

ESTIMASI ENERGI PADA RANSUM RUMINANSIA YANG DISUPLEMENTASI BUNGKIL KEDELAI TERPROTEKSI EKSTRAK DAUN MAHONI: BERDASARKAN STOIKIOMETRI PEMBENTUKAN *VOLATILE FATTY ACIDS*

Merryafinola Ifani*, Yusuf Subagyo, dan Hermawan Setyo Widodo

Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

*Email korespondensi: merryafinola.ifani@unsoed.ac.id

Abstrak. Bungkil kedelai terproteksi ekstrak daun mahoni dengan level yang berbeda. Materi yang digunakan yaitu cairan rumen sapi, ransum basal terdiri dari konsentrat dan rumput gajah dengan rasio 60:40%, serta ekstrak daun mahoni dengan taraf 0; 1,5; 3; dan 4,5%. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan metode *in vitro* untuk mendapatkan kadar VFA parsial. 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 penambahan bungkil kedelai terproteksi pada ransum ruminansia tidak berpengaruh nyata terhadap EPE dan PET. Namun demikian, interaksinya berpengaruh nyata terhadap ER dan ET. Uji orthogonal polynomial menunjukkan respon kubik pada penambahan bungkil kedelai terproteksi daun mahoni terhadap ER ($Y = -704,51X^3 + 4538,26 X^2 - 5904,57X + 15190,73$; (R^2) = 0,65; P (3,5; 19912,25 kkal)), begitu pula dengan penambahan bungkil kedelai terproteksi daun mahoni berpengaruh nyata secara kubik terhadap ET ($Y = -148,87 X^3 + 967,14 X^2 - 1276,83 X + 3056,95$; (R^2) = 0,67; P (3,5; 4052,55 kkal)). Kesimpulan penelitian didapatkan bahwa ransum dengan penambahan bungkil kedelai terproteksi ekstrak mahoni dengan taraf 1,5 menunjukkan hasil efisiensi terbaik berdasarkan pada estimasi energi melalui stoikiometri pembentukan VFA.

Kata kunci: bungkil kedelai terproteksi, daun mahoni, stoikiometri pembentukan VFA

Abstract. The aim of this study was to determine the best energy estimation in rations supplemented with soybean meal protected by mahogany leaf extract at different levels. The materials used were cow rumen fluid, basal ration consisting of concentrate and elephant grass with a ratio of 60:40%, and mahogany leaf extract with a mean of 0; 1.5; 3; and 4.5%. The test was carried out experimentally using the *in vitro* method to obtain partial VFA levels. The partial VFA data is then calculated based on the potential energy production per mole to get the total energy production (TEP). Furthermore, it is also included in the calculation of the stoichiometry of VFA formation to obtain estimates of reactant energy (RE), wasted energy (WE), percentage of wasted energy (PWE) and energy production efficiency (EPE). The results showed that the addition of protected soybean meal to ruminant rations had no significant effect on EPE and TEP. However, the interaction has a significant effect on RE and WE. The orthogonal polynomial test showed a cubic response to the addition of mahogany leaf protected soybean meal to RE ($Y = -704.51X^3 + 4538.26 X^2 - 5904.57X + 15190.73$; (R^2) = 0.65; P (3.5; 19912.25 kcal)), as well as the addition of mahogany leaf protected soybean meal significantly affected cubic WE ($Y = -148.87 X^3 + 967.14 X^2 - 1276.83 X + 3056.95$; (R^2) = 0.67; P (3.5; 4052.55 kcal)). The conclusion of the study was that the ratio with the addition of mahogany extract protected soybean meal with a level of 1.5 showed the best efficiency results based on energy estimation through the formation of VFA stoichiometry.

Keywords: protected soybean meal, mahogany leaves, stoichiometry of VFA formation

Pendahuluan

Bungkil kedelai memiliki kandungan protein kasar yang tinggi yaitu berkisar 49%, namun disisi lain bungkil kedelai memiliki kelarutan yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 50-80% secara *in vitro* (Prasetyono et al., 2007). Waldi et al. (2017) menyatakan bahwa degradasi protein bungkil kedelai dalam waktu 48 jam *in vitro* mencapai 24,149gram N/jam dan ditunjukkan dengan tingginya taraf amonia yaitu sebesar 12,97-14,42 mM. Jumlah protein bungkil kedelai yang tahan degradasi dalam rumen berkisar antara 22-53% dan pencernaan di dalam usus halus mencapai 86-100% dari jumlah

protein yang tahan degradasi rumen (Stern et al., 2006). Tingginya tingkat degradasi protein bungkil kedelai dalam rumen menyebabkan bungkil kedelai perlu dilakukan proteksi untuk mengurangi nilai degradabilitasnya.

Degradabilitas protein bungkil kedelai yang tinggi menyebabkan pemanfaatannya menjadi kurang efisien. Bungkil kedelai tanpa proteksi di rumen akan didegradasi oleh bakteri rumen menjadi ammonia dan selanjutnya difermentasi menjadi amonia untuk proses sintesis protein mikroba. Proses sintesis protein mikroba bisa berjalan optimal apabila tersedianya ammonia yang diimbangi dengan tersedianya energi, jika tidak maka ammonia yang terbentuk akan dikeluarkan kembali dalam bentuk urea. Protein bungkil kedelai yang diproteksi akan terhindar dari degradasi protein dalam rumen sehingga mampu meningkatkan protein lolos degradasi rumen dan mampu menyediakan protein/asam amino terutama di paska rumen tanpa mengganggu aktivitas mikroba rumen. Perlindungan atau proteksi protein pakan dimaksudkan untuk mengurangi degradasi protein oleh mikroba rumen tanpa mengurangi ketersediaan amonia untuk sintesis protein mikroba dan kemampuan hidrolisis oleh enzim-enzim di dalam abomasum dan usus (Puastuti et al., 2006).

Proteksi protein menggunakan tanin kondensasi merupakan salah satu alternatif yang bisa digunakan sebagai agen proteksi protein karena memiliki tingkat efisien yang paling baik dibanding proteksi protein menggunakan pemanasan maupun formaldehid. Tanin kondensasi berpotensi dalam melindungi protein dari degradasi mikroba di dalam rumen (Waghorn, 2008) sehingga dapat meningkatkan jumlah ketersediaan protein untuk inang, sedangkan tanin hidrolisis dalam jumlah yang berlebih akan berpotensi untuk meracuni ternak. Pengikatan kompleks tanin-protein terjadi pada pH 3.5-7.0 dan akan memisah pada pH <3.5 (Min et al., 2003) nilai pH tersebut sesuai dengan pH pada abomasum. Ikatan kompleks tanin-protein yang terpisah dalam abomasum dapat meningkatkan jumlah protein dalam usus (Makkar, 2003). Hal tersebut telah dibuktikan oleh Cahyani et al. (2012) yang melaporkan bahwa perlakuan proteksi protein tepung kedelai menggunakan tanin daun bakau mampu menurunkan fermentabilitas akibat pembentukan ikatan kompleks tanin-protein. Rimbawanto et al. (2015) menyatakan bahwa penggunaan tanin kondensasi kaliandra pada ikan rucah mampu meningkatkan pencernaan protein total secara in vitro.

Proses pencernaan protein tergantung pada pemisahan kompleks tanin-protein dalam abomasum, karena ikatan kompleks tanin-protein tidak dapat sepenuhnya melepaskan masing-masing, hal tersebut terkait dengan tanin dan struktur protein yang berbeda (Muller and Harvey, 2006). Hasil penelitian Yusiati et al. (2018) menunjukkan bahwa daun mahoni memiliki kandungan tanin total sebesar 11,9 mg/100 mg BK daun mahoni yang terdiri dari tanin kondensasi $9,241 \pm 0,02$ mg/100 mg BK dan tanin terhidrolisis sebesar $2,707 \pm 0,06$ mg/100 mg BK daun mahoni serta kemampuan mahoni dalam mengikat protein mencapai 1,217 mg BSA/mg BK daun sehingga daun mahoni memiliki potensi yang dapat digunakan sebagai sumber tanin kondensasi pada proteksi protein pakan ruminansia tanpa mengganggu aktivitas mikroba di dalam rumen. Dengan menjaga aktivitas mikroba rumen maka proses sintesis protein mikroba rumen tidak akan terganggu.

Sintesis protein mikroba di rumen menggambarkan tingginya aktivitas mikroba di rumen. Syamsi (2018) menyatakan bahwa fermentasi VFA dan NH₃ erat kaitannya dengan sintesis protein mikroba yang kemudian akan tersalurkan ke pasca rumen, VFA diserap ternak dan dipakai sebagai sumber energi utama. Produksi VFA merupakan cerminan jumlah bakteri, sehingga erat kaitannya dengan protein mikroba. VFA tersusun dari asetat, propionate, dan butirat yang memiliki nilai energi yang berbeda. Selama proses pembentukan VFA terdapat produk samping berupa metan yang merupakan energi yang terbuang. Sehingga dengan mengetahui produksi VFA maka bisa memperkirakan potensi

produksi energi yang dapat dihasilkan melalui perhitungan stoikiometri (Riis, 1983; Bruinenberg et al., 2002). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi produksi energi yang paling efisien pada ransum dengan substitusi bungkil kedelai terproteksi dengan level yang berbeda dengan perhitungan stoikiometri.

Materi dan Metode

Materi yang digunakan dalam percobaan *in vitro* ini adalah cairan rumen dari tiga sapi potong yang diambil dari Rumah Potong Hewan (RPH) Bantaruni, Kecamatan Kembaran, Kabupaten Banyumas, segera setelah sapi dipotong. Ransum yang diuji tersusun dari konsentrat 60%, hijauan 40%, dan bungkil kedelai 2%. Bahan penyusun konsentrat terdiri dari bungkil kelapa 20%, onggok 50%, dan pollard 30%, komposisi pakan tertera pada Tabel 1. Kandungan nutrient percobaan terdiri dari BK 85,54%, PK 13,43%, LK 6,2%, Abu 12,37%, BETN 31,35%, SK 21,65% dan TDN 67,07%.

Tabel 1. Komposisi Kimia Bahan Pakan yang Digunakan

Jenis pakan	Bahan Kering	Protein Kasar	Serat Kasar	Lemak Kasar	Abu
	----- (%BK) -----				
Rumput gajah	23,74	6,62	4,69	30,76	15,73
Bungkil kelapa	86,00	21,52	15,46	24,58	13,01
Onggok	85,34	2,23	15,89	16,10	12,93
Pollard	85,55	12,51	14,71	8,13	13,37
Bungkil kedelai	87,34	38,92	19,53	9,78	11,20

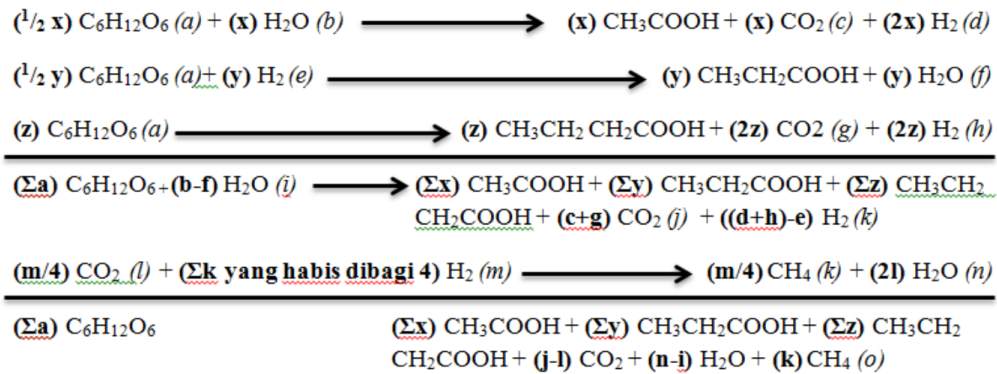
Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimen secara *in vitro* (Tilley dan Terry, 1963). Perlakuan yang diuji pada penelitian ini adalah proteksi bungkil kedelai menggunakan ekstrak daun mahoni. Perlakuan terdiri 4 macam proteksi bungkil kedelai dengan konsentrasi tanin 0; 1,5; 3; dan 4,5 % (Tabel 3). Metode percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap *one way classification* (Steel dan Torrie, 1993). Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 6 kali sehingga terdapat 24 unit percobaan. Potensi produksi energi dihitung berdasarkan stoikiometri menurut Bruinenberg et al. (2002) yang dikembangkan oleh Syamsi et al. (2020) dan Syamsi et al. (2022). Perhitungan produksi energi berdasarkan VFA parsial yang sudah didapatkan oleh ifani et al. (2021) pada Tabel 2.

Bentuk stoikiometri pembentukan VFA dijelaskan pada Gambar 1 sedangkan untuk perhitungan jumlah karbohidrat berdasarkan data VFA parsial menggunakan perhitungan menurut Syamsi et al. (2022). Data yang diperoleh ditabulasi kemudian dianalisis menggunakan analisis variansi. Jika perlakuan berpengaruh nyata terhadap peubah respon, maka diuji lanjut menggunakan *orthogonal polynomial*.

Tabel 2. Rataan produksi volatile fatty acids (VFA) hasil penelitian ifani et al. (2021)

Parameter	Treatment				Signifikansi
	P0	P1	P2	P3	
Asam Asetat (mM)	29,67±0,64 ^a	28,01±2,1 ^a	38,11±4,11 ^b	32,22±6,59 ^a	.002
Asam Propionat (mM)	8,40±0,55 ^a	7,69±0,57 ^a	10,59±0,54 ^b	8,77±1,61 ^a	.001
Asam Butirat (mM)	3,54±0,24 ^a	3,62±0,31 ^a	4,31±0,23 ^b	3,75±0,36 ^a	.002

Sumber: ifani et al. (2021)



Gambar 1. Stoikiometri Perhitungan Produksi VFA (Syamsi et al., 2020; Syamsi et al., 2022)

Hasil dan Pembahasan

Hidrolisis karbohidrat menghasilkan volatile fatty acids (VFA) yaitu asam asetat (C2), propionat (C3), isobutyrate (IC4), butirrat (C4), isovalerat (IC5) dan valerat (C5) dan digunakan sebagai sumber energi utama bagi ternak ruminansia maupun mikrobia rumen itu sendiri (Suhartanto, 2014). Volatile fatty acid merupakan sumber energi yang penting bagi ternak ruminansia dan mikrobia dalam rumen itu sendiri. Proporsi dan konsentrasi VFA di dalam cairan rumen bervariasi tergantung dari jenis pakan yang diberikan. Ifani et al., (2021) telah memperoleh hasil konsentrasi VFA parsial pada ransum dengan penambahan bungkil kedelai terproteksi ekstrak daun mahoni dengan berbagai konsentrasi (Tabel 2). Hasil tersebut digunakan untuk mendapatkan estimasi produksi energi, energi reaktan, energi terbuang, persentase energi terbuang, dan persentase efisiensi produksi energi (Tabel 3) melalui perhitungan stoikiometri pembentukan VFA (Gambar 1).

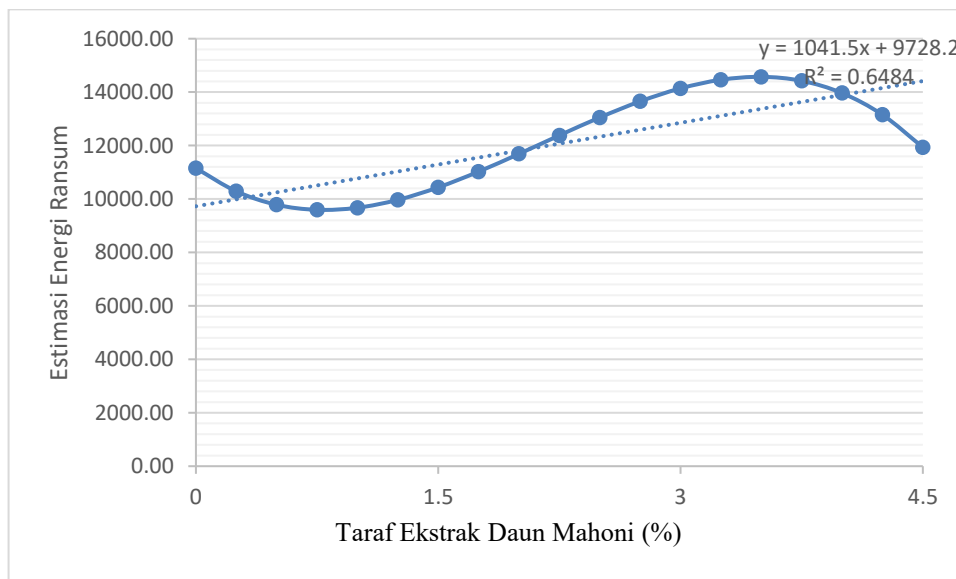
Tabel 3. Estimasi produksi energi, energi reaktan, energi terbuang, persentase energi terbuang, dan persentase efisiensi produksi energi

Parameter	Perlakuan			
	P0	P1	P2	P3
Asam Asetat (Kkal)	6212,89± 134	5655,89 ± 502	7980,58 ± 943	6747,56 ± 1513
Asam Propionat (Kkal)	3085,70 ± 208	2880,68 ± 185	3901,5 ± 196	3220,95 ± 591
Asam Butirat (Kkal)	1853,40 ± 127,27	1899,71 ± 166,75	2258,85 ± 125,19	1967,87 ± 192,41
Produksi Energi (Kkal)	11152 ± 339,09	10436,29± 406,59	14140,94 ± 1024	11936,39 ± 2108
Energi Reaktan (Kkal)	15190,73 ± 471	14167,21±637	19299,39±1554	16320,81±2935
Efisiensi Produksi Energi (%)	73,40 ± 0,44	73,68 ± 0,80	73,32 ± 0,89	73,18 ± 0,30
Energi Terbuang (Kkal)	3056,95 ± 65	2815 ± 216	3911 ± 443	3329 ± 638
Persentase Metan (%)	20,13 ± 0,44	19,84 ± 0,8	20,20 ± 0,89	20,35 ± 0,30
Efisiensi Produk (%)	79,86 ± 0,44	80,15 ± 0,8	79,79 ± 0,89	79,64 ± 0,3
Persentase Energi Terbuang (%)	27,43 ± 0,76	26,94±1,3	27,57 ± 1,52	27,81 ± 0,53

Rataan hasil estimasi energi asetat, propionate, dan butirrat pada ransum yang ditambahkan bungkil kedelai terproteksi ekstrak daun mahoni dalam ransum tertera pada Tabel 3. Rataan estimasi energi asam asetat, propionate, dan butirrat hasil perhitungan berturut-turut berkisar dari 5655,89 Kkal s/d 7980,58 Kkal; 2880,68 Kkal s/d 3901,5 Kkal; 1853,40 Kkal s/d 2258,85 Kkal (Tabel 3). Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun mahoni dengan taraf yang berbeda berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap estimasi energi asam asetat, propionate, dan butirrat. Berdasarkan hasil estimasi energi asetat, propionat dan butirrat maka dapat dihitung hasil estimasi

produksi energi ransum. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa produksi energi ransum penelitian berada pada kisaran 10436,29-14140,94 Kkal dan energi reaktan kisaran 14167,21- 19299,39 Kkal. Hasil penelitian tersebut menunjukkan nilai estimasi energi dan energi reaktan yang lebih rendah dibandingkan dengan 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. Hal tersebut disebabkan oleh Proporsi dan konsentrasi VFA di dalam cairan rumen yang bervariasi dan dipengaruhi oleh dari jenis pakan yang diberikan. Selain dipengaruhi oleh jenis pakan yang diberikan, energi metabolisme juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dalam rumen. Produksi energi dalam metabolisme rumen dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dan kandungan nutrisi ransum (Ahmad et al. 2020).

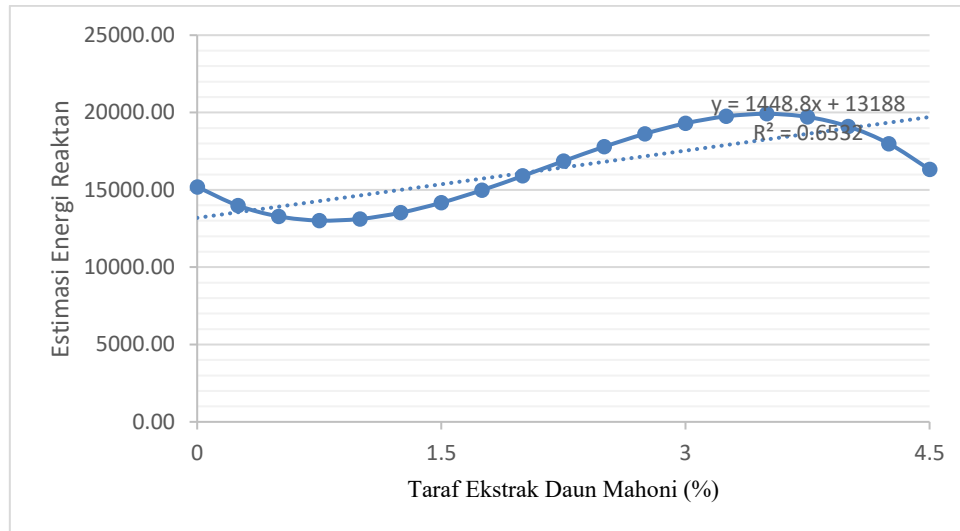
Uji orthogonal polinomial menunjukkan bahwa penambahan bungkil kedelai terproteksi ekstrak mahoni berpengaruh secara kubik terhadap estimasi produksi energi dan estimasi energi reaktan dengan persamaan $Y = 11152 - 4236,05x + 3277,67x^2 - 510,10x^3$ ($R^2 = 0,64$) (Gambar 2) dan $Y = 15190,73 - 5904,58x + 4538,263x^2 - 704,51x^3$ ($R^2 = 0,65$) (Gambar 3). Berdasarkan koefisien determinasi yang dihasilkan, persamaan tersebut dapat menduga pengaruh penambahan bungkil kedelai terproteksi ekstrak daun mahoni terhadap estimasi produksi energi dan energi reaktan dengan akurasi ketepatan secara berturut-turut 64% dan 65% kemudian sisanya dipengaruhi oleh faktor diluar perlakuan.



Gambar 2. Pengaruh Penambahan Bungkil Kedelai Terproteksi Ekstrak Daun Mahoni Terhadap Estimasi Energi Ransum

Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun mahoni mula-mula menurunkan estimasi produk energi dari kontrol menjadi 10436,29 Kkal pada taraf pemberian ekstrak daun mahoni 1,5%, selanjutnya meningkat menjadi 14140,94 Kkal pada taraf pemberian 3%, namun menurun kembali menjadi 11936,39 Kkal pada taraf pemberian 4,5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan ekstrak tanin pada bungkil kedelai mempengaruhi produk energi dengan titik terendah pada P1 (0,75; 9596 Kkal) dan titik tertinggi pada P2 (3,5; 14572,77 Kkal). Penurunan pada taraf 4,5% menghasilkan produk energi yang lebih tinggi dibandingkan taraf 1,5%, hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian taraf tanin kondensasi pada taraf 3-4,5% membuat lingkungan rumen yang stabil sehingga tidak mengganggu aktivitas bakteri rumen. Nuraliah et al. (2015) menyatakan bahwa level tanin pada

bungkil kedelai yang rendah pada ransum belum mampu mempengaruhi proses fermentasi dalam rumen. Agustina et al. (2020) menyatakan bahwa asam asetat merupakan produk akhir utama yang dihasilkan dari bahan pakan sumber serat.



Gambar 2. Pengaruh Penambahan Bungkil Kedelai Terproteksi Ekstrak Daun Mahoni Terhadap Estimasi Energi Reaktan

Peningkatan produksi energi taraf 3% menggambarkan bahwa pada taraf tersebut tanin daun mahoni tidak mengganggu aktivitas bakteri rumen. Benchaar et al. (2008) melaporkan bahwa penambahan tanin kondensasi daun Quebracho taraf 1-2% tidak mengganggu aktivitas bakteri selulolitik. Rindawati et al. (2019) menyatakan bahwa tanaman mahoni memiliki senyawa sekunder diantaranya golongan senyawa flavonoid, alkaloid, fenolik, saponin dan tanin. Kandungan alkaloid pada ekstrak daun mahoni yang bersifat basa diduga mampu mempertahankan keseimbangan pH rumen.

Gambar 2. Menunjukkan bahwa estimasi energi reaktan memiliki dinamika yang sama dengan grafik estimasi produksi energi, yaitu terjadi penurunan dari kontrol pada pemberian ekstrak daun mahoni taraf 1,5%, selanjutnya mengalami peningkatan pada taraf 3% namun menurun kembali pada taraf 4,5% (Gambar 2). Penurunan produk asam propionate pada taraf 1,5% lebih rendah dibandingkan dengan penurunan pada taraf 4,5%. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa penambahan tanin kondensasi taraf 3-4,5% mampu meningkatkan estimasi energi reaktan.

Berdasarkan estimasi produksi energi dan reaktan tersebut dapat menunjukkan efisien tidaknya ransum pakan ternak dengan menghitung persentase energi terbuang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase energi terbuang dengan pemberian bungkil kedelai terproteksi ekstrak mahoni berbagai level pada kisaran 26,94-27,43%, sedangkan efisiensi produksi energi berada pada kisaran 79,64 - 80,15 %. Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa penambahan bungkil kedelai terproteksi ekstrak mahoni dengan level yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap persentase energi terbuang dan efisiensi energi produksi. Hal tersebut disebabkan karena ransum yang digunakan pada semua perlakuan memiliki kandungan nutrisi yang sama, yang berbeda hanyalah persentase ekstrak tanin yang diberikan. Walaupun hasilnya tidak berbeda nyata namun nilai terbaik adalah dengan penambahan bungkil kedelai dengan ekstrak mahoni 1,5% (P1) karena memiliki persentase estimasi energi terbuang yang paling rendah, dan efisiensi energi yang paling baik. Hal tersebut disebabkan

karena pada penambahan bungkil kedelai dengan ekstrak mahoni 1,5% (P1) menghasilkan gas metan yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Metan merupakan gas yang terbentuk dari proses fermentasi anaerob dari bahan pakan di dalam rumen oleh bakteri metanogen yang mencerminkan hilangnya energi pakan (Patra and Saxena, 2010). Efisiensi energi dapat dilihat dari produksi gas metan yang dihasilkan, produksi gas metan tertinggi pada pemberian ekstrak daun mahoni taraf 3% dan terendah pada taraf 1,5% (Tabel 3).

Estimasi efisiensi produksi energi tersebut memiliki nilai yang yang tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Syamsi et al., (2022) yang mendapatkan efisiensi produk sebesar 79% dengan pemberian ransum berbasis SPE. Nilai efisiensi produksi energi tersebut masih baik karena masih berkisar 80%. Orskov dan Ryle (1990) menyatakan bahwa angka efisiensi heksosa (karbohidrat) menjadi VFA adalah sebesar 80%, jika dibawahnya menunjukkan efisiensi yang tidak baik. Hasil penelitian menunjukkan nilai efisiensi rata-rata 80% dapat dinyatakan bahwa produksi energi ransum penelitian ini efisien. Hasil penelitian ini menunjukkan persentase energi terbuang pada P1 memiliki nilai yang paling rendah yaitu 19,84% sedangkan perlakuan lain memiliki persentase energi terbuang yang cukup tinggi yaitu diatas 20%.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ransum dengan penambahan bungkil kedelai terproteksi ekstrak mahoni dengan taraf 1,5 (P1) menunjukkan hasil terbaik berdasarkan pada estimasi energi melalui stoikiometri pembentukan VFA.

Daftar Pustaka

- Agustina S, Wiryawan IKG, Suharti S. 2020. The importance of rumen anaerobic fungi on fibre degradation in ruminants. *Berita Biologi* 19: 231-238. DOI: 10.14203/berita-biologi.v19i3A.3853
- 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.
- Benchaar. C, T. A. McAllister and P. Y. Chouinard. 2008. Digestion, Ruminal Fermentation, Ciliate Protozoal Populations, and Milk Production from Dairy Cows Fed Cinnamaldehyde, Quebracho Condensed Tannin, or Yucca schidigera Saponin Extracts. *J. Dairy Sci.* 91:4765–4777.
- 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.
- Cahyani, R.D., L.K. Nuswantara, dan A. Subrata. 2012. Pengaruh Proteksi Protein Tepung Kedelai dengan Tanin Daun Bakau terhadap Konsentrasi Amonia, Undegraded Protein, dan Protein Total secara In Vitro. *Animal Agriculture Journal.* 1(1): 159-166.
- Ifani, M., Suhartati, F.M., Rimbawanto, E.A., 2021. Effect of Protection of Soybean Meal Using Mahogany Leaf Extract in Ruminant Diet on Rumen Fermentation Products. *J. Ilmu Ternak dan Vet.* 26, 96–107. <https://doi.org/10.14334/jitv.v26i3.2829>
- Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of Tannin in the Tree and Shrub Legumes: A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht. Netherlands.
- Min BR, TN Barry, GT Attwood and WC McNabb. 2003. The effect of CTs on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology.* 106:3–19.
- Nuraliah, S., A. Purnomoadi, L. K. Nuswantara. 2015. Konsentrasi Asam Lemak Terbang dan Glukosa Darah Domba Ekor Tipis yang Diberi Bungkil Kedelai Terproteksi Tanin. *Jurnal Veteriner.* 16 (3) : 448-456.
- Orskov, E.R. and M. Rayle. 1990. Energy Nutrition in Ruminant. Elsevier Science Publisher Ltd. London.
- Patra, A. K. and J. Saxena. 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Journal Phytochemistry.* 71: 1198– 1222.
- Prasetyono, B.W.H.E., Suryahadi, T. Toharmat, dan R. Syarif. 2007. Strategi Suplementasi Protein Ransum Sapi Potong Berbasis Jerami dan Dedak Padi. *Media Peternakan.* 30(3): 207-217.



- Puastuti, W., D. Yulistiani, dan I.W. Mathius. 2012. Respon Fermentasi Rumen dan Retensi Nitrogen dari Domba yang Diberi Protein Tahan Degradasi dalam Rumen. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 17(1): 67-72.
- Riis. P. M. 1983. *Dynamic Biochemistry Of Animal Production*. Departement Of Animal Physiology. The Royal Veterinary and Agricultural Universty. Copenhagen. Denmark
- Rimbawanto, E. A., L. M. Yusiati, E. Baliarti dan R. Utomo. 2015. Effect of Condensed Tannin of *Leucaena* and *Calliandra* Leaves in Protein TrashFish Silage on In Vitro Ruminant Fermentation, Microbial Protein Synthesis and Digestibility. *Journal Animal Production*. 17(2):83-91.
- Rindawati, N. Daniel, C. Saleh. 2019. Uji Fitokimia, Uji Toksisitas Dan Aktvitas Antioksidan Dari Biji Tumbuhan Mahoni (*Swietenia mahagoni* (L) Jacq). *Jurnal Atomik*. 04 (2): 78-81.
- Stern, M.D., A. Bach and S. Calsamiglia. 2006. New Concepts in Protein Nutrition in Ruminants. 21st Annual Southwest Nutrition & Management Conference. Tempe, AZ.
- Suhartanto, B., R. Utomo, Kustantinah, I. G. S. Budisatria, L. M. Yusiati, dan B. P. Widyobroto. 2014. Pengaruh Penambahan Formaldehid Pada Pembuatan Undegraded Protein Dan Tingkat Suplementasinya Pada Pelet Pakan Lengkap Terhadap Aktivitas Mikrobial Rumen Secara In Vitro. *Buletin Peternakan*.38(3): 141-149.
- Syamsi AN, Astuti TY, Soediarso P. 2018. Volatile fatty acids and methane profile of dairy cattle ruminal fluid was given legumes in ration based on synchronization protein-energy index. *Buletin Peternakan* 42: 283-289. DOI: 10.21059/buletinpeternak.v42i4.33074.
- Syamsi, AN, HS Widodo, TY Astuti, P Soediarso, dan Y Subagyo. 2020. Potensi Produksi Energi Ransum Berbasis Indeks Sinkronisasi Protein-Energi dengan Suplementasi Leguminosa Berbeda. In *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Agorindustri Tahun*.
- Syamsi AN, Ifani M, Widodo HS, Rahayu RA dan Meilinda CL. 2020. Nutrisi dan Indeks Sinkronisasi Protein-Energi Beberapa Jenis Bungkil Pengolahan Pangan untuk Pakan Sapi Perah. *Prosiding Seminar Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan X, Purwokerto 6-7 Oktober 2020*
- Syamsi, A.N., L. Waldi, H.S. Widodo, M. Ifani, Y. Subagyo. 2022. Estimasi Energi Ransum Berbasis Indeks Sinkronisasi Protein-Energi dengan Sumber Protein Bebungkilan Berbeda: berdasarkan Stoikiometri Pembentukan Volatile Fatty Acids. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)*.
- Waghorn, G. 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. 147(1-3), 116–139.
- 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.
- Yusiati L. M., A. Kurniawati, C. Hanim, dan M. A. Anas. 2018. Protein Binding Capacity of Different Forages Tannin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.