

ESTIMASI ENERGI RANSUM BERBASIS INDEKS SINKRONISASI PROTEIN-ENERGI DENGAN SUMBER PROTEIN BEBUNGKILAN BERBEDA: BERDASARKAN STOIKIOMETRI PEMBENTUKAN *Volatile Fatty Acids*

Afduha Nurussyamsi^{1*}, Lastriana Waldi², Hermawan Setyo Widodo¹, Merryafinola Ifani¹, dan Yusuf Subagyo¹

¹Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

²Dinas Pertanian Kabupaten Cirebon, Cirebon, Jawa Barat, Indonesia

*korespondensi email: afduhanurussyamsi.fapet@unsoed.ac.id

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi energi terbaik pada ransum berbasis indeks sinkronisasi protein-energi (SPE) dengan sumber protein bebungkilan berbeda berdasarkan stoikiometri pembentukan *volatile fatty acids* (VFA). Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan metode *in vitro* untuk mendapatkan kadar VFA parsial. Materi yang digunakan adalah cairan rumen Sapi Peranakan *Friesian holstein* yang diambil sesaat setelah sapi di potong di Rumah Potong Hewan Mersi. Data VFA parsial selanjutnya dikalkulasikan berdasarkan potensi produksi energi setiap mol nya untuk mendapatkan total produksi energi (TPE). Selanjutnya juga dimasukkan ke dalam perhitungan stoikiometri pembentukan VFA untuk mendapatkan estimasi energi reaktan (ER), energi terbuang (ET), persentase energi terbuang (PET) dan efisiensi produksi energi (EPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara indeks SPE dan jenis sumber protein bebungkilan tidak berpengaruh nyata terhadap TPE, ER, dan PET. Namun demikian, interaksinya berpengaruh nyata terhadap ET dan EPE. Uji orthogonal polynomial menunjukkan respon kuadratik pada bungkil kelapa dengan indeks SPE berbeda terhadap ET ($Y = -24005X^2 + 30395X - 4264,5$; $R^2 = 0,58$; $P (0,63; 5357 \text{ kkal})$), begitupula dengan bungkil kedelai ($Y = 5006,5X^2 - 6071X + 6900,5$; $R^2 = 0,50$; $P (0,61; 5060,04 \text{ kkal})$). Bungkil kelapa dengan indeks SPE yang berbeda juga menunjukkan respon kuadratik terhadap EPE ($Y = 63,215X^2 - 79,235 X + 102,94$; $R^2 = 0,53$; $P (0,62; 78,11\%)$), begitupula bungkil kedelai ($Y = -18,779X^2 + 22,444X + 72,261$; $R^2 = 0,86$; $P (0,6; 78,98\%)$). Kesimpulan penelitian didapatkan bahwa ransum dengan indeks SPE medium (0,6 – 0,61) dengan sumber protein bungkil kedelai menunjukkan hasil terbaik berdasarkan pada estimasi energi melalui stoikiometri pembentukan VFA.

Kata Kunci: bungkil kedelai, bungkil kelapa, estimasi energi, indeks sinkronisasi protein-energi, stoikiometri pembentukan VFA

Abstract. This study aimed to determine the best energy estimate for protein-energy synchronization (PES) index-based ration with different meals protein sources based on the stoichiometry of volatile fatty acids (VFA) formation. The study was conducted experimentally with the *in vitro* method to obtain partial VFA levels. The material used was local breed *Friesian holstein* rumen fluid which was taken shortly after the cattle were slaughtered at the Mersi Slaughterhouse. Partial VFA data is then calculated based on the energy production potential of each mole to get the total energy production (TEP). Furthermore, it is also included in the stoichiometric calculation of VFA formation to get an estimate of the reactant energy (RE), wasted energy (WE), the percentage of wasted energy (PWE), and energy production efficiency (EPE). The results showed that the interaction between the SPE index and the type of meals protein source had no significant effect on TEP, RE, and PWE. However, their interactions have a significant effect on WE and EPE. The orthogonal polynomial test showed a quadratic response to coconut meals with different SPE indexes on WE ($Y = -24005X^2 + 30395X - 4264,5$; $R^2 = 0,58$; $P (0,63; 5357 \text{ kcal})$), as well as soybean meals ($Y = 5006,5X^2 - 6071X + 6900,5$; $R^2 = 0,50$; $P (0,61; 5060,04 \text{ kcal})$). Coconut meals with different SPE indexes also showed a quadratic response to EPE ($Y = 63,215X^2 - 79,235 X + 102,94$; $R^2 = 0,53$; $P (0,62; 78,11\%)$), as well as soybean meals ($Y = -18,779X^2 + 22,444X + 72,261$; $R^2 = 0,86$; $P (0,6; 78,98\%)$). The study concluded that rations with a medium SPE index (0.6 – 0.61) with soybean meal protein sources showed the best results based on energy estimation through stoichiometry of VFA formation.

Keywords: coconut meals, soybean meals, energy estimate, protein-energy synchronization, stoichiometry of VFA formation

PENDAHULUAN

Konsep penyusunan ransum bagi ternak ruminansia telah dikembangkan dengan metode yang cukup beragam. Penyusunan ransum berbasis peningkatan kinerja mikroba rumen merupakan metode yang cukup banyak dikaji. Mikroba rumen memiliki peranan yang penting dalam pencernaan pakan dan menghasilkan beberapa produk fermentasi yang dibutuhkan oleh hewan inangnya. Selain itu, juga merupakan sumber protein utama bagi saluran cerna pasca rumen. Menurut Mitsumori dan Sun (2008), faktor pertumbuhan mikroba rumen terdiri atas amonia, energi dan kofaktor. Amonia dan energi merupakan kebutuhan yang utama bagi seluruh spesies mikroba. Widyobroto et al. (2007) menambahkan bahwa kedua faktor pertumbuhan mikroba ini harus tersedia secara simultan (sinkron). Apabila protein diproduksi lebih dari energi, maka sebagian besar akan terbuang sebagai urea, bahkan dapat menyebabkan *urea toxicity*. Sebaliknya, kelebihan energi dibandingkan ammonia juga tidak dapat dimanfaatkan untuk sintesis protein mikroba (SPM), namun digunakan pada metabolisme sel lainnya.

Sinkronisasi protein dan energi di dalam rumen dapat dicapai melalui penyusunan ransum berbasis indeks sinkronisasi protein-energi (SPE). Konsep penyusunannya adalah dengan menetapkan indeks dengan skala antara 0-1. Ransum dengan indeks mendekati satu menggambarkan ketersediaan amonia dan energi yang semakin simultan (Ginting, 2005). Syamsi et al. (2017) dan Waldi et al. (2017) telah melakukan pengukuran indeks SPE beberapa bahan pakan melalui teknik *in vitro*. Indeks bahan pakan ini selanjutnya dapat digunakan untuk menyusun ransum berbasis indeks SPE melalui metode *trial and error*. Waldi et al. (2017) lebih lanjut menjelaskan bahwa sumber protein bebungkilan memiliki indeks yang cukup tinggi. Bungkil kelapa memiliki indeks 0,74 dan bungkil kedelai memiliki indeks 0,77. Hal ini menunjukkan potensi bebungkilan untuk menjadi salah satu bahan penyusun pakan yang digunakan, agar indeks ransum yang tinggi dapat tercapai.

Syamsi et al. (2017) membuktikan bahwa sintesis protein mikroba (SPM) meningkat seiring dengan peningkatan indeks SPE. Sintesis protein mikroba yang tinggi di dalam rumen menggambarkan tingginya koloni dan aktivitas mikroba rumen. Hal ini akan sejalan dengan optimalnya fermentasi rumen, baik proses ataupun produk metabolisme yang dihasilkan. Produk metabolit utama yang dihasilkan adalah *volatile fatty acids* (VFA), sebagai sumber energi bagi hewan inang. Syamsi et al. (2018) membuktikan bahwa ransum berbasis indeks SPE dengan suplementasi leguminosa mampu menghasilkan VFA yang tinggi. Suhada et al. (2016) juga membuktikan bahwa produksi VFA tertinggi diperoleh pada ransum dengan indeks yang tinggi.

Volatile fatty acids (VFA) merupakan energi yang dibutuhkan oleh ruminansia. Masing-masing senyawa penyusun VFA (asetat, propionate, dan butirrat) memiliki nilai energi yang berbeda. Selama pembentukan VFA juga dihasilkan produk samping berupa metan (CH_4) yang merupakan potensi energi terbuang. Potensi produksi energi dapat dihitung melalui stoikiometri pembentukan VFA (Riis, 1983; Bruinenberg et al., 2002). Oleh karena itu, tujuan kajian ini adalah untuk menghitung estimasi produksi energi pada ransum berbasis indeks SPE dengan sumber protein bebungkilan berbeda melalui stoikiometri pembentukan VFA.

METODE PENELITIAN

Desain Eksperimen

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan metode *in vitro* (Tilley and Terry, 1969). Penelitian dilaksanakan di laboratorium Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman. Materi yang digunakan adalah cairan rumen sapi perah Peranakan *Friesian holstein*, yang diambil di rumah potong hewan Mersi sesaat setelah ternak dipotong. Pakan ternak selama pemeliharaan menggunakan hijauan rumput gajah dan konsentrat komersil dengan perbandingan 60:40%. Materi bahan pakan yang digunakan yaitu rumput raja, bungkil kelapa, bungkil kedelai, gaplek, dedak, pollard, ampas tahu dan *mineral mix*.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial (2x3), dengan faktor A adalah 2 jenis sumber protein (bungkil kelapa dan bungkil kedelai) dan faktor B adalah 3 level indeks SPE (0,5; 0,6; dan 0,7). Total kombinasi perlakuan sebanyak 6, masing-masing di ulang sebanyak 4 kali, sehingga total perlakuan adalah sebanyak 24 unit. Ransum perlakuan disusun berdasarkan Waldi *et al.* (2017) dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Susunan ransum perlakuan dan nilai nutrisi masing-masing

Bahan Pakan	R1	R2	R3	R4	R5	R6
 %					
Rumput Raja	60	60	58	60	60	59
Bungkil Kelapa	10	10	10	0	0	0
Bungkil Kedelai	0	0	0	10	10	10
Gaplek	3	5	21	3	5	20
Dedak	10	4	2	10	4	2
Pollard	6	10	2	6	10	2
Ampas Tahu	10	10	6	10	10	6
Mineral	1	1	1	1	1	1
Total	100	100	100	100	100	100
Indeks SPE	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7
BK (%)	93.74	93.49	92.80	93.74	93.49	92.91
PK (%BK)	11.91	12.09	10.2	14.50	14.67	12.87
LK (%BK)	5.82	5.82	5.40	4.54	4.54	4.12
SK (%BK)	23.78	23.16	21.70	23.20	22.60	21.41
BETN (%BK)	48.14	49.23	53.80	47.30	48.42	52.52
TDN %	59.99	60.21	61.60	60.40	60.65	61.75

Keterangan: R: ransum; SPE: sinkronisasi protein-energi; BK: bahan kering; PK: protein kasar; LK: lemak kasar; SK: serat kasar; BETN: bahan ekstrak tanpa nitrogen; TDN: total digestible nutrient

Perhitungan Potensi Produksi Energi

Potensi produksi energi dihitung berdasarkan Bruinenberg *et al.* (2002) yang dikembangkan oleh Syamsi *et al.* (2020) melalui hasil perhitungan VFA dan CH₄ yang telah didapatkan oleh Syamsi dan Waldi (2021) pada Tabel 2.

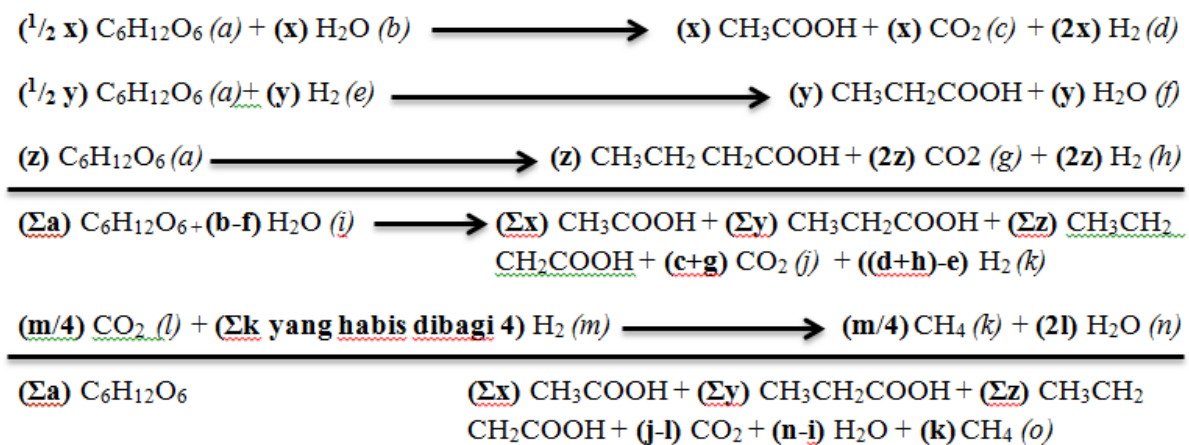
Tabel 2. Rataan produksi *volatile fatty acids* (VFA) hasil penelitian Syamsi dan Waldi (2021)

Parameter	Perlakuan					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
C2 (mM)	36.70 ± 4.49	36.23 ± 2.33	35.32 ± 0.63	36.00 ± 4.91	35.05 ± 5.53	35.00 ± 4.64
C3 (mM)	20.52 ± 1.88	18.89 ± 2.15	18.76 ± 0.72	19.22 ± 2.96	19.57 ± 2.52	19.73 ± 2.79
C4 (mM)	1.03 ± 1.02	1.78 ± 0.31	1.97 ± 0.25	1.78 ± 0.19	1.90 ± 0.35	1.56 ± 0.89
CH ₄ (mM)	23.39 ± 1.05	25.29 ± 0.38	24.90 ± 0.82	24.27 ± 0.69	24.00 ± 0.11	24.21 ± 0.79

Keterangan: penelitian pendahuluan yang telah terpublikasi

Stoikiometri pembentukan VFA

Stoikiometri pembentukan VFA didasarkan pada Bruinenberg et al. (2002) yang dikembangkan oleh Syamsi et al. (2020). Bentuk stoikiometri pembentukan VFA dan perhitungan jumlah karbohidrat berdasarkan data VFA parsial dapat dijelaskan pada Gambar 1 dan Tabel 3.



Gambar 1. Stoikiometri Perhitungan Produksi VFA

Perhitungan produk fermentasi karbohidrat berdasarkan kadar VFA dan CH₄ yang diketahui

Tabel 3. Perhitungan produk fermentasi berdasarkan karbohidrat berdasarkan kadar VFA dan CH₄ yang diketahui

Asetat	A	C ₆ H ₁₂ O ₆	C x 0,5
	B	H ₂ O	C
	C	CH ₃ COOH	Asetat hasil penelitian (Σx)
	D	CO ₂	C
	E	H ₂	C x 2
Propionat	F	C ₆ H ₁₂ O ₆	H x 0,5
	G	H ₂	H
	H	CH ₃ CH ₂ COOH	Propionat hasil penelitian (Σy)
	I	H ₂ O	H
Butirat	J	C ₆ H ₁₂ O ₆	J
	K	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	Butirat hasil penelitian (Σz)
	L	CO ₂	J x 2
	M	H ₂	J x 2
Methan	N	CH ₄	Methan hasil penelitian (Σk)
	O	H ₂	N x 4
	P	CO ₂	O:4
	Q	H ₂ O	P x 2
Total Akhir	R	CH ₃ COOH	C
	S	CH ₃ CH ₂ COOH	H
	T	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	K
	U	C ₆ H ₁₂ O ₆ (Σa)	A + F + J
	V	CO ₂	(D + L) -P
	W	H ₂ O	Q - (B - I)
	X	H ₂	(E + M) - G
Y	CH ₄	N	

Estimasi energi

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

Analisis data

Data dianalisis menggunakan analisis variansi (Anova). Jika interaksi berpengaruh nyata, akan diuji lanjut orthogonal polynomial. Apabila tidak berpengaruh nyata, maka dilakukan analisis individu terhadap faktor A dan B. Jika faktor A berpengaruh nyata, diuji lanjut dengan BNJ, dan jika faktor B berpengaruh nyata, akan diuji lanjut dengan orthogonal polynomial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volatile Fatty Acids (VFA) merupakan hasil utama (reaksi dasar) dari proses fermentasi rumen dan berasal dari sumber karbohidrat (heksosa, glukosa, xylosa dan lainnya). Gas lain yang dapat diidentifikasi sebagai produk gas rumen hasil fermentasi adalah CO₂, H₂ dan CH₄ (Tanuwiria et al., 2013). Penyusun terbesar VFA terdiri atas tiga senyawa terbang yaitu asetat (C₂), propionat (C₃), dan butirat (C₄). Masing-masing senyawa tersebut memiliki nilai energi yang berbeda. Setiap mol C₂ menyumbang energi sebesar 209,4 kkal, C₃ sebesar 367,2 kkal, dan C₄ sebesar 524,3 kkal (Bruinenberg et al., 2002). Syamsi dan Waldi (2021) telah mendapatkan hasil kadar VFA parsial dan methan dari ransum berbasis indeks SPE dengan sumber protein bebungkilan yang berbeda (Tabel 2). Hasil tersebut digunakan untuk mendapatkan estimasi produksi energi, energi reaktan, energi terbuang, persentase energi terbuang, dan persentase efisiensi produksi energi (Tabel 4 dan Tabel 5) melalui perhitungan stoikiometri pembentukan VFA (Gambar 1).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi energi ransum penelitian berada pada kisaran 15.334,50-15.736,69 kkal dan energi reaktan pada kisaran 23.225,23-25.580,73 kkal. Hasil ini lebih rendah dibandingkan Syamsi et al. (2020) yang mendapatkan hasil produksi energi berkisar antara 19.138,16-20.393,54 kkal dan energi reaktan antara 19.464,84-19.977,16 kkal. Ahmad et al. (2020) menjelaskan bahwa produksi energi dalam metabolisme rumen dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dan kandungan nutrisi ransum utamanya BETN dan serat. Kadar nutrisi ransum

(Tabel 1) menunjukkan kadar serat, BETN, dan TDN yang lebih rendah dibandingkan Syamsi et al. (2020).

Tabel 4. Estimasi produksi energi dan energi reaktan dari ransum berbasis indeks SPE dengan sumber protein bebungkilan berbeda

Perlakuan	Variabel	Produksi energi (kkal)	Energi reaktan (kkal)
R1		15.662,32 ± 897,90	19.790,41 ± 1.046,15
R2		15.554,51 ± 1869,66	19.903,98 ± 2.415,34
R3		15.315,85 ± 179,66	19.522,05 ± 135,23
R4		15.334,50 ± 2307,33	19.464,84 ± 2.939,76
R5		15.521,23 ± 1979,24	19.655,81 ± 2.508,72
R6		15.736,69 ± 1835,15	19.977,16 ± 2.313,35
	Sig.	ns	ns

Keterangan: Sig. = signifikansi; ns = tidak signifikan; kkal: kilokalori

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa indeks SPE, jenis bungkil, dan interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap produksi energi dan energi reaktan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Syamsi dan Waldi (2021) yang menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang nyata antara indeks SPE dan jenis bungkil terhadap produksi C2, C3, dan C4. Hal ini disebabkan karena proporsi penggunaan sumber protein bebungkilan tidak berbeda pada semua perlakuan. Masing-masing perlakuan mendapatkan 10% suplementasi protein bebungkilan. Meskipun keduanya memiliki kadar nutrisi yang cukup berbeda, tetapi perannya dalam masing-masing perlakuan menghasilkan nilai nutrisi ransum yang tidak jauh berbeda. Syamsi et al. (2018) menyatakan bahwa produksi VFA dapat dipengaruhi oleh perbedaan kadar BETN dan TDN pada masing-masing ransum perlakuan. Tabel 1 menunjukkan bahwa TDN pada masing-masing perlakuan tidak jauh berbeda (59.99-61.75%). Hal tersebut menunjukkan bahwa, kesempatan jumlah zat makanan tercerna merata pada setiap perlakuan. Selain itu, variasi kadar BETN pada masing-masing perlakuan juga tidak terlalu berbeda (48.14-53.80%), sehingga molar produksi VFA parsial juga tidak berbeda nyata dan berdampak pada produksi energi yang juga tidak nyata.

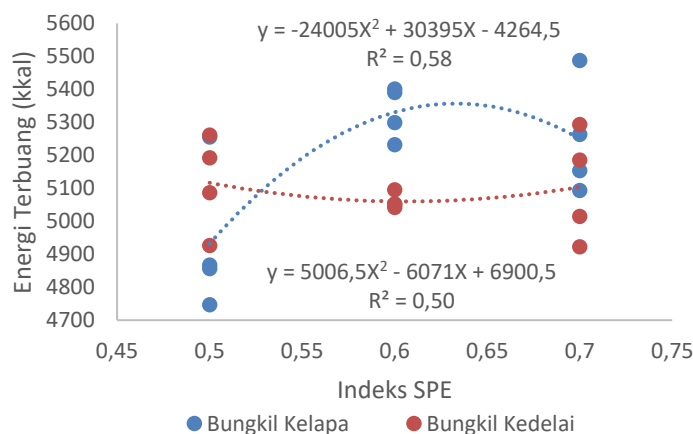
Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi energi terbuang berada pada kisaran antara 4931,67-5330,61 kkal. Sejalan dengan hasil tersebut, didapatkan juga persentase energi terbuang pada kisaran 24,99-27,08%, sedangkan efisiensi produksi energi berada pada kisaran 78,16-79,13%. Orskov dan Ryle (1990) mengatakan bahwa angka efisiensi heksosa (karbohidrat) menjadi VFA adalah sebesar 80% dengan angka dibawahnya menunjukkan efisiensi yang kurang dan diatasnya merupakan suatu kondisi yang baik. Hasil perhitungan efisiensi konversi gula menjadi VFA (efisiensi produksi energi) memiliki persentase kurang dari 80%, dan dapat dinyatakan bahwa produksi energi ransum penelitian ini kurang efisien. Johnson and Johnson (1995) menyatakan bahwa efisiensi energi erat kaitanya dengan pembentukan gas methan. Hasil penelitian ini menunjukkan persentase energi terbuang yang cukup tinggi yaitu diatas 20%. Tapio et al. (2017) menjelaskan bahwa bahwa emisi gas methan yang berasal yang normal dari proses fermentasi rumen adalah sekitar 12%.

Tabel 5. Energi terbuang, persentase energi terbuang, dan efisiensi produksi energi dari ransum berbasis indeks SPE dengan sumber protein bebungkilan berbeda

Variabel Perlakuan	Energi terbuang (kkal)	Persentase energi terbuang (%)	Efisiensi produksi energi (%)
R1	4931,67 ± 222,45	24,99 ± 1,85	79,13 ± 0,56
R2	5330,61 ± 79,87	27,08 ± 2,86	78,16 ± 0,21
R3	5249,45 ± 173,48	26,89 ± 0,88	78,45 ± 0,49
R4	5116,64 ± 145,81	26,80 ± 4,62	78,79 ± 0,43
R5	5060,25 ± 23,63	26,09 ± 3,58	78,97 ± 0,11
R6	5104,00 ± 166,79	25,82 ± 3,19	78,77 ± 0,37
Sig.	*	ns	*

Keterangan: Sig. = signifikansi; ns = tidak signifikan; *: signifikan; kkal: kilokalori

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa interaksi antara indeks SPE dan jenis sumber protein bebungkilan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap energi terbuang dan efisiensi produksi energi, tetapi tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap persentase energi terbuang. Persentase energi terbuang didapatkan dari perbandingan energi terbuang terhadap energi rekatan. Hal tersebut disebabkan karena ritme (kenaikan dan penurunan) produksi metan yang sama dengan energi reaktan. Uji orthogonal polynomial menunjukkan pengaruh secara kuadrat pada interaksi antara indeks SPE dan jenis bungkil baik bagi energi terbuang ataupun efisiensi produksi energi. Gambar 2 menunjukkan bahwa energi terbuang bungkil kelapa pada indeks SPE berbeda membentuk grafik tertutup dengan persamaan $Y = -24005X^2 + 30395X - 4264,5$, koefisien determinasi (R^2) = 0,58, dan dengan titik puncak = P (0,63; 5357). Berlainan dengan itu, energi terbuang bungkil kedelai pada indeks SPE berbeda membentuk grafik terbuka dengan persamaan $Y = 5006,5X^2 - 6071X + 6900,5$, koefisien determinasi (R^2) = 0,50, dan dengan titik bawah = P (0,61; 5060,04).

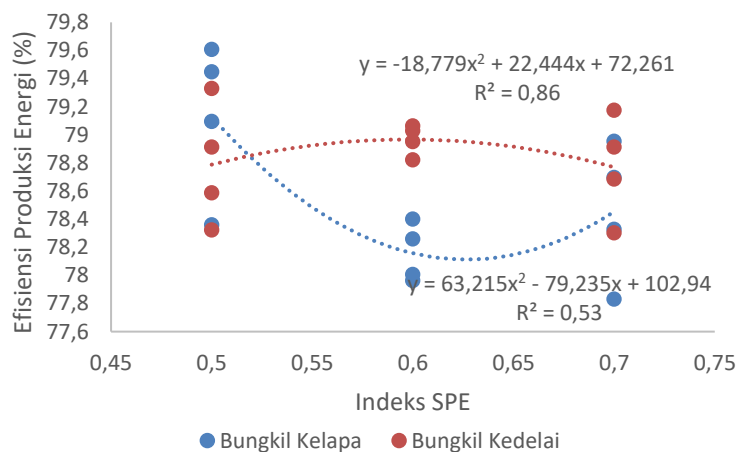


Gambar 2. Grafik interaksi antara indeks SPE dengan jenis sumber protein bebungkilan terhadap energi terbuang

Bungkil kedelai memiliki efek yang lebih baik dibandingkan dengan bungkil kelapa terhadap produksi energi terbuang. Hal ini dibuktikan bahwa rata-rata energi terbuang pada bungkil kedelai lebih rendah dibandingkan dengan bungkil kelapa (Tabel 5). Waldi et al. (2017) menyatakan bahwa bungkil kedelai memiliki degradabilitas yang tinggi dibandingkan dengan bungkil kelapa, sehingga penyediaan

ammonia terhadap sintesis protein mikroba lebih cepat mencapai kondisi yang simultan dengan energi tersedia. Hasil penelitian Syamsi dan Waldi (2021) menunjukkan bahwa ransum indeks SPE dengan sumber protein bebungkilan berbeda menghasilkan grafik serupa pada pengukuran A:P rasio dan methan. Bungkil kedelai membentuk grafik kuadratik terbuka dengan A:P rasio terendah pada indeks 0,60 dan produksi methan terendah pada indeks 0,61. Bungkil kelapa membentuk grafik kuadratik tertutup dengan puncak tertinggi A:P rasio dan produksi methan pada indeks 0,63. Menurutnya, hal ini disebabkan karena bungkil kedelai memiliki kandungan asam amino yang lebih lengkap, yang dapat digunakan sebagai kofaktor pertumbuhan mikroorganisme rumen secara umum.

Hasil analisis variansi menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) antara indeks SPE dengan jenis sumber protein bebungkilan terhadap efisiensi produksi energi. Efisiensi energi didapatkan dari perbandingan produksi energi dengan energi reaktan. Meskipun hasil penelitian menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap energi reaktan dan total produksi energi, namun efisiensi produksi energi menunjukkan hasil yang sebaliknya. Hal ini disebabkan karena produksi energi terbuang memiliki pengaruh yang nyata.



Gambar 3. Grafik interaksi antara indeks SPE dengan jenis sumber protein bebungkilan terhadap efisiensi produksi energi

Uji orthogonal polynomial menunjukkan respon kuadratik tertutup pada bungkil kedelai dan terbuka pada bungkil kelapa terhadap efisiensi produksi energi dengan indeks SPE yang berbeda. Persamaan yang dihasilkan dari bungkil kelapa adalah $Y = 63,215X^2 - 79,235 X + 102,94$, koefisien determinasi (R^2) = 0,53, dan titik terendah pada P (0,62; 78,11). Sedangkan bungkil kedelai dengan persamaan $Y = -18,779X^2 + 22,444X + 72,261$, koefisien determinasi (R^2) = 0,86, dan dengan titik puncak P (0,6; 78,98). Menilik hasil penelitian Syamsi dan Waldi (2021) pada Tabel 2, terlihat bahwa rata-rata produksi asetat pada bungkil kedelai lebih rendah dibandingkan bungkil kelapa. Sebaliknya, rata-rata produksi C3 dan C4 bungkil kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan bungkil kelapa. Syamsi et al. (2018) menyatakan bahwa menurunnya produksi asetat dibarengi dengan peningkatan C3 akan menurunkan A:P rasio dan produksi methan. Syamsi et al. (2020) lebih lanjut menjelaskan bahwa penurunan methan dan

peningkatan produksi C3 berasosiasi dengan menurunnya energi terbuang dan meningkatnya efisiensi produksi energi. Mitsumori dan Sun (2008) menjelaskan bahwa sumbangan energi dari C3 lebih tinggi dibandingkan dengan C2, selain itu produksi C2 juga berhubungan positif dengan produksi metan. Oleh karena itu meningkatnya produksi C3 dibarengi dengan penurunan C2 akan menghasilkan efisiensi energi yang lebih baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa ransum dengan indeks sinkronisasi protein-energi (SPE) medium (0,6 – 0,61) dengan sumber protein bungkil kedelai menunjukkan hasil terbaik berdasarkan pada estimasi energi melalui stoikiometri pembentukan *volatile fatty acids* (VFA).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. A., C. Yang, J. Zhang, Q. Kalwar, Z. Liang, C. Li, M. Du, P. Yan, R. Long, J. Han dan X. Ding. 2020. Effects of Dietary Energy Levels on Rumen Fermentation, Microbial Diversity, and Feed Efficiency of Yaks (*Bos grunniens*). 11 (625): 1-12.
- Bruinenberg, M.H., Y. Vab der Horning, R.E. Agnew, T. Yan, A.M. van Vuuren and H. Vulk. 2002. “Energy Metabolism of Dairy Cow Feed on Grass”. *Livestock Production Science*. 75:117-128.
- Ginting, S.P. 2005. Sinkronisasi Degradasi Protein dan Energi dalam Rumen untuk Memaksimalkan Produksi Protein Mikroba. *Wartazoa*. 15(1): 1-10.
- Johnson, K. A. and D. E. Johnson. 1995. “Methane emissions from cattle”. *J. Anim. Sci*. 73:2483-2492.
- Mitsumori, M. and W. Sun. 2008. “Control of rumen microbial fermentation for mitigating methane emissions from the rumen”. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*. 21:144-154.
- Orskov, E.R and M. Ryle. 1990. Energy Nutrition in Ruminan. *Elsivier Appl. Sci*. London and New York.
- Riis. P. M. 1983. Dynamic Biochemistry Of Animal Production. Departement Of Animal Physiology. The Royal Veterinary and Agricultural Universty. Copenhagen. Denmark
- Suhada, A.T., L. K. Nuswantara, E. Pangestu, F. Wahyono dan J. Achmadi. 2016. Effect of Synchronization of Carbohydrate and Protein Supply in the Sugarcane Bagasse Based Diet on Microbial Protein Synthesis in Sheep. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric*. 41(3):135-144.
- Syamsi, A. N., F. M. Suhartati dan W. Suryapratama. 2017. Pengaruh Daun Turi (*Sesbania Grandiflora*) dan Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) dalam Ransum Sapi Berbasis Indeks Sinkronisasi Protein–Energi Terhadap Sintesis Protein Mikroba Rumen. *Pastura*. 6 (2): 47-52.
- Syamsi, A. N., T. Y. Astuti dan P. Soediarto. 2018. Volatile Fatty Acids and Methane Profile of Dairy Cattle Ruminant Fluid was Gived Legumes in Ration Based on Synchronization Protein-Energy Index. *Buletin Peternakan*. 42 (4): 283-289.
- Syamsi, A.N., H. S. Widodo, T. Y. Astuti, P. Soediarto and Y. Subagyo. 2020. Potensi Produksi Energi Ransum Berbasis Indeks Sinkronisasi Protein-Energi dengan Suplementasi Leguminosa Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Agorindustri Tahun 2020: Peningkatan Daya Saing Melalui Perbaikan Mutu Produk Dalam Rangka Pembangunan Pertanian Di Era Industri 4.0*. Universitas Mercubuana. D. I. Yogyakarta.
- Syamsi, A. N. dan L. Walidi. 2021. Volatile Fatty Acids and Methane Production in Dairy Cow Ration Based on Protein-Energy Synchronization Index with A Meals Protein Source. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 31(2): 114–120.
- Tanuwiria, U.H., E. Nurdin and S. Wira. 2013. “Produksi Asam Lemak Terbang, Gas Total, dan Methan dalam Rumen Sapi dalam Ransum yang Berimbangan Kunyit Putih, Kunyit Mangga dan Jinten pada

Berbagai Level Zn-Cu organik (In Vitro)”. Seminar Nasional Peternakan Berkelanjutan. Universitas Padjajaran. Jawa Barat.

- Tapio, I., T. J. Snelling, F. Strozzi and R. J. Wallace. 2017. The Ruminant Microbiome Associated with Methane Emissions from Ruminant Livestock. *J Anim Sci Biotechnol.* 8 (7): 1-11.
- Tilley, J.M. A. and R.A. Terry, 1969. The Relationship Between The Soluble Constituent Herbage and Their Dry Matter Digestibility. *Grass and Forage Science.* 24 (4): 290-295.
- Waldi, L., W. Suryapratama, dan F.M. Suhartati. 2017. Pengaruh Penggunaan Bungkil Kedelai dan Bungkil Kelapa dalam Ransum Berbasis Indeks Sinkronisasi Energi dan Protein terhadap Sintesis Protein Mikroba Rumen Sapi Perah. *Journal of Livestock Science and Production.* 1 (1): 1-12.
- Widyobroto, B.P., S.P.S. Budhi dan A. Agus. 2007. Effect of Undegraded Protein and Energy Level on Rumen Fermentation Parameters and Microbial Protein Synthesis in Cattle. *Journal Indonesian Tropical Animal Agriculture.* 32(3): 194-200.