

KAJIAN IN VITRO FERMENTABILITAS DAN KECERNAAN RANSUM DOMBA YANG DISUMPLEMENTASI DENGAN MIKROENKAPSULASI MINYAK IKAN

*In Vitro Study of Fermentability and Digestability of Sheep Ration Supplemented
by Microencapsulation of Fish Oil*

Reyhan Hasyaftala¹⁾, Nisa Nuryawati Putri¹⁾, Muhamad Rovie Nawawi¹⁾, Atun Budiman¹⁾, U.
Hidayat Tanuwiria¹⁾, Iman Hernaman*¹⁾

¹⁾Departemen Nutrisi Ternak dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan Universitas
Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor Sumedang, Indonesia, 45363

*Corresponding author: iman.hernaman@unpad.ac.id

Submitted 16 Agustus 2021, Accepted 30 Desember 2021

ABSTRAK

Mikroenkapsulasi dibuat untuk melindungi minyak ikan dari biohidrogenasi oleh mikroba rumen. Penelitian bertujuan untuk mempelajari dampak penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan terhadap fermentabilitas dalam rumen dan pencernaan ransum (*in vitro*). Empat jenis ransum percobaan mengandung mikroenkapsulasi minyak ikan sebanyak 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dievaluasi fermentabilitas dan pencernaan secara *in vitro*. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap terdiri atas 4 perlakuan dengan 5 ulangan, lalu data yang dihasilkan diuji dengan analisis Duncan. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan mempengaruhi ($P < 0,05$) konsentrasi asam lemak terbang, ammonia ($N-NH_3$), produksi gas dan pencernaan bahan kering. Penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan menurunkan $N-NH_3$, sedangkan asam lemak terbang meningkat ($P < 0,05$) pada penggunaan 2,5% namun setelah itu menurun nyata ($P < 0,05$) meskipun demikian $N-NH_3$ dan asam lemak terbang masih dalam kisaran yang dapat menumbuhkan mikroba rumen. Produksi gas dan pencernaan bahan kering memiliki pola yang sama yang mengalami peningkatan sampai perlakuan penggunaan 5% dan setelah itu menurun nyata ($P < 0,05$). Penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan 5% memberikan hasil terbaik terhadap fermentabilitas dalam rumen dan pencernaan bahan kering ransum *in vitro*.

Kata kunci: Fermentabilitas, pencernaan, mikroenkapsulasi, minyak ikan, rumen.

How to cite : Hasyaftalam R., Putri, N. N., Nawawi, M. R., Budiman, A., Tanuwiria, U. H., & Hernaman, I. (2021). Kajian In Vitro Fermentabilitas dan Pencernaan Ransum Domba Yang Disumplementasi Dengan Mikroenkapsulasi Minyak Ikan. TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production Vol 22, No 2 (90-96)

ABSTRACT

Microencapsulation was carried out to protect fish oil from biohydrogenation by rumen microbes. The aim of the research was to study the impact of using fish oil microencapsulation on the ration fermentability and digestibility (in vitro). Four types of experimental rations containing fish oil microencapsulated as much as 0%, 2.5%, 5%, and 7.5% were evaluated for fermentability and digestibility (in vitro). The study used a completely randomized design with 4 treatments and 5 replications, then Duncan's analysis of the collected data was carried out. The results showed that the treatment affected ($P < 0.05$) the concentration of volatile fatty acids, ammonia ($N-NH_3$), gas production and dry matter digestibility. The use of fish oil microencapsulation decreased $N-NH_3$, while volatile fatty acids increased ($P < 0.05$) at 2.5% but after that it decreased significantly ($P < 0.05$) although $N-NH_3$ and volatile fatty acids were still in the range normal for rumen microbial growth. Gas production and dry matter digestibility had the same pattern which increased up to 5% treatment and then decreased significantly ($P < 0.05$). In conclusion, the use of fish oil microencapsulated 5% gave the best results on the rumen fermentability and dry matter digestibility of the ration (in vitro).

Keywords: *Fermentability, digestibility, microencapsulation, fish oil, rumen*

PENDAHULUAN

Minyak ikan merupakan hasil samping dari industri pengolahan ikan. Minyak ini adalah sumber asam lemak tidak jenuh atau *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) berupa omega-3 (n-3), *eicosapentaenoic acid* (C20: 5 n-3; EPA) dan *docosahexaenoic acid* (n-6) (C22: 6n-3; DHA) (Vasile et al. 2016). Asam lemak tersebut memiliki peran penting dalam kesehatan dan kecerdasan (Sarker, 2020), selain itu juga mengandung vitamin A dan D yang dibutuhkan tubuh. Penggunaan minyak ikan pada ruminansia bukan hanya sebagai sumber energi utama tetapi lebih ditujukan untuk fungsi fisiologis dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dan lemak esensial bagi pertumbuhan, produksi serta reproduksi ternak ruminansia. Minyak ikan yang diberikan kepada ternak domba selain untuk kebutuhan ternak domba sebagai sumber energi tinggi, juga diharapkan asam lemak esensial yang terkandungnya dapat terdeposisi di dalam daging sehingga kualitas daging dapat meningkat.

Lemak atau minyak yang terdapat dalam rumen ruminansia berasal dari lemak pakan, protozoa dan bakteri. Metabolisme lemak dalam rumen berpengaruh terhadap

asam lemak yang tersedia dan diserap serta dimanfaatkan oleh jaringan tubuh. Lemak dicerna oleh ruminansia berawal di dalam rumen. Proses yang pertama adalah hidrolisis (lipolisis). Pada proses ini lemak akan diputuskan ikatan ester trigliserida, fosfolipid, dan glikolipid yang dilakukan oleh bakteri rumen. Pada proses ini dihasilkan asam lemak, gliserol, dan galaktosa. Hasil tersebut siap dimetabolisme secara lanjut. Proses kedua adalah hidrogenasi atau biohidrogenasi. Proses ini terjadi pada lemak atau minyak setelah mengalami proses hidrolisis dalam rumen. Ion H^+ yang tersedia di dalam rumen yang merupakan metabolit fermentasi zat-zat makanan akan bergabung dengan senyawa asam lemak tidak jenuh pada posisi ikatan rangkap yang menyebabkan terjadi perubahan ikatan rangkap (tidak jenuh) menjadi tidak rangkap (jenuh) (Jenkins, et al. 2008).

Penggunaan minyak pada pakan ruminansia dapat menghambat aktivitas mikroba dalam proses fermentasi bahan pakan di dalam rumen. Sifat fisik minyak yang cair dapat menyelimuti partikel pakan, sehingga mikroba dalam rumen terhalangi untuk dapat mencernanya pakan yang terselimuti oleh minyak. Minyak yang

menyelimuti partikel pakan serat sangat sensitif terhadap mikrobial selulolitik, hal ini dapat menurunkan aktivitas fermentasi dalam rumen (Pramono, et al. 2016). Lemak tak jenuh dapat melapisi partikel serat, sehingga bakteri fibrolitik tidak dapat menempel yang berdampak pada menurunnya kecernaan serat (Harvatine dan Allen 2005).

Perlindungan terhadap asam lemak esensial yang terdapat di dalam minyak ikan perlu dilakukan. Perlakuan perlindungan digunakan agar diperoleh manfaat dengan adanya upaya suplementasi asam lemak tidak jenuh yang esensial. Perlindungan asam lemak ini sejalan dengan pernyataan Pramono et al. (2016) bahwa suplementasi proteksi asam lemak tidak jenuh dapat menghindarkan asam lemak tersebut dari proses biohidrogenasi pada ikatan ganda di dalam rumen oleh mikrobial rumen. Aharoni et al. (2004) menyatakan bahwa perlindungan juga digunakan dalam rangka mengurangi dampak negatif dari penggunaan asam lemak tidak jenuh yang tinggi dalam pakan, terhadap menurunnya kecernaan serat. Oleh karena itu, suplementasi lemak tidak jenuh membutuhkan perlindungan, sehingga dapat melewati rumen dengan tidak memberikan dampak negatif terhadap aktivitas mikroba rumen dan tetap melindungi asam lemak tidak jenuh.

Asam lemak tidak jenuh dapat dilindungi dengan menggunakan mikroenkapsulasi. Teknik ini memiliki mekanisme penyalutan bahan inti (core) yang berwujud partikel padat, cairan, atau gas dengan menggunakan bahan penyalut (coating) (Siregar dan Kristanti, 2019). Mikroenkapsulasi dapat merubah fase minyak yang cair menjadi fase minyak yang padat. Minyak yang berwujud menjadi padat dapat mengurangi kendala penggunaan minyak dalam bentuk cair dan asam lemak esensial yang tidak jenuh terlindungi oleh penyalutnya dari proses biohidrogenasi. Teknik mikroenkapsulasi yang digunakan menggunakan dua penyalut (*double layer*)

yaitu gum arab dan maltodextrin. Dengan dua penyalut dapat melindungi asam lemak tidak jenuh lebih kuat dibandingkan dengan satu penyalut.

MATERI DAN METODE

Pembuatan Mikroenkapsulasi Minyak Ikan

Pembuatan mikroenkapsulasi menggunakan metode vacuum drying. Minyak ikan lemuru dicampur dengan whey protein isolat (WPI) yang merupakan bahan pengemulsi yang juga ditambahkan penyalut berupa gum arab. Kemudian ditambahkan matrix lainnya berupa maltodextrin, lalu diaduk sampai pekat yang akan menjadi emulsi akhir. Setelah itu bahan dimasukkan ke dalam alat pengering vakum (*vacuum drying*) yang akan mengubahnya menjadi tepung.

Ransum Percobaan

Ransum percobaan terdiri atas 50% rumput Odot kering dan 50% konsentrat yang mengandung mikroenkapsulasi sebanyak 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%. Rumput Odot diperoleh dari kebun rumput yang dikelola oleh Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Konsentrat, selain mengandung mikroenkapsulasi minyak ikan (MMI), juga terdiri atas onggok, dedak, molases dan bungkil kopra yang diperoleh dari penjual pakan di wilayah Sumedang. Susunan ransum percobaan dan kandungan zat makanannya ditampilkan pada Tabel 1.

Pelaksanaan in Vitro

Sampel ditimbang sesuai dengan perlakuan ransum, dengan total ± 1 gram dalam kondisi kering udara untuk dimasukkan ke dalam setiap tabung fermentor yang telah diberi label. Saliva buatan bersama sama dengan cairan rumen domba sebanyak 40 mililiter dan 10 mililiter dimasukkan ke dalam tabung fermentor yang telah diisi sampel. Gas karbondioksida dialirkan ke dalam tabung fermentor, untuk menciptakan keadaan anaerob. Kemudian tabung fermentor ditutup menggunakan karet yang telah memiliki pentil. Blanko dibuat dengan cara yang sama, namun tidak

dimasukan sampel kedalam tabung fermentor. Tabung fermentor disusun secara acak di dalam rak yang telah ditempatkan pada *waterbath* yang telah berisi air dan diatur suhunya sebesar 39-40°C. Sebanyak 20 tabung diambil cairan rumennya pada lama inkubasi 4 jam untuk diukur konsentrasi N-NH₃ dan VFA dengan metode mikrodifusi cawan dan destilasi uap

Markham yang dijelaskan oleh Hernaman et al. (2015). Dua puluh tabung lainnya dilakukan pengukuran kecernaan bahan kering dengan 2 tahap 2 x 48 jam dan tabung fermentor tersebut dikocok setiap 3 jam sekali. Tabung fermentor lainnya sebanyak 20 buah dilakukan pengukuran produksi gas yang dilakukan pengocokan 3 jam sekali selama 96 jam.

Tabel 1. Susunan Ransum Percobaan dan Kandungan Zat Makananya

Bahan Pakan	MMI ₁	MMI ₂	MMI ₃	MMI ₄
Rumput Odot (%)	50,00	50,00	50,00	50,00
Onggok (%)	22,50	21,50	19,00	18,00
Dedak (%)	20,00	18,50	18,50	17,00
Bungkil Kopra (%)	3,50	3,50	3,50	3,50
Molases (%)	4,00	4,00	4,00	4,00
Tepung Minyak Ikan (%)	0,00	2,50	5,00	7,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Zat Makanan ¹⁾				
Abu (%)	17,09	16,71	16,34	15,96
Protein Kasar (%)	12,94	12,85	12,84	12,75
Serat Kasar (%)	22,63	21,11	21,70	21,18
Lemak Kasar (%)	3,72	3,78	3,93	3,99
Bahan ekstrak tanpa nitrogen/BETN (%)	25,49	27,05	29,29	30,85
Total digestible nutrient/TDN (%)	65,09	65,64	65,96	66,50

Keterangan: ¹⁾ Dalam kondisi 100% bahan kering,

Rancangan Percobaan dan Analisis Statistik

Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang di dalamnya terdapat empat macam perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan uji Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil *in vitro* menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$) untuk semua perlakuan terhadap fermentabilitas dan kecernaan ransum (Tabel 2). Konsentrasi asam lemak terbang mengalami peningkatan setelah penggunaan mikroenkapsulasi 2,5% (MMI₂) dalam ransum, namun setelahnya mengalami penurunan sampai penggunaan 7,5% (MMI₄). Nilai konsentrasi asam lemak terbang hasil penelitian ini (Tabel 2), masih

dalam kisaran optimum untuk mikroba dalam melakukan aktivitasnya di rumen, seperti yang dijelaskan oleh Dhia et al. (2019) yaitu 70 sampai 150 mM. Konsentrasi N-NH₃ meningkat pada semua perlakuan penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan (MMI₂, MMI₃, dan MMI₄) dibandingkan dengan yang tidak menggunakan (MMI₁), namun diantara perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Namun demikian nilainya (Tabel 2) masih dalam kisaran normal untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen. Dhia et al. (2019) menjelaskan bahwa kebutuhan N-NH₃ yang optimal untuk pertumbuhan mikroba berkisar antara 4 – 12 mM. Berdasarkan Tabel 2, kecernaan bahan kering meningkat seiring dengan penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan sampai 5%, setelah itu menurun. Produksi gas total secara rata-rata hampir memiliki pola

yang sama dengan kecernaan, meskipun diantara perlakuan penggunaan

mikroenkapsulasi minyak ikan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Tabel 2. Rata-rata fermentabilitas dan kecernaan bahan kering ransum yang mengandung mikroenkapsulasi minyak ikan

Peubah	MMI ₁	MMI ₂	MMI ₃	MMI ₄
Asam lemak terbang (mM)	166,60 ^c	180,80 ^d	150,40 ^b	105,20 ^a
N-NH ₃ (mM)	5,54 ^b	3,73 ^a	3,97 ^a	4,05 ^a
Produksi gas (mL)	97,1 ^a	115,76 ^b	118,56 ^b	112,76 ^b
Kecernaan bahan kering (%)	49,84 ^b	51,94 ^c	56,02 ^d	48,96 ^a

Keterangan : Superskrip pada baris yang sama dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (P<0,05).

Meningkatnya asam lemak terbang pada MMI₂, diduga bahwa proteksi minyak ikan tidaklah sempurna. Sebagian minyak yang terlepas dihidrolisis di dalam rumen sangat tinggi yaitu lebih dari 85% dan menjadi asam lemak bebas, fosfat, gliserol dan gula. Gliserol dan gula di dalam rumen akan mengalami proses fermentasi menjadi asam lemak terbang.

Namun demikian, penggunaan mikroenkapsulasi lebih dari 2,5% akan lebih banyak minyak ikan yang terlepas dan menyelimuti partikel pakan. Minyak yang terlepas akan menurunkan aktivitas mikroba rumen dalam memproduksi asam lemak terbang. Sesuai dengan pendapat Ainunisa et al. (2020) bahwa minyak yang akan menyelimuti pakan, sehingga menghambat aktifitas mikroba rumen dan menurunkan kecernaan karbohidrat (serat dan BETN) yang berdampak pada proses fermentasi menjadi asam lemak terbang. Kecernaan serat menurun seiring dengan jumlah lemak yang meningkat dalam ransum (Tanuwiria, et al. 2011). Hal yang dapat merusak mikroenkapsulasi minyak ikan diantaranya karena rendahnya viskositas yang dihasilkan dalam proses emulsi. Sugindro et al. (2008) menyatakan bahwa adanya viskositas emulsi yang rendah membuat lapisan kulit yang terbentuk menjadi lemah, akibatnya kekuatan perlindungan bahan inti berkurang.

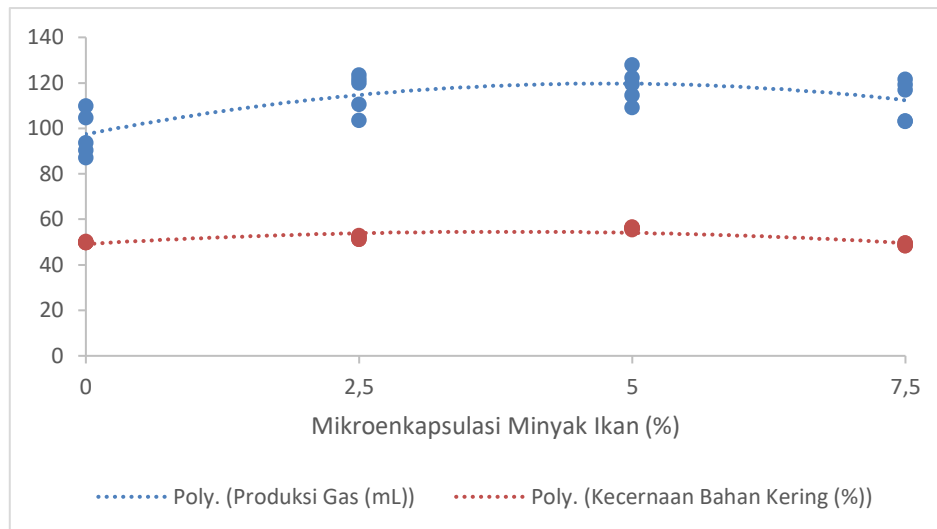
Tidak sempurnanya proses proteksi minyak ikan juga berpengaruh terhadap fermentasi protein ransum menjadi N-NH₃.

Protein pakan akan terselimuti oleh minyak yang berakibat enzim mikroba pencerna protein tidak maksimal dalam proses fermentasi protein menjadi N-NH₃ dalam rumen. Kadar N-NH₃ dalam rumen merupakan petunjuk antara proses degradasi dan proses sintesis protein oleh mikroba rumen (Al Qori'ah, et al. 2016). Jika pakan defisien protein, maka konsentrasi N-NH₃ dalam rumen menjadi rendah dan perkembangan mikroba rumen melambat yang berakibat pada rendahnya kecernaan ransum.

Produksi gas adalah produk fermentasi bahan pakan yang dilakukan oleh mikroba rumen tidak memiliki manfaat bagi ruminansia, namun pengukuran produksi gas memberi petunjuk terkait aktivitas mikroba dalam rumen dalam mencerna pakan serta indikator banyaknya bahan organik yang tercerna (Prihartini, et al. 2007). Produksi gas biasanya akan sejalan dengan kecernaan pakan terutama kecernaan karbohidrat (serat kasar dan BETN) dan protein, karena sumber-sumber gas itu berasal dari senyawa organik tersebut. Produksi gas mengalami peningkatan, namun cenderung menurun seiring dengan meningkatnya penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan, meskipun masih lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penggunaan mikroenkapsulasi. Peningkatan tersebut membuktikan bahwa penambahan mikroenkapsulasi minyak ikan masih belum mengganggu dalam proses fermentasi pakan. Hal ini diperkuat dengan

konsentrasi asam lemak terbang dan $N-NH_3$ yang masih dalam kisaran normal (Tabel 2). Adapun penurunan produksi gas setelah penggunaan 5% menunjukkan bahwa

mikroenkapsulasi yang belum sempurna menyisakan minyak bebas yang dapat mengganggu proses fermentasi di dalam rumen.



Gambar 1. Grafik polynomial produksi gas dan kecernaan bahan kering pada penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan yang berbeda

Kecernaan pada hakekatnya adalah banyaknya nutrien tertentu yang disumbangkan untuk ruminansia. Pakan yang memiliki kecernaan rendah mengindikasikan bahwa pakan tersebut tidak mampu menyuplai nutrien sesuai dengan kebutuhan hidup pokok dan tujuan produksi ternak (Syahrir, et al. 2014). Kecernaan bahan kering memiliki pola yang sama dengan produksi gas yang mencerminkan proses fermentasi yang dilakukan mikroba rumen terhadap pakan.

Hal ini tampak ketika penambahan mikroenkapsulasi minyak ikan sampai 5% terjadi peningkatan produksi gas dan kecernaan, setelah itu sama-sama mengalami penurunan.

Kurniawati (2007) melaporkan bahwa kecernaan bahan pakan dapat diestimasi dengan mengukur produksi gas. Dengan demikian bahwa perubahan proses kecernaan pada perlakuan sebagai akibat dari proses fermentasi bahan pakan yang ditunjukkan dengan produksi gas yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan memiliki pengaruh terhadap fermentabilitas dan kecernaan ransum. Penggunaan mikroenkapsulasi minyak ikan sebanyak 5% menghasilkan fermentabilitas dan kecernaan ransum yang terbaik secara *in vitro*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aharoni, Y., A. Orlovand and A. Brosh. 2004. Effect of high-forage content and olseed supplementation of fattening diets on conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids profiles of beef lipid fractions. *Journal Animal Science and Techno.* 117:43-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.07.019>
- Ainunisa, N. M.B. Rapsanjani, A.R. Tarmidi dan I. Hernaman. 2020. Proteksi protein ampas tahu dengan crude palm oil (CPO) terhadap degradasi mikroba rumen. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis.* 7(2):147-151

- Al Qori'ah, Surono, dan Sutrisno. 2016. Sintesis protein mikroba dan aktivitas selulolitik akibat penambahan level zeolit sumber nitrogen slow release pada glukosa murni secara in vitro. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 26 (2) : 1-7. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jiip.2016.026.02.1>
- Dhia, K.S., K.A. Kamil, dan U.H. Tanuwiria. 2019. Kecernaan dan fermentabilitas substrat kombinasi mineral- fungi dalam rumen. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* 7(2): 217 - 222
- Harvatine, K.J., and M.S. Allen. 2005. The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88:4018-4027. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73088-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73088-5)
- Hernaman, I., A. Budiman, S. Nurachma, dan K. Hidajat. 2015. Kajian in vitro substitusi konsentrat dengan penggunaan limbah perkebunan singkong yang disuplementasi kobalt (Co) dan seng (Zn) dalam ransum domba. *Buletin Peternakan* 39:71-77. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v39i2.6710>
- Jenkins, T.C., R.J. Wallace, P.J. Moate and E.E. Mosley. 2008. Board-Invited Review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science.* 86:397-412. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0588>
- Kurniawati, A. 2007. Teknik produksi gas in-vitro untuk evaluasi pakan ternak: volume produksi gas dan kecernaan bahan pakan. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 3(1): 40-49. <http://dx.doi.org/10.17146/jair.2007.3.1.552>
- Pramono, A., D.T. Kustono, P. Widayati, P. Putro dan H. Hartadi. 2016. Evaluasi pakan suplemen minyak ikan lemuru dan hidrolisat darah terproteksi berdasarkan kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik di dalam rumen dan pasca rumen. *Sains Peternakan.* 14 (1): 36-42 <https://doi.org/10.20961/sainspet.v14i1.8776>
- Prihartini, I., S. Chuzaemi, dan O. Sofjan. 2007. Parameter fermentasi rumen dan produksi gas in vitro jerami padi hasil fermentasi inokulum lignochloritik. *Jurnal Protein*, 15(1): 24-32.
- Sarker, S. 2020. By-products of fish-oil refinery as potential substrates for biogas production in Norway: A preliminary study. *Results in Engineering.* Vol 6. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100137>
- Siregar, T.M. dan C. Kristanti. 2019. Mikroenkapsulasi senyawa fenolik ekstrak daun kenikir (*Cosmos caudatus* K.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 8 (1): 31-37 <https://doi.org/10.17728/jatp.3304>
- Sugindro, Mardiyati, Etik dan D. Joshita. 2008. Pembuatan dan mikroenkapsulasi ekstrak etanol biji jinten hitam pahit (*Nigella sativa* Linn.). *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 5(2): 57- 66.
- Syahrir, S., S. Rasjid, M.Z. Mide dan Harfiah. 2014. Perubahan terhadap kadar air, berat segar dan berat kering silase pakan lengkap berbahan dasar jerami padi dan biomassa murbei. *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*, 10 (1): 20-24. <https://doi.org/10.20956/bnmt.v10i1.910>
- Tanuwiria, U.H., D.C. Budinuryanto, S. Darodjah dan W.S. Putranto. 2011. Suplementasi kalsium minyak kacang tanah, iodium minyak kacang tanah dan seng tembaga proteinat dalam ransum terhadap penampilan dan komposisi tubuh domba jantan. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik.* 13 (2): 188 - 196
- Vasile F.E., A.M. Romero, M.A. Judis and M.F. Mazzobre. 2016. Prosopis alba exudate gum as excipient for improving fish oil stability in alginate-chitosan beads. *Food Chemistry.*190:1093-1101 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.071>