

# MANIPULASI BIOPROSES DALAM RUMEN UNTUK MENINGKATKAN PENGGUNAAN PAKAN BERSERAT

WISRI PUASTUTI

*Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002, Indonesia*

(Makalah diterima 30 Juni 2009 – Revisi 15 September 2009)

## ABSTRAK

Ternak ruminansia memiliki organ pencernaan yang berkapasitas besar dengan sistem pencernaan yang unik. Proses pencernaannya melibatkan interaksi antar pakan, mikroba rumen dan ternak itu sendiri. Adanya pencernaan fermentatif memberikan keuntungan bagi ruminansia yang sebagian besar pakannya berupa serat kasar, yaitu selulosa, hemiselulosa dan xylan yang merupakan komponen karbohidrat. Untuk mencerna pakan berserat, mikroba rumen memegang peranan penting. Untuk mengoptimalkan peran mikroba rumen, maka dinamika mikroba di dalam rumen dapat dimanipulasi dengan beberapa cara untuk mengontrol ekosistemnya sehingga dapat meningkatkan sintesis protein mikroba dan aktivitas mikroba rumen. Proses pencernaan pada ruminansia sebagian besar merupakan kerja mikroba rumen, sehingga pemberian pakan pada ruminansia harus pula memperhatikan kebutuhan untuk mikroba rumen. Penggunaan suplemen dalam ransum dapat menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen. Penggunaan buffer dapat menjaga pH rumen dan proses fermentasi tetap normal. Adanya agen defaunasi pada ransum berkualitas rendah dapat mengontrol keberadaan mikrofauna rumen sehingga meningkatkan populasi bakteri rumen. Asam amino esensial berguna sebagai faktor tumbuh mikroba. Asam amino dan prekursornya dapat diberikan melalui suplementasi. Pemberian probiotik dapat mengontrol kondisi anaerob dalam rumen, sehingga meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba rumen. Pemberian mineral mikro bagi mikroba rumen dapat meningkatkan aktivitas fermentasi di dalam rumen dan penambahan enzim dalam pakan dapat menstimulasi degradasi pakan. Meningkatnya populasi dan aktivitas mikroba rumen dapat meningkatkan kecernaan, meningkatkan konsumsi pakan dan akhirnya meningkatkan produktivitas ternak.

**Kata kunci:** Pencernaan, mikroba rumen, pakan berserat, manipulasi

## ABSTRACT

### MANIPULATION OF BIOPROCESS IN RUMEN TO IMPROVE FIBER FEED UTILIZATION

Ruminant has a unique digestive organ that has big capacity to digest fiber. The digestive process includes the interaction of feed, rumen microbe and animal itself. Fementative digestion gives an advantage for ruminant as majority of feed consists of fiber, i.e: cellulose, hemi cellulose and xylan. Rumen microbes have an important role to digest fiber. Rumen microbes could be manipulated by several strategies to increase microbial protein synthesis and microbial activity. Feed supplement could stimulate growth and activity of rumen microbes, while buffer could stabilize the rumen pH and also the fermentation. Defaunating agent was given to control the existence of rumen microfauna (protozoa) so increase the population of bacteria. Essensial amino acid was used as a growth factor of rumen microbe the amino acid or its precursor could be given as supplementation. Feeding probiotic could maintain anaerob condition in the rumen, and caused population and activity of rumen microbe increased. Addition of micro mineral or enzyme could improve the fermentation and feed degradation in the rumen, hence, improved feed intake and animal productivity.

**Key words:** Rumen microbe, fiber source, manipulation, digestion

## PENDAHULUAN

Berbeda dengan ternak monogastrik, ruminansia memiliki sistem pencernaan yang unik. Ruminansia memiliki organ pencernaan yang berkapasitas besar dengan proses pencernaan yang merupakan serangkaian proses kompleks dan melibatkan interaksi dinamis antar pakan, populasi mikroba dan ternak itu sendiri. Hal ini sangat penting artinya bagi ruminansia yang sebagian besar pakannya berupa serat. Dengan demikian ternak ruminansia seperti sapi, kerbau,

kambing dan domba mampu memanfaatkan pakan berkualitas rendah dengan kandungan serat kasar yang tinggi. Upaya-upaya untuk meningkatkan kegunaan pakan berserat tinggi telah banyak dilakukan melalui pengolahan bahan pakan baik secara fisik, kimiawi ataupun biologis (HUNGATE, 1966; PRESTON dan LENG, 1987). Namun demikian hasilnya belum optimal karena aplikasi di lapang pada skala kecil dianggap kurang praktis. Teknik pengolahan tersebut masih memerlukan kajian-kajian lebih lanjut agar dapat diaplikasikan secara luas.

Pada ternak ruminansia proses pencernaan di dalam rumen sangat bergantung pada populasi dan jenis mikroba yang berkembang dalam rumen, karena proses perombakan pakan pada dasarnya adalah kerja enzim yang dihasilkan oleh mikroba rumen. Melalui teknologi nutrisi, populasi mikroba tersebut dapat ditingkatkan melalui pendekatan kecukupan nutrisi untuk pertumbuhannya (SUTARDI, 1997; ZAIN, 2008). Keberhasilan meningkatkan populasi mikroba akan meningkatkan konsentrasi enzim yang dihasilkan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pencernaan pakan, sekaligus meningkatkan suplai protein mikroba bagi ternak induk semang. Oleh karena itu, usaha memanfaatkan pakan serat disamping melalui pengolahan perlu juga diikuti dengan usaha memacu pertumbuhan mikroba rumen melalui pemberian pakan tambahan dan pendekatan lingkungan. Pada tulisan ini dibahas mengenai pakan serat dan manipulasi bioproses dalam rumen guna meningkatkan penggunaan pakan.

### PAKAN SERAT

Secara umum bahan pakan dikelompokkan sebagai sumber serat bila memiliki kandungan serat kasar  $\geq 18\%$  (SUTARDI, 1980). Sementara itu, yang kita kenal sebagai serat kasar (SK) itu sendiri tidak lain adalah polisakarida struktural yang terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan xylan, yang merupakan komponen dari karbohidrat. Oleh karena itu, pakan dengan kandungan selulosa dan hemiselulosa maupun xylan yang tinggi dikategorikan sebagai pakan dengan serat kasar tinggi sehingga pakan seperti ini dapat juga disebut pakan serat.

Komponen karbohidrat terdiri atas monosakarida, disakarida, oligosakarida, polisakarida non struktural yaitu fraksi yang mudah tersedia (dekstrin, pati, pektin) dan polisakarida struktural yaitu fraksi serat. Karbohidrat merupakan komponen utama dalam ransum ternak ruminansia. Jumlahnya mencapai 60 – 75% dari total bahan kering ransum. Karbohidrat adalah sumber energi utama untuk pertumbuhan mikroba rumen dan ternak induk semang.

Hemiselulosa adalah kelompok serat yang tak larut air. Hemiselulosa di dalam dinding sel tanaman monokotil tersusun atas rantai panjang  $\beta(1-4)$ -xylosa yang mempunyai rantai cabang karbohidrat pendek, arabinosa tunggal dan asam uronat. Di dalam kelompok tanaman dikotil hemiselulosa lebih kompleks dalam strukturnya dan mengandung xylan, glukomanan, galaktomanan dan arabinogalaktan (ORSKOV, 1988).

Selulosa dan hemiselulosa merupakan dua komponen utama fraksi serat dan keduanya mempunyai keterikatan erat serta tinggi kegunaannya bila bahan tersebut dicerna oleh mikroba rumen. Akan tetapi sejumlah besar rantai lurus selulosa membentuk mikro

fibril selulosa dan disatukan oleh ikatan hidrogen. Fibril selulosa melekat pada sebuah makro molekul lignohemiselulosa yang merupakan kelompok asam asetil dan fenil (JUNG, 1989). Hal ini menyebabkan kedua komponen sulit dicerna oleh mikroba rumen (VAN SOEST, 1985; ARORA, 1989). Oleh karena itu, pada pakan yang mengandung banyak komponen serat diperlukan pengolahan terlebih dahulu untuk memutuskan atau melonggarkan ikatan lignoselulosa dan mempermudah penetrasi oleh enzim sehingga meningkatkan fermentabilitasnya.

Komponen dari serat yang paling stabil adalah lignin. Lignin merupakan komponen non karbohidrat dari dinding sel tanaman dan tersusun atas polifenol yang tidak larut dalam asam sulfat 12 M (VAN SOEST, 1985). Keberadaan lignin yang tinggi dalam pakan sangat mempengaruhi pencernaan selulosa dan hemiselulosa, terutama karena terbentuknya ikatan kompleks lignohemiselulosa.

Berdasarkan kelarutannya dalam deterjen (metode VAN SOEST), bagian dinding sel tanaman yang tidak larut oleh deterjen netral adalah hemiselulosa, selulosa dan lignin (NDF = *neutral detergent fiber*). Bagian NDF berkorelasi negatif dengan konsumsi pakan, dimana meningkatnya NDF dalam pakan dapat mengurangi jumlah pakan yang dikonsumsi. Adapun bagian yang tidak larut oleh deterjen asam meliputi selulosa dan lignin (ADF = *acid detergent fiber*). Nilai ADF berkorelasi negatif dengan pencernaan pakan, semakin tinggi kandungan ADF dalam pakan akan menurunkan kecernaannya (SHROEDER, 2004).

Sumber serat yang banyak digunakan sebagai pakan adalah jerami padi (SK > 35%), jerami jagung (SK > 30%), sabut sawit (SK > 40%) dan kulit buah kakao (SK > 50%). Pada Tabel 1 disajikan komposisi beberapa bahan pakan sumber serat. Untuk meningkatkan pencernaan serat dalam bahan pakan tersebut biasanya dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum diberikan pada ternak.

### MANIPULASI BIOPROSES DI DALAM RUMEN

Manipulasi ekosistem rumen dapat dilakukan melalui pendekatan pengolahan pakan (untuk meningkatkan ketersediaan energi dan meningkatkan protein) dan melalui pemberian pakan tambahan yang dapat menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen guna meningkatkan pencernaan dan efisiensi penggunaan pakan. Bioproses di dalam rumen dapat kita manipulasi selama kebutuhan nutrisi dari mikroba rumennya tercukupi, sebaliknya defisiensi nutrisi tertentu yang dibutuhkan oleh mikroba rumen akan mengurangi biomassa dan akan berakibat menurunnya daya cerna pakan terutama pakan berserat (PRESTON dan LENG, 1987).

**Tabel 1.** Komposisi bahan pakan sumber serat

Komposisi (%)	Rumput raja	Jerami padi <sup>a)</sup>	Jerami jagung <sup>b)</sup>	Silase jagung <sup>c)</sup>	Sabut sawit <sup>d)</sup>	Kulit buah kakao <sup>e)</sup>
Bahan kering	90,41	–	80,00	33,10	–	–
Protein	6,09	4,23	9,00	7,00	5,9	8,44
Lemak	–	1,14	2,40	2,70	4,0	–
Serat kasar	–	42,13	25,00	–	39,96	52,30
ADF	67,09	55,36	29,00	25,20	59,57	63,62
NDF	47,16	73,41	48,00	44,70	77,65	79,48
Selulosa	–	34,03	–	–	32,75	34,54
Hemiselulosa	19,83	18,05	19,00	19,50	18,08	15,86

**Sumber:** <sup>a)</sup>SYAMSU (2007); <sup>b)</sup>TANGENDAJA dan WINA (2000); <sup>c)</sup>GUEDES *et al.* (2008); <sup>d)</sup>ZAIN (1999); <sup>e)</sup>DESPAL (2004)

Dengan demikian fermentasi dan sintesis protein mikroba dalam rumen dapat ditingkatkan apabila dalam rumen tersedia semua prekursor yang dibutuhkan. Prekursor dapat disediakan melalui pemberian suplemen dalam ransum. Penggunaan suplemen yang dapat menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen adalah:

#### Penggunaan *buffer*

Penambahan *buffer* pada pakan bertujuan menjaga pH rumen dan mempertahankan fermentasi normal dalam rumen. Hal ini dapat dilihat pada bilangan keasaman (pH) rumen, pencernaan, pola fermentasi, tekanan osmotik, produk metan, degradasi protein dan sintesis protein mikroba (ERDMAN *et al.*, 1982). Pemberian sodium bikarbonat pada kerbau yang diberi pakan basal jerami gandum berpengaruh secara linier terhadap konsumsi bahan kering (BK), protein kasar (PK), ADF, NDF dan air, namun demikian tidak berpengaruh secara nyata terhadap kecernaannya (SARWAR *et al.*, 2007).

Meningkatnya konsumsi air minum sebagai salah satu cara untuk mempertahankan pH rumen tetap normal untuk mikroba rumen. Hasil-hasil penelitian penggunaan *buffer* disajikan pada Tabel 2. Efek penambahan *buffer* (NaHCO<sub>3</sub>, MgO, CaCO<sub>3</sub>, saliva buatan) ke dalam ransum bervariasi mulai dari tidak ada efek sampai berefek sangat nyata.

Efektivitas penambahan *buffer* tergantung pada beberapa faktor seperti komposisi pakan, yaitu ransum dari hijauan serat sampai konsentrat (ROGERS dan DAVIS, 1982; MEES dan MERCHEN, 1985). *Buffer* juga mempengaruhi laju aliran digesta dalam rumen, khususnya komponen cair. Laju aliran fraksi cair meningkat pada saat *buffer* ditambahkan ke dalam ransum dengan porsi konsentrat lebih tinggi (ROGERS dan DAVIS, 1982). Proses ini ditunjukkan dengan konsumsi air yang meningkat seiring meningkatnya taraf NaHCO<sub>3</sub> dalam ransum. Dengan demikian kondisi keasaman (pH) dan tekanan osmotik dalam rumen tetap terjaga untuk ekosistem mikroba (SARWAR *et al.*, 2007).

**Tabel 2.** Pengaruh pemberian *buffer* terhadap kondisi rumen

Jenis/jumlah pemberian <i>buffer</i>	Ternak	Pakan basal	Efek	Sumber
1,2% NaHCO <sub>3</sub> dari BK ransum	Sapi Holstein	Konsentrat dan hijauan	Tidak meningkatkan pH rumen, tetapi meningkatkan VFA total (10%)	KHORASANI dan KENNELLY (2001)
1,5% NaHCO <sub>3</sub> + 0,5% MgO dari BK ransum	Sapi Holstein	Hay alfalfa dan silase jagung	Meningkatkan pH rumen hingga 2%, meningkatkan pencernaan NDF sebesar 16% dan VFA total sebesar 6%	KALSCHUR <i>et al.</i> (1997)
1,5% NaHCO <sub>3</sub> dari BK ransum	Kerbau Nilli Ravi	Jerami gandum	Meningkatkan konsumsi BK sebesar 29%, ADF sebesar 27%, dan air minum sebesar 30%	SARWAR <i>et al.</i> (2007)

## Agen defaunasi

Defaunasi merupakan upaya untuk mengurangi keberadaan fauna, dalam hal ini protozoa penghuni rumen. Penting atau tidaknya protozoa masih diperdebatkan. Pada pemberian ransum berserat dan rendah kadar proteinnya, kehadiran protozoa memberikan efek negatif terhadap pertumbuhan ternak. Hal ini karena protozoa cenderung memangsa bakteri untuk kelangsungan hidupnya akibat tidak diperoleh makanan berupa karbohidrat yang mudah difermentasi. Dilaporkan bahwa eliminasi protozoa menurunkan 10 kali jumlah bakteri yang didegradasi menjadi  $\text{NH}_3$ . Karena itu defaunasi menyebabkan aliran protein atau asam amino ke duodenum meningkat (WALLACE dan NEWBOLD, 1993). Defaunasi dengan menggunakan ekstrak buah lerak (Aksapon SR) menyebabkan kenaikan jumlah bakteri total sebesar 61,3% (THALIB, 2004). Penggunaan minyak jagung sebagai agen defaunasi mampu mengeliminasi protozoa rumen dari  $1,45 \times 10^5$  sel/ml menjadi  $1,28 \times 10^5$  sel/ml dan mengakibatkan peningkatan populasi bakteri rumen dari  $8,80 \times 10^{10}$  kol/ml menjadi  $11,40 \times 10^{10}$  kol/ml atau naik sebesar 29,5% (ZAIN *et al.*, 2008).

Pendapat yang lain menyatakan bahwa peranan protozoa cukup penting dalam mempertahankan pH rumen. Protozoa dengan cepat dapat memanfaatkan karbohidrat yang mudah difermentasi untuk kebutuhan hidupnya dan memberikan keuntungan memperlambat konversi karbohidrat fermentabel menjadi asam laktat oleh bakteri rumen, sehingga pH dapat dikontrol (DORE dan GOUET, 1991). Berdasarkan pemikiran tersebut dapat terlihat bahwa defaunasi dapat dilakukan tergantung pada jenis pakan yang diberikan. Bila pakan mengandung banyak bahan yang mudah difermentasi atau konsentrat yang proporsinya lebih banyak dibandingkan dengan rumput dan kualitas nutriennya bagus, maka defaunasi tidak perlu dilakukan. Sebaliknya, bila pakan bermutu rendah seperti jerami padi, sabut sawit, daun kelapa sawit, sementara protein mikroba merupakan andalan utama sumber protein induk semang, maka defaunasi akan lebih baik untuk dilakukan.

Bahan agensia defaunasi yang aman didapatkan dari bahan alami seperti kembang sepatu, lerak dan minyak (Tabel 3). Agen defaunasi yang mengandung lemak cenderung berasosiasi dengan partikel pakan dan mikroba rumen melalui penutupan permukaan secara fisik. Bakteri rumen mempunyai kemampuan lipolisis yang kuat sehingga dengan cepat dapat menguraikan lemak yang menyelimutinya. Sebaliknya, protozoa tidak memiliki daya lipolisis, akibatnya pada kondisi rumen banyak lemak aktivitas metabolisme protozoa terganggu dan akhirnya protozoa kurang mampu

bertahan hidup. NHAN *et al.* (2001) melaporkan bahwa jumlah protozoa cairan rumen turun hingga nol pada 12 jam setelah pemberian minyak kacang tanah 1000 ml/ekor pada sapi potong dan terus tidak terdapat protozoa selama 15 hari kemudian. Bahan yang mengandung saponin, steroid atau senyawa triterpen glikosida juga mempunyai efek defaunasi karena adanya interaksi saponin-kolesterol membran sel yang menyebabkan sel protozoa pecah (WINA *et al.*, 2005).

Defaunasi menggunakan saponin asal teh sebesar 0,4 dan 0,8 mg/ml cairan rumen dapat memodifikasi rumen dengan menghasilkan proporsi asam asetat lebih rendah dan propionat lebih tinggi yang diikuti konsentrasi  $\text{N-NH}_3$  dan protozoa lebih rendah, sedangkan protein mikroba rumen meningkat (HU *et al.*, 2006). Beberapa manfaat defaunasi terhadap parameter metabolisme rumen disajikan pada Tabel 3.

## Asam amino sebagai faktor tumbuh mikroba rumen

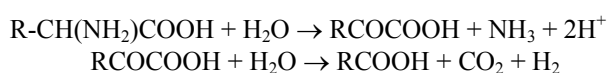
Tercatat ada 6 asam amino sebagai faktor pembatas bagi ruminansia. Defisiensi asam amino metionin, leusin, isoleusin, dan valin dapat menghambat pertumbuhan bakteri rumen dan untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan cara suplementasi asam amino tersebut ke dalam ransum. Asam amino lisin merupakan faktor pembatas bagi produktivitas ternak. Namun defisiensi asam amino lisin dan treonin tidak dapat diatasi dengan cara seperti itu. Asam amino lisin mengalami perombakan total di dalam rumen dan treonin tidak ditemukan dalam rumen maupun sampel digesta duodenum (SUTARDI, 1997). Selanjutnya untuk meningkatkan asupan asam amino tersebut dapat dilakukan proteksi agar tidak didegradasi di dalam rumen (TRINACTY *et al.*, 2009).

Ternak ruminansia juga membutuhkan asam amino aromatik seperti fenilalanin dan triptofan. Melalui manipulasi proses nutrisi maka dapat dilakukan suplementasi asam amino tersebut atau melalui pemberian prekursoranya. Sebagai contoh *Analog Hydroxy Methionine* (AHM) atau amonium sulfat, asam amino bercabang (valin, leusin dan isoleusin), asam lemak volatil bercabang (isobutirat, isovalerat dan 2 metil-butirat) dan lisin maupun treonin berkapsul (SUTARDI, 1997). Asam amino bercabang (*Branched Chain Amino Acid* = BCAA) seperti valin, leusin dan isoleusin mengalami dekarboksilasi dan deaminasi menghasilkan asam lemak berantai cabang (*Branched Chain Fatty Acid* = BCFA). Asam amino bercabang hanya dihasilkan dari protein pakan. Proses deaminasi dan dekarboksilasi BCAA menjadi BCFA dapat digambarkan sebagai berikut (ANDRIES *et al.*, 1987):

**Tabel 3.** Pengaruh defaunasi terhadap metabolisme rumen

Peubah	Satuan	Ternak	Agen defaunasi	Faunasi	Defaunasi	Sumber
N-NH <sub>3</sub>	mM	Sapi	Minyak kelapa 1,5% BK	12,9	8,77	ERWANTO (1995)
	mM	Sapi	Minyak ikan 1,5% BK	12,9	9,27	ERWANTO (1995)
	mM	Domba	Sapindus rarak 0,07% BH	3,64	2,62	THALIB <i>et al.</i> (1996)
	mM	<i>In vitro</i>	Aksapon SR 80 mg/100 ml	4,46	4,49	THALIB <i>et al.</i> (1996)
	mM	Domba	Minyak jagung 1,5% BK	9,12	8,76	ZAIN <i>et al.</i> (2008)
Bakteri total	10 <sup>11</sup> kol/ml	Sapi	Minyak kelapa 1,5% BK	1,27	1,44	ERWANTO (1995)
	10 <sup>11</sup> kol/ml	Sapi	Minyak ikan 1,5% BK	1,27	1,40	ERWANTO (1995)
	10 <sup>9</sup> kol/ml	Domba	<i>Sapindus rarak</i> 0,07% BH	2,40	4,06	THALIB <i>et al.</i> (1996)
	10 <sup>11</sup> kol/ml	Sapi	Minyak jagung 1,5% BK	3,69	3,72	OEMATAN (1997)
	10 <sup>8</sup> kol/ml	<i>In vitro</i>	Aksapon SR 80 mg/100 ml	2,56	4,13	THALIB (2004)
	10 <sup>10</sup> kol/ml	Domba	Minyak jagung 1,5% BK	9,85	15,52	ZAIN <i>et al.</i> (2008)
Protozoa	10 <sup>5</sup> sel/ml	Sapi	Minyak kelapa 1,5% BK	4,19	3,22	ERWANTO (1995)
	10 <sup>5</sup> sel/ml	Sapi	Minyak ikan 1,5% BK	4,19	2,78	ERWANTO (1995)
	10 <sup>5</sup> sel/ml	Sapi	Minyak jagung 1,5% BK	2,19	1,35	OEMATAN (1997)
	10 <sup>5</sup> sel/ml	Domba	<i>Sapindus rarak</i> 0,07% BH	6,79	2,91	THALIB <i>et al.</i> (1996)
	10 <sup>5</sup> sel/ml	<i>In vitro</i>	Aksapon SR 80 mg/100 ml	9,44	1,91	THALIB (2004)
	%	Domba	Ekstrak buah <i>S. rarak</i>	–	-32 – 79	WINA <i>et al.</i> (2005)
	%	<i>In vitro</i>	Daun <i>S. saman</i>	–	-11 – 49	WINA <i>et al.</i> (2005)
VFA total	10 <sup>5</sup> /ml	Domba	Minyak jagung 1,5% BK	1,4	1,27	ZAIN <i>et al.</i> (2008)
	mM	Sapi	Daun kembang sepatu	157	149	JALALUDIN (1994)
	mM	Sapi	Minyak kelapa 1,5% BK	117	114	ERWANTO (1995)
	mM	Sapi	Minyak ikan 1,5% BK	117	115	ERWANTO (1995)
	mM	Domba	Minyak jagung 1,5% BK	109	112	ZAIN <i>et al.</i> (2008)

BK = bahan kering; BH = bobot hidup; BM = bobot metabolis



dimana:

- R = (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH valin  
 = (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub> leusin  
 = CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>) isoleusin

BCFA (isobutirat, 2 metil butirat dan isovalerat) telah dilaporkan merupakan unsur yang diperlukan selama proses sintesis protein mikroba. Asam-asam ini digunakan sebagai donor kerangka karbon dalam pembentukan asam amino (RUSSEL dan SNIFFEN, 1984). Asam lemak tersebut jika ditambah asam n-valerat dikenal dengan isoacid (FELIX *et al.*, 1980). Suplementasi BCFA akan mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen. Mikroba rumen yang banyak dipengaruhi oleh asam lemak adalah dari kelompok bakteri selulolitik seperti *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *R. flavefacius* dan bakteri amilolitik seperti *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrosolvens*, *Selenomonas ruminantium* dan *Succinimonas amylolytica* (BALDWIN dan ALLISON, 1983). Hasil penelitian GOROSITO *et al.*

(1985) yang menambahkan asam isovalerat, isobutirat dan 2 metil butirat meningkatkan pencernaan dinding sel dan penggunaan nitrogen. Selain dari itu juga terjadi peningkatan sintesis protein mikroba (RUSSEL dan SNIFFEN, 1984), seperti terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Suplementasi asam lemak berantai cabang terhadap pencernaan dinding sel, konsentrasi amonia dan protein sel mikroba

BCFA	Kecernaan dinding sel (%) <sup>1)</sup>	Konsentrasi Amonia (mg/l) <sup>1)</sup>	Protein sel mikroba (mg/l) <sup>2)</sup>
Non suplementasi	17,1	177,8	148,0
n-valerat	15,5	185,0	146,4
Isovalerat	25,4	162,1	169,9
Isobutirat	25,4	153,4	138,1
2-metil butirat	26,6	149,5	177,1
Campuran isoacids	26,4	153,2	180,9

Sumber: <sup>1)</sup>GOROSITO *et al.* (1985)  
<sup>2)</sup>RUSSEL dan SNIFFEN (1984)

Meningkatnya pencernaan fraksi serat dinding sel pakan membuktikan bahwa penambahan kerangka karbon bercabang ini menguntungkan pada bakteri selulolitik, demikian juga dengan meningkatnya penggunaan nitrogen yang menunjukkan terjadinya peningkatan sintesis protein mikroba. MIR dan MIR (1988) melaporkan bahwa suplementasi asam isobutirat meningkatkan pencernaan bahan kering dan ADF dari jerami *barley* dan gandum. Selanjutnya dinyatakan bahwa terjadinya peningkatan pencernaan bahan kering dan ADF dari silase jagung, jerami *barley* dengan penambahan isoleusin dan peningkatan itu lebih efektif terutama pada keadaan karbohidrat mudah tersedia dalam pakan rendah. Peningkatan pencernaan tersebut sebagai akibat dari meningkatnya pertumbuhan bakteri sehingga proses fermentasi pakan dalam rumen berjalan lebih baik.

Pertumbuhan bakteri rumen lebih pesat dicapai pada penambahan valin 0,1%, leusin 0,15% dan isoleusin 2,0% dalam ransum dibandingkan dengan kontrolnya ( $18,88 \times 10^{10}$  kol/ml vs  $10,9 \times 10^{10}$  kol/ml). Peningkatan ini ditunjukkan pula pada alantoin dalam urin yang lebih besar dibandingkan dengan kontrolnya (73 vs 56 mM/hari) (ZAIN *et al.*, 2008). Pemberian 2 Hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid (HMB) ditambah metionin terproteksi pada sapi mampu meningkatkan protein susu lebih tinggi dari pada metionin yang tidak diproteksi. Hal ini menunjukkan adanya stimulasi sintesis protein mikroba oleh adanya HMB (NOFTSGER dan STPIERRE, 2003).

Sumber BCAA banyak tersedia dalam pakan seperti pada daun singkong, daun kacang tanah, daun gamal, tepung ikan, hidrolisat bulu ayam, bungkil kedelai dan masih banyak lagi lainnya. Berikut ini disajikan komposisi BCAA dari beberapa sumber protein pakan (Tabel 5).

Daun singkong mengandung asam amino bercabang tinggi seperti valin dan leusin yang mudah didegradasi oleh mikroba rumen. Daun gamal mempunyai fungsi yang serupa dengan daun singkong sebagai sumber BCAA, dan keduanya juga kaya protein mudah larut (JALALUDIN, 1994). Hasil

penelitian pemberian minyak kelapa (MK) dan *hay* daun singkong (DS) 1 kg/hari pada kerbau rawa yang diberi pakan dasar jerami padi *ad libitum* telah dilaporkan oleh PHENGVILAYSOUK dan WANAPAT (2008) dengan pengaruh positif terhadap biofermentasi rumen kerbau rawa. Adanya daun singkong memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap peningkatan kadar  $\text{NH}_3$  (Kontrol = 6,6 vs DS = 14,4 mg%) dalam rumen dan adanya minyak kelapa menyebabkan penurunan jumlah protozoa (Kontrol = 4,6 vs MK =  $1,1 \times 10^5$ ). Keadaan ini menghasilkan ketersediaan VFA rumen jauh di atas kontrolnya (Kontrol = 93,1 vs DS = 108,4; MK = 98,1 dan DS + MK = 103,4 mM).

Protein terlarut yang kaya akan BCAA akan menyediakan amonia dan kerangka karbon untuk sintesis protein mikroba rumen. Dengan demikian penambahan daun singkong dan gamal ke dalam ransum yang kaya sumber serat akan sangat menguntungkan dan memacu pertumbuhan mikroba rumen.

### Penggunaan probiotik

Penggunaan probiotik merupakan satu alternatif dalam mengontrol fermentasi rumen yang lebih efisien dalam penggunaan nutrisi pakan. Beberapa *strain* mikroorganisme telah digunakan sebagai probiotik antara lain *yeast* dan jamur. Penggunaan probiotik dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba rumen untuk dapat meningkatkan pencernaan pakan. Jenis *Saccharomyces cerevisiae* telah banyak digunakan dan diketahui meningkatkan produktivitas ternak. Prinsip kerja *yeast* atau ragi pada ternak ruminansia secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut (YOON dan STERN, 1995). *Yeast* di dalam rumen mampu memanfaatkan oksigen sehingga menjamin kondisi anaerob bagi bakteri rumen dan menstimulasi populasi bakteri rumen tertentu. Keadaan ini diikuti meningkatnya pemanfaatan amonia dan asam laktat sehingga pH rumen stabil. Kondisi anaerob

**Tabel 5.** Komposisi BCAA dari beberapa sumber protein

Bahan pakan	PK (%)	Valin (%)	Leusin (%)	Isoleusin (%)	Sumber
Daun singkong	33,3	5,6	8,3	4,2	PHUC <i>et al.</i> (2008)
Hidrolisat bulu ayam	89,5	6,97	7,46	4,37	HARTADI <i>et al.</i> (1997)
Tepung ikan	52,6	2,79	3,78	2,26	HARTADI <i>et al.</i> (1997)
Bungkil kacang tanah	48,4	2,24	3,26	1,83	HARTADI <i>et al.</i> (1997)
Bungkil kelapa	18,6	1,02	1,36	0,68	HARTADI <i>et al.</i> (1997)
Bungkil kedelai	48,0	2,11	3,25	2,37	HARTADI <i>et al.</i> (1997)
Daun lamtoro	20,4	1,49	2,33	1,28	HARTADI <i>et al.</i> (1997)

PK = protein kasar

dan pH rumen yang stabil memungkinkan terjadinya sintesis protein mikroba yang lebih optimal sehingga populasi bakteri rumen total meningkat dan pencernaan serat kasar meningkat. Dengan meningkatnya pencernaan serat kasar, secara otomatis meningkatkan konsumsi dan suplai nutrisi ke usus. Pada akhirnya akan meningkatkan respon produksi secara keseluruhan.

Penelitian menggunakan probiotik *yeast* telah dilakukan antara lain oleh DAWSON *et al.* (1990), DAWSON *et al.* (1994), SURYAHADI *et al.* (1996) hingga oleh GUEDES *et al.* (2008). Penelitian ANDO *et al.* (2004) turut membuktikan efek penambahan *yeast* terhadap beberapa sumber serat jerami jagung, jerami padi dan rumput Italia. Hasil penelitian penggunaan *yeast* memberikan efek terhadap pencernaan dan produksi metana, disajikan pada Tabel 6.

Peningkatan pencernaan bahan kering diikuti dengan naiknya produksi metana yang menunjukkan adanya kenaikan aktivitas mikroba rumen. Peningkatan konsentrasi asetat dalam rumen sapi (57,8 menjadi 65,6 mM) setelah diberi probiotik *Prevotella bryantii* sejumlah  $29 \times 10^{10}$  cfu juga menunjukkan

adanya peningkatan aktivitas mencerna pakan serat (CHIQUELLE *et al.*, 2008).

Probiotik jamur dilaporkan mampu melakukan penetrasi lebih dalam ke bagian dalam jaringan dan melalui enzim yang dihasilkan mampu mencerna komponen dinding sel, sementara aktivitas bakteri hanya pada permukaan saja. Jenis jamur rumen memiliki aktivitas fibrolitik yang lebih kuat untuk membantu pencernaan hijauan berkualitas rendah karena mampu memecah ikatan antara lignin dengan hemiselulosa (DEY *et al.*, 2004). LEE *et al.* (2000) menyatakan bahwa pemberian jamur jenis *Orpinomyces* pada rumen domba dapat meningkatkan pencernaan nutrisi dan retensi nitrogen. MUNIKUMAR *et al.* (2003) menguji beberapa jenis spesies jamur secara *in vitro* melaporkan bahwa *Orpinomyces* sp. paling baik dalam mencerna serat jerami padi. Selanjutnya dilaporkan oleh DEY *et al.* (2004) bahwa pemberian kultur jamur *Orpinomyces* sp. sebanyak  $10^6$  CFU/ml dalam ransum berbasis jerami gandum mampu meningkatkan secara nyata fermentabilitas di dalam rumen (Tabel 7).

**Tabel 6.** Pengaruh pemberian *yeast* terhadap pencernaan dan produksi metana

Perlakuan	3 jam	6 jam	12 jam	24 jam
<b>Kecernaan bahan kering (%)</b>				
<i>Yeast</i>				
Tanpa	17,0	17,0	23,6	28,0
Ditambah	16,0	19,5	29,8	38,9
Ekstrak <i>yeast</i>				
Tanpa	13,3	17,7	25,4	35,0
Ditambah	16,1	19,3	28,8	40,7
<b>Produksi metana (ml)</b>				
<i>Yeast</i>				
Tanpa	–	–	14,1	44,1
Ditambah	–	–	28,4	60,2

**Sumber:** ANDO *et al.* (2004)

**Tabel 7.** Pengaruh pemberian kultur jamur terhadap nilai nutrisi pakan, parameter rumen dan PBB sapi potong

Parameter	Kontrol	Ditambah kultur jamur
<b>Kecernaan</b>		
Bahan kering (%)	53,94 ± 0,55	59,95 ± 1,25
Serat kasar (%)	50,28 ± 0,74	54,94 ± 1,15
NDF (%)	44,36 ± 1,28	55,25 ± 1,43
ADF (%)	42,94 ± 1,02	51,98 ± 1,68
VFA total (mM)	115,7 ± 3,6	130,2 ± 5,8
Amonia (mg/100 ml)	15,52 ± 1,27	7,93 ± 1,06
Jumlah zoospora (per ml)	$1,08 \times 10^5$	$2,42 \times 10^5$
Pertambahan bobot hidup (g/hari)	614,8 ± 56,92	709,3 ± 59,03

**Sumber:** DEY *et al.* (2004)

Pemberian kultur jamur menyebabkan terjadi penurunan amonia dan peningkatan nitrogen total, VFA dan jumlah zoospora dalam cairan rumen. Penurunan amonia menunjukkan adanya pemakaian  $N-NH_3$  untuk sintesis protein mikroba sehingga meningkatkan fermentasi di dalam rumen yang ditunjukkan dengan meningkatnya pencernaan nutrisi. Sebagai konsekuensinya maka meningkatkan produksi VFA dan meningkatkan penambahan bobot hidup harian.

### Suplementasi mineral mikro

Mineral mikro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah sangat sedikit, namun demikian memiliki peran yang sangat besar. Pada ternak ruminansia, mineral selain untuk kebutuhan bagi induk semang juga dibutuhkan oleh mikroba di dalam rumen. HOGAN (1996) menyatakan bahwa untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan yang optimal, mikroba rumen membutuhkan mineral makro (Ca, P, Mg, Cl dan S), mikro (Cu, Fe, Mn dan Zn) dan langka (I, Co, Cr dan Se). Mineral mikro dan mineral langka dibutuhkan mikroba untuk melakukan berbagai aktivitas termasuk sintesis vitamin B12, dan kebutuhannya akan mineral ini sangat sedikit dibandingkan dengan mineral makro. Mineral mikro yang berperan aktif dalam metabolisme mikroba rumen secara *in vitro* adalah Zn, Se, Co, Cu, dan Mo (SUPRIYATI, 2008). Pemberian mineral Zn perlu dilakukan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan bagi ternak ruminansia yakni sebesar 40 – 50 ppm dan kebutuhan untuk mikroba rumen sebesar 130 – 220 ppm (ARORA, 1989). Penambahan mineral Zn–metionin dalam pakan dapat meningkatkan pencernaan komponen serat kasar tinggi (HARYANTO *et al.*, 2005). Meningkatnya pencernaan mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas fermentasi mikroba rumen, dimana unsur seng berfungsi untuk menstimulasi pertumbuhan mikroba rumen. Seperti halnya suplementasi Cr organik 1,59 mg/kg dalam ransum dapat meningkatkan fermentabilitas ransum secara *in vitro* yang memberi indikasi bahwa mineral Cr esensial bagi mikroba rumen (MUKTIANI, 2002).

### Pemanfaatan enzim untuk ruminansia

Pengaruh enzim fibrolitik sebagai pakan tambahan untuk ruminansia pada awalnya dianggap sebagai sesuatu yang tak berarti. Namun demikian beberapa penelitian akhir-akhir ini melaporkan bahwa ada manfaat penggunaan enzim fibrolitik bagi ruminansia (BEAUCHEMIN *et al.*, 2004). Beberapa penelitian didisain untuk meningkatkan pencernaan pakan dalam rumen melalui tambahan enzim (MCALLISTER *et al.*, 2000; PHIPPS *et al.*, 2002; BEAUCHEMIN *et al.*, 2004).

Bagaimanapun tidak konsistennya pengaruh dari enzim dapat terjadi karena perbedaan dalam penyiapan enzim, tipe pakan dan metode aplikasi enzim tersebut (BEAUCHEMIN *et al.*, 2004). Enzim eksogenus diduga membantu mikroba rumen atau meningkatkan akses mikroba terhadap dinding sel dan meningkatkan laju degradasi serat (NSEREKO *et al.*, 2000). Enzim yang berasal dari *Trichoderma longibrachiatum* dan *Aspergillus niger* serta campurannya dapat meningkatkan pencernaan bahan kering *in sacco* setelah 6 dan 24 jam inkubasi di dalam rumen. Penggunaan enzim dapat meningkatkan pencernaan NDF dan ADF setelah 6 jam inkubasi, tetapi tidak ada pengaruhnya pada inkubasi 48 jam. Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan enzim dalam pakan mampu menstimulasi degradasi pakan pada fase awal tetapi efek dari enzim berkurang seiring meningkatnya waktu inkubasi di dalam rumen (GIRALDO *et al.*, 2008).

### KENDALA DAN SARAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI

Potensi implementasi teknologi manipulasi bioproses rumen cukup besar, namun sifatnya parsial. Pada usaha peternakan, rumput sebagai sumber pakan utama, sering dikombinasikan dengan hijauan dedaunan dalam pemberiannya pada ternak. Hijauan dedaunan atau leguminosa seperti daun singkong, jerami kacang tanah, daun gamal dan daun turi sudah biasa diberikan pada ternak di pedesaan, sedangkan dedak padi dan ampas tahu, sisa pertanian seperti singkong dan ubi sering dianggap sebagai pakan penguat atau tambahan.

Hijauan dedaunan tersebut, merupakan sumber protein yang kaya BCAA dengan pencernaan yang tinggi sebagai sumber nitrogen dan kerangka karbon bagi mikroba rumen. Pada tingkat industri pakan, formulasi konsentrat seringkali ditambah minyak atau lemak dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan energi, di sisi lain mempunyai efek defaunasi terhadap protozoa. Pemberian mineral garam menyebabkan ternak lebih sering minum, hal ini berguna untuk mempertahankan pH rumen tetap pada kondisi normal. Pemberian mineral dalam bentuk mineral blok berarti menyediakan mineral lengkap untuk mencukupi kebutuhan bagi ternak. Namun pada usaha peternakan rakyat konsentrat dan mineral komplet jarang diberikan.

Adanya kendala untuk dapat mengimplementasi teknologi manipulasi bioproses rumen secara lebih lengkap, karena usaha peternakan pada umumnya masih secara tradisional. Pemberian pakan masih mengandalkan sumber pakan yang seadanya di sekitar lokasi. Manipulasi bioproses dapat dilakukan secara lengkap pada usaha peternakan berskala besar atau usaha komersial yang sudah memformulasi ransumnya. Suplemen pakan untuk memaksimalkan bioproses



rumen dapat ditambahkan baik pada pakan komplit maupun pada konsentratnya.

### KESIMPULAN

Untuk meningkatkan penggunaan pakan berserat dapat dilakukan melalui pendekatan bioproses di dalam rumen. Manipulasi bioproses di dalam rumen dapat dilakukan dengan pemberian suplemen pakan yang dapat menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen guna meningkatkan kecernaan pakan di dalam rumen. Beberapa suplemen pakan tersebut adalah: penggunaan *buffer*, agen defaunasi, asam amino dan prekusornya, probiotik, mineral maupun enzim.

### DAFTAR PUSTAKA

- ANDO, S., R.I. KHAN, J. TAKAHASI, Y. GAMO, R. MORIKAWA, Y. NISHIGUCHI and K. HAYASAKA. 2004. Manipulation of rumen fermentation by yeast: The effect of dried beer yeast on the *in vitro* degradability of forages and methane production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17: 68 – 72.
- ANDRIES, J.L., F.X. BUYSSE, D.L. DE BRABANDER and B.G. COTTYN. 1987. Isoacids in ruminant nutrition: Their role in ruminal and intermediary metabolism and possible influenced on performance. A Review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 18: 169 – 180.
- ARORA, S.P. 1989. Pencernaan Mikroba pada Ruminansia. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 114 hlm.
- BALDWIN, R.L. and M.J. ALLISON. 1983. Rumen metabolism. *J. Anim. Sci.* 57: 2209 – 2215.
- BEAUCHEMIN, K.A., D. COLOMBATTO, D.P. MORGAVI, W.Z. YANG and L.M. RODE. 2004. Mode of action of exogenous cell wall degrading enzyme for ruminant. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 13 – 22.
- CHIQUETTE, J., M.J. ALLISON and M. A. RASMUSSEN. 2008. *Prevotella bryantii* 25a used as a probiotic in early-lactation dairy cows: effect on ruminal fermentation characteristics, milk production, and milk composition. *J. Dairy Sci.* 91: 3536 – 3543.
- DAWSON, K.A. 1994. Successful application of defined yeast culture preparations in animal production. Alltech's Asia Pacific Lecture Tour. pp. 1 – 20.
- DAWSON, K.A., K.E. NEWMAN and J.A. BOLING. 1990. Effect of microbial supplements containing yeast and Lactobacili on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68: 3392 – 3398.
- DESPAL. 2004. Nutritional Properties Urea Treated Cocoa Pod for Ruminant. Doctoral Dissertation. Institute of Animal Physiology and Animal Nutrition. Georg-August University, Göttingen, Germany. pp. 96.
- DEY, A., J.P. SEHGAL, A.K. PUNIYA and K. SINGH. 2004. Influence of an anaerobic fungal culture (*Orpinomyces* sp.) administration on growth rate, ruminal fermentation and nutrient digestion in calves. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17: 820 – 824.
- DORE, J. and PH. GOUET. 1991. Microbial interaction in the rumen. *In: Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion.* JOUANY. (Ed). INRA, Paris. pp. 71 – 88.
- ERDMAN, R.A., R.W. HEMKEN and L.S. BULL. 1982. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: Effect on production, acid-base metabolism and digestion. *J. Dairy Sci.* 65: 712 – 731.
- ERWANTO. 1995. Optimalisasi Sistem Fermentasi Rumen melalui Suplementasi Sulfur, Defaunasi, Reduksi Emisi Metan dan Stimulasi Pertumbuhan Mikroba pada Ternak Ruminansia. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 117 hlm.
- FELIX, A., R.M. COOK and J.T. HUBER. 1980. Isoacid and urea as protein supplement for lactating cows fed corn silage. *J. Dairy Sci.* 63: 1098 – 1103.
- GIRALDO, L.A., M.L. TEJIDO, M.J. RANILLA, S. RAMOS and M.D. CARRO. 2008. Influence of direct-fed fibrolytic enzymes on diet digestibility and ruminal activity in sheep fed grass hay-based diet. *J. Anim. Sci.* 86: 1617 – 1623.
- GOROSITO, A.R., J.B. RUSSELL and P.J. VAN SOEST. 1985. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on digestion of plant cell wall *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 68(4): 840 – 847.
- GUEDES, C.M., D. GONCALVES, M.A.M. RODRIGUES and A. DIAS-DA-SILVA. 2008. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silage in cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145: 27 – 40.
- HARTADI, H., S. REKSOHADIPRODJO dan A.D. TILLMAN. 1997. Tabel Komposisi Pakan untuk Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- HARYANTO, B., SUPRIYATI, A. THALIB dan S.N. JARMANI. 2005. Peningkatan nilai hayati jerami padi melalui bioproses fermentatif dan penambahan zinc organik. Pros. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner, Bogor. 12 – 13 September 2005, Puslitbang Peternakan, Bogor. hlm. 473 – 478.
- HOGAN, J. 1996. Ruminant Nutrition and Production in the Tropics and Subtropics. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 47 p.
- HU, W., J. LIU, Y. WU, Y. GUO and J. YE. 2006. Effect of tea saponins on *in vitro* ruminal fermentation and growth performance in growing Boer goat. *Arch. Anim. Nutr.* 60: 89 – 97.
- HUNGATE, R.E. 1966. The Rumen and Its Microbes. Academic Press, New York.

- JALALUDIN. 1994. Uji Banding Gamal dan Angsana sebagai Sumber Protein, Daun Kembang Sepatu dan Minyak Kelapa sebagai Agensia Defaunasi dan Suplementasi Analog Hidroksi Metionin dan Amonium Sulfat dalam Ransum Pertumbuhan Sapi Perah Jantan. Tesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 66 hlm.
- JUNG, H.G. 1989. Forage lignins and their effects on feed digestibility. *Agron. J.* 81: 33 – 38.
- KALSCHUR, K.F., B.B. TETER, L.S. PIPEROVA and R.A. ERDMAN. 1997. Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acid and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 2104 – 2114.
- KHORASANI, G.R. and J.J. KENNELLY. 2001. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield and milk composition in late-lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1707 – 1716.
- LEE, S.S., J.K. HA and K.J. CHENG. 2000. Influence of an anaerobic fungal culture administration on *in vivo* ruminal fermentation and nutrient digestion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 88: 201 – 217.
- MCALLISTER, T.A., K. STANFORD, H. D. BAE, R. J. TREACHER, J. BAAH, J.A. SHELFORD and K.J. CHENG. 2000. Effect of a surfactant and exogenous enzymes on digestibility, growth performance and carcass traits of lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 80: 35 – 44.
- MEES, D.C. and N.R. MERCHEN. 1985. Effect of sodium bicarbonate additions to wheat straw based diet on rumen turn over rate and nutrient digestibility by sheep. *Nutr. Rep. Int.* 32: 1067 – 1072.
- MIR, P.S. and Z. MIR. 1988. *In situ* degradability of barley straw in cattle fed a barley straw and cherted wheat grass diet supplemented with isobutyric acid. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 829 – 834.
- MUKTIANI, A. 2002. Penggunaan Hidrolisat Bulu Ayam dan Sorgum serta Suplemen Kromium Organik untuk Meningkatkan Produksi Susu pada Sapi Perah. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 86 hlm.
- MUNIKUMAR, B., A.K. PUNIYA and K. SINGH. 2003. Effect of ruminal fungi on *in vitro* degradation of rice straw. *Indian J. Anim. Sci.* 73: 312 – 314.
- NHAN, N.T.H., N. VAN HON, N.T. NGU, N.T. VON, T.R. PRESTON and R.A. LENG. 2001. Practical application of defaunation of cattle on farm in Vietnam: Response of young cattle fed rice straw and grass to a single drench of groundnut oil. *Asia-Aust. J. Anim. Sci.* 14(4): 485 – 490.
- NOFTSGER, S. and N.R. STPIERRE. 2003. Supplementation of methionine and selection of highly digestible rumen undegradable protein to improve nitrogen efficiency for milk production. *J. Dairy. Sci.* 86: 958 – 969.
- NSEREKO, V.L., D.P. MORGAVI, L.M. RODE, K.A. BEAUCHEMIN and T.A. MCALLISTER. 2000. Effect of fungal enzyme preparations on hydrolysis and subsequent degradation of alfalfa hay fiber by mixed rumen microorganisms *in vitro*. *Anim. Feed Sci and Technol.* 88: 153 – 170.
- OEMATAN, G. 1997. Stimulasi Pertumbuhan Sapi Holstein Melalui Amoniasi Rumput dan Suplementasi Minyak Jagung, Analog Hidroksi Metionin, Asam Folat dan Fenilpropionat. Tesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 117 hlm.
- ORSKOV, E.R., I. OJWANG and G.W. REID. 1988. A study of consistency of difference between cows in rumen out flow rate of fibrous particles and other substrates and consequence for digestibility and intake of roughages. *Anim. Prod.* 47: 45 – 51.
- PHENGVILAYSOUK and M. WANAPAT. 2008. Effect of coconut oil and cassava hay supplementation on rumen ecology, digestibility and feed intake in swamp buffaloes. <http://66.218.69.11/search/cache?ei=UTF-8&p=cassava+hay+as+animal+feed&y=Search&rd=r1&meta>. (31 Desember 2008).
- PHIPPS, R.H., J.D. SUTTON and M.K. BHAT. 2002. Are enzyme useful in ruminant diet? *Proc. Br. Soc. Anim. Sci., Penicuik, U.K.* pp. 246 – 247.
- PHUC, B.H.N., B. OGLE and J.E. LINBERG. 2008. Nutritive value of cassava leaves for monogastric animals. <http://www.mekam.org/procKK/phuc.htm>. (17 Desember 2008).
- PRESTON, T.R. and R.A. LENG. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics. Penambul Books, Armidale. 245 p.
- ROGER, J.A. and C.L. DAVIS. 1982. Effect of intraruminal infusion of mineral salt on volatile fatty acid production in steer fed high-grain and high-roughage diets. *J. Dairy Sci.* 65: 953 – 962.
- RUSSELL, J.B. and C.J. SNIFFEN. 1984. Effect of carbon 4 and carbon 5 volatile fatty acid on growth of mix rumen bacteria *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 67: 987 – 995.
- SARWAR, M., M. AASIF SHAHZAD and MAHU-UN-NISA. 2007. Influence of level of sodium bicarbonate on milk yield and its composition in early lactating Nilli Ravi buffaloes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12: 1858 – 1864.
- SCHROEDER, J.W. 2004. Forage Nutrition for Ruminants. NDSU Extension Service. <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1250-3.gif>. (23 Maret 2009).
- SUPRIYATI. 2008. Pengaruh suplementasi zink-biokompleks dan Zink-metionat dalam ransum domba. *JITV* 13(2): 89 – 94.
- SURYAHADI, K.G. WIRYAWAN, I.G. PERMANA, H. YANO and R. KAWASHIMA. 1996. The use of local yeast culture *Saccharomyces cerevisiae* to improve fermentation and nutrient utilization of buffaloes. *Proc. 8<sup>th</sup>. AAAP Anim. Sci Congress.* 2: 168 – 169.

- SUTARDI, T. 1980. Landasan Ilmu nutrisi. Jilid I. Departemen Ilmu Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor. 194 hlm.
- SUTARDI, T. 1997. Peluang dan Tantangan Pengembangan Ilmu-ilmu Nutrisi Ternak. Orasi Ilmiah. Guru Besar Tetap Ilmu Nutrisi Ternak, 4 Januari 1997. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor. 84 hlm.
- SYAMSU, J.A. 2007. Kajian penggunaan starter mikroba dalam fermentasi jerami padi sebagai sumber pakan pada peternakan rakyat di Sulawesi Tenggara. <http://jasmal.blogspot.com>. (27 Maret 2009).
- TANGENDAJA, B. dan E. WINA. 2000. Limbah tanaman dan produk samping industri jagung untuk pakan. <http://balitsereal.litbang.deptan.go.id/bjagung/duadua.pdf>. (27 Maret 2009).
- THALIB, A. 2004. Uji efektivitas saponin buah *Sapindus rarak* sebagai inhibitor metanogenesis secara *in vitro* pada sistem pencernaan rumen. JITV 9(3): 164 – 171.
- THALIB, A., Y. WIDYAWATI, H. HAMID, D. SUHERMAN and M. SABRANI. 1996. The effect of saponin from *Sapindus rarak* fruit on rumen microbe and performance of sheep. JITV 2(1): 17 – 21.
- TRINACTY, J., L. KRIZOVA, M. RICHTER, V. CARRY and J. RIHA. 2009. Effect of rumen-protected methionine, lysine or both on milk production and plasma amino acid of high-yielding dairy cows. Czech. J. Anim. Sci. 54(6): 239 – 248.
- WALLACE, R.J. and C.J. NEWBOLD. 1993. Rumen fermentation and its manipulation the development of yeast cultures as feed additives. Biotechnology in Feed Industry. In: LYONS T.P. (Ed). Alltech. Technical Publications. Nicholasville. K.Y. pp. 173 – 192.
- VAN SOEST, P.J. 1985. Definition of fiber animal feed. In: Recent Advances in Animal Nutrition. HERESIGN, W and D.J.A. COLE (Ed.). Butterworths, London. pp. 113 – 129.
- WINA, E., S. MUETZEL and K. BECKER. 2005. The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant production. A Review. J. Agric. Food Chem. 53: 8093 – 8105.
- YOON, I.K. and M.D. STERN. 1995. Influence of directed fed microbials on ruminal microbial fermentation and performance of ruminants. A Review. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 8: 535 – 555.
- ZAIN, M. 1999. Substitusi Rumput dengan Sabut Sawit dalam Ransum Pertumbuhan Domba: Pengaruh Amoniasi, Defaunasi dan Suplementasi Analog Hidroksi Metionin serta Asam Amino Bercabang. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. 107 hlm.
- ZAIN, M., T. SUTARDI, SURYAHADI and N. RAMLI. 2008. Effect of defaunation and supplementation methionine hydroxy analogue and branched chain amino acid in growing sheep diet based on palm press fiber ammoniated. Pakistan J. Nut. 7(6): 813 – 816.