

SINKRONISASI DEGRADASI PROTEIN DAN ENERGI DALAM RUMEN UNTUK MEMAKSIMALKAN PRODUKSI PROTEIN MIKROBA

SIMON P. GINTING

Loka Penelitian Kambing Potong, Sungai Putih, PO Box 1, Galang 20585, Sumatera Utara

ABSTRAK

Justifikasi untuk tetap mempertahankan ternak ruminansia sebagai penghasil daging yang kompetitif sangat ditentukan oleh: (1) kemampuan menghidrolisis karbohidrat struktural (tidak dicerna oleh ternak non-ruminansia) sebagai sumber energi; (2) kemampuan mentransformasi sumber N bukan protein menjadi protein mikroba; dan (3) kemampuan memanfaatkan mikroba dalam rumen sebagai sumber utama kebutuhan protein. Kontribusi protein mikroba bagi kebutuhan ternak ruminansia mencapai 70–100 persen, dan suplai energi hasil fermentasi mencapai 70–85 persen. Oleh karena itu, peranan efisiensi fermentasi dalam rumen untuk menghasilkan protein mikroba sangat vital. Efisiensi fermentasi tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pakan, namun ditentukan pula oleh laju degradasi nutrisi terutama protein (N) dan energi (karbohidrat). Efisiensi fermentasi akan meningkat apabila degradasi N dan karbohidrat (KHO) berlangsung harmonis (sinkron) selama proses fermentasi. Sinkronisasi degradasi protein dan KHO dalam formulasi ransum menggunakan "sistem Cornell" membutuhkan data degradasi berbagai fraksi sesuai dengan tingkat degradasinya. Karbohidrat dibagi menjadi fraksi yang mudah dan cepat larut (A); fraksi yang larut dan lambat terdegradasi (B1); fraksi tidak larut dan lambat degradasi (B2); serta fraksi tidak didegradasi (C). Protein (N) mengikuti penggolongan yang serupa yaitu fraksi A, B1, B2, B3 dan C. Sinkronisasi protein dan KHO dapat pula menggunakan "Indeks Sinkronisasi" (IS) dengan menggunakan rasio degradabilitas N:bahan organik (BO) atau N : KHO. IS sebesar 1,0 menunjukkan sinkronisasi yang sempurna, sedangkan $IS < 1$ menunjukkan tingkat non-sinkronisasi. Informasi sifat kelarutan untuk berbagai bahan pakan asal limbah pertanian dan industri hasil pertanian sangat terbatas, dan perlu dilengkapi agar efisiensi pemanfaatannya sebagai pakan dapat meningkat.

Kata kunci: Sinkronisasi, protein, energi, fermentasi, efisiensi

ABSTRACT

SYNCHRONY OF PROTEIN AND ENERGY IN THE RUMEN TO MAXIMIZE THE PRODUCTION OF MICROBIAL PROTEIN

Justification for continued use of ruminants for competitive meat production reside in 1) their ability to hydrolyse structural carbohydrate (not used by non ruminant animals) as a source of energy, 2) their ability to transform non protein nitrogen substances into ruminal microbial protein, and 3) their ability to use microbial protein as their main protein sources for production. Through fermentation in the rumen, microbial protein supply 70–100 percent of total protein available and 70–85 percent of energy to the animal. Therefore, the role of efficient rumen fermentation to yield microbial protein is vital to the ruminants. Fermentation efficiency does not only depend on the nutrient contents of the diets, but is strongly influenced by the rate of degradation of the nutrients in the rumen, particularly protein and carbohydrate (CHO). Significant improvement in the fermentation efficiency could be achieved when protein and energy (CHO) degradations occur in harmony (synchrony) during the fermentation period. The Cornell system could be used in accommodating the synchrony of protein and energy degradation in ration formulation. For this, fractionation of CHO and protein based on their degradability is required. This system fractionates the CHO into fraction A (fastly degraded), fraction B1 (intermediate), fraction B2 (slowly degraded) and fraction C (not degraded). The same fractionation is applied to protein namely fraction A (soluble; non protein nitrogen), fraction B1 (soluble protein), fraction B2 (mostly degradable protein), fraction B3 (not degradable protein) and fraction C (not available protein). Alternatively, synchronization of protein and CHO degradation in ration formulation could use Synchronization Index (SI) as an indicator. SI describes the ratio between the degradation of N and organic matter (OM) or CHO. SI of 1.0 indicates perfect synchrony, while $SI < 1.0$ indicates the degree of asynchrony. Data on the degradation rate of protein and CHO of agricultural wastes or by-products as well as agroindustry by-products in Indonesia is very limited. It is urged to develop the data base on these degradation characteristics in order to fully use the phenomenon of protein and energy synchrony to formulate rations based on the locally available feedstuffs.

Key words: Synchronization, energy, protein, fermentation, efficiency

PENDAHULUAN

Justifikasi untuk tetap mempertahankan ternak ruminansia sebagai penghasil daging yang kompetitif sangat ditentukan oleh kemampuannya untuk menghidrolisis karbohidrat dari sumber atau bahan yang tidak dicerna oleh ternak lain (non-ruminansia) sebagai sumber energi, dan kemampuannya untuk mentransformasi sumber N bukan protein menjadi sumber protein bagi kebutuhan produksinya. Prasyarat tersebut mengindikasikan bahwa pengembangan sistem pakan seharusnya mengarah kepada pengelolaan bahan pakan lokal berupa limbah pertanian dan industri hasil pertanian. Kondisi ini sejalan dengan fakta bahwa pertanian dan industri hasil pertanian menghasilkan produk limbah dan hasil ikutan dalam volume yang sangat besar dan jenis yang beragam (ROXAS *et al.*, 1997; GUNAWAN *et al.*, 2003; GINTING, 2004), sehingga menawarkan pilihan yang relatif longgar untuk meramu formula pakan sesuai dengan kebutuhan fisiologis ternak.

Namun dari aspek nutrisi, bahan limbah pertanian umumnya memiliki keterbatasan baik karena kandungan nutrisinya yang rendah atau tidak seimbang, maupun karena tingkat kecernaan dan palatabilitas yang rendah. Dibandingkan dengan komposisi produk akhir ternak (daging dan susu), zat nutrisi yang paling efisien pada bahan limbah pertanian adalah nitrogen, khususnya asam amino. Peningkatan nilai nutrisi limbah pertanian sebagai penyumbang asam amino dalam jumlah cukup dan dengan spektrum yang sesuai atau mendekati produk hasil ternak tersebut, dapat dicapai dengan perantaraan mikroba yang tumbuh melalui penggunaan limbah sebagai substrat. Kontribusi protein mikroba bagi produksi ternak sangat penting, terlebih bila menggunakan bahan limbah pertanian sebagai pakan utama. AFRC (1992) memperkirakan bahwa protein mikroba dapat menyumbang 70–100 persen dari total protein tersedia bagi ternak. Di samping itu, 70–85 persen suplai energi dapat diserap dalam bentuk asam lemak terbang (VFA) yang merupakan produk akhir utama proses fermentasi oleh mikroba rumen (DEWHURST *et al.*, 1986). Begitu pentingnya arti proses fermentasi mikroba dalam rumen bagi suplai nutrisi ternak, sehingga optimalisasi pertumbuhan mikroba rumen merupakan langkah strategis dalam upaya memaksimalkan pemanfaatan pakan.

Proses transformasi nutrisi menjadi protein mikroba membutuhkan lingkungan dan kondisi rumen yang optimal bagi pertumbuhan mikroba, antara lain tersedianya berbagai zat nutrisi dalam jumlah,

komposisi dan waktu yang tepat. Senyawa N, karbohidrat, vitamin, mineral, ko-faktor dan berbagai faktor pertumbuhan merupakan unsur pertumbuhan mikroba rumen, namun senyawa N dan karbohidrat dibutuhkan dalam jumlah terbesar, dan harus tersedia secara simultan untuk mendorong pertumbuhan mikroba dengan cepat.

Dalam tulisan ini dibahas pentingnya peranan mikroba dalam menyumbang protein bagi produksi ternak, serta pentingnya ketersediaan N dan energi secara simultan (sinkron) bagi pertumbuhan mikroba. Dipaparkan pula strategi pragmatis pemanfaatan produk limbah pertanian sebagai pakan untuk mencapai kondisi sinkron antara penyediaan protein dan energi dalam rumen sehingga tercapai tingkat efisiensi proses fermentasi secara maksimal di dalam rumen.

MIKROBA RUMEN SEBAGAI SUMBER UTAMA PROTEIN TERNAK

Dalam berbagai situasi pakan, asam amino yang tersedia bagi produksi ternak sebagian besar berasal dari protein mikroba rumen. Diperkirakan kontribusi protein mikroba ini mencapai 60–70 persen dari total asam amino/protein yang diserap oleh ternak (RUSSEL *et al.*, 1992; SAUVANT *et al.*, 1995). Kontribusi protein mikroba bahkan dapat mencapai 100 persen pada ternak dengan pakan berbasis hijauan atau limbah pertanian (GIVEN *et al.*, 2000). Produksi mikroba dapat diekspresikan dalam berbagai satuan, antara lain g per mol glukosa difermentasi atau g per mol ATP diproduksi. Produksi mikroba berkisar antara 20–28 g/mol ATP, tergantung kepada laju alir dari retikulo-rumen ke abomasum (ORSKOV, 1982). Produksi N mikroba dapat mencapai 32 g bakteri N per kilogram bahan organik dicerna di dalam rumen atau 5,8 g per mol heksosa difermentasi (ARC, 1980).

Kandungan N bakteri dan protozoa rumen berturut-turut adalah 78 persen dan 64 persen (ORSKOV, 1982). Komposisi asam amino protein mikroba rumen relatif konstan dan tidak dipengaruhi oleh jenis pakan. Oleh karena itu, transformasi protein pakan yang memiliki nilai biologis lebih rendah menjadi protein mikroba dapat meningkatkan produksi ternak. Namun, protein mikroba pada dasarnya bukanlah merupakan protein yang ideal bagi kebutuhan ternak. Perbedaan komposisi asam amino protein pada bakteri, protozoa, daging domba dan susu sapi tertera pada Tabel 1.

Kualitas protein mikroba tergolong tinggi dengan nilai biologis berkisar antara 66–87 persen (BERGER disitasi oleh OWEN dan BERGEN, 1983).

Tabel 1. Komposisi asam amino bakteri rumen, protozoa rumen, daging dan susu

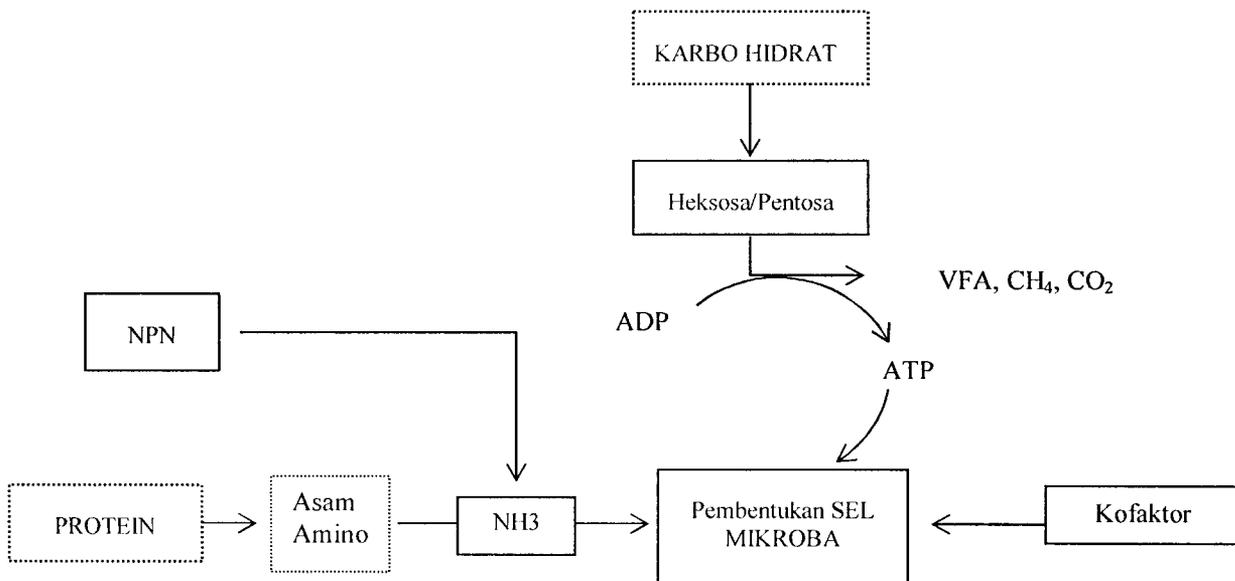
Asam amino (g/100 g AA)	Bakteri ¹⁾	Protozoa ¹⁾	Daging domba ²⁾	Susu sapi ²⁾
Arginin	5,2	4,6	6,2	-
Histidin	2,1	1,8	3,3	2,7
Isoleusin	5,7	6,3	4,7	5,8
Leusin	7,6	7,8	7,3	10,1
Lisin	8,5	10,2	9,9	8,0
Metionin	2,4	2,1	2,6	2,7
Sistin	1,2	1,3	1,3	-
Fenilalanin	4,9	5,3	3,9	5,3
Tirosin	4,4	4,4	3,6	-
Threonin	5,4	5,2	4,7	4,8
Valin	6,0	4,8	4,9	6,9
Triptofan	1,3	1,4	1,3	1,6
Alanin	7,1	4,9	5,8	-
Asparagin	11,2	13,4	9,2	-
Glutamin	12,6	14,3	17,1	-
Glisin	5,5	4,6	5,1	-
Prolin	3,5	3,7	4,7	-
Serin	4,1	4,3	4,4	-

¹⁾ STORM dan ORSKOV (1982); ²⁾ WALLACE (1994)

PRINSIP SINKRONISASI ENERGI DAN PROTEIN DALAM RUMEN

Mengingat pentingnya peranan mikroba rumen sebagai pemasok utama protein bagi ternak, diperlukan upaya untuk memaksimalkan produksi mikroba dalam rumen dengan mengoptimalkan kondisi lingkungan rumen yang kondusif. Menurut HUBER dan HERRERA-SALDANA (1994) pemikiran dan ide sinkronisasi antara degradasi protein (N) dan energi (karbohidrat) sebagai alternatif teknik untuk meningkatkan laju pertumbuhan mikroba rumen dan efisiensi penggunaan pakan telah dilontarkan sejak kurang lebih dua dekade yang lalu. Pengertian sinkronisasi dapat dikaitkan dengan hubungan asosiatif-positif yaitu pemanfaatan suatu nutrisi meningkat ketika dikombinasikan dengan nutrisi lain pada waktu dan jumlah yang tepat. Dalam kaitannya dengan mikroba rumen maka nutrisi yang memiliki peran sentral adalah karbohidrat dan protein (senyawa N).

Dengan sedikit pengecualian, umumnya mikroba rumen hanya menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi bagi pertumbuhan (HOOVER dan MILLER, 1992). Karbohidrat juga diperlukan sebagai sumber atom karbon (C) untuk membentuk kerangka struktur protein mikroba rumen (ASPLUND, 1994). Energi dan atom karbon (C) untuk sintesis protein mikroba tersebut diperoleh dari hasil degradasi karbohidrat. Sebagai pemasok gugus amino yang utama adalah amonia sebagai hasil degradasi protein, degradasi senyawa nitrogen bukan protein (NPN) dalam bahan pakan atau degradasi urea yang didaur ulang (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram alur hubungan antara karbohidrat dan substansi nitrogen dalam proses sintesis sel mikroba

Sumber: BALDWIN dan ALLISON (1983)

Adenosin trifosfat (ATP) yang diproduksi selama fermentasi heksosa atau pentosa merupakan sumber energi bagi pertumbuhan dan hidup pokok mikroba. Beberapa ko-faktor yang dibutuhkan bagi sintesis mikroba protein secara efisien antara lain adalah unsur mineral seperti S, Mg, Co dan asam lemak rantai cabang dan asam amino.

Mikroba rumen yang menggunakan karbohidrat sebagai substrat dapat dikelompokkan menjadi mikroba pengguna karbohidrat struktural (selulosa dan hemiselulosa) dan pengguna karbohidrat bukan struktural (pati, pektin dan gula) (RUSSEL *et al.*, 1992). Mikroba pengguna karbohidrat struktural menggunakan amonia sebagai sumber N bagi proses sintesis protein, dan tumbuh lebih lambat dibandingkan dengan mikroba pengguna karbohidrat bukan struktural yang dapat menggunakan amonia dan asam amino sebagai sumber N bagi sintesis protein (RUSSEL *et al.*, 1992).

Proses degradasi substrat penghasil energi dan proses sintesis protein oleh mikroba sulit dipisahkan. Pertumbuhan mikroba didukung oleh fermentasi substrat, sedangkan fermentasi substrat dilakukan oleh perkembangan mikroba. Walaupun tidak dapat dibangun suatu hubungan sebab-akibat, namun secara matematis dapat dijelaskan hubungan antara kedua proses tersebut di atas.

KEPENTINGAN SINKRONISASI ENERGI DAN PROTEIN DALAM RUMEN BAGI PRODUKSI TERNAK

Upaya merancang dan menyusun formula pakan yang seimbang dan ekonomis seharusnya mengambil manfaat secara maksimal aspek fermentasi dalam rumen dan sekaligus meminimalkan kemungkinan hilangnya nutrisi akibat fermentasi tersebut. Ransum ruminansia secara tradisional disusun berdasarkan jumlah spesifik komponen pakan (nutrien) seperti serat kasar, lemak, protein kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Namun, penelitian menunjukkan bahwa laju degradasi karbohidrat dan protein pakan di dalam rumen dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap produk akhir fermentasi dan performan ternak (RUSSEL *et al.*, 1992). Konsekuensi yang diakibatkan oleh perbedaan laju degradasi tersebut bervariasi, dan tergantung kepada tingkat sinkronisasi dan komparatif degradasi protein dan rumen. Apabila substansi N terdegradasi lebih cepat dibandingkan dengan sumber energi (karbohidrat), maka amonia hasil degradasi senyawa N akan ditransfer ke organ hati, dan selanjutnya didaur ulang ke saluran pencernaan (sebagian kecil) dan sebagian besar hilang bersama sekresi urin. Protein N yang hilang dengan cara ini dapat mencapai 25 persen dari protein pakan (NOLAN,

1975). Sebaliknya, apabila jumlah energi tersedia melampaui ketersediaan N, maka pertumbuhan mikroba dan efisiensi fermentasi rumen menurun. Hal ini antara lain diakibatkan oleh terjadinya fermentasi yang tidak padu (*uncoupling*) yaitu energi (ATP) digunakan bukan untuk sintesis protein, melainkan untuk akumulasi karbohidrat sel mikroba. Jika degradasi pakan sangat lambat, konsumsi akan tertekan, dan jika laju degradasi pakan lambat, maka sejumlah nutrisi dapat dihindari fermentasi dalam rumen.

APLIKASI SINKRONISASI DEGRADASI PROTEIN DAN ENERGI DALAM FORMULASI PAKAN

Cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS)

Sistem ini mengakomodir sifat kelarutan dan pencernaan protein dan karbohidrat dalam bahan pakan dengan mengelompokkan protein dan karbohidrat ke dalam beberapa fraksi sesuai dengan sifat kelarutannya. Fraksi protein dan karbohidrat ini selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam pembuatan ransum, sehingga diperoleh ransum dengan degradabilitas protein dan energi yang sinkron di dalam rumen.

Fraksi karbohidrat berdasarkan kelarutan

Upaya mengidentifikasi manajemen pakan yang cocok untuk modifikasi penggunaan karbohidrat sebagai sumber utama energi bagi mikroba menuntut pemahaman tipe karbohidrat yang terdapat dalam bahan pakan. Berdasarkan sistem serat detergen netral (*neutral detergent fibre*), karbohidrat dikelompokkan menjadi karbohidrat struktural dan bukan struktural (NOCEK, 1990). Kelompok bukan struktural diantaranya gula, pati, pektin, galaktan dan fruktosan; sedangkan selulosa dan hemiselulosa termasuk kelompok struktural. Berdasarkan sistem evaluasi karbohidrat dalam CNCPS, SNIFFEN *et al.* (1992) membagi karbohidrat berdasarkan sifat kelarutan atau kecepatan degradasi di dalam rumen menjadi empat fraksi (Tabel 2). Fraksi A yaitu karbohidrat yang larut dalam rumen dan dengan cepat terdegradasi seperti gula.

Fraksi B1 yaitu karbohidrat dengan tingkat degradasi moderat, utamanya pati, pektin, galaktan dan β -glukan. Fraksi B2 yaitu karbohidrat dengan tingkat degradasi rendah/lambat merupakan bagian dinding sel. Fraksi C yaitu karbohidrat yang tidak terdegradasi yaitu selulosa dan hemiselulosa yang membentuk ikatan dengan lignin.

Tabel 2. Fraksi karbohidrat (KHO) dalam bahan pakan berdasarkan sifat kelarutan dan degradabilitas di dalam rumen sapi

Fraksi	Jenis KHO	Kelarutan	k (%/jam)
A	KHO bukan struktural (gula)	Larut	75–350
B1	KHO bukan struktural (pati; pektin)	Tidak larut; degradasi cepat	5–40
B2	KHO struktural (NDF, ADF)	Tidak larut; degradasi lambat	3–14
C	KHO struktural dan terikat lignin	Tidak larut; tidak terdegradasi	0

k=Laju degradasi dalam rumen

Sumber: SNIFFEN *et al.* (1992)

Fraksi protein (N) berdasarkan kelarutan

Untuk memadukan karakter kelarutan dan degradabilitas karbohidrat dengan senyawa N, maka karakter N di dalam rumen perlu diidentifikasi. Karakter degradabilitas senyawa N dalam bahan pakan (Tabel 3) memiliki kemiripan dengan karbohidrat. Kelompok yang dengan cepat larut di dalam rumen dan dapat tersedia langsung bagi mikroba terutama adalah senyawa N bukan protein (fraksi A). Dalam fraksi ini termasuk nitrat, amonia, amina, asam amino dan asam nukleat. Kelompok yang tidak larut, namun

terdegradasi dengan cepat (protein murni) diklasifikasikan sebagai fraksi B1. Kedua fraksi A dan B1 secara total terdegradasi di dalam rumen. Kelompok yang tidak larut dan terdegradasi lebih lambat (fraksi B2) umumnya adalah senyawa protein murni. Kelompok ini sebagian besar tidak terdegradasi di dalam rumen dan langsung tersedia bagi ternak. Kelompok ke-empat adalah senyawa N yang terikat dengan serat detergen dan tidak terdegradasi (fraksi C), berupa protein murni maupun senyawa nitrogen bukan protein. Kelompok ini praktis tidak tersedia bagi ternak, dan dapat merupakan sifat asli dari bahan pakan atau akibat perlakuan pemanasan. Secara kuantitas, umumnya proporsi terbesar adalah fraksi A dan B1.

Angka laju degradasi yang disampaikan oleh SNIFFEN *et al.* (1992) tersebut di atas berasal dari bahan-bahan pakan yang umum digunakan di daerah beriklim dingin. Untuk bahan pakan lokal hasil limbah pertanian dan industri pertanian di Indonesia, data laju degradasi dan proporsi berdasarkan penggolongan ke dalam fraksi tersebut di atas, baik untuk protein maupun karbohidrat sangat terbatas.

Secara teknis pengukuran parameter tersebut relatif mudah dan murah. Oleh karena itu, pengembangan sistem pakan berbasis pakan lokal perlu dilengkapi dengan kegiatan karakterisasi sifat kelarutan dan degradasi khususnya untuk komponen protein dan karbohidrat. Dengan demikian formulasi pakan berbasis pakan lokal akan lebih efisien dengan memanfaatkan pendekatan CNCPS untuk mensinkronkan ketersediaan protein dan energi.

Tabel 3. Fraksinasi senyawa N dalam bahan pakan berdasarkan sifat kelarutan dan degradabilitas di dalam rumen sapi

Fraksi N	Senyawa N	Kelarutan	Manfaat biologis	Proporsi (%)	k (%/jam)
A	N bukan protein (NPN)	Larut dalam larutan bufer	Tersedia untuk mikroba	15–40	∞ ¹⁾
B1	Protein	Larut dalam bufer	Sebagian besar tersedia untuk mikroba	15–40	120–400
B2	Protein	Tidak larut dalam bufer, larut dalam NDF	Sebagian besar bebas degradasi mikroba	5–15	3–16
B3	Protein	Tidak larut dalam NDF, larut dalam ADF	Bebas degradasi rumen	5–15	0,1–0,6
C	NPN dan protein	Tidak larut dan tidak terdegradasi	Tidak tersedia untuk mikroba dan ternak	14–22	0

¹⁾Degradasi sangat cepat, praktis sulit diukur

k = Laju degradasi dalam rumen

Sumber: PICHARD dan VAN SOEST (1977); SNIFFEN *et al.* (1992)

SISTEM INDEKS SINKRONISASI

Pendekatan lain untuk menghasilkan formula pakan dengan ketersediaan protein dan energi yang sinkron di dalam rumen dikembangkan oleh SINCLAIR *et al.* (1993). Dalam sistem ini digunakan parameter indeks sinkronisasi untuk menggambarkan tingkat keharmonisan degradasi protein dan energi dalam rumen. Indeks sinkronisasi diekspresikan sebagai rasio degradabilitas (per jam) antara N dengan bahan organik (BO) atau karbohidrat (KHO) dalam rumen. Jadi, indeks sinkronisasi N : BO atau N : KHO dihitung berdasarkan rasio jumlah (g) N didegradasi per jam dengan jumlah (kg) BO atau KHO didegradasi per jam. Indeks sebesar 1,0 menunjukkan tingkat keharmonisan yang sempurna antara suplai N dan energi (BO atau KHO) untuk setiap jam dalam satu hari, sedangkan nilai <1,0 menggambarkan derajat ketidak-harmonisan degradasi N dan energi. Pada Tabel 4 dan Tabel 5 disajikan contoh formula ransum yang iso energi dan iso N, namun dengan indeks sinkronisasi N dan energi berbeda (SINCLAIR *et al.*, 1995). Dapat dilihat bahwa ransum pada Tabel 4 adalah merupakan ransum yang sinkron dengan indeks sinkronisasi berdasarkan N : BO rata-rata sebesar 0,95 atau berdasarkan N : KHO sebesar 0,76.

Pada Tabel 5 dapat dilihat ransum yang tidak sinkron dengan indeks sinkronisasi yang lebih rendah (N:BO = 0,44; N : KHO = 0,31) dibandingkan indeks sinkronisasi ransum pada Tabel 4, walaupun kedua ransum diformulasi sedemikian sehingga iso-N dan iso-energi. Selanjutnya disimpulkan bahwa produksi mikroba lebih efisien pada ransum dengan protein dan energi yang sinkron di dalam rumen dibandingkan dengan ransum yang kurang sinkron.

Fenomena tersebut didukung oleh hasil penelitian CHUMPAWADEE *et al.* (2004) yang menggunakan beberapa ransum dengan indeks sinkronisasi protein dan energi berbeda pada sapi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya indeks sinkronisasi degradasi protein dan energi ransum mengakibatkan perbaikan pencernaan pakan (bahan kering, bahan organik, protein), meningkatnya alir duodenum N mikroba dan efisiensi sintesis N mikroba, serta menurunkan kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ rumen, sedangkan pH rumen relatif stabil.

Sinkronisasi degradasi protein dan energi dalam rumen dapat pula menggunakan parameter asupan (konsumsi) protein terdegradasi (APD) dan kandungan karbohidrat bukan struktural (KBS). Hasil penelitian HOOVER dan STOKES (1991) dan STOKES *et al.* (1991) menunjukkan bahwa maksimal pencernaan bahan kering pakan, efisiensi sintesis mikroba, dan produksi mikroba dicapai pada ransum dengan kandungan protein dapat dicerna sebesar 10-13 persen dan kandungan KBS 56 persen dari total karbohidrat. Selanjutnya direkomendasikan bahwa produksi mikroba dalam rumen dapat dicapai secara maksimal menggunakan ransum dengan rasio KBS/APD sebesar 2,0. Bila mengacu kepada angka tersebut, maka ketersediaan KBS kemungkinan menjadi faktor pembatas utama (*first limiting nutrient*) produksi ternak yang menggunakan bahan pakan lokal sebagai basis pakan. Hal penting yang dapat dilihat dari metoda atau sistem untuk mensinkronkan degradasi N dan energi adalah kebutuhan akan informasi sifat kelarutan pakan dan tidak hanya analisis kandungan baik secara proksimat maupun sistem detergen.

Tabel 4. Degradasi (per jam) nitrogen (N), bahan organik (BO), karbohidrat (KHO), rasio N/BO dan rasio N/KHO selama 12 jam diberikan dengan interval 6 jam pada domba

Waktu (jam)	Degradasi			Indeks sinkronisasi ^b	Degradasi		Indeks sinkronisasi ^c
	N (g)	BO (g)	N/BO (g/kg)		KHO (g)	N/KHO (g/kg)	
1 ^a	2,16	77,6	27,8	1,0	42,5	50,9	1,0
2	0,46	17,1	27,0	0,97	11,5	40,1	0,79
3	0,38	14,1	27,1	0,97	9,7	39,5	0,78
4	0,32	11,6	27,7	0,99	8,2	39,1	0,77
5	0,27	10,3	26,3	0,95	7,0	38,8	0,76
6	0,23	9,2	24,9	0,90	6,9	33,2	0,65
7 ^a	2,16	77,6	27,8	1,0	42,5	50,9	1,0
8	0,46	17,1	27,0	0,97	11,5	40,1	0,79
9	0,38	14,1	27,1	0,97	9,7	39,5	0,78
10	0,32	11,6	27,7	0,99	8,2	39,1	0,77
11	0,27	10,3	26,3	0,95	7,0	38,8	0,76
12	0,23	9,2	24,9	0,90	6,9	33,2	0,65

^aWaktu pemberian pakan; ^bRasio N/BO waktu t (t = 1, 2,12) terhadap N/BO pada t = 1;

^cRasio N/KHO waktu t (t = 1, 2,12) terhadap N/KHO pada t = 1

Sumber: SINCLAIR *et al.* (1995)

Tabel 5. Degradasi (per jam) nitrogen (N), bahan organik (BO), karbohidrat (KHO), rasio N/BO dan rasio N/KHO selama 12 jam diberikan dengan interval 6 jam pada domba

Waktu (jam)	Degradasi			Indeks sinkronisasi ^b	Degradasi		Indeks sinkronisasi ^c
	N (g)	BO (g)	N/BO (g/kg)		KHO (g)	N/KHO (g/kg)	
1 ^a	3,01	80,5	37,3	1,0	45,1	66,7	1,0
2	0,32	17,0	18,8	0,50	12,4	25,9	0,39
3	0,24	13,5	18,0	0,48	10,2	23,5	0,35
4	0,19	10,8	17,1	0,46	8,9	21,3	0,32
5	0,14	9,6	14,9	0,40	7,3	19,3	0,29
6	0,11	8,6	12,8	0,34	7,4	14,9	0,22
7 ^a	3,01	80,5	37,3	1,0	45,1	66,7	1,0
8	0,32	17,0	18,8	0,50	12,4	25,9	0,39
9	0,24	13,5	18,0	0,48	10,2	23,5	0,35
10	0,19	10,8	17,1	0,46	8,9	21,3	0,32
11	0,14	9,6	14,9	0,40	7,3	19,3	0,29
12	0,11	8,6	12,8	0,34	7,4	14,9	0,22

^a Waktu pemberian pakan; ^b Rasio N/BO waktu t (t = 1,2,...,12) terhadap N/BO pada t = 1;

^c Rasio N/KHO waktu t (t = 1,2,...,12) terhadap N/KHO pada t = 1

Sumber: SINCLAIR *et al.* (1995)

Tabel 6. Kecernaan pakan, karakteristik fermentasi, alir nitrogen duodenum dan efisiensi sintesis N mikroba dengan berbagai indeks sinkronisasi degradasi protein dan energi pada sapi

Parameter	Indeks sinkronisasi			
	0,39	0,50	0,62	0,74
Kecernaan bahan kering,%	65,6	66,0	67,2	68,3
Kecernaan bahan organik, %	69,5	69,9	70,1	72,2
Kecernaan protein kasar, %	69,9	69,8	70,4	72,0
Alir N ke duodenum, g/hari	110,0	117,1	127,9	114,1
Alir N mikroba ke duodenum, g/hari	37,1	44,6	46,0	51,6
Alir non N mikroba ke duodenum, g/hari	72,9	72,5	81,9	62,4
Efisiensi sintesis mikroba N, g/kg	25,0	26,9	28,6	28,3
pH rumen	6,6	6,7	6,7	6,7
NH ₃ -N, mg%	9,9	8,7	8,7	7,6

Sumber: CHUMPAWADEE *et al.* (2004)

METODA PRAGMATIS SINKRONISASI ENERGI DAN PROTEIN

Hasil ikutan tanaman seperti jerami, pelepah sawit, kulit buah kakao, tongkol jagung umumnya mengandung konsentrasi N yang rendah, dan banyak mengandung karbohidrat serat (struktural). Inventarisasi bahan pakan lokal untuk ruminansia telah dilakukan dan tersedia dalam jumlah dan keragaman tinggi (GUNAWAN *et al.*, 2003; GINTING, 2004). Namun,

informasi tentang proporsi berbagai fraksi nitrogen maupun karbohidrat berdasarkan sifat kelarutannya masih sangat terbatas. Formulasi ransum menggunakan bahan lokal tersebut umumnya baru memanfaatkan informasi kandungan nutrisi, dan belum menyertakan sifat kelarutan. Oleh karena formulasi ransum akan lebih akurat dalam memprediksi respon ternak bila menyertakan aspek kelarutan protein dan energi, maka pangkalan data tentang sifat kelarutan bahan pakan lokal perlu dikembangkan. Informasi sifat kelarutan

dapat dikembangkan dengan teknik yang mudah dan cepat yaitu secara *in-situ* (MEHREZ dan ORSKOV, 1977) atau *in-vitro* (TILLEY dan TERRY, 1977).

Kecuali ada perlakuan khusus seperti pemanasan, maka hampir semua N dalam bahan hasil sisa pertanian (*crop residues*) mudah dan cepat larut dalam rumen. MARQUARDT dan ASPLUND (1982) menemukan bahwa hampir 50 persen N dalam bahan tanaman larut dalam air dalam waktu singkat, sekitar 20 menit, dan hampir seluruhnya larut dalam larutan detergen. Oleh karena itu, pada kondisi pakan lokal berbasis limbah dan hasil sisa tanaman, peluang ketidak-harmonisan antara protein yang cepat larut dan terdegradasi dengan suplai energi yang mudah dan cepat difermentasi sangat besar.

Terbatasnya data karakteristik berbagai fraksi protein dan karbohidrat untuk bahan pakan alternatif berasal dari limbah/hasil sisa pertanian dan industri hasil pertanian menghambat penggunaan "sistem CNCPS" maupun "sistem Indeks sinkronisasi". Dalam kondisi seperti ini dapat dilakukan langkah pragmatis untuk mengoptimalkan sinkronisasi protein dan energi.

1. Apabila informasi sifat kelarutan bahan tidak tersedia secara lengkap, dapat dilakukan suplementasi karbohidrat mudah larut agar sinkron dengan fraksi N yang mudah dan cepat larut. Perlu digunakan karbohidrat bukan struktural dengan tingkat kelarutan yang beragam dari yang sangat mudah/cepat larut, sampai yang lambat terdegradasi sesuai dengan tipe kelarutan protein (N) yang tersedia dalam pakan. Untuk hal ini dapat digunakan molases dan umbi-umbian. Namun, penggunaan karbohidrat mudah larut (cepat terfermentasi) harus dibatasi karena dapat menekan fermentasi serat. Penggunaan karbohidrat mudah larut sebanyak 10–15 persen bahan kering sudah dapat menunjukkan adanya pengaruh terhadap fermentasi serat, sedangkan penggunaan sampai 30 persen bahan kering nyata menekan fermentasi serat (HOOVER, 1986). Oleh karena itu, penggunaannya disarankan di bawah 10–15 persen dari total bahan kering.
2. Mempercepat degradasi karbohidrat struktural agar sinkron dengan fraksi protein (N) yang lebih lambat larut. Untuk tujuan tersebut dapat dilakukan:
 - a. Memperkecil ukuran partikel pakan. Pakan dalam bentuk tepung, *crumble* atau pelet akan memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga kolonisasi mikroba berlangsung lebih efektif dan degradasi karbohidrat struktural menjadi lebih cepat.
 - b. Memberikan faktor pertumbuhan (asam amino rantai cabang, asam lemak rantai cabang) untuk memacu pertumbuhan bakteri pengura serat.

3. Memperlambat degradasi protein (N) agar sinkron dengan degradasi karbohidrat struktural. Upaya proteksi untuk memperlambat degradasi protein dalam rumen kemungkinan sulit diterapkan baik karena aspek teknis maupun biaya. Terlepas dari faktor tersebut, ada kemungkinan bahwa perlakuan akan menyebabkan protein terbebas dari degradasi rumen dan langsung tersedia bagi ternak. Proteksi protein dari degradasi rumen akan memberi manfaat maksimal apabila nilai biologis protein yang terbebas dari degradasi rumen lebih tinggi dibandingkan dengan protein mikroba. Namun, apabila sebaliknya yang terjadi maka proteksi tidak memberi manfaat maksimal bagi ternak.
4. Meningkatkan frekuensi pemberian pakan (>4 x per hari). Selang waktu antar makan yang panjang menyebabkan adanya variasi yang tinggi dalam hal karakteristik rumen, seperti pH dan konsentrasi metabolit. Pada pakan komplit yang mengandung berbagai tipe karbohidrat dengan sifat kelarutan beragam peningkatan frekuensi pemberian pakan tidak memberikan manfaat besar. Untuk pakan hijauan dan konsentrat yang diberikan secara terpisah, pemberian konsentrat dalam jumlah sedikit namun dengan frekuensi yang lebih sering akan membuat kondisi rumen lebih stabil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tingkat serta waktu degradasi protein dan karbohidrat asal pakan di dalam rumen mempengaruhi efisiensi fermentasi (g N mikroba/g bahan organik difermentasi). Degradabilitas protein dan energi yang terjadi secara simultan dan sinkron (harmonis) dapat meningkatkan produksi protein mikroba sebagai sumber utama protein bagi produksi ruminansia. Oleh karena itu, ransum perlu disusun dengan mempertimbangkan karakter degradasi bahan pakan yang digunakan agar menghasilkan komposisi ransum dengan degradabilitas protein dan energi yang harmonis selama proses fermentasi di dalam rumen. Informasi karakteristik degradabilitas protein dan energi pada bahan pakan lokal seperti limbah pertanian dan limbah industri pertanian relatif masih terbatas, antara lain pada jerami padi, pelepah sawit dan batang pisang. Oleh karena itu, diperlukan upaya mengembangkan pangkalan data mengenai karakteristik degradasi protein dan karbohidrat dari berbagai produk limbah pertanian dan industri pertanian yang memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku pakan untuk melengkapi data yang telah ada. Pengembangan pangkalan data tersebut sebaiknya dapat dilakukan, karena tersedia teknik yang mudah dan cepat yaitu menggunakan teknik kantong nilon (*in situ*) maupun teknik cairan rumen (*in vitro*).

DAFTAR PUSTAKA

- AGRICULTURAL and FOOD RESEARCH COUNCIL. 1992. Nutritive requirements of ruminant animals: Protein. Technical Committee on Response to Nutrients No. 9. Nutr. Abst. Rev. (Series B) 62: 787–818.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, UK.
- ASPLUND, J.M. 1994. The influence of energy on amino acid supply and utilization in the ruminant. *In: Principles of Protein Nutrition of Ruminants*. J.M. ASPLUND (Ed.). CRC Press. pp. 179–186.
- BALDWIN, R.L. and M.J. ALLISON. 1983. Rumen metabolism. *J. Anim. Sci.* 57 Suppl. 2: 461–477.
- CHUMPAWADEE, S., K. SOMMART, T. VONGPRALUB and V. PATTARAJINDA. 2004. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on ruminal fermentation, microbial protein synthesis and blood urea nitrogen in beef cattle. *In: New Dimensions and Challenges for Sustainable Livestock Farming. Proc. 11th Animal Science Congress The Asia-Australasian Association of Animal Production Societies*. 5-9th H.K. WONG, J.B. LIANG, Z.A. ZELAN, Y.W. HO, Y.M. GOH, J.M. PANANDAM and W.Z. MOHAMAD (Eds.) September 2004 Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 364–366.
- DEWHURST, R.J., A.J.F. WEBSTER, F.W. WAINMAN and P.J.S. DEWEY. 1986. Prediction of the true metabolisable energy concentration in forages for ruminants. *Anim. Prod.* 43: 183–194.
- GINTING, S.P. 2004. Tantangan dan peluang pemanfaatan pakan lokal untuk pengembangan peternakan kambing di Indonesia. *Pros. Lokakarya Nasional Kambing*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor. hlm. 61–78.
- GIVENS, D.I., E. OWEN and A.T. ADESOGAN. 2000. Current procedures, future requirements and the need for standardization. *In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. D.I. GIVENS, E.OWEN, R.F.E. AXFORD and H.M. OMED (Eds.). CABI Publishing. pp. 449–474.
- GUNAWAN, D.E. WAHYONO dan P.W. PRIHANDINI. 2003. Strategi penyusunan pakan murah sapi potong mendukung agribisnis. *Pros. Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. Departemen Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu dan PT Agrical. Bengkulu, 9–10 September 2003. hlm. 137–146.
- HOOVER, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69: 2755–2766.
- HOOVER, W.H. and S.R. STOKES. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630–3644.
- HOOVER, W.H. and T.K. MILLER. 1992. Rumen digestive physiology and microbial ecology. Bulletin 708T. Agriculture and Forestry Experiment Station. West Virginia University.
- HUBER, J.T. and R. HERRERA SALDANA. 1994. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentation. *In: Principles of Protein Nutrition of Ruminants*. CRC Press. ASPLUND, J.M. (Ed.). CRC Press. pp. 113–126.
- MARQUADT, R.R. and J.M. ASPLUND. 1982. The effects of water extract of forages on in vitro cellulose digestion by rumen microorganisms. *Can. J. Anim. Sci.* 44: 16–23.
- MEHREZ, A.Z. and E.R. ORSKOV. 1977. The use of a dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88: 645–650.
- NOCEK, J.E. 1990. Feeding management to enhance carbohydrate metabolism in ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturer*. Cornell University, Ithaca, New York. pp. 27–34.
- NOLAN, J.V. 1975. Quantitative models of nitrogen metabolism. *In: Digestion and Metabolism in the Ruminant*. MACDONALD, I.W. and A.C.I. WARNER (Eds.). Univ. of New England Publishing Unit, Armidale, Australia. pp. 416–431.
- ORSKOV, E.R. 1982. *Protein Nutrition in Ruminants*. Academic Press.
- OWENS, F.N. and W.G. BERGEN. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: historical perspective, current understanding and future implications. *J. Anim. Sci. Suppl.* 57: 498–518.
- PICHARD, G. and P.J. VAN SOEST. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. *Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturer*. Cornell University, Ithaca, New York. pp. 91–98.
- ROXAS, D.B., M. WANAPAT and M. WINUGROHO. 1997. Dynamics of feed resources in mixed farming system in Southeast Asia. *In: Crop Residues in Sustainable Mixed Crop/Livestock Farming Systems*. C. RENARD (Ed.). CAB International.
- RUSSEL, J.B., J.D. O'CONNORS, D.G. FOX, P.J. VAN SOEST and C.J. SNIFFEN. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70: 3551–3561.
- SAUVANT, D., J. DIKTRA and D. MERTENS. 1995. Optimisation of ruminal digestion: a modeling approach. *In: Recent Developments in the Nutrition of Herbivores*. M. JOURNET, E.GRENET, M.H. FRANCE, M. THERIEZ and C. DERMAQUILLY (Eds.). INRA Editions, Paris, pp. 161–166.

- SINCLAIR, L.A., P.C. GARNSWORTHY, J.R. NEWBOLD and P.J. BUTTERY. 1993. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and N release in diets on rumen fermentation and microbial rumen protein synthesis in sheep. *J. Agri. Sci. (Camb.)* 120: 251–263.
- SINCLAIR, L.A., P.C. GARNSWORTHY, J.R. NEWBOLD and P.J. BUTTERY. 1995. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and N release in diets with a similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial rumen protein synthesis in sheep. *J. Agri. Sci. (Camb.)* 124: 463–472.
- SNIFFEN, G.J., J.D.O'CONNOR, P.J. VAN SOEST, D.G. FOX and J.B. RUSSEL. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562–3577.
- STOKES, S.R., W.H. HOOVER, T.K. MILLER and R.P. MANSKI. 1991. Impact of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 74: 860–872.
- STORM, E. and E.R. ORSKOV. 1982. Biological value and digestibility of rumen microbial protein in lamb intestine. *Proc. Nutr. Soc.* 41: 78A.
- TILLEY, J.M.A. and R.A. TERRY. 1977. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18: 104–111.
- WALLACE, J.W. 1994. Amino acid and protein synthesis, turnover, and breakdown by ruminal microorganism. *In: Principles of Protein Nutrition of Ruminants.* J.M. ASPLUND (Ed.). CRC Press. pp. 72–99.