

ESTIMASI ENERGI DAN PRODUK SAMPING FERMENTASI RANSUM BERBASIS INDEKS SINKRONISASI PROTEIN-ENERGI BERDASARKAN STOIKIOMETRI VOLATILE FATTY ACIDS: KAJIAN IN VITRO

(Energy and By-Products Estimation of Protein-Energy Synchronization Index Based-Ration by Volatile Fatty Acids Stoichiometry: An In Vitro Study)

Afduha Nurus Syamsi*, Hermawan Setyo Widodo, Dewi Puspita Candrasari, Yusuf Subagyo, Merryafinola Ifani, dan Lis Safitri

Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno 60, Purwokerto 53122
*Email: afduha.nurus.syamsi@unsoed.ac.id

ABSTRACT

The protein-energy synchronization (PES) index based-ration is a development in ruminant nutrition aimed at optimizing microbial protein synthesis (MPS). The MPS optimization is attempted by synchronizing the availability of ammonia and energy through an index between 0-1. The more simultaneous the two compounds are, the more increased digestibility, volatile fatty acids (VFA) production, and energy production. This research aims to calculate estimates of energy production and by-products on the PES index based-ration through the stoichiometry of VFA formation. The research material was the rumen fluid of Jawa Randu goats which was taken after slaughtered. The study used a completely randomized design (CRD) with 5 treatments (ration index 0.55; 0.6; 0.65; and 0.7) and 4 replications. Energy estimates and fermentation by-products were calculated based on the stoichiometry of VFA formation. Data were analyzed using variance. The study was carried out by calculating the potential energy production and by-products from VFA products of fermented PES index based-ration. Calculations were carried out based on the stoichiometry of VFA formation; then, the data were analyzed using variance analysis. The results showed that the PES index-based ratio had no significant effect ($P > 0.05$) on all variables (estimated reactant energy, total energy production, efficiency of energy production, methane, wasted energy, hydrogen, carbon dioxide, and water). On the other hand, research shows that PES index-based rations produce low energy efficiency estimates due to high methane production estimates. This is due to the high proportion of dietary fiber, the formation of acetate, and H_2 and CO_2 .

Keywords: In vitro, Rumen product, Stoichiometry, Synchronization, VFA

ABSTRAK

Ransum berbasis indeks sinkronisasi protein-energi (SPE) merupakan pengembangan nutrisi ruminansia yang ditujukan pada optimalisasi sintesis protein mikroba (SPM). Optimalisasi SPM diupayakan dengan sinkronisasi ketersediaan ammonia dan energi melalui indeks antara 0-1. Semakin simultanya kedua senyawa tersebut diharapkan mampu meningkatkan pencernaan, produksi volatile fatty acid (VFA), dan estimasi energi yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung estimasi produksi energi dan produk samping pada ransum berbasis indeks SPE melalui stoikiometri pembentukan VFA. Materi penelitian adalah cairan rumen kambing Jawa Randu yang di ambil sesaat setelah ternak dipotong. Penelitian menggunakan Rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan (Indeks ransum 0,55; 0,6; 0,65; dan 0,7) dan 4 ulangan. Estimasi energi dan produk hasil samping fermentasi dihitung berdasarkan stoikiometri pembentukan VFA. Data dianalisis dengan analisis variansi. Hasil menunjukkan bahwa ransum berbasis indeks SPE tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap semua variabel (estimasi energi reaktan, total produksi energi, efisiensi produksi energi, methane, energi terbuang, hidrogen, karbon dioksida, dan air). Disisi lain, penelitian menunjukkan bahwa ransum berbasis indeks SPE menghasilkan estimasi efisiensi produksi energi yang rendah, karena estimasi produksi methane yang tinggi. Hal ini disebabkan karena tingginya proporsi serat ransum, pembentukan asetat, serta H_2 dan CO_2 .

Kata Kunci: in vitro, produk rumen, sinkronisasi, stoikiometri, VFA

PENDAHULUAN

Strategi penyusunan ransum ruminansia adalah berbasis pada peningkatan kinerja mikroorganisme rumen. Mikroba memiliki peranan dalam proses fermentasi pakan dan menghasilkan energi serta protein utama yang dibutuhkan oleh inangnya. Mikroorganisme berkembang dengan memanfaatkan amonia dan energi. Kedua senyawa ini harus tersedia secara simultan (sinkron), karena saling membatasi penggunaannya dalam sintesis protein mikroba (SPM). Sinkronisasi dapat diupayakan melalui berbagai teknik dan salah satunya adalah indeks sinkronisasi protein-energi (SPE). Teknik ini diaplikasikan melalui penyusunan ransum dengan nilai indeks antara 0-1. Semakin mendekati 1, maka ransum memiliki potensi SPE yang lebih tinggi.

Indeks SPE berbagai jenis bahan pakan telah berhasil dirangkum Syamsi *et al.* (2023). Contoh bahan pakan yang berhasil dieksplor indeks SPE nya adalah rumput gajah (0,72), lamtoro (0,31-0,34), bungkil kelapa (0,72-0,74), ampas tahu (0,37-0,59), dedak (0,29-0,54) dan onggok (0,71-0,90). Data tersebut menjadi basis penyusunan ransum dengan target indeks SPE tertentu. Ransum disusun dengan metode *trial and error* untuk mencapai target indeks ransum berbasis indeks bahan pakan yang digunakan. Persentase penggunaan bahan pakan akan bergantung pada sumbangan indeksnya, bukan pada kandungan nutrisinya. Semakin tinggi indeks SPE ransum, maka produksi *volatile fatty acids* (VFA) juga semakin tinggi (Suhada *et al.*, 2016). Terdapat peningkatan produksi VFA pada ransum dengan SPE yang simultan. Hal ini didukung dengan peningkatan SPM pada ransum yang sama. Sintesis protein mikroba yang tinggi di dalam rumen menggambarkan tingginya koloni dan aktivitas mikroba rumen. Hal ini akan sejalan dengan peningkatan pada pencernaan, aktivitas fermentasi rumen, dan produk metabolisme yang dihasilkan (Chen *et al.*, 2022).

Volatile Fatty Acids (VFA) merupakan sumber energi utama yang dihasilkan dari proses fermentasi rumen bagi ruminansia. Produk ini merupakan hasil fermentasi dari karbohidrat pakan (heksosa, glukosa, amylose, xylosa dan lainnya). Senyawa ini tersusun sebagian besar oleh asetat (C2), propionate (C3), butirrat (C4), dan asam lemak rantai cabang yang beragam. Berdasarkan pada stoikiometri pembentukan VFA, juga dihasilkan produk samping berupa gas CO₂, H₂, CH₄, dan air. Keseluruhan produk

fermentasi karbohidrat ini pada dasarnya saling berkaitan dan mempengaruhi, meskipun ada sebagian gas dan air yang terbuang. Kajian tentang potensi energi dari pakan berbasis indeks sinkronisasi perlu untuk dikaji lebih mendalam. Energi menjadi kebutuhan utama dalam metabolisme dan produktivitas ternak. Estimasi energi yang masuk dari sumber karbohidrat (reaktan) dan estimasi energi yang terbuang dari methan menjadi informasi yang penting dalam menciptakan pakan yang efisien.

Energi ransum dapat di estimasi melalui stoikiometri pembentukan VFA, selain itu juga dapat dihitung potensi jumlah produk sampingnya (Jayanegara *et al.*, 2013; Syamsi dkk., 2022). Penelitian tentang estimasi energi dilakukan oleh Ifani dkk. (2023) dengan ransum yang menggunakan sumber protein bungkil kedelai terproteksi tanin. Penelitian tersebut menghasilkan produksi energi antara 10.436,29-14.140,94 kkal, energi terbuang antara 2.815-3.911 kkal, dan dengan efisiensi energi mencapai 80,15%. Ransum berbasis indeks SPE menghasilkan produksi VFA yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan potensi produksi energi yang tinggi pula, namun perlu dikaji potensi energi terbuangnya. Hasil estimasi tersebut akan menggambarkan lebih rinci tentang efisiensi pakan berbasis indeks SPE.

Penelitian tentang ransum berbasis indeks SPE 0,55-0,7 telah dilakukan oleh Syamsi dan Ifani (2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata produksi VFA antara 142-166,8 mM. Kadar VFA tertinggi didapat pada ransum dengan indeks 0,6. Data penelitian tersebut dapat digunakan untuk menguraikan lebih detail tentang potensi energi yang mungkin disumbangkan oleh ransum berbasis indeks SPE. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung estimasi produksi energi dan produk samping fermentasi rumen pada ransum berbasis indeks SPE melalui stoikiometri pembentukan VFA.

MATERI DAN METODE

Materi

Materi yang digunakan adalah cairan rumen kambing jawa randu yang diambil sesaat setelah kambing di potong. Ransum perlakuan tersusun atas rumput gajah, lamtoro, bungkil kelapa, ampas tahu, dedak, onggok, dan mineral mix.

Metode

Desain eksperimen

Penelitian dilakukan secara eksperimental yang di desain dengan rancangan acak lengkap (RAL). Terdapat 4 perlakuan ransum berbasis indeks sinkronisasi protein-energi (SPE) yaitu 0,55, 0,6, 0,65, dan 0,7. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali, sehingga terdapat 20 unit percobaan. Gambaran perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Penyusunan ransum perlakuan

Ransum perlakuan (Tabel 1) telah dipublikasi pada penelitian sebelumnya oleh Syamsi dan Ifani (2023). Ransum disusun menggunakan metode *trial and error* untuk mencapai indeks SPE yang ditetapkan pada masing-masing perlakuan (0,55; 0,6; 0,65; dan 0,7). Ransum disusun berdasarkan indeks SPE masing-masing bahan pakan, sehingga persentase penggunaan bahan pakan ditentukan dari banyaknya sumbangan angka

indeks untuk mencapai indeks ransum. Indeks masing-masing bahan pakan adalah sebagai berikut. Rumput gajah (0,72), lamtoro (0,31-0,34), bungkil kelapa (0,72-0,74), ampas tahu (0,37-0,59), dedak (0,29-0,54), dan onggok (0,71-0,9). Mineral tidak memiliki indeks SPE, sehingga tidak diperhitungkan sumbangan indeks SPE nya (Syamsi dkk., 2023).

Tahap pengukuran variabel

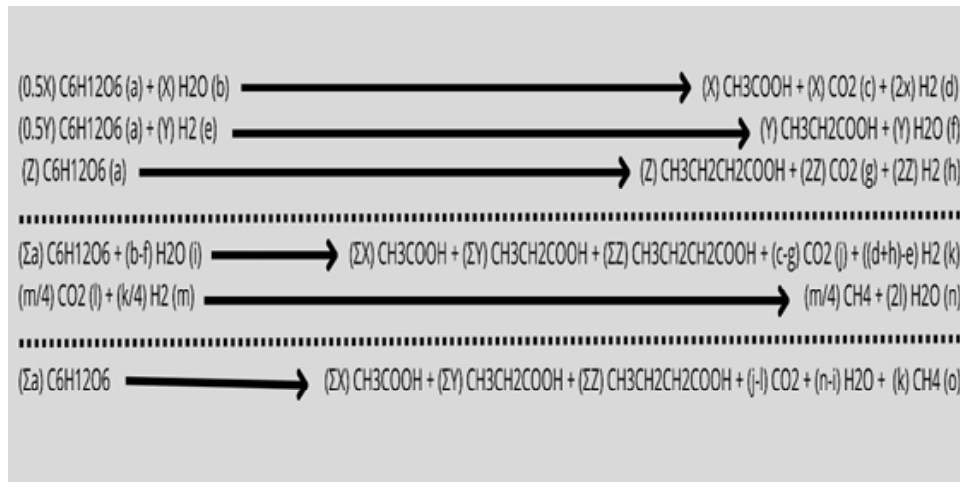
Tahap pertama adalah mengukur VFA parsial menggunakan metode gas kromatografi untuk mendapatkan molar asam asetat (C2), propionate (C3) dan butirrat (C4). Ketiga data ini merupakan basis dasar perhitungan estimasi energi dan produk samping fermentasi rumen. Data C2, C3, dan C4 tidak dihadirkan dalam penelitian ini, karena telah dipublikasi pada penelitian sebelumnya oleh Syamsi dan Ifani (2023).

Tahap kedua adalah menghitung potensi produksi energi dan hasil samping fermentasi berdasarkan Bruinenberg *et al.*

Tabel 1. Komposisi dan nutrisi ransum perlakuan

Bahan pakan	Perlakuan			
	R1	R2	R3	R4
<i>Indeks SPE</i>	0,55	0,60	0,65	0,70
Rumput gajah (%)	20	30	40	50
Lamtoro (%)	40	30	20	8
Bungkil kelapa (%)	5	10	11	11
Ampas tahu (%)	15	10	7	8
Dedak (%)	15	10	7	8
Onggok (%)	4	9	14	14
Mineral mix (%)	1	1	1	1
Total (%)	100	100	100	100
Kadar nutrisi				
Bahan kering (%)	82,65	83,34	84,03	82,91
Air (%)	17,35	16,66	15,97	17,09
Bahan organik (%/BK)	87,27	84,62	83,86	83,47
Abu (%/BK)	12,73	15,38	16,14	16,53
Protein kasar (%/BK)	15,55	14,80	13,91	12,40
Serat kasar (%/BK)	33,39	33,65	29,44	29,30
Lemak kasar (%/BK)	6,32	4,30	3,60	3,24
BETN (%/BK)	32,01	31,87	36,90	38,53
TDN (%/BK)	52,46	50,05	51,81	50,99

Keterangan: Sumber susunan ransum: Syamsi and Ifani (2023); BK: bahan kering; %/BK: persentase berdasarkan bahan kering ransum; BETN: bahan ekstrak tanpa nitrogen; BETN: 100% - (%PK + %LK + %SK + %Abu); (TDN: total digestible nutrients; TDN: (70,60 + 0,259 PK + 1,01 LK) - (0,76 SK + 0,0991 BETN); Sumber: Hartadi dkk., (1980).



Gambar 1. Stoikiometri pembentukan volatile fatty acids (VFA)

(2002) yang dikembangkan oleh Syamsi dkk. (2022). Keduanya dihitung berdasarkan hasil perhitungan VFA parsial (C2, C3, dan C4) yang dimasukkan dalam model stoikiometri pembentukan VFA (Gambar 1) yang dijabarkan rumus perhitungannya pada Tabel 2.

Hasil perhitungan asetat (R), propionat (S), butirat (T), karbohidrat (U), dan metana (V) pada Tabel 2 selanjutnya dikali dengan masing-masing potensinya. Karbohidrat dihitung sebagai energi reaktan dan metana sebagai energi terbuang. Produk samping fermentasi adalah W, X, dan Y sesuai dengan angka yang terhitung dalam Tabel 2. Rumus perhitungan potensi energi dikembangkan oleh Syamsi dkk. (2022) yang diadopsi dari Bruinenberg *et al.* (2002) serta Owens dan Basalan (2016). Adapun rumus perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Energi produk
 Asetat (Σx) x 209,4 kkal; Propionat (Σy) x 367,2 kkal; Butirat (Σz) x 524,3 kkal
2. Total produksi energi
 Produksi energi = energi produk asetat + propionat + butirat
3. Energi reaktan
 ER= Karbohidrat (Σa) x 673 kkal
4. Efisiensi konversi gula menjadi VFA
 Efisiensi produksi energi = (Total produksi energi/ Energi reaktan) x 100
5. Methan (Energi terbuang)
 Energi methan= Total methan x 210,8 kkal
 Persentase methan= (Total energi methan/ Energi reaktan) x 100

Variabel

Variabel yang diukur dalam penelitian

ini adalah energi dari asetat, propionate, dan butirat, kemudian energi reaktan, efisiensi produksi energi, energi terbuang, metana, hidrogen (H₂), karbondioksida (CO₂), dan air.

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis variansi dengan uji lanjut menggunakan orthogonal polinomial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volatile fatty acids (VFA) merupakan 80% sumber energi bagi ruminansia yang dihasilkan utamanya dari fermentasi karbohidrat di dalam rumen. Karbohidrat yang di fermentasi di dalam rumen dapat berupa *neutral detergent fiber* (pati/amilum), *acid detergent fiber* (selulosa dan hemiselulosa), atau bentuk polimer dan monomer lainnya. Keseluruhan jenis karbohidrat ini akan menghasilkan asam lemak *volatile* yang beragam seperti asetat, propionat, butirat, serta asam lemak rantai cabang (valerat, isovalerate, isobutirat, dan lainnya). Asetat, propionat, dan butirat merupakan proposi tertinggi, dan masing-masing memiliki potensi sumbangan energi yang berbeda. Setiap mol asetat memiliki potensi sumbangan energi sebesar 209,4 kkal, setiap mol propionate sebesar 367,2 kkal, dan setiap mol butirat sebesar 524,3 kkal (Bruinenberg *et al.*, 2002; Owens dan Basalan, 2016).

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa indeks sinkronisasi protein-energi (SPE) ransum tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap seluruh variabel estimasi produksi energi dan hasil samping fermentasi rumen

Tabel 2. Formula perhitungan estimasi energi dan produk samping fermentasi berdasarkan stoikiometri pembentukan VFA

	Kode	Formula kimia	Produk	Rumus perhitungan
Asetat	A	CH ₃ COOH	Asetat	Acetat (Σx)
	B	C ₆ H ₁₂ O ₆	Karbohidrat	A x 0,5
	C	H ₂	Hidrogen	A x 2
	D	CO ₂	Karbondioksida	A
	E	H ₂ O	Air	A
Propionat	F	CH ₃ CH ₂ COOH	Propionat	Propionat (Σy)
	G	C ₆ H ₁₂ O ₆	Karbohidrat	F x 0,5
	H	H ₂	Hidrogen	F
	I	H ₂ O	Air	F
Butirat	J	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	Butirat	Butirat (Σz)
	K	C ₆ H ₁₂ O ₆	Karbohidrat	J
	L	H ₂	Hidrogen	J x 2
	M	CO ₂	Karbondioksida	J x 2
Metana	N	H ₂	Hidrogen	(C+L)-H
	O	CO ₂	Karbon dioksida	N/4
	P	CH ₄	Metana	O
	Q	H ₂ O	Air	O x 2
Total akhir	R	CH ₃ COOH	Asetat	A
	S	CH ₃ CH ₂ COOH	Propionat	F
	T	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	Butirat	J
	U	C ₆ H ₁₂ O ₆ (Σa)	Karbohidrat	B+G+K
	V	CH ₄	Metana	N
	W	H ₂	Hidrogen	(C+L)-H
	X	CO ₂	Karbon dioksida	(D+M)-O
	Y	H ₂ O	Air	Q-E-I

Keterangan: Kode alfabet untuk proses kalkulasi (Syamsi *et al.*, 2022)

(Tabel 3 dan Tabel 4). Hasil tidak sejalan dengan Syamsi dan Ifani (2023) yang data penelitian VFA nya digunakan sebagai dasar perhitungan penelitian ini. Penelitian tersebut menunjukkan pengaruh indeks SPE ransum yang sangat signifikan terhadap produksi total VFA dan propionat, meskipun tidak berpengaruh terhadap produksi asetat dan butirat. Penelitian tersebut juga membuktikan bahwa produksi VFA total (166,80 mM) dan propionat (34,78 mM) tertinggi pada ransum indeks SPE 0,6. Hal ini menunjukkan bahwa signifikansi produksi VFA tidak menjamin signifikansi yang sama terhadap estimasi produksi energinya (Tabel 3). Button *et al.* (2013) menyatakan bahwa data dengan satuan ukuran yang lebih besar memang memiliki kecenderungan signifikansi yang rendah dibandingkan data yang kecil. Rosmalia *et al.* (2022) dan Syamsi dan Ifani

(2023) menambahkan bahwa sinkronisasi utamanya tetap perlu fokus dengan imbalan BETN dan protein dalam ransum. Oleh karena itu, indeks SPE yang besar belum menjamin fermentabilitas dan produksi VFA yang lebih baik.

Meskipun tidak memiliki signifikansi yang nyata, namun penelitian ini mengungkap bahwa ransum berbasis indeks SPE mampu menghasilkan produksi energi yang tinggi yaitu antara 39.154,25-42.247,70 kkal. Hasil ini lebih besar dibandingkan Syamsi dkk. (2022) yaitu antara 15.334,50-15.736,69 kkal. Hal ini berkorelasi dengan estimasi energi reaktan yang termamfaatkan, dimana pada penelitian ini kisaran energi reaktan antara 53.483,31-57.654,56 kkal dibandingkan penelitian tersebut yaitu antara 23.225,23-25.580,73 kkal. Energi reaktan merupakan potensi energi yang

Tabel 3. Estimasi produksi energi hasil fermentasi

Variabel	Perlakuan			
	R1	R2	R3	R4
Energi Reaktan (kkal)	54.997,56±3280	57.495,74±1414	57.654,56±4884	53.483,31±3042
Total produksi energi (kkal)	40.508,32±2299	42.274,70±1005	42.083,36±3580	39.154,25±2465
• Energi dari Asetat (kkal)	23.177,23±1672	24.329,77±423	24.654,76±1882	22.896,21±811
• Energi dari Propionat (kkal)	12.238,04±817	12.624,34±307	11.809,15±893	11.381±1087
• Energi dari butirat (kkal)	5.093,05±233	5.320,60±735	5.619,45±887	4.877,04±839
Efisiensi pembentukan energi (%)	73,67±0,58	73,53±0,19	72,99±0,15	73,19±0,48

Keterangan: R1: 0,55; R2: 0,6; R3: 0,65; R4: 0,7; kkal: kilo kalori

dihasilkan oleh substrat karbohidrat untuk dimetabolisem menjadi sumber energi bentuk lainnya. Oleh karena itu, kualitas substrat karbohidrat sangat mempengaruhi besaran energi reaktan yang akan dimanfaatkan dalam rumen (Hackmann *et al.*, 2013).

Estimasi energi reaktan berkorelasi dengan produk asetat, propionate dan butirat. Tabel 3 menunjukkan bahwa proporsi sumbangan energi tertinggi adalah dari asetat, meskipun potensi energi tiap mol nya lebih rendah dibandingkan dengan propionat dan butirat. Syamsi dan Ifani (2023) menggambarkan bahwa proporsi produksi VFA parsial yaitu Asetat (72,78%), propionat (19,82%) dan butirat (7,40%) dan terkait dengan hasil penelitian ini. Chiba (2014) menyatakan bahwa proporsi VFA parsial pada ransum berbasis hijauan yaitu asetat (68%) propionate (20%), dan butirat (12%). Tabel 1 menunjukkan kadar serat kasar ransum yang cukup tinggi. Hal ini berdampak pada tingginya proporsi produksi asetat, sehingga estimasi sumbangan energinya lebih tinggi dibandingkan propionate ataupun butirat.

Proporsi asetat yang sangat tinggi (R1-R4) berdampak pada tingginya produksi metana, energi terbuang (Tabel 4), dan turunya efisiensi pembentukan energi dari karbohidrat (Tabel

3). Sebagaimana dikemukakan oleh Orelma *et al.* (2020) bahwa ransum dengan kadar serat yang tinggi akan meningkatkan produksi asetat dan butirat, disamping itu menurunkan produksi propionat. Ransum perlakuan R1-R4 memiliki serat yang cukup tinggi yaitu antara 29,30-33,65%. Asetat dan butirat dibentuk melalui jalur asetil coenzim A (AC-CoA), sedangkan propionat melalui jalur piruvat. Hal mendukung dikemukakan oleh Permana *et al.* (2014) bahwa jalur pembentukan asetat dan butirat lebih pendek dan menghasilkan hidrogen (H₂) dan karbon dioksida (CO₂) yang tinggi. Hal ini dibuktikan pada Tabel 4 bahwa produksi H₂ dan CO₂ tinggi, dan berkorelasi dengan produksi asetat dan butirat yang tinggi. Senyawa H₂ dan CO₂ merupakan faktor utama produksi metana (CH₄), oleh karena itu produksi CH₄ juga menjadi tinggi. Setiap 1 karbon dari CO₂ akan berikatan dengan 4 hidrogen. Hidrogen sendiri sebenarnya dibutuhkan dalam proses pembentukan propionat, namun Syamsi dan Ifani (2023) menunjukkan aktivitas pembentukan propionat yang rendah. Rendahnya produksi propionat menunjukkan rendahnya pemanfaat H₂ pada jalur suksinat, sehingga lebih banyak digunakan pada jalur methanogenesis.

Ransum percobaan penelitian ini

Tabel 4. Estimasi jumlah produk samping fermentasi

Variabel	Perlakuan			
	R1	R2	R3	R4
Methan (mM)	51,87±3,96	54,57±1,61	56,19±4,72	51,57±1,84
Energi terbuang (kkal)	10.933,56±835	11.503,99±339	11.844,64±994	10.871,69±387
Persen energi terbuang (%)	19,87±0,58	20,01±0,19	20,55±0,15	20,35±0,48
Hidrogen (mM)	207,47±15,85	218,29±6,45	224,76±18,87	206,29±7,36
Karbondioksida (mM)	78,25±4,74	81,91±2,79	82,99±7,49	76,37±4,52
Air (mM)	26,38±1,32	27,34±1,31	26,80±2,82	24,80±2,70

Keterangan: R1: 0,55; R2: 0,6; R3: 0,65; R4: 0,7; mM: mili mol; kkal: kilo kalori

menghasilkan estimasi CH₄ antara 51,57-56,19 mM, dengan estimasi energi terbuang antara 10.871,69-11.844,64 kkal, dan dengan estimasi persentase energi terbuang antara 19,87-20,55% (Tabel 4). Potensi energi terbuang melalui metan adalah antara 2-12% (Tapio *et al.*, 2017). Tentunya saja hasil penelitian ini menunjukkan hasil yang sangat tinggi dibandingkan standar tersebut. Dampaknya adalah rendahnya efisiensi energi dari substrat karbohidrat (Tabel 3) yaitu antara 72,99-73,67%. Sebagaimana diungkapkan oleh Orskov (2012) bahwa angka efisiensi heksosa (karbohidrat) menjadi VFA adalah sebesar 80% dengan angka dibawahnya menunjukkan efisiensi yang kurang dan diatasnya merupakan suatu kondisi yang baik. Estimasi produksi air dalam penelitian ini berkisar antara 24,80-27,34 mM. Oleh karena itu, meskipun penelitian ini menghasilkan estimasi produksi yang tinggi, namun efisiensi pembentukan energinya rendah, karena tingginya energi terbuang. Air memiliki peranan dalam mendukung pembentukanasetat dan propionate, sedangkan produksinya lebih banyak berasal dari proses methanogenesis (Gambar 1).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Ransum berbasis indeks sinkronisasi protein-energi (SPE) secara *in vitro* menghasilkan energi dan produk samping fermentasi yang cukup tinggi, namun kurang efisien akibat tingginya produksi metana yang mencapai 56,19-54,57mM dan energi terbuang mencapai 10.871,69-11.844,64.

Saran

Penyusunan ransum berbasis indeks SPE perlu untuk tetap memperhatikan jenis bahan pakan yang digunakan, terutama beberapa bahan pakan yang memiliki senyawa anti nutrisi tertentu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman (LPPM Unsoed) yang telah mendanai rangkaian penelitian indeks sinkronisasi protein dan energi sejak Tahun 2020 melalui hibah dana BLU Unsoed pada skema Riset Dosen Pemula

(RDP) dan Riset Peningkatan Kompetensi (RPK).

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, J., A. T. Suhada, L. K. Nuswantara, and F. Wahyono. 2016. Effect of synchronization of carbohydrate and protein supply in the sugarcane bagasse-based diet on microbial protein synthesis in sheep. *J. Indon. Trop. Anim. Agric.*, 41(3): 135-144.
- Bruinenberg, M. H., Y. V. der Horning, R. E. Agnew, T. Yan, A. M. van Vuuren, and H. Vulk. 2002. Energy metabolism of dairy cows feed on grass. *Lives. Product. Sci.*, 75: 117-128.
- Button, K. S., J. P. Ioannidis, C. Mokrysz, B. A. Nosek, J. Flint, E. S. Robinson, and M. R. Munafu. 2013. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nature Rev. Neurosci.*, 14(5): 365-376.
- Chen, Y. H., C. Y. Chen, and H. T. Wang. 2022. The effect of forage source and concentrated liquid feedstuff supplementation on improving the synchronization of ruminant dietary energy and nitrogen release *in vitro*. *Fermentation*, 8(9): 443.
- Chiba, L. I. 2014. Rumen Microbiology and Fermentation. In *Animal Nutrition Handbook*, Auburn University, Alabama.
- Hackmann, T. J., L. E. Diese, and J. L. Firkins. 2013. Quantifying the responses of mixed rumen microbes to excess carbohydrates. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(12): 3786-3795.
- Hartadi, H., S. Reksohadiprojo, S. Lebdosukojo, dan A. D. Tillman. 1980. Tabel-tabel komposisi bahan makanan ternak untuk Indonesia. International Feedstuffs Institute Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University. Logan, United State of America.
- Ifani, M., Y. Subagyo and H. S. Widodo. 2023. Estimasi energi pada ransum ruminansia yang disuplementasi bungkil kedelai terproteksi ekstrak daun mahoni: berdasarkan stoikiometri pembentukan volatile fatty acids. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)*, Vol. 10, pp. 510-517.

- Jayanegara, A., I. Ikhsan, and T. Toharmat. 2013. Assessment of methane estimation from volatile fatty acid stoichiometry in the rumen in vitro. *J. Indon. Trop. Anim. Agric.*, 38(2): 103-108.
- Nehring, K., and G. F. W. Haenlein. 1973. Feed evaluation and ration calculation based on net energy FAT. *J. Anim. Sci.*, 36(5): 949-964.
- Orelma, H., A. Hokkanen, I. Leppänen, K. Kammiovirta, M. Kapulainen, and A. Harlin. 2020. Optical cellulose fiber made from regenerated cellulose and cellulose acetate for water sensor applications. *Cellulose*, 27: 1543-1553.
- Orskov, E. R. 2012. Energy nutrition in ruminants. Springer Science & Business Media, Germany.
- Owens, F.N., and M. Basalan, M. 2016. Ruminant Fermentation. In: Millen, D., De Beni Arrigoni, M., and Lauritano Pacheco, R. (eds). *Rumenology*. Springer, Cham. Pp 63-102.
- Rosmalia, A., I.G. Permana, and D. Despal. 2022. Synchronization of rumen degradable protein with non-fiber carbohydrate on microbial protein synthesis and dairy ration digestibility. *Vet. World*, 15(2): 252.
- Syamsi, A. N., L. Waldi, H. S. Widodo, M. Ifani, dan Y. Subagyo. 2022. Estimasi energi ransum berbasis indeks sinkronisasi protein-energi dengan sumber protein bebungkilan berbeda: berdasarkan stoikiometri pembentukan volatile fatty acids. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan IX (STAP IX)*, Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman di Purwokerto pada 14 - 15 Juni 2022 pp. 663-672.
- Syamsi, A. N., and M. Ifani. 2023. Rumen Fermentation Profiles of Protein-Energy synchronization index-based ration: an in vitro study. *Indon. J. Anim.Vet. Sci.*, 28(1): 22-33.
- Syamsi, A. N., Y. Subagyo, H. S. Widodo, dan M. Ifani. 2023. Eksplorasi Indeks Sinkronisasi Protein-Energi Bahan Pakan Untuk Ternak Perah Secara In Vitro. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan 10 (STAP X)*, Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman di Purwokerto pada 20 - 21 Juni 2023. pp. 406-415.
- Tanuwiria, U. H., E. Nurdin, and S. Wira. 2013. Produksi asam lemak terbang, gas total, dan metan dalam rumen sapi dalam ransum yang berimbunan kunyit putih, kunyit mangga dan jinten pada berbagai level Zn-Cu organik (in vitro). In *Seminar Nasional Peternakan Berkelanjutan*. Universitas Padjajaran, Jawa Barat. (Abstract in English)
- Tapio, I., T. J. Snelling, F. Strozzi, and R. J. Wallace. 2017. The ruminal microbiome is associated with methane emissions from ruminant livestock. *J. Anim. Sci. Biotech.*, 8(1): 1-11.