

Pengaruh Suplemen Katalitik terhadap Karakteristik dan Populasi Mikroba Rumen Domba

H.T. Uhi^a, A. Parakkasi^b & B. Haryanto^c

^aBalai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua, Jayapura

^bFakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

^cBalai Penelitian Ternak Ciawi, Bogor

(Diterima 11-07-2005; disetujui 10-03-2006)

ABSTRACT

Dry season resulted in lower availability of ruminant feeds with subsequent effects on reduction of sheep productivity; therefore nutritive supplement may be required. The objective of this experiment was to study the effect of supplementation of catalytic substrate consisting of gelatinized sago, ammonium sulfate, Co and Zn on the sheep rumen characteristics and its microbial population. Forty lambs with an average live weight of 13 kg were divided into 8 blocks to test 5 feeding treatments. The treatments were feeding low quality forage without supplement (R1), R1 plus catalytic supplement at 10% of ration (R2), 20% (R3), 30% (R4) and a positive control treatment (R0 = R1 + soybean meal). Parameter measurements included rumen pH, ammonia, VFA and microbial population. It was observed that the rumen pH ranging from 6,06 (R1), 6,15 (R2), 6,45 (R4), 6,58 (R3) and 6,85 (R0). The rumen concentrations of ammonia were 5,83 mM (R3), 6,01 mM (R4), 6,35 mM (R2), 8,30 mM (R0) and 9,36 mM (R1) with total volatile fatty acid concentration ranging from 154, 88 mM (R1), 163,70 mM (R2), 180,89 mM (R0), 188,79 mM (R4) and 194,71 mM (R3). Population of rumen bacteri for R3 was $6,09 \times 10^9$ cell/ml, which was greater than R0 ($5,57 \times 10^9$ cell/ml), R1 ($4,36 \times 10^9$ cell/ml), R2 ($4,15 \times 10^9$ cell/ml), R4 ($5,60 \times 10^9$ cell/ml), while protozoa R3 ($2,59 \times 10^6$ cell/ml), was lower than R0 ($3,51 \times 10^6$ cell/ml) R1 ($5,49 \times 10^6$ cell/ml) R2 ($5,61 \times 10^6$ cell/ml) R4 ($3,31 \times 10^6$ cell/ml). Catalytic supplement at 20% of ration (R3) resulted in a normal rumen concentration of ammonia and pH, and increased VFA concentration. It was concluded that catalytic supplement at 20% of ration was the appropriate level for optimal rumen characteristics.

Key words : catalytic supplement, minerals, microbes, rumen, sheep

PENDAHULUAN

Hijauan merupakan pakan utama yang sangat dibutuhkan oleh ternak domba, oleh karena itu ketersediaan hijauan baik kuantitas, kualitas dan kontinuitas merupakan salah satu

faktor yang menentukan keberhasilan pengembangan ternak tersebut (Mathius *et al.*, 1997). Pada umumnya ketersediaan bahan pakan ternak di suatu daerah dengan daerah lain berbeda, karena perbedaan sistem agroklimat daerah. Pada musim panas, pengaruh agroklimat

menyebabkan kualitas pakan ternak sangat rendah, dan pada saat tertentu rumput/hijauan pakan tidak dapat tumbuh, sehingga kebutuhan gizi ternak tidak terpenuhi.

Pakan alternatif diperlukan untuk mempertahankan dan meningkatkan produktivitas domba di daerah marginal pada musim kemarau. Salah satu pakan alternatif yang digunakan adalah suplemen katalitik untuk meningkatkan aktivitas fermentabilitas rumen dan populasi bakteri. "Suplemen katalitik" adalah pemberian bahan pakan dalam jumlah kecil bahan kering ransum, dan diharapkan berguna dan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan produktivitas ruminan (Preston & Leng, 1987).

Kobalt merupakan mineral esensial untuk pertumbuhan hewan dan kesehatannya. Mineral ini berperan dalam pembentukan vitamin B₁₂. Apabila kobalt tidak mencukupi maka pembentukan vitamin B₁₂ akan berkurang dan pertumbuhan bakteri akan terhambat. Defisiensi mineral ini mengakibatkan hewan menjadi kurus, malas, nafsu makan berkurang, bobot badan menurun, lemah, anemia, bulu menjadi kasar dan kusam, produksi susu rendah dan kegagalan reproduksi (Parakkasi, 1999). Sedangkan Zn mempercepat sintesa protein oleh mikroba melalui pengaktifan enzim-enzim mikroba. Zn diabsorpsi melalui permukaan mukosa jaringan rumen (Arora, 1989).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh level perlakuan suplemen katalitik terhadap karakteristik dan populasi mikroba rumen domba.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Ternak, Ciawi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan Bogor (Nopember 2004 sampai Maret 2005). Ternak domba yang digunakan sebanyak 40 ekor (berat 12-14 kg).

Mineral yang digunakan kobalt asetat ($\text{CH}_3\text{COO}_2\text{Co}_4\text{H}_2\text{O}$) dan zink klorat (ZnCl_2). Proses pembuatan suplemen katalitik diawali dengan membuat gelatin sagu. Cara membuatnya diawali dengan menyaring pati untuk memisahkan dari serat sagu. Pati sagu ditimbang sebanyak 100 gram, diberi air dingin setinggi 1-2 cm dari permukaan pati, diaduk dan dibiarkan selama 1 menit. Air dipermukaan pati dibuang sampai tersisa endapan. Kemudian air dipanaskan dan dimasukkan secukupnya ke dalam endapan pati, diaduk, dikocok sampai terbentuk gelatin sagu. Gelatin dikeringkan dan digiling halus menjadi tepung, dicampur dengan amonium sulfat dan mineral mikro (kobalt asetat 0,2 ppm dan zink sulfat 35 ppm). Komposisi nutrisi suplemen katalitik (BK = 90,35%; Protein = 3,67%; Abu = 9,85% dan GE = 3378 Kkal).

Pemberian ransum sebesar 4,08% dari bobot badan domba. Pemberian suplemen ditentukan dari kebutuhan konsentrat 200 g/ekor/hari untuk domba. Perlakuan perbandingan adalah kontrol positif (R0) bungkil kedelai sebanyak 60 g/ekor/hari (porsi berat bungkil kedelai disamakan dengan porsi berat level perlakuan suplemen katalitik tertinggi). Pemberian pakan secara terpisah, diawali dengan pemberian suplemen dan bungkil kedelai kemudian hijauan. Ransum perlakuan yang digunakan terdiri atas rumput raja umur >110 hari (berkualitas rendah) sebagai ransum basal, ditambahkan suplemen katalitik berupa campuran (Gelatin sagu 98% + Amonium sulfat 2% + Co 0,2 ppm dan Zn 35 ppm) pada 4 level dan kontrol positif (bungkil kedelai 60 gram disesuaikan dengan jumlah perlakuan ransum tertinggi R4 sebesar 60 g).

Perlakuan ransum adalah:

- R0 = Hijauan + Bungkil kedelai (kontrol positif)
- R1 = Hijauan + Suplemen katalitik (0 g)
- R2 = Hijauan + Suplemen katalitik 10% (20 g)
- R3 = Hijauan + Suplemen katalitik 20% (40 g)
- R4 = Hijauan + Suplemen katalitik 30% (60 g)

Pengambilan sampel dilakukan pada minggu ke-10, cairan rumen diambil setelah 2 jam pemberian pakan, kemudian disimpan di dalam *freezer*. Peubah yang diamati adalah konsentrasi VFA individual dilakukan dengan menggunakan teknik kromatografi gas. Konsentrasi NH_3 dianalisis menggunakan teknik *microdifusi Conway* (General Laboratory Procedure, 1966), pH cairan rumen. Uji populasi bakteri dilakukan dengan cara dikultur dan diamati pada minggu ke-7, ke-14 dan ke-21. Populasi protozoa diamati menggunakan mikroskop dan dihitung menggunakan *Mc Master object glass*. Prosedur analisis populasi mikroba menggunakan metode Ogimoto & Imai (1981).

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok. Ternak domba dikelompokkan berdasarkan bobot badan, tiap ulangan terdapat 1 ekor domba. Data dianalisis menggunakan sidik ragam pada perlakuan yang nyata dilanjutkan dengan “*uji Duncan*” (Steel & Torrie, 1991).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi VFA

Asam lemak mudah terbang atau *volatile fatty acids* (VFA) merupakan produk utama fermentasi mikroba rumen. Produksi VFA mencerminkan fermentabilitas pakan dan merupakan sumber energi utama bagi ternak. VFA merupakan produk akhir dari fermentasi nutrisi, khususnya protein dan karbohidrat (Van Houtert, 1993).

Produksi VFA total antar tingkat perlakuan suplemen katalitik dan kontrol positif berbeda. Produksi VFA total dalam penelitian ini lebih tinggi dari kisaran produksi VFA total (80-160 mM) yang dilaporkan Sutardi (1980), Mardiati (1999) (102,60 -120,62 mM); dan Dixon *et al.* (2003) 84,8-95,9 mM.

Tingginya produksi VFA total penelitian ini diduga karena suplemen yang diberikan

cukup mengandung karbohidrat yang mudah difermentasi dan nutrisi lain seperti nitrogen dan sulfur untuk pembentukan asam-asam amino bersulfur (sistein, sistin dan metionin), yang merupakan nutrisi penting bagi bakteri rumen. Selain itu, meningkatnya produksi VFA ditunjang dengan ketersediaan mineral esensial Co dalam ransum. Co berperan penting dan berfungsi untuk pembentukan vitamin B_{12} , yang merupakan unsur penting dalam proses metabolisme propionat dan transfer metil.

Pemberian suplemen katalitik pada domba mempengaruhi konsentrasi VFA individual cairan rumen (Tabel 1). Konsentrasi asam asetat pada perlakuan suplemen katalitik 20% (R3), 30% (R4) dan kontrol positif (R0) tidak berbeda nyata, tetapi nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan suplemen katalitik 10% (R2) dan 0% (R1). Hal ini memberikan indikasi bahwa pemberian suplemen katalitik yang mengandung mineral Co dan Zn mampu meningkatkan aktivitas fermentatif mikrobial rumen terhadap pakan dengan hasil asam asetat yang lebih tinggi tersebut.

Asam propionat tergolong asam glukogenik, sebab di dalam hati asam tersebut diubah menjadi glukosa. Secara umum glukosa berguna sebagai sumber energi utama bagi organ-organ tubuh, antara lain: otak, syaraf, kelenjar susu dan janin. Menurut Brockman (1993) lebih kurang 50% glukosa pada ternak ruminansia berasal dari asam propionat.

Perlakuan suplemen katalitik meningkatkan ($P < 0,05$) nilai rata-rata asam propionat (Tabel 1). Nilai rata-rata asam propionat tertinggi dicapai pada perlakuan suplemen katalitik 20% yaitu 37,65 mM. Hasil tersebut lebih tinggi dari hasil penelitian Toharmat *et al.* (2003) dan Rihani *et al.* (1993). Toharmat *et al.* (2003) mengamati variasi produksi VFA dengan kandungan NDF berbeda yang menghasilkan asam propionat 17,95 mM, sedangkan Rihani *et al.* (1993) dalam penelitian menggunakan perlakuan urea tinggi menghasilkan asam propionat 14,8 mM. Perbedaan ini kemungkinan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan pakan terhadap konsentrasi VFA total dan parsial (mM) dan nisbah C2/C3

Parameter	Perlakuan				
	R0	R1	R2	R3	R4
VFA-Total	180,89 ^{ab}	154,88 ^c	163,70 ^{bc}	194,71 ^a	188,79 ^a
Asetat	129,22 ^{ab}	114,53 ^c	121,09 ^b	138,95 ^a	134,24 ^a
Propionat	35,60 ^b	28,50 ^c	30,05 ^{bc}	37,65 ^a	36,12 ^a
Isobutirat	2,55 ^a	1,63 ^b	1,40 ^b	2,45 ^a	1,73 ^b
Butirat	9,73 ^b	7,78 ^c	8,95 ^{bc}	12,00 ^a	13,13 ^a
Isovalerat	2,81 ^a	1,68 ^b	1,46 ^b	1,84 ^b	1,76 ^b
Valerat	1,52 ^b	0,76 ^c	0,73 ^c	1,83 ^a	1,82 ^a
Nisbah C2/C3	3,68	4,02	4,01	3,78	3,79

Keterangan : superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$).

disebabkan oleh kondisi pakan yang diberikan berbeda atau karena adanya perbedaan komposisi mikroba rumen sehingga produk fermentatif yang terjadi pada penelitian ini mengarah pada pembentukan propionat.

Nilai rata-rata asam butirat menunjukkan beda nyata ($P < 0,05$) antar perlakuan (Tabel 1) yang diduga karena ketersediaan mineral esensial Co dan Zn, dan S. Pembentukan asam butirat mempunyai keterkaitan dengan pembentukan asam asetat, sehingga sebagaimana ditunjukkan oleh adanya konsentrasi asam asetat yang meningkat maka dapat dilihat pula adanya peningkatan konsentrasi asam butirat. Hal ini menggambarkan adanya efektivitas fermentatif mikrobial rumen yang lebih tinggi dengan adanya suplemen katalitik yang diberikan. Sebagian asam butirat yang terbentuk dimanfaatkan sebagai prekursor asam lemak air susu masuk ke dalam darah, digunakan sebagai sumber energi bagi jaringan tubuh.

Nisbah asam asetat dan asam propionat tidak berbeda antar perlakuan suplemen katalitik dan kontrol positif (Tabel 1). Pada penelitian ini diperoleh nisbah 3,78-4,02 yang lebih tinggi daripada hasil penelitian Haryanto *et al.* (1997) sebesar 2,60-2,94; melalui perlakuan probiotik yang disuplemen $ZnSO_4$. Hal ini kemungkinan

disebabkan oleh adanya kandungan Co di dalam suplemen katalitik yang dapat mempengaruhi perkembangan dan komposisi mikroba rumen. Nisbah C2/C3 di dalam rumen dapat memberikan indikasi tentang pemanfaatan hasil fermentasi tersebut lebih ke arah penggemukan dibandingkan ke arah pembentukan susu.

Aktivitas Fermentatif Mikroba

Konsentrasi amonia dalam rumen ikut menentukan metabolisme mikroba yang pada gilirannya akan mempengaruhi hasil fermentasi bahan organik pakan (Haryanto, 1994). Konsentrasi amonia menggambarkan kecepatan pencernaan sumber nitrogen. Konsentrasi amonia ditentukan oleh tingkat protein pakan yang dikonsumsi, derajat degradabilitasnya, lama dalam rumen dan pH rumen.

Perlakuan kontrol positif dan level suplemen katalitik secara nyata ($P < 0,05$) mempengaruhi konsentrasi NH_3 , populasi bakteri dan protozoa, sedangkan terhadap pH tidak berbeda nyata (Tabel 2). Konsentrasi NH_3 tertinggi dicapai pada perlakuan suplemen katalitik 0% (R1) diikuti perlakuan kontrol positif (R0). Hal ini menggambarkan bahwa amonia yang terbentuk di dalam rumen kurang dimanfaatkan untuk pembentukan protein

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap konsentrasi VFA total, NH₃, pH, populasi bakteri dan protozoa

Parameter	Perlakuan				
	R0	R1	R2	R3	R4
NH ₃ (mM)	8,30 ^a	9,36 ^a	6,35 ^b	5,83 ^b	6,01 ^b
pH	6,85	6,06	6,15	6,58	6,45
Bakteri (x 10 ⁹ sel/ml)	5,57 ^a	4,36 ^b	4,15 ^b	6,09 ^a	5,65 ^a
Protozoa (x 10 ⁶ sel/ml)	3,51 ^b	5,49 ^a	5,61 ^a	2,59 ^c	3,31 ^{bc}

Keterangan : superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

mikroba. Menurut Sutardi (1979) kadar amonia yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen antara 4-12 mM, sedangkan menurut Agustin *et al.* (1991) konsentrasi NH₃ cairan rumen yang optimal adalah 8 mM. Penurunan NH₃ karena telah digunakan oleh mikroflora rumen dan penyerapan dalam sistem pencernaan ruminansia.

Kemampuan menyediakan amonia yang cukup untuk pertumbuhan mikroba rumen merupakan salah satu tolok ukur penting untuk ternak ruminansia. Pemberian suplemen katalitik yang mengandung gelatin sagu, Co, Zn dan amonium sulfat dapat menunjang perkembangan dan pertumbuhan mikroba rumen. Meskipun demikian, data yang disajikan hanya memberikan satu titik pengamatan sehingga belum dapat menggambarkan dinamika kondisi rumen dalam dimensi waktu.

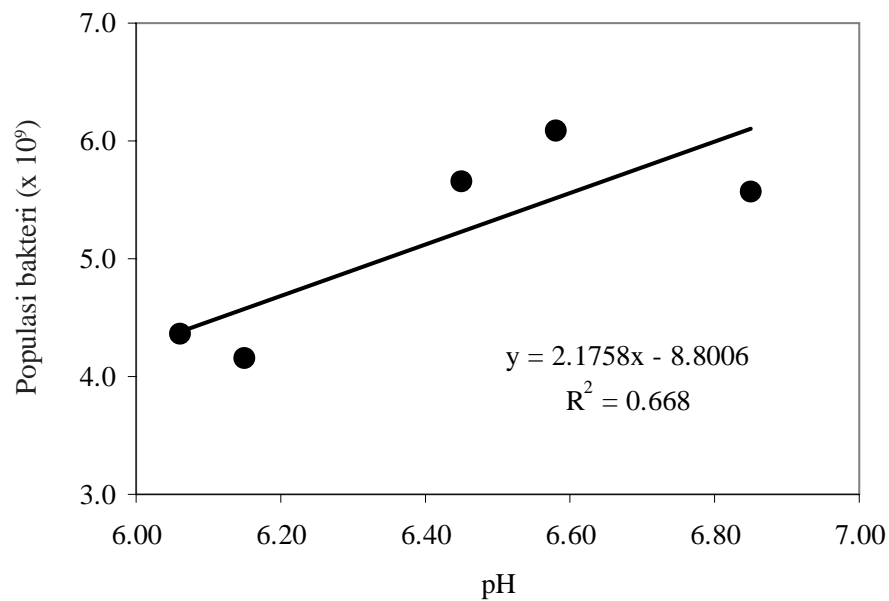
Nilai pH cairan rumen memegang peranan penting dalam mengatur beberapa proses dalam rumen, baik mendukung pertumbuhan mikroba rumen maupun menghasilkan produk berupa VFA dan NH₃. Nilai rataan pH rumen yang dicapai pada penelitian ini relatif sama dan berkisar antara 6,15-6,85 (Tabel 2) dan dapat dikatakan masih berada dalam kisaran normal untuk aktivitas mikroba rumen. Menurut Czerkawski (1986), nilai rataan pH cairan rumen yang normal berada pada kisaran lingkungan antara 6-7, sedangkan kisaran pH yang ideal untuk pencernaan selulosa antara 6,4-6,8 (Erdman, 1988). Dengan kisaran pH yang

relatif normal ini menggambarkan bahwa suplemen katalitik mampu menciptakan kondisi rumen yang sesuai untuk proses fermentasi pakan, terutama komponen serat.

Mikroba rumen berpengaruh sangat besar terhadap status nutrisi ternak ruminansia karena selain mencerna pakan juga merupakan sumber zat nutrisi utama yaitu protein. Bakteri rumen banyak jenisnya dan populasinya berkisar antara 10⁹-10¹² sel/ml isi rumen (Stewart, 1991).

Terjadi perbedaan (P<0,05) populasi bakteri antar perlakuan (Tabel 2). Rataan populasi bakteri tertinggi pada perlakuan suplemen katalitik 20% (R3) sebesar 6,09 x 10⁹ sel/ml lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol positif sebesar 5,57 x 10⁹ sel/ml. Populasi bakteri terendah pada perlakuan suplemen katalitik 10% (R2) sebesar 4,15 x 10⁹ sel/ml. Tingginya populasi bakteri pada perlakuan R3 seiring dengan rendahnya konsentrasi NH₃ sebesar 5,83 mM (Tabel 2) menandakan bahwa bakteri dalam rumen mempergunakan nitrogen (NH₃) untuk sintesis protein. Menurut Baldwin dan Allison (1983) lebih kurang 80% bakteri rumen membutuhkan amonia untuk proses pertumbuhannya. Meningkatnya populasi bakteri mempunyai korelasi positif dengan pH rumen (Tabel 2). Hubungan pH rumen dan populasi bakteri dapat dilihat dengan persamaan $Y = 2,1758x - 8,8006$, dengan koefisien korelasi ($r = 66,80\%$) pada Gambar 1.

Rihani *et al.* (1993) melaporkan penggunaan level urea dan serat tinggi



Gambar 1. Korelasi pH rumen dan populasi bakteri

menghasilkan pH antara (6,51-6,60). Kondisi lingkungan rumen yang kondusif akan mendukung pertumbuhan mikroba yang maksimal terutama bakteri pencerna serat (bakteri selulolitik) sehingga meningkatkan kecernaan ransum dan pada akhirnya akan meningkatkan (konsumsi bahan kering, bahan organik dan zat nutrien lainnya), disamping laju pengosongan isi rumen lebih cepat berlangsung.

Populasi protozoa, salah satu jenis mikroba yang hidup di dalam rumen, berkisar antara 10^5 - 10^6 sel/ml cairan rumen (Ogimoto & Imai, 1981), dan sangat tergantung pada jenis ransum yang dikonsumsi. Protozoa biasanya memberikan kontribusi sekitar 40% dari total nitrogen mikroba rumen. Walaupun populasinya hanya setengah dari populasi bakteri yang ada dalam rumen, tetapi biomasnya jauh lebih besar yaitu mencapai 50% dari total biomassa seluruh mikroba rumen (Jouany, 1991).

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa populasi protozoa terendah diperoleh pada perlakuan suplemen katalitik 20% (R3) sebesar $2,59 \times 10^6$ sel/ml cairan rumen,

sedangkan populasi tertinggi pada perlakuan suplemen katalitik 10% (R2) sebesar $5,61 \times 10^6$ sel/ml cairan rumen.

Penurunan populasi protozoa pada perlakuan suplemen katalitik 20% dan 30% dibandingkan perlakuan lainnya sejalan dengan meningkatnya populasi bakteri karena tersedianya amonia yang cukup dan peran mineral Co, Zn untuk mendukung pertumbuhan bakteri. Protozoa yang kalah bersaing dengan bakteri menyebabkan pemangsaan bakteri oleh protozoa berkurang. Selain itu, perlakuan suplemen katalitik 20% dan 30% menghasilkan nilai pH cukup tinggi (Tabel 1), menyebabkan kondisi lingkungan rumen sangat menunjang peningkatan populasi bakteri dan sebaliknya menurunkan populasi protozoa.

KESIMPULAN

Pemberian suplemen katalitik pada tingkat 20% dalam ransum berbasis hijauan kualitas rendah memberikan dampak yang nyata terhadap peningkatan konsentrasi VFA partial

dan NH_3 , mempertahankan kenormalan pH rumen, meningkatkan populasi bakteri dan menurunkan populasi protozoa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, F.S., Widyawati & T. Sutardi.** 1991. Penggunaan serat dan lumpur sawit dalam ransum sapi perah. Prosiding Agro-Industri Peternakan di Pedesaan. 10-11 Agustus. Ciawi. Balai Penelitian Ternak-Ciawi, Pusat Penelitian Peternakan. Hal. 228-236.
- Arora, S.P.** 1989. Pencernaan Mikroba pada Ruminansia. Terjemahan: R. Murwani. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Baldwin, R.L. & M.J. Allison.** 1983. Rumen metabolism. *J. Animal Science*. 57:461.
- Brockman, R.P.** 1993. Glucose and Short Chain Fatty Acid Metabolism. In: J.M Forbes & J. France (Eds.). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB. International, Wallingford.
- Czerkawski, J.W.** 1986. *An Introduction to Rumen Studies*. 1st Ed. Pergamon Press, New York.
- Dixon, R. M., B. J. Hosking & A.R. Egan.** 2003. Effects of oilseed meal and grain-urea supplements fed infrequently on digestion in sheep 2. Low cereal straw diets. *Animal Feed Science and Technology*. 110: 95-110.
- Erdman, R.A.** 1988. Dietary buffering requirement of the lactating dairy cows. A Review. *J. Dairy Science* 71:3246.
- General Laboratory Procedure.** 1966. Report of Dairy Science. University of Wisconsin. Madison, USA.
- Haryanto, B.** 1994. Respons produksi karkas domba terhadap strategi pemberian protein by-pass rumen. *Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak Klepu*. Vol 1. (2): 49-55.
- Haryanto, B., I.W. Mathius, D. Lubis & M. Martawidjaya.** 1997. Manfaat probiotik dalam upaya peningkatan efisiensi fermentasi pakan di dalam rumen. Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner. Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Hal. 635-641.
- Jouany, J.P.** 1991. Defaunation of the rumen. In: *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. J.P. Jouany (Ed.). INRA, Paris.
- Mardiati, Z.** 1999. Substitusi rumput dengan sabut sawit dalam ransum pertumbuhan domba; pengaruh amoniasi, defaunasi dan suplementasi analog hidroksi metionin serta asam amino bercabang. Disertasi. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mathius, I.W., D. Lubis, E. Wina, D.P. Nurhayati & I.G.M. Budiarsana.** 1997. Penambahan kalsium karbonat dalam konsentrat untuk domba yang mendapat silase rumput raja sebagai pakan dasar. *J. Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2:164-169.
- Ogimoto, K. & S. Imai.** 1981. *Atlas of Rumen Microbiology*. JSSP, Tokyo.
- Parakkasi, A.** 1999. *Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminansia*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Preston, T.R. & R.A. Leng.** 1987. *Matching Ruminant Production System With Available Resources in the Tropics and Sub Tropics*. First Printed. International Colour Production. Penambul Books, Armidale, Australia. p.49-50.
- Rihani, N., W.N. Garrett & R.A. Zinn.** 1993. Influence of level of urea and method of supplementation on characteristics of digestion of high-fiber diets by sheep. *J. Animal Science*. 71: 1657-1665.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie.** 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Terjemahan: P.T. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Stewart, C.S.** 1991. *The Rumen Bacteria*. In: *Rumen Microbial Metabolism and Rumen Digestion*. J.P. Jouany (Ed.). Institut National De La Recherche Agronomique, Paris. p.15.
- Sutardi, T.** 1979. Ketahanan protein bahan makanan terhadap degradasi oleh mikroba rumen dan manfaatnya bagi peningkatan produktivitas ternak. Prosiding Seminar Penelitian dan Penunjang Peternakan, LPP. Bogor. Buku 2. Hal. 91-103.
- Sutardi, T.** 1980. *Landasan Ilmu Nutrisi I*. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Toharmat, T., E. Pangestu, L.A. Sofyan, W. Manalu & S. Tarigan.** 2003. Variasi produksi volatile fatty acids pada ransum ruminansia dengan kandungan NDF berbeda. Seminar Nasional Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak IV. 2nd Ed. *Jurnal Pengembangan Peternakan Tropis*. Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro. Hal. 31-34.
- Van Houtert, M.J.F.** 1993. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages. *Animal Feed Science Technology*. Vol. 43:189.