

## Sinkronisasi Suplai Protein dan Energi dalam Rumen untuk Meningkatkan Efisiensi Pakan Berkualitas Rendah

Yenny Nur Anggraeny<sup>1</sup>, H Soetanto<sup>2</sup>, Kusmartono<sup>2</sup> dan Hartutik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Loka Penelitian Sapi Potong, Jl. Pahlawan No. 2, Grati, Pasuruan 67184  
yennysahim@gmail.com

<sup>2</sup>Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Ketawanggede, Lowokwaru, Malang 65145

(Diterima 5 Februari 2015 – Direvisi 18 Agustus 2015 – Disetujui 31 Agustus 2015)

### ABSTRAK

Limbah pertanian dapat digunakan sebagai sumber pakan berserat meskipun mempunyai keterbatasan karena mengandung protein kasar dan bahan organik terlarut yang rendah, serta serat kasar yang tinggi. Sinkronisasi nutrisi melalui suplementasi dapat menghasilkan pengaruh positif pada sintesis protein mikroba terutama pada ternak ruminansia yang diberi pakan berupa hijauan berkualitas rendah. Kontribusi protein yang berasal dari mikroba rumen penting bagi produksi ternak pada manajemen pakan berbasis limbah pertanian. Protein mikroba mampu menyediakan 70-100% total protein tersedia bagi ternak pada pakan berkualitas rendah dan mempunyai profil asam amino yang sangat ideal untuk memenuhi kebutuhan ternak ruminansia. Makalah ini menguraikan tentang penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen yang sudah dilakukan oleh beberapa negara. Penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen di Indonesia masih terbatas pada: (1) Pengaturan penggunaan bahan pakan melalui imbalan hijauan dan konsentrat; (2) Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi; dan (3) Pengaturan frekuensi pemberian pakan. Penerapan sinkronisasi melalui penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasi dan nilai indeksinya masih terbatas karena kurangnya ketersediaan data mengenai nilai degradasi protein dan energi bahan pakan yang digunakan di Indonesia. Oleh sebab itu, informasi nilai degradasi protein dan energi dari bahan-bahan pakan yang tersedia di Indonesia sangat diperlukan agar dapat mengoptimalkan penggunaan bahan pakan berkualitas rendah.

**Kata kunci:** Sinkronisasi nutrisi, protein mikroba, limbah pertanian, sumber serat

### ABSTRACT

#### Synchronization of Protein and Energy Supply in the Rumen to Improve Low Quality Feed Efficiency

Agricultural by-products which can be used as source of roughage, have some limitations as they contain low crude protein and low dissolved organic material and high crude fiber. Synchronization of nutrients through supplementation can provide a positive effect on microbial protein synthesis, especially on ruminants fed low quality forage. Contribution of protein from rumen microbes is essential for feed management based on agricultural by product. Microbial protein can supply 70-100% of the total protein available for ruminants fed low quality feed. Microbial protein has amino acid profile which is ideal to meet ruminant's requirement. This paper describes synchronization of protein and energy supply in the rumen that has been applied by several countries. Application of this synchronization in Indonesia is still limited on: (1) Arranging the use of feedstuffs through the ratio of forage and concentrate; (2) Supplementation of protein and energy sources; and 3) Feeding frequency regulation. The application of synchronization through the use of feed ingredients based on degradation level and its index value is still limited due to lack of data on protein and energy degradation of feed ingredients used in Indonesia. Therefore, the information on the degradation value of protein and energy of feed ingredients in Indonesia is necessary in order to optimize the use of low quality feed ingredients.

**Key words:** Nutrient synchronization, microbial protein, fiber source, agricultural by-product

### PENDAHULUAN

Hasil ikutan tanaman pangan memiliki potensi yang cukup besar sebagai pakan ternak ruminansia terutama pada daerah padat ternak, namun hasil ikutan tanaman pertanian dan perkebunan mempunyai keterbatasan yaitu, mengandung protein kasar dan bahan organik terlarut yang rendah serta serat kasar yang tinggi (Preston & Leng 1987), sehingga apabila digunakan tanpa perlakuan untuk meningkatkan

kecernaan serat tidak akan mampu mendukung produktivitas ternak ruminansia (Preston & Leng 1987; Utomo 2004). Pakan dengan kualitas energi dan protein yang rendah menghasilkan pertumbuhan sapi yang rendah. Pertambahan berat badan harian (PBBH) sapi PO lepas sapih adalah 0,34-0,37 kg/ekor/hari, sedangkan pada sapi Bali adalah 0,102-0,240 kg/ekor/hari (Anggraeny et al. 2010; Imran et al. 2012).

Dalam aspek nutrisi ruminansia, sinkronisasi nutrisi sering mengacu pada penyediaan protein dan

energi ke dalam rumen, sehingga nutrisi tersedia secara bersamaan sesuai proporsi yang dibutuhkan oleh mikroba rumen (Hall & Huntington 2008). Sinkronisasi melalui suplementasi bahan pakan sumber energi dan protein dapat menghasilkan pengaruh positif pada sintesis protein mikroba (Lardy et al. 2004; Elseed 2005), terutama pada ternak ruminansia yang diberi pakan berupa hijauan berkualitas rendah (Hersom 2008). Peningkatan efisiensi sintesis protein mikroba (ESPM) dianggap sebagai strategi yang paling tepat untuk memenuhi kebutuhan protein pada ternak secara tidak berlebihan. Makalah ini menguraikan tentang sinkronisasi pasok energi dan protein di dalam rumen dan pengaruhnya terhadap karakteristik fermentasi rumen dan produktivitas sapi potong serta strategi sinkronisasi dalam situasi peternakan di Indonesia yang banyak menggunakan pakan yang mengandung hasil ikutan tanaman pangan atau perkebunan.

#### PERFORMANS SAPI POTONG YANG DIBERI PAKAN HASIL IKUTAN TANAMAN PANGAN

Produktivitas ternak ruminansia ditentukan oleh kemampuannya untuk memanfaatkan karbohidrat struktural yang kurang dapat dicerna oleh ternak lain sebagai sumber energi dan kemampuannya mengubah sumber N bukan protein menjadi sumber protein bagi kebutuhan produksinya (Ginting 2005). Selain rumput lapangan dan hijauan pakan yang dibudidayakan, masih ada hijauan lain yang dapat digunakan sebagai sumber pakan yaitu limbah pertanian. Peningkatan produksi tanaman pangan melalui program intensifikasi berdampak pada peningkatan limbah pertanian (Martawidjaja 2003). Jerami padi, jerami jagung dan limbah ubi kayu merupakan limbah pertanian yang paling banyak dihasilkan karena tanaman tersebut mempunyai luas panen tertinggi (Utomo 2004; Umiasih & Wina 2008).

Kecernaan yang rendah pada jerami padi menyebabkan kemampuan konsumsi bahan kering yang rendah yaitu hanya 2% dari bobot badan (Jackson 1977; Utomo et al. 1998). Utomo (2004) melaporkan bahwa penggunaan jerami padi sebagai pakan tunggal pada sapi Peranakan Onggole (PO) menyebabkan ternak tidak mengalami kenaikan berat badan. Selanjutnya, Pramudyati et al. (1983) melaporkan bahwa suplementasi 1 kg bungkil kedelai pada sapi PO dengan pakan jerami padi *ad libitum* mampu menghasilkan PBBH sebesar 397 g/ekor/hari.

Jerami jagung sebagai pakan alternatif pengganti rumput paling baik diberikan berturut-turut dalam bentuk segar, kering kemudian baru teramoniasi. Pemberian jerami jagung dalam bentuk kering dan teramoniasi berakibat menurunkan konsumsi ransum (Wardani & Musofie 1991). Kendala pada pemanfaatan jerami jagung kering adalah palatabilitas yang rendah

sehingga apabila diberikan sebagai pakan tunggal tidak akan mencukupi untuk kebutuhan hidup pokok. Jerami jagung kering yang diberikan sebagai pakan tunggal pada sapi Madura hanya mampu dikonsumsi sebesar 1,5% berat badan, hal ini disebabkan palatabilitas jerami jagung kering yang rendah serta sifatnya yang *voluminous* (Wardani & Musofie 1991). Konsumsi bahan kering yang rendah pada pakan jerami jagung secara tunggal menyebabkan konsumsi nutrisi lain juga rendah, sebagai akibatnya terjadi pertambahan berat badan negatif sebesar 288 g/ekor/hari sedangkan pemberian pakan jerami jagung kering dengan suplementasi daun gamal (*Gliricidia maculata*), daun trembesi (*Samanea saman*), daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan konsentrat menyebabkan peningkatan bobot hidup masing-masing adalah 40, 116, 156 dan 45 g/ekor/hari (Wardani & Musofie 1991).

#### SINKRONISASI PROTEIN DAN ENERGI UNTUK MEMAKSIMALKAN PRODUKSI PROTEIN MIKROBA

Proses perubahan nutrisi pakan menjadi protein mikroba di dalam rumen membutuhkan lingkungan dan kondisi rumen yang optimal, diantaranya adalah penyediaan nutrisi dalam jumlah, komposisi yang tepat dan pada waktu yang tepat. Selain nitrogen (N) dan energi, sintesis mikroba rumen membutuhkan nutrisi berupa vitamin, mineral dan kofaktor seperti zink, belerang, kobalt dan metionin (Ginting 2005). Nitrogen yang dibutuhkan untuk sintesis mikroba rumen adalah dalam bentuk  $\text{NH}_3$ , asam amino dan peptida (Preston & Leng 1987; Hall & Huntington 2008). Energi untuk sintesis mikroba rumen adalah dalam bentuk *adenosine triphosphate* (ATP). Energi dalam bentuk asam lemak terbang (*volatile fatty acids/VFA*) merupakan sumber energi bagi ruminansia. Hanya VFA berantai cabang yang menyediakan kerangka karbon bagi sintesis protein mikroba rumen. Asam lemak terbang berantai cabang (isobutirat, isovalerat, valerat dan 2 metilbutirat) berasal dari protein pakan dan protein bakteri melalui deaminasi dan dekarboksilasi oksidatif di dalam rumen dari asam amino valin, leusin dan isoleusin. Asam lemak terbang berantai cabang (*branched chain volatile fatty acids/BCVFA*) berperan sebagai penyedia kerangka karbon untuk sintesis protein mikroba rumen (Russel 2002). Beberapa bakteri selulolitik seperti *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* dan *Butyrivibrio fibrisolvens* membutuhkan asam lemak berantai cabang sebagai kerangka karbon untuk pertumbuhannya (Puastuti 2009; Zhang et al. 2013).

Asam lemak terbang dan  $\text{NH}_3$  merupakan hasil degradasi karbohidrat dan protein oleh mikroba rumen.

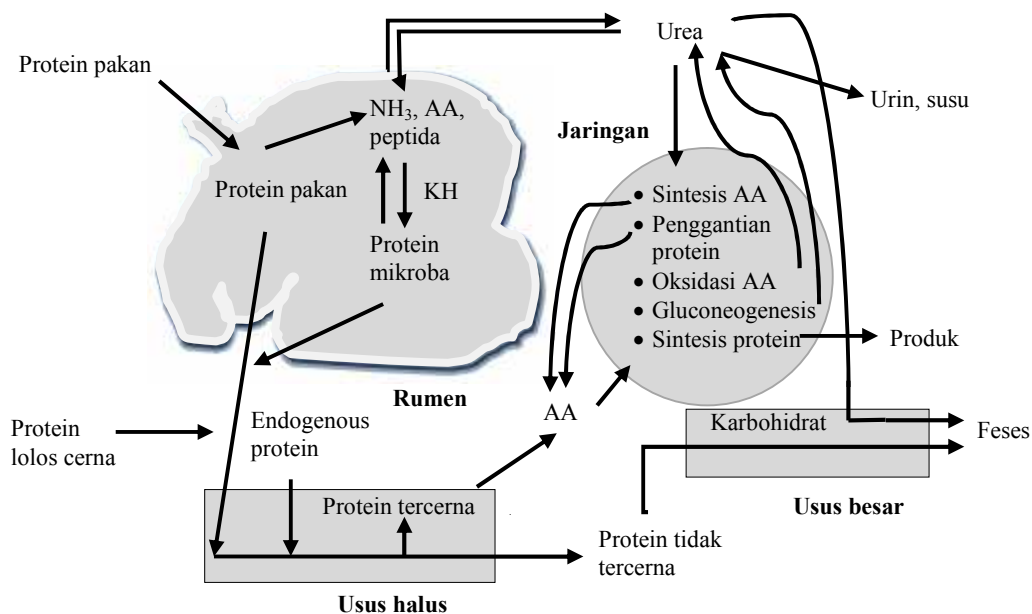
Kecepatan degradasi karbohidrat yang sesuai dengan kecepatan degradasi protein akan meningkatkan efisiensi sintesis protein mikroba (Widyobroto et al. 2007). Selanjutnya, Shabi et al. (1998) menyatakan suplai energi dalam rumen adalah faktor pembatas utama untuk memanfaatkan N-protein dalam sintesis protein mikroba di dalam rumen. Rentang nilai efisiensi sintesis protein mikroba rumen adalah 10-50 g N/kg bahan organik (BO) terfermentasi dalam rumen Stern et al. (2006). Metabolisme sumber N dan asam amino (AA) dari pakan, rumen dan sumber di luar rumen ditampilkan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, sumber N untuk pertumbuhan mikroba rumen dapat berbentuk NH<sub>3</sub>, asam amino dan peptida. Sumber N tersebut berasal dari: (1) Degradasi protein pakan; (2) Daur ulang sel mikroba rumen yang lisis; dan (3) *Ureogenesis* yang berasal dari rumen maupun luar rumen. Protein mikroba dan protein pakan yang lolos dari degradasi di dalam rumen dimetabolisme menjadi asam amino yang tersedia untuk induk semang dan selanjutnya digunakan untuk produksi ternak.

Terdapat hubungan sebab akibat pada proses penyediaan nutrien yang diperlukan pada pertumbuhan mikroba. Nutrien prekursor utama untuk pertumbuhan mikroba berupa NH<sub>3</sub> dan ATP yang dihasilkan pada proses degradasi pakan yang dilakukan oleh mikroba rumen. Mikroba rumen membutuhkan suplai nutrien secara stabil untuk mendukung pertumbuhannya. Sinkronisasi nutrien pada ternak ruminansia telah diungkapkan di awal yaitu penyediaan *rumen*

*degradable protein* (RDP) dan energi dalam bentuk *readily available carbohydrate* (RAC) ke dalam rumen secara bersamaan sesuai proporsi yang dibutuhkan oleh mikroba rumen (Hall & Huntington 2008). Sinkronisasi nutrien untuk memenuhi kebutuhan nutrien mikroba rumen sangat penting dilakukan karena ketersediaan RDP dan RAC yang tidak seimbang dalam satu waktu dapat menyebabkan efisiensi sintesis protein mikroba rendah. Ketidakeimbangan RDP dan RAC juga menyebabkan peningkatan polusi lingkungan karena terjadinya peningkatan nitrogen, fosfor, gas metana dan nitrogen oksida yang diekskresikan oleh ternak ke lingkungan (Cabrita et al. 2006; Stern et al. 2006; Seo et al. 2010). Menurut NRC (1985) kebutuhan RDP ternak ruminansia adalah 60,5% dari protein kasar (PK), sedangkan kebutuhan RAC ternak ruminansia menurut Ginting (2005) adalah 10-15% dari total bahan kering.

Upaya merancang dan menyusun formula pakan yang seimbang dan ekonomis harus bermanfaat secara maksimal untuk fermentasi di dalam rumen dan sekaligus meminimalkan hilangnya nutrien akibat fermentasi tersebut. Fermentasi di dalam rumen menyebabkan terjadinya degradasi pada bahan pakan. Rusell et al. (1992) menyatakan bahwa laju degradasi karbohidrat dan protein pakan di dalam rumen dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap produk akhir fermentasi dan performans ternak. Menurut Stern et al. (2006) sinkronisasi suplai nutrien untuk mikroba sangat penting; apabila sinkronisasi suplai nutrien tidak



Produk: Susu, daging dan pertumbuhan jaringan; KH: Karbohidrat; AA: Asam amino

**Gambar 1.** Metabolisme sumber N dan asam amino dari pakan, rumen dan sumber di luar rumen

**Sumber:** Hall & Huntington (2008)

terjadi maka terdapat beberapa kemungkinan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Apabila suplai N baik yang berasal dari NPN maupun dari degradasi protein pakan lebih cepat dibandingkan dengan sumber energi (karbohidrat), maka amonia hasil degradasi protein akan diabsorpsi dari rumen dan dibawa ke hati dan selanjutnya akan diekskresikan melalui urin.
2. Apabila substansi energi yang berasal dari degradasi karbohidrat lebih cepat dibandingkan dengan degradasi protein maka efisiensi sintesis protein mikroba akan menurun.

### **METODE SINKRONISASI SUPLAI ENERGI DAN PROTEIN DI DALAM PAKAN**

Penggunaan jenis bahan pakan, penggunaan bahan pakan tambahan sumber energi dan protein pada aplikasi suplementasi, aplikasi nilai indeks dan penerapan jumlah pemberian dan pola pakan merupakan aplikasi sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen (Yang et al. 2010). Penggunaan jenis bahan pakan dapat dilakukan dengan cara mengatur rasio hijauan dan konsentrat atau melalui pemilihan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya. Metode sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen melalui pemilihan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya telah dilakukan oleh Rotger et al. (2006) dan Seo et al. (2013).

Pada ternak ruminansia dengan pemberian pakan berupa hijauan berkualitas rendah, maka penerapan sinkronisasi melalui penggunaan bahan pakan tambahan berupa sumber energi dan protein mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan sintesis protein mikroba (Lardy et al. 2004; Elseed 2005; Hersom 2008). Pakan tambahan berupa pakan sumber energi dan protein mampu memperbaiki degradasi pakan di dalam rumen melalui mekanisme pengaturan keseimbangan tingkat degradasi karbohidrat dan protein pada pakan hijauan (Van Soest 1994). Pemberian pakan tambahan mampu meningkatkan kuantitas mikroba rumen dan produksi VFA (Mould et al. 1983). Strategi pemberian pakan tambahan dilakukan melalui pengaturan waktu pemberian pakan tambahan, pemilihan nutrisi yang tepat serta pengaturan rasio energi dan protein yang tepat (Hersom 2008). Pengaruh positif nampak nyata pada pemberian pakan tambahan pada hijauan berkualitas rendah dibandingkan pada pakan hijauan berkualitas tinggi (Hersom 2008).

Sinclair et al. (1993) dan Tamminga et al. (1994) mengembangkan nilai indeks yang menunjukkan keserasian tingkat degradasi protein dan energi. Sinclair et al. (1993) telah mengembangkan nilai indeks sinkronisasi sedangkan Tamminga et al. (1994) mengembangkan nilai keseimbangan protein yang

dapat didegradasi (OEB *in the Dutch system*). Sinclair et al. (1993) mendeskripsikan sebagai rasio degradabilitas (per jam) antara N dengan BO di dalam rumen. Indeks sinkronisasi dihitung berdasarkan rasio jumlah N (g) yang didegradasi per jam dengan jumlah BO (kg). Indeks sebesar 1,0 menunjukkan tingkat keharmonisan yang sempurna. Tamminga et al. (1994) menggambarkan nilai OEB sebagai keseimbangan antara sintesis protein mikroba yang secara potensial dihasilkan dari degradasi protein kasar dan energi secara anaerobik di dalam rumen. Peluang ketidakefisienan pemanfaatan N di dalam rumen terjadi apabila nilai OEB >0, hal ini menyebabkan N dikeluarkan dari rumen untuk didaur ulang. Indikasi terjadinya kekurangan N untuk aktivitas mikroba di dalam rumen bila  $N < 0$  (Valkeners et al. 2004).

### **RESPON SINKRONISASI ENERGI DAN PROTEIN TERHADAP PERFORMANS TERNAK**

Nilai indeks sinkronisasi dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama yang berhubungan dengan penentuan nilai degradabilitas seperti faktor ternak dan kantong nilon (Madsen & Hvelplund 1994; Huhtanen 2005). Yang et al. (2010) telah merangkum beberapa hasil penelitian tentang pengaruh sinkronisasi protein dan energi pada pakan terhadap sintesis protein mikroba, produk akhir fermentasi dan penampilan produksi ternak (Tabel 1). Menurut Yang et al. (2010) keberhasilan sinkronisasi protein dan energi terhadap sintesis protein mikroba dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik pakan, metode penentuan parameter degradasi pakan dan pemenuhan kebutuhan nutrisi khusus pada mikroba selain protein dan energi misalnya asam amino, mineral dan vitamin.

Hersom (2008) menyatakan bahwa akibat kandungan N terlarut lebih tinggi dibandingkan dengan energi terlarut menyebabkan sinkronisasi degradasi protein dan energi pada ternak dengan pakan basal hijauan berkualitas tinggi tidak akan memberikan respon positif. Sinclair et al. (1993) menyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi degradasi bahan pakan akan mempengaruhi sintesis protein mikroba. Penyusunan formula pakan menggunakan sistem indeks sinkronisasi menurut Sinclair et al. (1993) membutuhkan informasi data karakteristik fraksi protein dan karbohidrat. Informasi data karakteristik fraksi protein dan karbohidrat masih sangat terbatas pada bahan pakan asal limbah pertanian yang digunakan pada pemeliharaan sapi potong. Tahap awal untuk penyusunan formula pakan menggunakan sistem indeks sinkronisasi adalah dengan melakukan inventarisasi informasi data karakteristik fraksi protein dan karbohidrat meliputi informasi fraksi bahan pakan yang cepat terlarut, fraksi bahan pakan yang potensial didegradasi dalam rumen dan laju degradasi. Salah satu

**Tabel 1.** Ringkasan hasil penelitian tentang pengaruh berbagai metode sinkronisasi energi dan protein terhadap sintesis protein mikroba, retensi N, karakteristik fermentasi dan produksi ternak

Metode sinkronisasi	Hasil penelitian	Sumber
<b>Respon positif</b>		
Indeks sinkronisasi	Pakan yang berindeks sinkronisasi tinggi (0,93) meningkatkan ESPM, kandungan N mikroba, menstabilkan konsentrasi VFA dan populasi mikroba	Sinclair et al. (1993)
Pengaturan frekuensi pemberian konsentrat	Sinkronisasi energi dan protein mampu menurunkan konsentrasi NH <sub>3</sub> di dalam rumen. (18,4 vs 16,3 mg/dl)	Kolver et al. (1998)
Penggunaan indeks sinkronisasi dan pembatasan konsumsi pakan	Pakan dengan indeks sinkronisasi tinggi menghasilkan produk mikroba tertinggi namun tidak mempengaruhi retensi N	Witt et al. (1999)
Suplementasi pakan sumber protein dan pengaturan frekuensi pakan	Mampu meningkatkan produksi protein mikroba dan retensi N pada pakan mengandung jerami padi amoniasi, meningkatkan pencernaan bahan organik sejati dan konsentrasi VFA di dalam rumen	Elseed (2005)
Pengaturan penggunaan jenis pakan yang berbeda	Pakan dengan sinkronisasi tinggi menyebabkan pencernaan bahan organik (65,2 vs 61,9% dan 68,4 vs 63,6%) dan konsentrasi VFA di dalam rumen lebih tinggi (118,3 dan 109,9 mM)	Rotger et al. (2006)
Indeks sinkronisasi tinggi	Pakan yang berindeks sinkronisasi tinggi (0,83) meningkatkan ESPM sebesar 22,63 vs 38,51 g/hari, menurunkan ekskresi N urin (92,49 vs 84,79 g/hari) dan meningkatkan konsentrasi VFA total (51,10 vs 81,07 mM)	Seo et al. (2010)
Indeks sinkronisasi tinggi	Pakan yang berindeks sinkronisasi tinggi meningkatkan ESPM	Anggraeny et al. (2014)
<b>Respon negatif</b>		
Penggunaan indeks sinkronisasi	Sinkronisasi pakan tidak mempengaruhi produksi dan lemak susu serta konsentrasi VFA di dalam rumen	Witt et al. (2000)
Penggunaan indeks sinkronisasi dan perubahan pola pakan	Perlakuan indeks sinkronisasi tidak menyebabkan perbedaan pada deposisi N, penambahan berat badan (PBB), konversi pakan dan penurunan efisiensi penggunaan pakan namun pakan yang tidak sinkron menyebabkan efisiensi penggunaan energi pakan rendah	Richardson et al. (2003)
Penggunaan sistem indeks evaluasi protein	Aliran protein mikroba ke <i>duodenum</i> dan retensi N tidak dipengaruhi oleh keseimbangan suplai pasok energi dan protein yang tidak seimbang	Valkeners et al. (2004)
Pengaturan frekuensi dan pola pakan	pH, NH <sub>3</sub> dan VFA total tidak dipengaruhi oleh indeks sinkronisasi	Kaswari et al. (2007)
Pengaturan komposisi bahan dan perbedaan waktu penelitian	Suplai N mikroba lebih tinggi pada pakan dengan sinkronisasi rendah dibandingkan pada pakan dengan sinkronisasi tinggi serta tidak berpengaruh terhadap konsumsi BK pakan dan PBB	Ichinohe & Fujihara (2008)
Indeks sinkronisasi	Indeks sinkronisasi tidak mempengaruhi pencernaan bahan kering, protein kasar, <i>neutral detergent fiber</i> (NDF) dan <i>acid detergent fiber</i> (ADF)	Seo et al. (2010)
Indeks sinkronisasi	ESPM lebih dipengaruhi oleh ketersediaan energi dan protein pakan dibandingkan dengan indeks sinkronisasi	Seo et al. (2013)

ESPM: Efisiensi sintesis protein mikroba

metode untuk mendapatkan informasi fraksi bahan pakan yang cepat terlarut, fraksi bahan pakan yang potensial didegradasi dalam rumen dan laju degradasi adalah melalui teknik *in-situ* atau *in-sacco*. Preparasi sampel, karakteristik kantong nilon, prosedur inkubasi, pencucian kantong nilon, pengeringan sampel, ternak, pakan ternak dan faktor koreksi hilangnya partikel pakan yang lolos dari pori-pori kantong nilon sebelum didegradasi merupakan faktor yang mempengaruhi nilai degradasi bahan pakan (Kaswari et al. 2007).

Sejumlah 70-100% dari total protein yang dibutuhkan oleh ternak ruminansia berasal dari protein mikroba rumen (AFCR 1992), bahkan NRC (2000) memperkirakan bahwa protein mikroba rumen dapat memasok hampir 100% kebutuhan ternak dengan tingkat produksi (susu atau laju pertambahan bobot hidup) menengah. Dengan perkataan lain, peningkatan produksi protein mikroba rumen akan berpengaruh positif terhadap tingkat produksi ternak. Hal tersebut disebabkan lebih banyak protein mikroba yang diserap

lewat usus halus dan tersedia bagi sintesis produk (susu dan atau daging). Pasokan protein metabolis asal protein mikroba rumen ditentukan oleh nilai efisiensi sintesis protein mikroba (ESPM) yang dinyatakan dalam gram protein mikroba per kilogram bahan organik terfermentasi di dalam rumen (BOTR). Nilai ESPM juga dinyatakan dalam gram kandungan nitrogen (N) mikroba per kilogram BOTR. Umumnya, nilai ESPM pakan berkisar antara 130-170 g protein mikroba/kg BOTR atau setara 20-27,2 g N/kg BOTR (Bolam et al. 1998). Nilai ESPM tersebut umumnya diperoleh dari penelitian yang menggunakan hijauan daerah *temperate* sehingga tidak mewakili hijauan tropis. Mullik (2006) menyatakan bahwa ESPM hijauan tropis berada jauh di bawah nilai minimum yaitu 100 g protein mikroba/kg BOTR atau setara dengan 16 g N/kg BOTR. Rendahnya nilai ESPM pada hijauan tropis dihubungkan dengan rendahnya kandungan nutrisi yang rendah (terutama protein dan energi), komposisi nutrisi yang tidak seimbang (Norton 1982), konsumsi pakan yang rendah (Minson 1982) serta lambannya laju alir digesta keluar rumen (Sutherland 1976).

Sinkronisasi pelepasan energi dan protein dalam rumen juga dikemukakan sebagai salah satu faktor yang turut mempengaruhi ESPM (Huber & Saldana 1994). Penggunaan rumput dalam jumlah yang banyak dalam pakan ternak ruminansia menyebabkan sintesis protein mikroba rendah. Hal tersebut disebabkan oleh rendahnya prekursor untuk sintesis protein mikroba berasal dari rumput lapang yang berkualitas rendah. Suplementasi konsentrat dalam jumlah tertentu sangat diperlukan untuk sintesis protein mikroba karena mampu menyediakan prekursor baik dalam bentuk  $\text{NH}_3$  maupun bahan organik mudah larut.

Kesesuaian degradasi karbohidrat dengan degradasi protein sangat mempengaruhi efisiensi sintesis protein mikroba (Sinclair et al. 1993; 1995). Kondisi yang ideal bagi terbentuknya protein mikroba adalah apabila sumber karbohidrat terfermentasi tersedia bersamaan dengan sumber protein. Karsli & Russell (2002) melaporkan bahwa sintesis protein mikroba sangat bergantung pada kecukupan energi dalam bentuk ATP hasil degradasi bahan organik serta kecukupan N hasil degradasi non-protein nitrogen (NPN) dan protein pakan dalam rumen. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap degradasi protein adalah tipe protein, interaksi dengan nutrisi lainnya (terutama dengan karbohidrat), pH rumen dan populasi mikroba (Bach et al. 2005).

## **PENERAPAN SINKRONISASI SUPLAI PROTEIN DAN ENERGI UNTUK PENINGKATAN SINTESIS PROTEIN MIKROBA PADA PAKAN BERKUALITAS RENDAH**

Pada ternak ruminansia dengan pakan utama berupa hijauan berkualitas rendah, seperti di Indonesia pemenuhan kebutuhan asam amino utama berasal dari protein mikroba rumen. Pemenuhan kebutuhan asam amino dapat juga berasal dari protein pakan yang lolos dari degradasi mikroba di dalam rumen. Penggunaan bahan pakan sumber protein pada ternak ruminansia memerlukan strategi khusus terkait dengan keberadaan mikroba di dalam rumen. Degradasi protein pakan secara ekstensif di dalam rumen tanpa diimbangi oleh ketersediaan energi hasil degradasi karbohidrat pakan selain menyebabkan pemborosan dan polusi lingkungan juga dapat menyebabkan gangguan metabolik. Strategi sinkronisasi suplai protein dan energi di dalam rumen untuk meningkatkan produksi protein mikroba sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas ternak ruminansia di Indonesia dengan pakan kualitas rendah.

Beberapa penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi untuk peningkatan sintesis protein mikroba pada pakan berkualitas rendah di Indonesia dapat dilakukan melalui:

1. Pengaturan penggunaan bahan pakan. Menurut Yang et al. (2010) pengaturanimbangan hijauan dan konsentrat atau pengaturan penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya merupakan strategi sinkronisasi suplai protein dan energi melalui pengaturan bahan pakan. Pengaturanimbangan hijauan konsentrat telah lama diterapkan pada pemberian pakan ternak ruminansia di Indonesia mulai dariimbangan hijauan:konsentrat antara 60:40 hingga 30:70 (Mathius 2010; Soeharsono et al. 2010; Nurhayu et al. 2011; Sulistya et al. 2011). Menurut Nurhayu et al. (2011) dan Mathius (2010) penurunan penggunaan hijauan dapat meningkatkan produktivitas ternak. Pengaturan penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya untuk penerapan sinkronisasi diperlukan informasi tingkat degradasi bahan pakan. Menurut Utomo (2004) dalam menyusun ransum ruminansia yang memperhitungkan sinkronisasi ketersediaan nutrisi untuk sintesis protein mikroba dan pemanfaatan nutrisi secara langsung oleh ternak diperlukan informasi tingkat degradasi bahan pakan yaitu: (1) Konsentrat sumber energi terdegradasi lambat; (2) Konsentrat sumber

- energi terdegradasi cepat; (3). Konsentrat sumber protein terdegradasi lambat; dan (4) Konsentrat sumber protein terdegradasi cepat. Pamungkas et al. (2010) melaporkan bahwa pakan dengan kombinasi bahan pakan sumber energi terdegradasi cepat dan bahan pakan sumber protein terdegradasi cepat menghasilkan konsentrasi amonia, total VFA dan biomassa protein mikroba tertinggi.
2. Suplementasi bahan pakan sumber energi dan sumber protein. Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi pada bahan pakan berkualitas rendah seperti jerami padi dan pucuk tebu berfungsi untuk meningkatkan suplai nutrisi untuk mikroba, hal ini disebabkan kandungan protein jerami padi dan pucuk tebu mempunyai kandungan protein yang rendah yaitu kurang dari 7%, padahal pertumbuhan mikroba rumen membutuhkan ketersediaan N sebanyak 1,28% N atau setara dengan 8% protein (Van Soest 1994). Suplementasi N untuk mendukung pertumbuhan mikroba rumen selain menggunakan bahan pakan sumber protein dapat juga menggunakan urea yang harganya lebih murah. Penggunaan bahan pakan sumber protein maupun urea memerlukan strategi yang tepat agar tidak terjadi pemborosan. Mikroba rumen membutuhkan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan amonia ( $\text{NH}_3$ ) untuk mensintesis protein sel mikroba dimana  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NH}_3$  dapat berasal dari hidrolisis urea maupun protein (Coutinho et al. 2004). Berdasarkan kemampuan mikroba rumen merubah urea menjadi  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NH}_3$  yang cepat maka diperlukan strategi atau usaha optimalisasi penggunaan urea pada ruminansia yang diberi ransum hijauan berkualitas rendah untuk meningkatkan produksi protein mikroba (Jain et al. 2005; Huntington et al. 2006). Beberapa strategi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan  $\text{NH}_3$  pada sintesis protein mikroba adalah melalui modifikasi dalam kuantitas, jenis maupun tingkat degradasi protein dan karbohidrat (Reynolds & Kristensen 2008) serta bentuk penyajiannya. Kardaya et al. (2009) melaporkan bahwa suplementasi urea lepas lambat dalam bentuk urea seng sulfat, urea zeolit dan urea seng sulfat zeolit dapat mengurangi kecepatan degradasi urea dalam bentuk tunggal sehingga dapat memperbaiki efisiensi penggunaan  $\text{NH}_3$  dan energi oleh mikroba rumen selanjutnya dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi sintesis protein mikroba. Hasil penelitian Kardaya et al. (2009) juga melaporkan bahwa suplementasi urea lepas lambat dalam bentuk urea seng dan urea seng zeolit dikombinasikan dengan molases sebanyak 6% dapat menghasilkan produksi protein terbaik pada pakan mengandung 45% jerami padi dan 55% konsentrat. Strategi suplementasi urea dan karbohidrat lepas lambat dengan pengaturan cara penyajian adalah *urea molasses block* (UMB). Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi di tingkat peternak di Indonesia telah lama dilakukan terutama pada peternakan sapi perah.
  3. Metode sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen yang lain adalah melalui penerapan nilai indeks seperti indeks sinkronisasi yang telah dikembangkan oleh Sinclair et al. (1993) maupun OEB *in the Dutch system* yang dikembangkan oleh Tamminga et al. (1994). Metode sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen dengan indeks sinkronisasi yang telah dikembangkan oleh Sinclair et al. (1993) telah memperhitungkan frekuensi pemberian pakan. Informasi tentang tingkat degradasi fraksi protein dan karbohidrat sangat diperlukan untuk penyusunan pakan berdasarkan indeks, namun informasi tersebut masih sangat terbatas pada bahan pakan di Indonesia. Penyusunan pakan ternak ruminansia di Indonesia menggunakan nilai indeks masih terbatas pada tingkat penelitian.
  4. Penerapan sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen melalui penerapan pengaturan frekuensi dan pola pakan. Peningkatan frekuensi pemberian pakan menurut Dehority & Tirabasso (2001) dapat meningkatkan populasi bakteri, volume rumen, persentase bahan kering isi rumen serta dapat mencegah fluktuasi pH dan konsentrasi produk fermentasi terutama amonia. Pemberian pakan dalam bentuk pakan komplit dengan peningkatan frekuensi pemberian pakan tidak memberikan manfaat besar, sedangkan pada pemberian pakan berupa hijauan dan konsentrat yang diberikan secara terpisah frekuensi pemberian pakan yang lebih tinggi akan membuat kondisi rumen lebih stabil. Menurut Robles et al. (2007) pemberian pakan sebanyak dua kali sehari merupakan aplikasi pemberian pakan yang ideal untuk mendapatkan pH rumen yang stabil. Manajemen kandang yang memudahkan ternak untuk mencapai tempat pakan seperti aplikasi *bank* pakan pada kandang kelompok model Grati dapat menjamin ternak untuk mengkonsumsi pakan sepanjang hari sehingga bisa membuat kondisi rumen lebih stabil.

## KESIMPULAN

Kualitas bahan pakan sumber serat asal limbah tanaman dapat dikoreksi dengan meningkatkan pertumbuhan mikroba rumen melalui sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen karena peningkatan pertumbuhan mikroba rumen dapat meningkatkan pencernaan pakan dan dapat sebagai sumber protein bagi induk semang. Penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen

di Indonesia masih terbatas pada: (1) Pengaturan penggunaan bahan pakan melalui pengaturanimbangan hijauan dan konsentrat; (2) Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi; dan (3) Pengaturan frekuensi pemberian pakan. Penerapan sinkronisasi melalui pengaturan penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya dan penggunaan nilai indeks masih dibatasi oleh ketersediaan data nilai degradasi protein dan energi bahan pakan yang ada di Indonesia.

Diperlukan upaya mengembangkan pangkalan data mengenai karakteristik degradasi protein dan energi bahan pakan asal limbah tanaman. Pengembangan pangkalan data dapat melalui pengumpulan data degradasi bahan pakan yang telah dilakukan sebelumnya maupun dengan eksplorasi nilai degradasi protein dan energi terhadap bahan pakan yang belum ada data degradasi protein dan energi. Eksplorasi nilai degradasi protein dan energi dengan teknik yang mudah dan cepat yaitu menggunakan teknik kantong nilon (*in situ*) maupun teknik cairan rumen (*in vitro*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- AFCR. 1992. Technical committee on response to nutrients No 9. Nutrients requirements of ruminant animal: Protein. Nutr Abstr Rev. 62:787-818.
- Anggraeny YN, Pamungkas D, Krishna NH, Quigley SP, Poppi DP. 2010. Feeding strategies to increase growth of early weaned Bali calves in East Java. In: Santosa KA, Wibowo A, ZoBell DR, Ørskov EG, Sulastri E, Budisatria IGS, Lund M, Akashi R, Soeparno, Budhi SPS, et al., editors. Community Empowerment and Tropical Animal Industry. Proceedings The 5th International Seminar on Tropical Animal Production. Yogyakarta, 19-22 October 2010. Yogyakarta (Indonesia): Gadjah Mada University. p. 433-436.
- Anggraeny YN, Soetanto H, Kusmartono, Hartutik. 2014. Effect of synchronizing the rate degradation of protein and organic matter of feed base on rice by product on fermentation and synthesis protein microbial. IOSR J Agric Vet Sci. 7:26-32.
- Bach A, Calsamiglia S, Stern MD. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. J Dairy Sci. 88:E9-E21.
- Bolam MJ, Connor MT, McLennan SR, Poppi DP. 1998. Variability in microbial protein supply under different supplementation strategies. Anim Prod Aust. 22:398.
- Cabrera ARJ, Dewhurst RJ, Abreu JMF, Fonseca AJM. 2006. Evaluation of the effect of synchronizing the availability of protein and energy on rumen function and production in dairy cows-A review. Anim Res. 55:1-24.
- Coutinho A, Antonelli, Mori SC, Soares PC, Kitamura SS, Ortolani ER. 2004. Experimental ammonia poisoning in cattle fed extruded or prilled urea: clinical findings. Brazilian J Vet Res Anim Sci. 41:67-74.
- Dehority BA, Tirabasso PA. 2001. Effect of feeding frequency and fungal concentrations, pH and other parameters in the rumen. J Anim Feed Sci. 79:2908-2912.
- Elseed AMAF. 2005. Effect of supplemental protein feeding frequency on ruminal characteristics and microbial N production in sheep fed treated rice straw. Small Rumin Res. 57:11-17.
- Ginting SP. 2005. Sinkronisasi degradasi protein dan energi dalam rumen untuk memaksimalkan produksi protein mikroba. Wartazoa. 15:1-10.
- Hall MB, Huntington GB. 2008. Nutrient synchrony: sound in theory, elusive in practice. J Anim Sci. 86:E287-E292.
- Hersom M. 2008. Can nutrient synchrony affect performance of forage-fed cattle? In: Florida Ruminant Nutrition Symposium. Florida, 29-30 January 2008. Florida (US): University of Florida. p. 1-16.
- Huber JT, Saldana RH. 1994. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentation. In: Asplund JM, editor. Principles of Protein nutrition of ruminants. London (UK): CRC Press. p. 113-126.
- Huhtanen P. 2005. Critical aspects of feed protein evaluation systems for ruminants. J Anim Feed Sci. 14:145-170.
- Huntington GB, Harmon DL, Kristensen NB, Hanson KC, Spears JW. 2006. Effects of a slow release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. Anim Feed Sci Technol. 130:225-241.
- Ichinohe T, Fujihara T. 2008. Adaptive changes in microbial synthesis and nitrogen balance with progressing dietary feeding periods in sheep fed diets differing in their ruminal degradation synchronicity between nitrogen and organic matter. Anim Sci J. 79:322-331.
- Imran SP, Budhi S, Ngadiyono N, Dahlanuddin. 2012. Pertumbuhan pedet sapi Bali lepas sapih yang diberi rumput lapangan dan disuplementasi daun turi (*Sesbania grandiflora*). Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman. 2:55-60.
- Jackson MG. 1977. Review article: The alkali treatment of straws. Anim Feed Sci Technol. 2:105-130.
- Jain N, Tiwari SP, Singh P. 2005. Effect of urea molasses mineral granules (UMMG) on rumen fermentation pattern and blood biochemical constituents in goat kids fed sola (*Aeschonome indica* Linn) grass based diet. Vet Arh. 75:521-530.
- Kardaya D, Wiryawan K, Winugroho M, Parakasi A. 2009. Karakteristik urea lepas lamban pada berbagai kadar molasses dalam ransum berbasis jerami padi. JITV. 14:177-191.
- Karsli MA, Russell JR. 2002. Prediction of the voluntary intake and digestibility of forage-based diets from



- chemical composition and ruminal degradation characteristics. *Turkish J Vet Anim Sci.* 26:249-255.
- Kaswari T, Lebzien P, Flachowsky G, ter Meulen U. 2007. Studies on the relationship between the synchronization index and the microbial protein synthesis in the rumen of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 139:1-22.
- Kolver E, Muller LD, Varga GA, Cassidy TJ. 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 81:2017-2028.
- Lardy GP, Ulmer DN, Anderson VL, Caton JS. 2004. Effect of increasing level of supplemental barley on forage intake, digestibility and ruminal fermentation in steers fed medium quality grass hay. *J Anim Sci.* 82:3662-3668.
- Madsen J, Hvelplund T. 1994. Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen. Results of an European ringtest. *Livest Prod Sci.* 39:201-212.
- Martawidjaja M. 2003. Pemanfaatan jerami padi sebagai pengganti rumput untuk ternak ruminansia kecil. *Wartazoa.* 13:119-127.
- Mathius IW. 2010. Optimalisasi pemanfaatan bungkil inti sawit untuk sapi yang diberi pakan dasar rumput alam. Dalam: Prasetyo LH, Natalia L, Iskandar S, Puastuti W, Herawati T, Nurhayati, Anggraeny A, Damayanti R, Damayanti NLPI, Estuningsih SE, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner Ramah Lingkungan dalam Mendukung Program Swasembada Daging dan Meningkatkan Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Bogor, 3-4 Agustus 2010. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 116-122.
- Minson DJ. 1982. Effects of chemical and physical composition of forage eaten upon intake. In: Hacker J, editor. *Nutritional limits to animals production from pastures.* Franham Royal (UK): CAB. p. 167-182.
- Mould FL, Orskov ER, Mann SO. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. *Anim Feed Sci Technol.* 10:15-30.
- Mullik M. 2006. Strategi suplementasi untuk meningkatkan efisiensi sintesis protein mikroba rumen pada ternak sapi yang mengkonsumsi rumput kering tropis. *JITV.* 11:15-23.
- Norton BW. 1982. Differences between species in forage quality. In: Hacker JB, editor. *Nutritional limits to animals production from pastures.* Franham Royal (UK): CAB. p. 89-110.
- NRC. 1985. *Nutrient requirement of beef cattle.* 7th ed. Washington DC (US): National Academy Press.
- NRC. 2000. *Nutrient requirement of beef cattle.* 8th ed. Washington DC (US): National Academy Press.
- Nurhayu A, Sariubang M, Nasrullah, Ella A. 2011. Respon pemberian pakan lokal terhadap produktivitas Sapi Bali dara di Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Tenggara. In: Prasetyo LH, Damayanti R, Iskandar S, Herawati T, Priyanto D, Puastuti W, Anggraeni A, Tarigan S, Wardhana AH, Dharmayanti NLPI, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner untuk Peningkatan Produksi dan Antisipatif terhadap Dampak Perubahan Iklim. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Bogor, 7-8 Juni 2011. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 115-120.
- Pamungkas D, Utomo R, Ngadiyono N, Winugroho M. 2010. Supplementing energy and protein source at different rate of degradability to mixture of corn waste and coffee pod as basal diet on rumen fermentation kinetic of beef cattle. *JITV.* 15:22-30.
- Pramudyati S, Narsum, Djajanegara A. 1983. Pengaruh penambahan berbagai konsentrat pada jerami padi dalam ransum sapi. Dalam: Rangkuti M, Sitorus P, Siregar ME, Soedjana TD, Sutiyono, Ginting Ng, Sirait C, Siregar AR, Djamaludin E, Setiadi A, penyunting. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ruminansia Besar.* Cisarua, 6-9 Desember 1982. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 42-50.
- Preston TR, Leng RA. 1987. Matching ruminant production system with available resources in The tropic and sub tropics. *Armidale NSW (Australia): Penambur Book.*
- Puastuti W. 2009. Manipulasi bioproses dalam rumen untuk meningkatkan penggunaan pakan berserat. *Wartazoa.* 19:180-190.
- Reynolds CK, Kristensen NB. 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. *J Anim Sci.* 86:E293-E305.
- Richardson JM, Wilkinson RG, Sinclair LA. 2003. Synchrony of nutrient supply to the rumen and dietary energy source and their effects on the growth and metabolism of lambs. *J Anim Sci.* 81:1332-1347.
- Robles V, Gonzalez LA, Ferret A, Manteca X, Calsamiglia S. 2007. Effect of feeding frequency on intake, ruminal fermentation and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *J Anim Feed Sci.* 85:2538-2547.
- Rotger A, Ferret A, Calsamiglia S, Manteca X. 2006. Effects of nonstructural carbohydrates and protein sources on intake, apparent total tract digestibility and ruminal metabolism *in vivo* and *in vitro* with high-concentrate beef cattle diets. *J Anim Sci.* 84:1188-1196.
- Rusell JB, O'Connors JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *J Anim Sci.* 70:3551-3561.
- Russel JB. 2002. *Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition.* 1<sup>st</sup> ed. Itacha (US): James B Russell Publishing Co.

- Seo JK, Kim MH, Yang JY, Kim HJ, Lee CH, Kim KH, Ha JK. 2013. Effects of synchronicity of carbohydrate and protein degradation on rumen fermentation characteristics and microbial protein synthesis. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 26:358-365.
- Seo JK, Yang J, Kim HJ, Upadhaya SD, Cho WM, Ha JK. 2010. Effect of synchronization of carbohydrate and protein supply on ruminal fermentation nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in holstein steers. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 23:1455-1461.
- Shabi Z, Arieli A, Bruckental I, Aharoni Y, Zamwel S, Bor A, Tagari H. 1998. Effect of synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasums of dairy cows. *J Dairy Sci.* 81:1991-2000.
- Sinclair LA, Garnsworthy PC, Newbold JR, Buttery PJ. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein-synthesis in sheep. *J Agric Sci.* 120:251-263.
- Sinclair LA, Garnsworthy PC, Newbold JR, Buttery PJ. 1995. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and N release in diets with a similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J Agric Sci.* 124:463-472.
- Soeharsono, Saptati RA, Diwyanto K. 2010. Penggemukan sapi lokal hasil inseminasi buatan dan sapi bakalan impor dengan menggunakan bahan pakan lokal. Dalam: Prasetyo LH, Natalia L, Iskandar S, Puastuti W, Herawati T, Nurhayati, Anggraeni A, Damayanti R, Dharmayanti NLPI, Estuningsih SE, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner Ramah Lingkungan dalam Mendukung Program Swasembada Daging dan Peningkatan Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 3-4 Agustus 2010. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 116-122.*
- Stern MD, Bach A, Calsamiglia. 2006. New concept in protein nutrition of ruminant. In: 21st Annual Southwest Nutrition and Management Conference. p. 45-62.
- Sulistya TA, Krishna NH, Anggraeny YN. 2011. Evaluasi penggunaan kulit singkong pada usaha pembibitan sapi potong rakyat: Studi banding di Kecamatan Mergoyoso, Kabupaten Pati. Dalam: Prasetyo LH, Damayanti R, Iskandar S, Herawati T, Priyanto D, Puastuti W, Anggraeni A, Tarigan S, Wardhana AH, Dharmayanti NLPI, penyunting. *Teknologi peternakan dan veteriner untuk peningkatan produksi dan antisipatif terhadap dampak perubahan iklim. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 7-8 Juni 2011. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 186-191.*
- Sutherland TM. 1976. The overall metabolism of nitrogen in the rumen. In: Sutherland TM, McWilliam JR, Leng RA, editors. *Reviews in Rural Science II: From Plant to Animal Protein.* Armidale NSW (Australia): The University of New England. p. 65-72.
- Tamminga S, Van Straalen WN, Subnel APJ, Meijer RGM, Steg A, Wener CJG, Block MC. 1994. The Dutch protein evaluation system: The DVE/OEB system. *Livest Prod Sci.* 40:139-155.
- Umiyasih U, Wina E. 2008. Pengolahan dan nilai nutrisi limbah tanaman jagung sebagai pakan ternak ruminansia. *Wartazoa.* 18:127-136.
- Utomo R, Reksohadiprodjo S, Widyobroto BP, Bachrudin Z, Suhartanto B. 1998. Determination of nutrients digestibility, rumen fermentation parameters, and microbial protein concentration on onggle crossbreed cattle fed rice straw. *Bull Anim Sci. Suppl:*82-88.
- Utomo R. 2004. *Review* hasil-hasil penelitian pakan sapi potong. *Wartazoa.* 14:116-124.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* London (UK): Cornel University Press.
- Valkeners D, Théwis A, Piron F, Beckers Y. 2004. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscle Belgian Blue bulls. *J Anim Sci.* 82:1818-1825.
- Wardani NK, Musofie A. 1991. Jerami jagung segar, kering dan teramoniasi sebagai pengganti hijauan pada sapi potong. *Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak Grati.* 2:1-5.
- Widyobroto BP, Budi SPS, Agus A. 2007. Pengaruh aras *undegraded* protein dan energi terhadap kinetik fermentasi rumen dan sintesis protein mikroba pada sapi. *J Indonesia Trop Anim Agric.* 32:194-200.
- Witt MW, Sinclair LA, Wilkinson RG, Buttery PG. 1999. The effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen supply to the rumen on the metabolism and growth of ram lambs given food at a restricted level. *Anim Sci.* 69:627-636.
- Witt MW, Sinclair LA, Wilkinson RG, Buttery PG. 2000. The effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen supply to the rumen on milk production and metabolism of ewes offered grass silage based diets. *Anim Sci.* 71:187-195.
- Yang JY, Seo J, Kim HJ, Seo S, Ha JK. 2010. Nutrient synchrony: Is it a suitable strategy to improve nitrogen utilization and animal performance? *Asian-Australasian J Anim Sci.* 23:972-979.
- Zhang HL, Chen Y, Xu XL, Yang YX. 2013. Effect of branched chain amino acids on *in vitro* ruminal fermentation of wheat straw. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 26:523-528.