat guna dapat dipakai sebagai alternatif bahan pakan impor yang dirasakan saat ini sangat menjadi kendala bagi perkembangan bisnis perunggasan nasional.

Produksi pertanian yang besar tentu akan menghasilkan banyak bahan pakan untuk ternak. Indonesia yang mengutamakan produksi padi akan banyak menghasilkan dedak dan bekatul. Karena itu, dedak padi selalu digunakan dalam penyusunan ransum ternak. Selanjutnya, buah kelapa dan kelapa sawit banyak dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan minyak goreng. Maka, hasil samping pembuatan minyak goreng itu dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, seperti bungkil kelapa dan bungkil sawit.

8.3 Strategi Pemberian Pakan

Konsep modern yang harus dikembangkan dalam penyusunan ransum ternak ruminansia adalah keseimbangan zat makanan terutama protein dan energi untuk menunjang produksi protein mikroba yang maksimal, disamping pasokan protein makanan yang lolos dari degradasi rumen.

Amonia yang bersumber dari perombakan protein makanan dan NPN sebagian besar digunakan oleh mikroba untuk membentuk protein tubuhnya, sedangkan fermentasi karbohidrat akan menyediakan kerangka karbon dan energi untuk sintesis protein mikroba. Dengan demikian, apabila amonia cukup, maka penambahan sumber karbohidrat yang mudah tersedia dapat meningkatkan sintesis protein mikroba.

Pemberian ransum basal jerami padi amoniasi urea harus didukung oleh konsentrat yang mengandung energi yang mudah difermentasikan, karena produksi amonia dalam rumen yang berasal dari urea akan cepat terjadi setelah makan. Dilain pihak, pakan berkualitas rendah, seperti jerami padi tersebut tidak mampu menyediakan energi yang cukup dalam waktu yang relatif singkat untuk keperluan produksi massa mikroba

yang maksimal. Oleh karena itu, setiap imbangan jerami padi amoniasi urea dan konsentrat dalam ransum secara langsung akan mempengaruhi tingkat efisiensi sintesis protein mikroba.

Dengan formulasi ransum yang tepat, diharapkan terjadi sinkronisasi antara kebutuhan akan energi dengan protein untuk pertumbuhan dan pembentukan protein mikrobial rumen yang optimal. Hasil penelitian Rianto *et al*. (2006) menunjukkan bahwa semakin tinggi pemberian dedak padi dalam ransum berbasis rumput gajah, semakin meningkat pertambahan berat badan harian (g/ekor/hari) domba. Selain itu, juga terjadi peningkatan yang signifikan pada berat daging dan lemak karkas.

Konsumsi pakan yang meningkat akan berpengaruh pada penampilan pertumbuhan ternak yang menjadi lebih baik. Umumnya, konsumsi pakan meningkat sejalan dengan meningkatnya berat badan. Turunnya pH cairan rumen di bawah normal (pH < 6,2) akan mengganggu aktivitas mikroba rumen dalam mencerna pakan menjadi lambat dan konsumsi pakan menjadi menurun, sehingga berpengaruh pada penampilan ternak.

8.4 Pertimbangan Teknis dan Ekonomis

Pakan limbah yang akan digunakan harus tersedia dalam waktu yang cukup lama atau ketersediaannya harus kontinyu. Bahan pakan yang sudah tersedia pada suatu saat, kemudian hilang (tidak tersedia) harus dihindarkan penggunaannya. Sebelum digunakan sebagai pakan ternak, sebaiknya perlu dilakukan analisis teknis dan ekonomis terhadap pakan limbah. Padi yang diproduksi secara masal dan nasional menyebabkan ketersediaan dedak padi dan bekatul untuk ternak juga akan berlimpah. Lain halnya, bahan pakan yang diproduksi secara terbatas akan menghasilkan bahan pakan yang terbatas pula ketersediaannya.

Pertimbangan lainnya, yaitu bahan pakan untuk ternak tidak boleh bersaing dengan manusia. Apabila manusia lebih banyak membutuhkannya, maka bahan pakan tersebut tidak boleh diberikan pada ternak, misalnya kacang kedelai. Namun demikian, bungkil kacang kedelai dapat diberikan pada ternak.

Pertimbangan selanjutnya, yaitu harga bahan pakan itu sendiri. Walaupun dapat digunakan sebagai bahan pakan, apabila harganya mahal, maka penggunaan bahan atau peran bahan pakan itu sebagai bahan pakan ternak akan tersisihkan. Murah ataupun mahalnya suatu bahan pakan harus dinilai dari manfaat bahan pakan itu sendiri, yang merupakan cermin dari kualitasnya dan hasil yang diperoleh. Tepung ikan, misalnya, harganya memang mahal, tetapi bila dibandingkan dengan kandungan proteinnya yang tinggi dan kelengkapan asam aminonya serta manfaat yang diperoleh, maka penggunaan tepung ikan sebagai bahan pakan sumber protein menjadi murah.

Kelengkapan asam amino, vitamin, mineral, dan energi yang terkandung di dalam pakan limbah memegang peran penting untuk menentukan apakah bahan pakan tersebut berperan atau tidak. Bahan pakan limbah yang mudah membentuk racun atau mudah cemar juga tidak dapat digunakan sebagai bahan pakan. Bungkil kelapa misalnya, meskipun masih tetap digunakan, karena kandungan minyaknya masih tinggi, maka ransum yang mengandung bungkil kelapa dalam proporsi tinggi akan mudah tengik. Karena itu, beberapa pabrik makanan ternak mulai meninggalkan penggunaan bungkil kelapa dalam penyusunan ransum.

8.5 Pengolahan Pakan

Pengolahan pakan limbah sebagai pakan ternak pada prinsipnya ditujukan untuk memecah selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sehingga dapat dihasilkan pakan yang lebih mudah dicerna, serta dapat meningkatkan kandungan nutrisinya.

Pemanfaatan limbah (jerami) yang difermentasi akan dapat memberikan beberapa keuntungan antara lain:

1. mengurangi biaya pakan, khususnya dalam penyediaan hijauan sebagai pakan utama ternak ruminansia,
2. meningkatkan daya dukung lahan pertanian, karena pemeliharaan ternak ruminansia tidak harus menyediakan lahan sebagai tempat tanaman hijauan makanan ternak, dan
3. dapat memberikan nilai tambah bagi petani, apabila suatu saat nanti petani telah dapat melihat peluang tersebut, yang artinya jerami tidak lagi sebagai limbah yang mengganggu proses produksi, melainkan sebagai produk yang menguntungkan, dan

Proses yang memperbesar porositas molekul, seperti pembengkakan molekul selulosa dengan perendaman juga dapat meningkatkan kemudahan degradasi selulosa, sehingga tercapai fermentasi yang efisien. Metode kimia umumnya menggunakan zat yang bersifat basa kuat, seperti NaOH, KOH, CaOH, NH_4OH, dan sebagainya. Di lain pihak, metode biologis dilakukan dengan menambahkan enzim, probiotik, jamur, dan lain sebagainya. Di samping itu, dilakukan perlakuan pengolahan pakan dengan menggabungkan antara beberapa metode yang ada karena adanya kelemahan dan keterbatasan masing-masing metode.

Substrat yang mengalami biofermentasi biasanya memiliki nilai gizi yang lebih tinggi daripada bahan asalnya. Hal ini dikarenakan sifat katabolik dan anabolik mikroorganisme sehingga mampu memecah komponen yang lebih kompleks menjadi senyawa yang sederhana dan mudah tercerna. Proses fermentasi diharapkan akan merombak struktur jaringan kimia dinding sel, pemutusan ikatan lignoselulosa, dan penurunan kadar lignin. Pakan serat yang mengalami fermentasi dengan kapang akan meningkat kecernaan nutriennya (Puls dan Poutanen, 1989). Lignin umumnya sangat sulit dirombak terutama pada

pemecahan cincin aromatiknya. Akan tetapi, sebagian lignin ada yang labil terhadap perlakuan alkali, di antaranya dengan amoniasi urea. Komponen lignin yang labil dengan perlakuan alkali adalah gugus ester seperti residu *feruli* atau *p-coumaril* (Scalbert *et al*., 1985).

Mikroba rumen dapat berperan dalam menetralisir efek *mimosin* terhadap ternak. Lamtoro mengandung *mimosin* yang dapat menyebabkan keracunan pada ternak yang mengonsumsinya. Akan tetapi, dengan penambahan mikroba yang diinokulasi dari rumen domba yang sudah diadaptasikan dengan daun lamtoro, ternyata gejala keracunan yang ditimbulkan oleh efek *momosin* tersebut menjadi hilang.

Dalam mempelajari hewan ternak, kita harus mengkaji faktor-faktor lingkungan secara komprehensif. Hal ini perlu dipahami karena akan terjadi interaksi antara berbagai faktor lingkungan itu sendiri dan terjadi saling mempengaruhi sebelum faktor lingkungan tersebut mempengaruhi hewan ternak. Terjadi saling interaksi antara mineral dengan protein, mineral dengan vitamin, dalam mempengaruhi hewan ternak. Faktor lingkungan terutama faktor fisik dan kimia berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap tingkat dan proses metabolisme hewan ternak.

Faktor lingkungan sangat mempengaruhi tingkat produksi hewan ternak. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa produksi hewan ternak merupakan faktor dari lingkungan. Faktor lingkungan fisik, kimiawi, dan sosial budaya perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan usaha peternakan. Ciri khas usaha peternakan modern adalah terdapatnya tindakan manajemen untuk mempertahankan dan meningkatkan hasil usaha peternakan. Dengan demikian, faktor lingkungan tidak dihindari, tetapi perlu dikelola dengan baik dengan menerapkan manajemen dan teknologi peternakan.

DAFTAR PUSTAKA

Abberton, M. T., J. H. MacDuff, A. H. Marshall and M.W. Humpreys. 2007. The Genetic Improvement of Forage Grasses and Legumes to Reduce Greenhouse Gas Emissions. Paper prepared for FAO.

Abidin, Z. 2002. Pengembangan sapi potong. Agro Media Pustaka Jakarta

Agustin, Fauzia. 1991. Penggunaan Lumpur Sawit Kering dan Serat Sawit dalam Ransum Pertumbuhan Sapi Perah. Tesis, Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Ahring, B. K. 2003. Perspectives for anaerobic digestion. In: T. Scheper (Ed.), Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology, 81: 1-30, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg

Akin, D. E., G. L. R. Gordon, and J. P. Hogan. 1983. Rumen Bacterial and Fungi Degradation of *Digitaria pentzii* Grown with or without Sulfur. Appl. Environ. Microbiol. 46:738

Akin, D. E., and R. Benner. 1988. Degradation of Polysaccharides and Lignin by ruminal Bacteria and Fungi. Applied and Environmental Microbiology; 1117-1125

Akin, D. E., and W. S. Borneman. 1990. Roles of Rumen Fungi in Fiber Degradation. J. Dairy Sci. 73: 3023-3032

Akmal, 1994. Pemanfaatan Wastelage Jerami Sebagai Bahan Pakan Sapi FH Jantan. Tesis Program Pancasarjana Institut Pertanian Bogor

Amin, M. 1997. Pengaruh Penggunaan Probiotik *Saccharomyces cereviseae* dan *Aspergillus oryzae* dalam Ransum pada Populasi Mikroba, Aktivitas Fermentasi Rumen, Kecernaan

dan Pertumbuhan Sapi Dara. Tesis, Program Pascasarjana. IPB. Bogor.

Anggorodi, R. 1979. Ilmu Makanan Ternak Umum. Cetakan Ke II. PT. Gramedia. Jakarta.

Anggorodi, R. 1994. Ilmu Makanan Ternak Umum. Cetakan Ke IV. PT. Gramedia. Jakarta.

Anganga, A.A., P. Lelata, and M. V. Tsine. 2005. Molasses Urea Blocks as Supplementary Feed Resource for Ruminants in Botswana. Journal of Animal and Veterinary Advances 4 (5): 524-528

Anindyawati, T. 2010. Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik. Berita Selulosa. Vol. 45 (2); 70-79

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 11th Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.USA.

Arora, D. S. And D. K. Sandhu. 1985. Laccase Production and Wood Degradation by a White Rot Fungus Daedale flavida. Enzyme Microb. Technol. 7: 405-408

Arora, S. P. 1995. Pencernaan Mikroba Pada Ruminansia. Terjemahan dari Microbial Digestion In Ruminants. Oleh Retno Murwani. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Artiningsih, T. 2006. Aktivitas Lignolitik jenis Ganoderma pada Berbagai Sumber Carbon. Journal Biodiversitas. Vol. 7 (4); 307-311.

Astutik, R. P., N. D. Kuswytasari, dan M. Shovitri. 2011. Uji Aktivitas Enzim Selulase dan Xilanase Isolat Kapang Tanah Wonorejo Surabaya. Makalah. Institus Teknologi Surabaya. (akses 12 Januari 2012). available from URL: http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011045219/17619

Atomos-BATAN. 2007. Urea Molasses Multinurient Block/ UMMB. [cited 2008 April 30]. Available from : URL:http: www.infonuklir.com

Bachrudin, Z. 1985. Development of Ruminal Microflora in Goat (Capra hircus). Thesis Program Pasca Sarjana. University of Philipines, Los Banos

Badan Pusat Statistik Propinsi Bali. 2003. Bali Dalam Angka. BPS Propinsi Bali, Denpasar.

Bandani, Y. 2001. Sapi Bali Cetakan III. Penerbit Swadaya Jakarta

Bartle, S. J., J.R. Males and R.L. Preston. 1983. Evaluation of Urea Dilution as an Estimator of BodyComposition in Mature Cows.J.Amin.Sci., 56:410-417.

Batan, I W. 2006. Sapi Bali dan Penyakitnya. F akultas Kedokteran Hewan,Universitas Udayana ISBN : 979-8286-63-4

Batubara, L.P., M. Boer dan S. Elister. 1992. Pemberian bungkil inti sawit/molases dengan/tanpa mineral dalam ransum kerbau. Jurnal Penelitian Peternakan Sungei Putih Vol 1. Nomor 3:11-15

Batubara, L. P., M. D. Sanchez and K. R. Pond. 1993. Feeding of lambs with palm kernel cake and molasses. Jurnal Penelitian Peternakan Sungei Putih 1:7-13.

Beef Cattle NSW Departement. 2004. Opportunity lot feeding of beef cattle Chapter 6 http://www.dpi.nsw.gov.au/ agriculture/livestock /beef/f eed/ publications/l otfeeding/ration

Berra-Maillet, C., Y. Ribot, and E. Forano. 2004. Fiber Degrading System of Different Strains of the Genus Fibrobacter. Appl. Environ. Microbiol. Apr.:2172-2179

Bidura, I. G. N. G. 2007. Bioteknologi Pakan dan Aplikasinya. Buku Ajar. Udayana University Press, Denpasar.

Bidura, I.G.N.G., D. A. Warmadewi, dan D.P.M.A. Candrawati. 2010. Pakan Unggas. Konvensional dan Inkonvensional. Udayana University Press, Denpasar.

Bidura, I.G.N.G., D. A. Warmadewi, D.P.M.A. Candrawati, I.G.A. Istri Aryani, I.A. Putri Utami, I.B. Gaga Partama, and D.A. Astuti. 2009. The Effect of Ragi tape fermentation products in diets on nutrients digestibility and growth performance

of Bali drake. The 1st International Seminar on Animal Industry 2009. Sustainable Animal Production for Food Security and Safety. 23-24 November 2009. Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University.

Bidura, I.G.N.G., D.P.M.A. Candrawati, D.A. Warmadewi, I.P. Suyadnya, and I.AG.A.S. Aryani. 2011. The increase of protein digestibility and metabolizable energy of rice bran by Saccharomyces cerevisiae fermentation. The 3rd International Conference on Bioscience and Biotechnology. Maintaining World Prosperity trhough Biosciences, Biotechnology and Revegetation. 21-22 September 2011. Udayana University, Denpasar Bali, Indonesia. Organized by Udayana University in Cooperation with Yamaguchi University.

Bidura, I.G.N.G., D.P.M.A. Candrawati, I. B. G. Partama, I.P. Suyadnya, I. G. Mahardika, I. G. L. Oka, and I.AG.A.S. Aryani. 2012. The implementation of *Saccharomyces spp.n-2* isolate culture (isolation from traditional yeast culture) for improving feed quality and performance of male Bali ducking. Agricultural Science Research Journal. ISSN-L: 2026-6073 September: Vol. 2 (9): 486-492

Bidura, I.G.N.G., T.G.O. Susila, dan I. B. Gaga Partama. 2008. Limbah, Pakan Ternak Alternatif dan Aplikasi Teknologi. Udayana University Press, Denpasar.

Blaxter, K.L. 1969. The Energi Metabolism of Ruminants. 3 rd Ed., Impresion. Hutchinson Scientific and Technical. London.

Bo Gohl. 1975. Tropical Feeds. Feed Information Summaries and Nutritive Value. FAO of the United Nation. Rome.

Bowker,W.A.T., R.G. Dumsday, D.F. Frishch, R.A. Swan and N.M. Tulloh. 1978. Vice- Chancellors Commities. p.16-18

Bratasida. 2002. Sustainable human settlements CSD12, Navy, New York

Budiasa, I K. M. dan I M. Mudita. 2009. Pengaruh Tepung Daun Gamal dan Daun Kelor Sebagai Sumber Protein Dalam Urea

Cassava Blok (UCB) Terhadap Kecernaan Bahan Kering, Bahan Organik, Kadar VFA, Dan NH3 Cairan Rumen Pakan Jerami Padi secara *Invitro.* Laporan Penelitian DIPA Universitas Udayana, Denpasar

Cakra, I. G. L. O. 1996. Penggunaan Natrium Bikarbonat dan Natrium Karbonat dalam Manipulasi fermentasi Rumen pada Kerbau. Tesis, ProgramPascasarjana, Institut PertanianBogor, Bogor.

Camarero, S., B. Bockle, M. J. Martinez. 1994. Lignin degradation enzimes of the comercial button mushroom. Agaricus pulmonarius. Appl. Environ. Microbiol. 62:1070-1072.

Chandel, A.K., E.S. Chan, R. Rudrvaram, M. L. narasu, L.V. Rao, and Ravindra. 2007. Economic and Environment Impact of Bioethanol Production Technologies; An Appraisal. Biotechnology and Molecular Biology Review. Vol 2 (1); 14-32

Chen. J. and P. J. Weimer. 2001. Competition among three predominant ruminal cellulolytic Bacteria in the Absence or Presence on non-cellulolytic Bacteria. J. Environ. Microbial. 147: 21 – 30

Cheva-Isarakul and Promma. 1995. The use of multi nutrient block suplemented to urea treated rice straw base diet for dairy heifers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. Vol. 8 (2):113-118.

Cheeke, P. R., N. M. Paton, dan G. S. Templeton. 1982. Rabbit Production. 5-nd Ed. The Interstate Printers and Publishing Inc. Danville.

Chenost, M. and Kayouli, C. 1997. Roughage Utilization In Warm Climate. ISBN 92-5-103981. Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome, Italy. [cited 2007 Novembre 30]. Available from: URL: http://www.Fao.org/docrep/003/w4988e/W4988E01.htm

Chesson, A. and Forsberg, C.W. 1988. Polysaccharide Degradation by Rumen Mikroflora. In.P.N.Hobson Ed. The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Applied Science. London.

Pp 251-248

Chin, F.Y. 2002. Utilization of palm kernel cake as feed in Malaysia.Asian Livestock 26 (4):19-26. FAO Regional Office, Bangkok.

Church, D.C. 1976. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminant. Vol.1. Digestive Physiology 2 nd Edision. USA.

Church, D.C. and W.G. Ponds. 1988. Basic Animal Nutrition and Feeding. 3 rd Ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Coughlan, M.P., and G.P. Hazlewood. 1993. Hemicellulose and Hemicellulases. London; Portland Pr.

Crawford, R. L. 1981. Lignin Biodegradation and Transformation. John Wiley and Sons. New York

David, L. 2010. Nutrient Requirements Of Beef CattleAssociate Professor, Beef Cattle, Oklahoma State University Extension. http://www.thecattlesite. com/articles/ 1001/ nutrient-requirements-of-beef-cattle

Davies, H.L. 1982. Nutrition and Growth Manual Australian University International Development Program. P 20-25; 40-46.

De Jong, J. A. Field, and J. A.M. de Bont. 1994. Aryl Alchohol in The Physiology of Ligninolytic Fungi. FEMS Microbiol. Reviews.13: 153-188

Dewi Febrina. 2006. Karakteristik Kondisi Rumen sapi pesisir selatan dengan ransum Jerami Padi Amoniasi Urea. Jurnal peternakan Vol. 3 No. 1: 18-22

Devendra, C. dan M. Burns. 1994. Produksi Kambing di Daerah Tropis. Penerjemah : Ir. IDK Harya Putra,PhD. Penerbit ITB Bandung dan Universitas Udayana.

Djajanegara, A. 1983. Tinjauan Ulang Mengenai Evaluasi Suplemen Pada Jerami Padi. Proceding Seminar Pemanfaatan Limbah Pangan dan Limbah Pertanian Untuk Makanan Ternak. Lembaga Kimia Nasional. LIPI. Bandung.

Dunia Sapi. 2010. Menyusun Formula Ransum Sapi Perah http://duniasapi.com/ Pendukungperah/894-penyusunan-

formulasi-ransum-sapi-perah.html **Updated on** Thursday, 02 September 2010

Dwiyanto, K., D. Sitompul, I. Manti, I.W. Mathius, Soentoro. 2003. Pengkajian pengembangan usaha system integrasi kelapa sawit-sapi. Prosiding Lokakarya Nasional, Bengkulu 9-10 September 2003. Departemen Pertanian Bekerjasama dengan Pemerintah Bengkulu dan PT. Agricinal.

Efiok, B. J. S. 1996. Basic Calculation for Chemical and Bniological Analysis. AOAC International, Maryland, USA

Edey, T.N. 1983. Growth: Principles and Patterns. In: Tropical Sheep and Goat Production. T.N. Edey (ed.). AUIDP Canberra, Australia, (89-104).

Egan, A. R. 1980. Review of Basic Ruminant Physiology. AAUCS. Ruminant Physiology Review and Traning Cource. 42 p.

Elisabeth,Y., S.P. Ginting. 2003. Pemanfaatan hasil samping industry kelapa sawit sebagai bahan pakan ternak sapi potong. Prosiding Lokakarya Nasional, Bengkulu 9-10 September 2003. Departemen Pertanian Bekerjasama dengan Pemerintah Bengkulu dan PT. Agricinal.

Ensminger, M.E. 1969. Animal Science. 2nd Ed., The Interstate, Denville, Illionis.

Ensminger, M.E, J.E. Oldfield and W.W. Heinemann. 1991. Feed and Nutrition. Second Edition. The Ensminger Publishing Company. California, USA.

Erwanto. 1995. Optimalisasi Sistem Fermentasi Rumen melalui Suplementasi Sulfur, Defaunasi, Reduksi Emisi Metan dan Stimulasi Pertumbuhan Mikroba pada Ternak Ruminansia. Tesis Program Pasca Sarjana. IPB, Bogor.

Firkins, J. L., A. N. Hristov, M. B. Hall, G. A. Varga, dan N. R.St-Pierre. 2006. Integration of Ruminal Metabolism in Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 89 (E. Suppl.): E31-E51. American Dairy Science Association. [cited 2007 Novembre 30]. Available from: URL:http://jds.fass.org/cgi/content/abstract/89/e_suppl_1/E31

Folley, E.D., D.L. Bath, F.N. Dickinson and H.A. Tucker. 1973. Dairy Cattle: Principles, Practise. Problems and Profits. Lea and Febiger, Philadelphia.

Frandson, M. 1992. Anatomi dan Fisiologi Ternak. Alih Bahasa: B. Srigandono dan K. Praseno. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Ginting, S. P. 2004. Tantangan dan Peluang Pemanfaatan Pakan Lokal Untuk Pengembangan Peternakan Kambing di Indonesia. Loka Penelitian Kambing Potong. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. [cited 2007 January 30].Available,from:URL:Http://peternakan.litbang.deptan.go.id/download/infoteknis/kambingpotong/prokpo04-7.pdf

Goering, H.K and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fibre Analysis USDA. ARS Agriculture Handbook No. 379. Washington,D. C. pp.8-12, 18-19.

Gunawan, A. Dickey, dan S. Lukman. 2003. Sapi Bali, Potensi Produktivitas dan Nilai Ekonomi. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Gunawan, D. Pamungkas dan L. Affandhy. 1998. Sapi Bali, Potensi, Produktifitas, dan Nilai Ekonomi. Kanisius Yogyakarta.

Hakansson, U., L. G. Fagerstam, L. G. Pettersson, and L. Andersson. 1979. A 1,4-β-Glukan Glucanohydrolase from the Cellulolytic Fungus Trichoderma viride QM 9414. Biochem. J. 179; 141-149

Hardianto, R. dan D. E. Wahyono. 2005. Teknologi Pakan yang Efisien untuk Meningkatkan Produktivitas Sapi Potong. Seminar Pengembangan Sapi Potong, tgl. 29 Januari 2005. Fakultas Peternakan Univ. Udayana, Denpasar.

Hardjosubroto, W. 1994. Aplikasi Pemuliabiakan Ternak di Lapangan. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.

Harry, B. Pfost. 1988. Feed Manufacturing Technology. Feed Production Council, American Feed Manufacturers

Association, Inc. Virginia, USA.

Hartadi, H., S. Reksohadiprodjo, dan A.D. Tillman. 1993. Tabel Komposisi Pakan untuk Indonesia. Gadjah Maga University Press, Yogyakarta.

Hartley, R.D. 1987. The Chemistry of Lignocellulisic Materials from Agricultural Wastes in Relation to Processes for Increasing their Biodegradability. In J.M. Van Der Meer, B. A. Rijkens and M.P. Ferrani Ed. Degradation of Lignocellulisic in Ruminants and Industrial Process. Elsevier Applied Science. London.

Haryanto, B., dan A. Djajanegara. 1993. Pemenuhan Kebutuhan Zat-zat Makanan Ternak Ruminansia Kecil, dalam : Produksi Kambing dan Domba di Indonesia.

Hasnudi dan Wahyuni, T.H. 2005. Pengaruh penggunaan hasil sampingan industry kelapa sawit dan limbah pertanian terhadap performans dan bobot potong domba sei putih. Jurnal Agribisnis Peternakan (Agripet) Vol. 1 No. 1, April 2005.

Hatakka,A. 2000. Biodegration of Lignin. University of Helsinki, Viikki Biocenter, Department of Applied Chemistry dan Microbiology. Helsinki

Hatfield, R. D. 1989. Structural Polysaccharides in Forage and their Degradability. Agron. J. 81: 39-46.

Hau, D. K., M. Nenobais, J. Nulik, N.G.F. Katifana. 2006. Pengaruh Probiotik Terhadap Kemampuan Cerna Mikroba Rumen Sapi Bali.[cited 2006 December 24]. Available from: URL: http://peternakan.litbang.deptan.go.id/

Hegarty, R. 2001. Green House Gas Emission From The Australian Livestock Sector. What Do We Know, What Can We Do. Australian Green House Office, Canberra ACT. ISBN: 1 876536 69 1. [cited 2007 Decembre 24]. Available from:URL: http://www.greenhouse.gov.au/agriculture/publications/pubs/methane_emissions.pdf

Hernandez, M., Rondioque, J. Soliveri, J., Copa, J. L. Peres, M.I. and M.E., Aerias. 1994. Paper mill effluent decocorization ny fifty Streptomicetes strains. Appl. Environ. Microbial. 60: 3909-3913

Hobson, P. N. 1988. The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Science Publisher Ltd. England

Hofmann, R. R. 1988. Anatomy of Gastro-Intestinal Tract. In: D.C. Church (Ed). The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hall, New Jersey. Pp.14-43

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and its Micorbes. 2 nd Edition Academyc Press. New Yersey.

Ishihara, T. 1980. The Role of Laccase in Lignin Biodegradation. Microbiol Chem. Poten App. 2: 17-30

Istiqomah, L., A. Febrisiantosa, A. Sofyan, E. Damayanti, H. Julendra dan H. Herdian. 2010. Respon Pertumbuhan Sapi yang Diberi Pakan Silase Komplit Berbasis Bahan Pakan Local di Sukoliman Gunungkidul. Prosiding Seminar Nasional. Hal: 133-140. Fakultas Peternakan Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto. ISBN: 978-979-25-9571-0

Ivan, M., D. J. Clack and G. J. White. 1974. Kjeldahl Nitrogen Determination. In Shorth Course on Poultry Production. Udayana University. Denpasar.

Jakson, M. G., 1978. Rice straw as livestock feed. In Ruminan nutrition: selected articles from the world Anim. Rev. 12:34-40.

Jolley, A. 2006. Technologies for Reducing Non-Energy Related Emissions. Climate Change Working Paper No. 10. Centre for Strategic Economic Studies, Virtoria Unibversity. [cited 2008 February 25]. Available from:URL: http://www.cfses.com

Juko, C. D., R. M. Bredon and B. Narshall. 1961. The Nutrition of Zebu Cattle part II. The Technicques of Digestibility Trial with Special Refrence to Sampling, Preservation and Drying of Peaces J. of Agric. Sci. 56: 93-97.

Jung, H. G. 1989. Forage Lignins and Its Microbes. 2nd Edition. Academic Press. New Jersey.

Jouany, J. P. 1991. Rumen Microbial Metabolism and Ruminal Digestion. Institute National De La Recherche Agronomique, 147. Rue De I Universite-75338 Paris Cedex 07.

Kaiser, A. G. 1984. The Influence of Silase Fermentation On Animal Production. Silase in The 80s. Proceeding of a National Workshop, Armidale, New South Wales, Australia.

Kamra, D. N. 2005. Rumen Microbial Ecosystem. Special Section: Microbial Diversity. Current Science. Vol. 89. No. 1. hal 124-135. [cited 2007 Decembre 20]. Available from: URL: http://www.ias.ac.in/currsci/jul102005/124.pdf

Kartadisastra, H. R. 1997. Penyediaan dan Pengelolaan Pakan Ternak Ruminansia. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Kaunang, C. L. 2004. Respon Ruminan Terhadap Pemberian Hijauan Pakan yang Dipupuk Air Belerang. Disertasi. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor. [diakses 10 Februari 2007]. URL: http://www.damandiri.or.id/files/charlesipbb.pdf

Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirement of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute. Utah Agric. Exp. Station. Utah State University, Logan Utah.

Kebreab, E., J. France, J. A. Mills, R. Allison and J. Dijkstra. 2002. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. *J Anim Sci* 2002. 80:248-259.[diakses 10 Juli 2008]. URL: http://jas.fass.org

Kemetrian Pertanian. 2010. Blue Print Program Swasembada Daging Sapi 2014. Kementrian Pertanian, Direktorat Jendral Peternakan, Jakarta.

Kertz, A. F., L. F. Reutzel, and G. M. Thomson. 1991. Dry matter intake from parturition to midlactation. J. Dairy Sci. 74:2290– 2295.

Kirk, T. K. And R. L. Farrel. 1987. Enzymatic "Combustion" the Microbial Degradation of lignin. Annv. Rev. Microbial., 41; 465-565

Komar, A. 1984. Teknologi Pengolahan Jerami Sebagai Makanan Ternak. Penerbit Yayasan Dian Grahita. Jakarta.

Kowalczyk, J. 1989. Anatomy and Function of the Gastrointestinal track of Ruminants. In: H.D. Bock, B.O. Eggum, A.G. Low, O. Simon and T. Zebrowska (Ed). Protein Metabolism in Farm Animals. Oxford University Press and VEB Deutscher Landwirtschaftaverlag, Berlin. Pp. 159-164.

Kristianto, L. K. 2002. Kinerja Kambing Lokal Dara dan Induk dengan Perbaikan Pakan Pada Fase Menjelang Bunting dan Bunting Tua. Tesis Program Pasjasarjana, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Kusnadi, Saefudin, dan A. Efrianti. 2009. Keanekaragaman jamur selulolitik dan Amilolitik Pengurai Sampah Organik dari Berbagai substrat. Makalah Seminar Nasional PBI, Malang. (akses 15 Januari 2012). Available from: URL: http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND. BIOLOGI/196805091994031-KUSNADI/MAKALAH_PBI_MALANG2009.pdf

Lana, K. 2001. Makana dan Penampilan Ternak STS Dalam Peningkatan Produktifitas Peternakan dan Kelestarian Lingkungan Pertanian Lahan Kering dengan Sistem Tiga Strata. Penerbit UPT Penerbit Universitas Udayana Denpasar

Leng, R.A., T.J. Kempton and J.V. Nolan. 1977. Non Protein Nitrogen and By-Pass Protein in Ruminant Diets. AMRC. 33: 1-22.

Linberg, J. E and H. L. Gonda. 1996. Fibre and Protein Digestion in Goat. In: VI International Confrence on Goats, 6-11 May 1996, Beijing, China. 1st Ed. International Academic Publishers, Beijing, China, Vol.2: 495-509.

Lowe, S. E. 1986. The Physiology and Cytology of anaerobic Rumen Fungus. A Thesis. Submitted to The University of Manchester for The Degree of Ph.D. Departementy of Botany, Faculty of Science

Lubis, D. A. 1992. Ilmu Makanan Ternak Umum. Penerbit PT. Pembangunan. Jakarta.

Mahaputra, S., P. Kurniadhi, Rokhman, dan Kadiran. 2003. Analisis biaya pemeliharaan sapi dengan complete feed. Buletin teknik Pertanian 8 (2): 47-48

Manti, I., Azmi, Eko Priantono, dan D., Sitompul. 2003. Kajian social ekonomi system integrasi sapi dengan kelapa sawit (SISKA). Prosiding Lokakarya Nasional, Bengkulu 9-10 September 2003. Departemen Pertanian Bekerjasama dengan Pemerintah Bengkulu dan PT. Agricinal.

Masudana, I W. 1990. Perkembangan Sapi Bali dalam Sepuluh Tahun Terakhir (1980 – 1990) dalam Proseding Seminar Nasional Sapi Bali. Fapet Unud. Denpasar.

Mathius, I. W., B. Haryanto dan M. E. Siregar. 1991. Beternak Kambing Domba sebagai Ternak Potong, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Bogor.

Mathius, I.W., D. Sitompul, B.P. Manurung dan Azmi. 2004. Produk samping tanaman dan pengolahan buah kelapa sawit sebagai bahan dasar pakan komplit untuk sapi: Suatu tinjauan. *In.:* Sistem Integrasi Kelapa SawitSapi. Pros. Lokakarya Nasional.Hal.120-128.Dept. Pertanian, Pemda Prov. Bengkulu dan P.T. Agricinal.Bengkulu.

Mathius, I.W., A.P. Sinurat, B.P. Manurung, D. M. **Sitompul, dan Azmi. 2005.** Uji kaji dan Optimalisasi Teknik Fermentasi Lumpur Sawit Skala Lapang Serta Pemanfaatannya Sebagai Bahan Pakan Sapi Potong. Laporan Akhir Penelitian. Proyek PAAT?. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Dept. Pertanian.

Maranatha, B. 2008. Aktivitas Enzim Selulase Asal Indonesia pad berbagai Substrat Limbah Pertanian. Departemen Biologi, FMIPA, IPB, Bogor

Mariani, N. P. 1994. Pengaruh Penggunaan Ubi Jalar-Urea Kompleks dalam Konsentrat terhadap Pertumbuhan Sapi FH Jantan. Tesis program pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Mastika, I M. 2006. Pengembangan Kawasan Terintegrasi. Pengolahan Limbah Kakao Sebagai Pakan Ternak Alternatif. Laporan Hasil Kaji Tindak Terap Pengendalian PBK dan Pola Integrasi. Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana, Denpasar.

Martini, E., N. Haedar dan S. Margino. 2003. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Lignin dari Beberapa Substrat Alami. Gama Sains V (2): 32-35

Mathius, I.W., D.Yuliastini dan A. Wilson. 1989. Tata Laksana Pemberian Pakan Kambing dan Domba di Pedesaan. Balai Penelitian Ternak. Bogor.

Mathius, I.W., Je Van Eys dan Thomas. 1982. Aspek Nilai Gizi dalam Usaha Peternakan Domba dan Kambing di Jawa Barat, Proc. Seminar Teknologi Peternakan dalam Menunjang Pembangunan Peternakan di Pedesaan. Universitas Brawijaya-NUFFIC VoL 1,Hal:54.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhaigh, and C. A. Morgan. 1995. Animal Nutrition. 5 Ed. Longman Scientific and Tehmcal, Longman Group Ltd., New York.

McDonald, P., A. R. Edwards, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 2002. Animal Nutrition. 6th Ed. Ashford Colour Press Ltd., Gosport. British.

Milford, R. and D. J. Minson. 1966. Intake of Tropical Pasture Species. Proc. XI Th. Int. Grassland Congress Brazil. PP. 814

Miller, G. L. 1959. Use of Dinitrosalisylic Acid Reagent. Method for Determination of Reducing Sugar. Anal. Chem. 31: 426

- 428

Minson, D. J. 1976. Nutritional Significant of Protein in Temperate and Tropical Pasture. Proc.of Symp. From Plant to Animal Protein No.2 (Rev.Rur.Sci.) University of New England. Armidale, N.S.W. p.27-30.

Morison, I. M. 1986. Factor Affecting the Breakdown of Dietary Fibre in the Rumen Hannah Res. Institute 1987:89-96.

Mudita, I M.. 2008. Suplementasi Multi Vitamin-Mineral dalam Ransum Komplit Berbasis Jerami Padi Amoniasi Urea untuk Meningkatkan Efisiensi Sintesis Protein Mikroba Rumen Sapi Bali Penggemukan. Tesis Program Studi Ilmu Peternakan, Program Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar.

Mudita, I M. dan AA. P. P.Wibawa. 2008. Evaluasi Kualitas Dan Kecernaan Nutrien Secara *In Vitro* Ransum Sapi Komplit Berbasis Bahan Lokal Asal Limbah yang Difermentasi Cairan Rumen dan Enzim Optyzim. Laporan Penelitian Dosen Muda. Fakultas Peternakan.Universitas Udayana, Denpasar

Mudita, I M., I G.L.O.Cakra, A.A.P.P.Wibawa, dan N.W. Siti. 2009. Penggunaan Cairan Rumen Sebagai Bahan Bioinokulan Plus Alternatif serta Pemanfaatannya dalam Optimalisasi Pengembangan Peternakan Berbasis Limbah yang Berwawasan Lingkungan. Laporan Penelitian Hibah Unggulan Udayana, Universitas Udayana, Denpasar.

Mudita, I M. dan M. Wirapartha. 2007. Pemanfaatan Berbagai Kultur Mikroorganisme Untuk Meningkatkan Nilai Organoleptik dan Komposisi Kimia Silase Rumput Alang-Alang (*Imperata Cylindrica).* Laporan Penelitian. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana, Denpasar

Mudita, I M., T.I. Putri, T.G.B. Yadnya, dan T. Putri. 2010[a]. Penurunan Emisi Polutan Sapi Bali Penggemukan Melalui Pemberian Ransum Berbasis Limbah Inkonvensional Terfermentasi Cairan Rumen. Prosiding Seminar Nasional,

Fakultas Peternakan Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto. ISBN: 978-979-25-9571-0

Mudita, I M., I W. Wirawan dan AA. P.P. Wibawa. 2010[b]. Suplementasi Bio-Multi Nutrien Yang Diproduksi Dari Cairan Rumen Untuk Meningkatkan Kualitas Silase Ransum Berbasis Bahan Lokal Asal Limbah. Laporan Penelitian Dosen Muda Unud, Denpasar

Muljana,W. 1982. Cara Beternak Kambing. Penerbit Aneka Ilmu. Semarang.

Mulyono, S. 1998. Teknik Pembibitan Kambing dan domba. PT. Penebar Swadaya Jakarta.

Murtidjo, B. A. 1990. Beternak sapi Potong. Penerbit Kanisius Yogyakarta

Murtidjo, B. A. 1993. Memelihara Kambing sebagai Ternak Potong dan Perah. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Muthezilan, R., R. Ashok and S. Jayalakshmi. 2007. Production and Optimization of the thermostable alkaline xylanase by Penicellium oxalicum in solid state fermentation. African Journal of Microbiology Research. pp;20-28 (akses 28 November 2011). Available from URL:http://www.academicjournals.org/ajmr

National Research Council. 1976. Mechanism of NPN Utilization in the Ruminant. In Urea and Other Non Protein Nitrogen Compounds in Animal Nutrition. Board on Agriculture and Renewable Academic Press. Washington, D.C.

Nitis, I. M. 2007. Gamal di Lahan Kering. Penerbit Arti Foundation, Denpasar.

Nitis, I. M. 2008. Penerapan Sistem Tiga Strata (STS) sebagai Barrier Removal di Taman Nasional Bali Baraty TNBB). http://www.rareplanet.org/en/ campaign blog/penerapansistem-tiga-strata-sts-sebagai-barrier-removal-di-taman-nasional-bali-barat

Nitis, I. M. 2010. Sistem Tiga Strata Menjamin Hijauan Pakan Ternak Sepanjang Tahun http://www.sinartani.com/

lumbung/sistem-tiga-strata-menjamin-hijauan-pakan-ternak-sepanjang-tahun-1264394481.htm

Nitis, I. M. 2001. Peningkatan produktivitas Peternakan dan Kelestarian Lingkungan pertanian Lahan kering. Buku Ajar. Fakultas Peternakan, Universitas Udayana, Denpasar.

Nitis, I. M., K. Lana, T.G.O.Susila, W. Sukanten, and S. Uchida. 1989. Chemical Composition of the Grass Shurb and Tree Leaves in Bali. Report University Udayana. Denpasar.

Nitis, I M., K. Lana. W Suarna, W Sukanten, S Putra, W Arga, N.K Nuraini, dan I.B sutrisna. 1998. Petunjuk Praktis Tata Laksana Sistem Tiga Strata. Edisi 4. LPM Unud. Denpasar.

Ogimoto, K. And S. Imai. 1981. Atlas of Rumen Microbiology. Japan Scientific Societies Poress, Tokyo

Ohara, H., S. Karita, T. Kimura, K. Sakka and K. Ohmiya. 1998. Cellulase Complex from Ruminococcus albus. Annual Report IC Biotech. Vol. 21; 358-370

Olempska-Beer, Z. 2004. Xylanases from *Bacillus subtilis* Expressed in *B. subtilis*. Chemical and Technical Assessment (CTA). 63rd JECFA. (akses 7 Oktober 2011). Available from URL:http://www.fao.org/fileadmin/.../63/Xylanases.pdf

Orskop, E. R. and M. Ryle. 1990. Energy Nutrition in Ruminants. Elsavier Applied Science London.

Orskop, E. R. and M. Ryle. 1990. Protein Nutrition in Ruminants. Academic Press London.

Owens, F. N. and A. L. Goetsch. 1988. Ruminal Fermentation. In: D.C. Church (Ed). The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hall, New Jersey.pp. 145-171.

Owens, F. N. and Zinn. 1988. Protein Metabolism of Ruminant Animals. In: D.C. Church Ed. The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Prentice Hall, New Yersey. Pp. 227-249.

Panaretto, B.A. 1963. Body Composisition In Vivo: the Estimasition of Total Body Water with Antipyrine and the Relationship of Total Body Water to Total Body Fat in Rabbits. Austr. J.Agric.Res., 14:594-601.

Panaretto, B. A and A. R. Till. 1963. Body Composition In Vivo. The Composition of Mature Goats and its Relationship to the Antipyrene, Tritiated Water and N-Acetyl-4-Aminoantipyrine Spaces. Aust. J.Agric. Res., 144:926-943.

Parakkasi, A. 1995. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarata.

Parakkasi, A. 1998. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Partama, I. B. G., T. O. G. Susila, I.W. Suarna, dan I. M. Suasta. 2003. Peningkatan Produktivitas Sapi Bali Kereman melalui Suplementasi Mineral dalam Ransum Berbentuk *Wafer* yang Berbasis Jerami Padi Amoniasi Urea. Prosiding Seminar Nasional Revitalisasi Teknologi Kreatif dalam Mendukung Agribisnis dan Otonomi Daerah, Denpasar,7 Oktober 2003. PPPSEP-BPPP, Deptan, Bogor.

Partama, I.B.G. 2005. Optimalisasi pemanfaatan jerami padi sebagai pakan dasar sapi Bali penggemukan melalui perlakuan amoniasi dan biofermentasi dengan mikroba. Prosiding Seminar Nasional Optimalisasi Teknologi Kreatif dan Peran Stakeholder dalam Percepatan Adopsi Inovasi Teknologi Pertanian. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Bekerjasama dengan BPTP Bali. Denpasar-Bali, 28 September 2005.

Partama, I.B.G. 2006[a]. Diversifikasi Pakan Sapi Bali. Seminar Sehari: Prospek Pengembangan Agrbisnis Sapi Bali di Bali. Progogram Pascasarjana Ilmu Ternak, Universitas Udayana, Denpasar. Denpasar-Bali, 15 Agustus 2006.

Partama, I.B.G. 2006[b]. Peningkatan Produktivitas Sapi Bali Kereman Melalui Suplementasi Mineral dalam Ransum Berbentuk Wafer yang Berbasis Jerami Padi Amoniasi Urea.

Hasil Penelitian. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana, Denpasar

Partama, I.B.G., I G.L.O. Cakra, A.A.A.S. Trisnadewi. 2010[a]. Optimizing microbial protein synthesis in the rumen through supplementation of vitamin and mineral in ration based on King grass to increase Bali cattle productivity. Proceedings Conservation and Improvement of World Indigenous Cattle. Page; 277-301. Bali 3rd – 4 th September 2010. Study Center for Bali cattle. Udayana University, Denpasar

Partama, I. B. G., I G.L.O. Cakra, I W. Mathius, I K. Sutama, and N. G. K. Roni. 2010[b]. Increasing productivity of Bali cattle steer through supplementation of multi vitamins and minerals in ration based on ammoniated rice straw and agroindustrial by products. Proceedings Conservation and Improvement of World Indigenous Cattle. Page; 130-141. Bali 3rd – 4 th September 2010. Study Center for Bali cattle. Udayana University, Denpasar

Partama, I.B.G., T.G.O. Susila, I G.N.G. Bidura, I G.L.O. Cakra, A.A.A.S. Trisnadewi. 2010[c]. Optimalisasi Suplementasi Vitamin-Mineral dalam Ransum Berbasis Rumput Raja untuk Memaksimalkan Pemanfaatan Energi Pada Sapi bali Penggemukan. Prosiding Seminar dan lokakarya Nasional Ilmu Tanaman Pakan Tropik. 5 Desember 2010. Fakultas Peternakan Universitas Udayana, Denpasar.

Paul, E. A. 2007. Soil Microbiologi, Ecology and Biochemistry. Elsevier Inc., Canada

Peres, J., J. Munoz-Dorado, T. De la Rubia, and J. Martinez. 2002. Biodegradation and Biological Treatment of Cellulose, Hemicellulose and Lignin; an overview. Int. Microbial, 5: 53-56

Prabowo, A., S. Padmowijoto, Z. Bachrudin, dan A. Syukur. 2007. Potensi Mikrobia Selulolitik Campuran dari Ekstrak Rayap, Larutan Feses Gajah dan Cairan Rumen Kerbau. J. Indon.

Trop. Anim. Agric. 32[3] Sept. 2007

Preston, R.L and R.A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics. Penambul Books Armidalte

Preston, R. L. and S.W. Kock. 1973. In Vivo Prediction of Body Composition in Cattle from Urea Space Measurement. In Proceedings of Society for Experiment Biology and Medicine. Vol.143: 1057-1061.

Prihantini, I., Soebarinoto, S. Chuzaemi dan M. Winugroho. 2011. Karakteristik Nutrisi dan Degradasi Jerami Padi Fermentasi oleh Inokulum Lignolitik TliD dan BopR. Animal Production Journal 11 (1): 1 – 7. [diakses: 5 Januari 2012]. URL: Http://animalproduction.net/index.php/JAP/article/download/215/203

Purser, D. B., and R. J. Moir. 1959. Ruminal Flora Studies in the Sheep. The Effect of pH on the Ciliate Population of the Rumen *In Vivo*. J, Agric. Res. 10: 555

Pulungan, H., Je Van Eys dan Rangkuti. 1985. Pengunaan Ampas Tahu sebagai Makanan Tambahan pada Domba Lepas Sapih yang Memperoleh Rumput Lapangan. Ilmu dan Peternakan. Bogor. Indonesia

Purwadaria, T., Pesta A. Marbun, Arnold P. Sinurat dan P. Ketaren. 2003a. Perbandingan Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri dan Kapang Hasil Isolasi dari Rayap. JITV Vol. 8 No. 4 Th 2003:213-219

Purwadaria, T., T., Pius P. Ketaren, Arnold P. Sinurat, and Irawan Sutikno. 2003b. Identification and Evaluation of Fiber Hydrolytic Enzymes in The Extract of Termites (*Glyptotermes montanus*) for Poultry Feed Application. Indonesian Journal of Agricultural Sciences 4(2) 2003; 40-47

Purwadaria, T., T., Puji Ardiningsip, Pius P. Ketaren dan Arnold P. Sinurat. 2004. Isolasi dan Penapisan Bakteri Xilanolitik Mesofil dari Rayap. Jurnal Mikrobiologi Indonesia, Vol. 9, No. 2. September 2004, hlm. 59-62

Putra, S. 1992. Evaluasi Komposisi Kimia dan Tingkat Konsumsi 16 Daun Provenance Gamal *(gliricidia sepium)* yang Ditanam pada Lahan Kering di Propinsi Bali. Tesis Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Putra, S. 1999. Peningkatan Performans Sapi Bali melalui Perbaikan Mutu Pakan dan Suplementasi Seng Asetat. Disertasi Doktor, PPs. IPB., Bogor.

Putra, S. dan puger, A.W. 1995. Manipulasi Mikroba dalam Fermentasi untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Zat-Zat Makanan. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana. Denpasar.

Putri, T. I., T.G.B. Yadnya, I M. Mudita, dan Budi Rahayu T.P. 2009. Biofermentasi Ransum Berbasis Bahan Lokal Asal Limbah Inkonvensional dalam Pengembangan Peternakan Sapi Bali Kompetitif dan Sustainable. Laporan Penelitian Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional. Universitas Udayana, Denpasar

Rachim, A. 2003. Pemanfaatan Jerami untuk Pupuk. Bulletin Teknologi dan Informasi Pertanian 1 (1): 23 – 24

Rahmat, R.D.A. 2000. Kenaikan Berat Badan Domba Lokal Jantan dengan Perbedaan Frekuensi Pemberian Suplemen Dedak Halus Urea Molases. Skripsi, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Ramin, M., A.R. Alimon, and Abdullah. 2009. Identification of Cellulolytic Bacterioa Isolated From The Termite Coptotermes Curvignathus (Holmgren). Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology 17 (2009) 103–116

Ranjhan, S.K. 1977. Animal Nutrition and Feeding Proctice in India. Vikas Pub. House PVT. Ltd. New Delhi.

Rianto, E., Evi Lindasari dan Purbowati. 2006. Pertumbuhan dan Komponen Fisik Karkas Domba Ekor Tipis Jantan yang mendapat Dedak Padi dengan Aras Berbeda.Animal Production. Fakultas Peternakan Universitas Diponogoro. Semarang.

Riyanto, J., Miswar, dan Yulinda. 2000. Enzim Xylanase: Isolasi Mikroorganisme Penghasil danKarakteristik Parsial Enzim. Abstrak Makalah Digital. (akses 20 Januari 2012). Available from URL:http://www.politeknikjbr.itgo.com/P1.htm

Rule, D. C., R. N. Arnold, E. J. Hentges and D. C Beitz. 1986. Evaluation of urea Dilution as Technique for Estimating Body Composition of Beef Steers in vivo: Validation of Published Equations and Comparison with Chemical Composition. J. Anim. Sci., 63:1935-1948.

Russel, J. B. and Hespell, E. B. 1981. Microbial Rumen fermentation. J. Dairy Sci: 64, 1153-1169.

Ruttimann, C., R. Vicuna, M. D. Mozuch, and T. K. Kirk. 1991. Limited Bacteria Mineralization of Fungal Degradasi Intermediate from Synthetic Lignin. Appl. Environ. Microbiol. Page:3652-3655

Saha, B. C. 2004. Lignocellulosa Biodegradation and application in Biotechnology. US Goverment Work. American Chamical Society. 2-14

Sastrosupadi, A. 2000. Rancangan Percobaan Praktis Bidang pertanian. Edisi Revisi. Penerbit Kanisius, Yogyakarta

Serra, S. D., A. B., Serra, T. Ichinohe and T. Fujihara. 1997. Ruminal Solubulity of Trace Elements from Selected Philippine Forages. AJAS. 10: 378 – 384

Slijper, E. I. 1954. Mens and Huisdiers. J. B. Wolter Utrecht.

Sniffen, C. J. and P. H. Robinson. 1987. Microbial grow and flow as influenced by dietary manipulation. J. Dairy Sci., 70:425-434.

Soeprapto, H. dan Z. Abidin. 2008. Cara Tepat Penggemukan Sapi Potong. Cetakan Keempat. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Soetopo, R. S. dan R.C.C., Endang. 2008. Efektivitas Proses Pengomposan Limbah Sludge IPAL Industri Kertas dengan Jamur. Berita Selulosa Vol. 43 (2): 93-100. (akses 11 Januari 2012). Available from: URL: http://www.bbpk.go.id

Subha Rao, N. S. 1993. Biofertilizer in Agriculture and Forestry. 3rd ed. Internatioal Science Publisher, New York.

Subha Rao, N. S. 2001. Soil Nicribiology, 4th ed.science Publisher Inc. New Hampshire 03748

Suharto. 2005. Manajemen Agribisnis dan Teknologi Pengolahan Limbah Ternak Sapi Bali. Seminar Pengembangan Sapi Potong, tgl. 29 Januari 2005. Fakultas Peternakan Univ. Udayana, Denpasar.

Suparta, I. N. 2008. Strategi Pengelolaan Pertanian Guna Mewujudkan Kemandirian dan Ketahanan Pangan Nasional. Makalah disampaikan pada simposium pertanian dalam arti luas, 20 September 2008 di GDLN – UNUD Denpasar.

Sutardi, T. 1980. Landasan Ilmu Nutrisi. Jilid I. Departemen Ilmu Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor.

Sutrisno, C. I. 1988. Teknologi pemanfaatan jerami padi sebagai penunjang usaha peternakan di Indonesia. Dalam: Sunarso, Bambang Dwiloka, Supardie, Widiyanto dan H.S. Sulistiyono (Eds). Proceeding Seminar Program Penyediaan Pakan Dalam Upaya Mendukung Industri Peternakan Menyongsong Pelita V. Fakultas Peternakan Univ. Diponegoro, Semarang. pp.9-10.

Sutrisno, C. I., B. W. H. F. Prasetyono, dan E. Ali. 2006. Pemanfaatan Kotoran Ayam untuk Meningkatkan Kualitas Pucuk tebu sebagai pakan Ruminansia. Caraka Tani, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Vol. 21 (1): 33 – 38

Sarwono, B. 1999. Betemak Kambing Unggul. Penebar Swadaya. Jakarta

Siregar, S.B. 1994. Ransum Ternak Ruminansia. Penebar Swadaya. Jakarta.

Schaefer, D. M., C.L. Davis and M.P. Bryant. 1980. Ammonia Saturation Constant for Predominant Species of Rumen Bacteria. J. Dairy Sci. 63: 1248.

Semang, A. 2005. Penampilan kambing Peranakan Etawah yang Diberi Pakan Dasar Rumput Lapangan dengan Suplementasi Urea Molases Blok. Tesis Program Pascasarjana, Universitas Udayana. Denpasar.

Siregar, S. B. 1994. Ransum Ternak Ruminasia. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.

Sosroamidjojo. 1981. Ternak Potong dan Kerja. Penerbit C.V Yasaguna. Jakarta.

Stevenson, K. R. 1982. Effect of Processing on Nutrient Content of Feeds: Chemical Preservation. In: Handbook of Nutritive Value of Processed Food. Vol II. Animal Feedstuffs. Rechcigl, M. Jr. (Ed). CRC Press Inc. Boca Raton. Florida.

Suarna, I.W. 2002. Pengaruh Kascing dan Sistem Tanam Rumput-Legum terhadap Hasil dan Kualitas Hijauan serta Dampaknya pada Prestasi Kambing Peranakan Etawah Jantan. Disertasi Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran. Bandung.

Suhartati, F.M. dan B. Hartoyo. 1998. Bahan Pakan AItematif. Fakultas Peternakan UNSOED. Purwokerto.

Sukanten, J.W., I. M. Nitis, S. Uchida, S. Putra and K. Lana . 1996. Performance of the Goat Feed Grass, Shurb ad Tree Fodders During the Dry Season in Ball. Indonesia. Asian-Australian J. of Anim. Sci. Vol. 9.4:359-482.

Suryahadi dan Amrullah. 1989. Pembuatan "Ogrea" sebagai Pakan dari Hasil Ikutan Tanaman dan pengolahan Ubi Kayu yang Difermentasi dengan *Aspergillus niger*. Laporan Penelitian IPB. Bogor.

Susila, T.G.O. 1994. Evaluasi Jerami Padi Amoniasi Urea sebagai Pakan Serat untuk Sapi Perah Laktasi. Tesis Program Pasca Sarjana. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Sutardi, T. 1979. Ketahanan Protein Bahan Makanan terhadap Degradasi oleh Mikroba Rumen dan Manfaatnya bagi Peningkatan Produksi Ternak. Proceeding Seminar dan Penunjang Peternakan. LPP. Bogor.

Sutardi, T. 1980. Landasan Ilmu Nutrisi . Departemen Ilmu Makanan Ternak Fakultas Peternakan IPB. Bogor.

Sutardi, T. 1995. Peningkatan Produksi Ternak Ruminansia melalui Amoniasi Pakan Serat Bermutu Rendah, Defaunasi dan Suplementasi Sumber Protein Tahan Degradasi dalam Rumen. Laporan Penelitian Hibah Bersaing 1/3. Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 1994/1995. Fakultas Peternakan IPB. Bogor.

Sutardi, T., Sigit, N.A. dan Toharmat, T. 1983. Standarisasi Mutu Protein Bahan Makanan Ruminansia Berdasarkan Parameter Metabolismenya oleh Mikroba Rumen. Fakultas Peternakan IPB. Bogor.

Sutrisno, C. I., B. W. H. F. Prasetyono, dan E. Ali. 2006. Pemanfaatan Kotoran Ayam untuk Meningkatkan Kualitas Pucuk tebu sebagai pakan Ruminansia. Caraka Tani, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Vol. 21 (1): 33 – 38

Talib, C., I. Inounu, dan A. Bamualim. 2007. Restrukturisasi Peternakan di Indonesia. Analisis Kebijakan Pertanian. Volume 5 No. 1, Maret 2007; Hal 1-14

Tilman, A. D., H. Hartadi., S. Reksohadiprodjo., S. Prawirokusuma dan S. Lebdosoekojo. 1998. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gajah Mada Univ. Press. Yogyakarta.

Toharmat, T. 2002. Ruminal Degradation Characteristics of Highly Digestible Fibrous Feed. Jurnal Pengembangan Peernakan Tropis 27: 53-60

Umiyasih, U., Y.N., Anggraeny. 2007. Petunjuk Teknis Ransum Seimbang, Strategi Pakan Pada Sapi Potong. Loka Penelitian Sapi Potong Grati.

Vanadianingrum, E. S. 2008. Isolasi dan karakterisasi Bakteri Penghasil Enzim Xilanase dari Cairan Rumen Kambing dan Domba dan Sumber Air Panas di Cipanas. Skripsi. PS. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. IPB, Bogor. (akses 2 November 2011). Available from URL: http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/3226

Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. Ruminant Metabolism, Nutritional Srategies, the cellulolytic Fermentation and the Chemistry of Forages and Plant Fiber. O & B Books Inc. Oregon USA.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. A Division of Coernell University Press. Ithaca. London.

Widiawati, Y. dan M. Winugroho. 2007. Aktivitas isolate mikroba kerbau yang disimpan pada suhu rendah. Makalah Seminar dan Lokakarya nasional Kerbau 2009. Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

Widyati-Slamet, Nurwantoro, B.I.M. Tampoebolon, C. I. Sutrisno, dan Surahmato. 2001. Peningkatan produksi dan kualitas ragi isi rumen (RagIR) dengan pengering buatan terkendali. Dalam: Seminar Nasional Hasil kegiatan Program Vucer dan Penerapan IPTEKS kepada Masyarakat Tahun 2001. Depdiknas, Dikti, Dipbinlitabmas, jakarta. No. 1-A: 1-17

Wahyudi, A. dan Z. Bachruddin. 2005. Aktivitas Enzim Selulase Ekstraseluler Bakteri Rumen Kerbau, Sapi, Kambing dan Domba pada Beberapa Kultur Fermentasi: Uapaya Mendapatkan Starter Probiotik bagi Ternak Ruminansia. Proseding Seminar Nasional. Pengembangan Usaha Peternakan Berdaya Saing di Lahan Kering. Edisi Pertama. Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Hal: 342-347

Wahyudi, A. dan Z. B. Masduqie. 2004. Isolasi mikroba selulolitik cairan rumen beberapa ternak ruminansia (Kerbau, sapi, kambing, dan domba). Protein, Jurnal Ilmiah Peternakan dan Perikanan Vol. 11 (2) : 181-186

Wanapat, M. 2000. Rumen Manipulation to Increase The Efficient Use of Local Feed Resources and Productivity of Ruminants in The Tropics. Asian-Aus. J.Anim.Sci. 13 Supplement July 2000 B: 59-67

Wanapat, M. and K. Sommart. 1992. Suplementation of high quality feed block (HQFB) for swamp buffaloes fed rice straw based diet. *In:* Recent Advances in Animal Prod. Proc. of The 6th AAAP. Anim. Sci. Congress. Vol. III:40-47.

Watanabe, H,. Noda H, Tokuda G, Lo N. 1998. A Celulase gene of Terrmite Origin. Nature 394: 330-331

Weimer, P. J., G. C. Waghorn, and D. R. Merten. 1999. Effect of Diet on Population of Three Species of Ruminal Cwllulolytic Bacteria in Lacting Dairy Cow. J. Dairy Sci. 82: 122-134

Wijono, D. B., Lukman Affandhy dan Ainur Rasyid. 2003. Integrasi ternak dengan perkebunan kelapa sawit. Prosiding Lokakarya Nasional, Bengkulu 9-10 September 2003. Departemen Pertanian Bekerjasama dengan Pemerintah Bengkulu dan PT. Agricinal.

Williams, I. H. 1982. Growth and Energy. In: A Course Manual in Nutrition and Growth.H.Llyod Davies Ed., AUIDP., Hedges and Bell, Pty. Ltd., Melbourne.

Williamson, G. and W.J.A. Payne. 1993. Pengantar Peternakan di Daerah Tropis. Cetakan ke-1. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Winugroho, M.T., Panggabean dan N.G. Yates. 1984. Respon terhadap Penambahan Pencampuran Mineral pada Domba yang diberi rumput Lapangan. Proc. Seminar Ruminansia Kecil. Balai Penelitian Ternak. Bogor.

Wirawan, I W. 2009. Penampilan Sapi Bali Penggemukan yang diberi Ransum Mengandung Jerami PAdi Amoniasi dengan Suplementasi Multi Vitamin dan Mineral. Tesis Program Studi Ilmu Peternakan, Program Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar.

Wod Zicka Tomas Zewska, W.T., I.M. Mastika, A. Djajanegara, S. Gardiner, and T.R. Wiradarya. 1993. Produksi Kambing dan Domba di Indonesia. Sebelas Maret University Press. Surakarta.

Yeasmin Akter, M. A. Akbar, M. Shahjalal and T. U. Ahmed. 2004. Effect of Urea Molasses Multi-nutrient Blocks Supplementation of Dairy Cows Fed Rice Straw and Green Grasses on Milk Yield, Composition, Live Weight Gsain of Cows and Calves and Feed Intake. Pakistan Journal of Biological Sciences 7 (9): 1523-1525.