

Kapasitas Tampung untuk Ternak Ruminansia Berdasarkan Pakan Hasil Samping Perkebunan dan Potensi Emisi Gas Metana Enterik

(Carrying Capacity for Ruminant Based on Plantation Byproducts and Potency of Enteric Methane Emission)

Gresy Eva Tresia¹, W Puastuti², dan I Inounu¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor

²Balai Penelitian Ternak, Jl. Veteran III, PO. BOX 221 Ciawi Bogor

Korespondensi e-mail: gresy@pertanian.go.id

(Diterima 19 Desember 2020 – Direvisi 12 Februari 2021 – Disetujui 26 Februari 2021)

ABSTRACT

Feed is one of the main factors that need to be considered in optimizing production parameters, in order to develop an efficient livestock business. Two aspects that need to be considered in order to make agricultural byproducts as a source of feed; those are the availability of raw materials for animal rations with high economic value and function to reduce environmental pollution. Methane emissions are not only related to environmental problems, but also reflect the loss of some energy from livestock so that it cannot be used for the production process. The purpose of this paper is to estimate the carrying capacity for ruminant based on plantation by-products based feed and potential enteric methane emissions. Feed availability from agricultural byproducts in Indonesia is estimated at 69.6 million tonnes of dry matter (DM), 34.8 million of total digestible nutrient (TDN), and 5 million tonnes of crude protein (CP)/year so it is estimated that it can accommodate 62.4 million livestock unit (LU) based on the DM availability or 39.1 million LU based on TDN availability or 51.6 million LU based on CP availability. From these calculations, it was found that the carrying capacity for ruminant in Indonesia could still be increased much greater than current livestock population, namely 21.7–45 million livestock units if all byproducts are used entirely as components in rations. There are two groups of feed originating from plantation byproducts based on the potential for methane emissions produced, namely low (65-73 g CH₄ / kg of material) and high (83-103 g CH₄ / kg of material). Utilization of plantation byproducts as ruminant feed is expected to overcome the shortage of forage, especially during dry season. Utilization of these byproducts which in line with efforts to reduce methane emissions would enhance the development of livestock populations in friendly environment.

Key words: Carrying capacity, plantation byproducts, livestock population, methane emission

ABSTRAK

Pakan adalah salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan dalam mengoptimalkan produksi guna mengembangkan usaha ternak yang efisien. Dua aspek yang perlu diperhatikan untuk menjadikan produk samping pertanian sebagai sumber pakan adalah ketersediaan bahan baku penyusun ransum bagi ternak dengan nilai ekonomis yang tinggi dan fungsinya untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Emisi gas metana tidak hanya terkait dengan masalah lingkungan, namun juga merefleksikan hilangnya sebagian energi dari ternak sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk proses produksi. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk mengestimasi kapasitas tampung untuk ternak berdasarkan pakan berbasis hasil samping perkebunan dan potensi emisi gas metana enterik. Ketersediaan pakan dari produk samping pertanian di Indonesia diperkirakan sebesar 69,6 juta ton bahan kering (BK), 34,8 juta *total digestible nutrient* (TDN), dan 5 juta ton protein kasar (PK)/tahun sehingga diestimasikan dapat menampung 62,4 juta ST berdasarkan ketersediaan BK atau 39,1 juta ST berdasarkan ketersediaan TDN atau 51,6 juta ST berdasarkan ketersediaan PK. Dari perhitungan tersebut, diperoleh kapasitas tampung untuk ternak ruminansia di Indonesia masih dapat ditingkatkan jauh lebih besar dari populasi ternak saat ini, yaitu 21,7-45 juta satuan ternak apabila digunakan 30-50% sebagai komponen dalam ransum. Terdapat dua kelompok pakan asal produk samping perkebunan berdasarkan potensi emisi metana yang dihasilkan yaitu rendah (65-73 g CH₄/kg bahan) dan tinggi (83-103 g CH₄/kg bahan). Pemanfaatan produk samping perkebunan sebagai pakan ruminansia diharapkan dapat mengatasi kekurangan pakan hijauan terutama di musim kemarau. Pemanfaatan produk samping perkebunan yang sejalan dengan upaya menekan emisi gas metana dapat meningkatkan pengembangan populasi ternak yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Kapasitas tampung, produk samping perkebunan, populasi ternak, emisi gas metana

PENDAHULUAN

Pakan adalah salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan dalam mengoptimalkan parameter produksi guna mengembangkan usaha ternak yang efisien. Namun, ketersediaan pakan sangat dipengaruhi musim sehingga terjadilah kekurangan pasokan dalam musim-musim tertentu. Hal ini sangat merepotkan para peternak ruminansia pada umumnya (sapi, kerbau, domba dan kambing). Tingginya laju alih fungsi lahan menjadi area pemukiman maupun area industri menyebabkan semakin menyempitnya areal penggembalaan. Disisi lain meningkatnya permintaan dari pasar domestik dan ekspor terhadap produk perkebunan mendorong terjadinya perluasan lahan tanaman perkebunan yang juga menghasilkan produk samping pertanian yang berpotensi sebagai sumber pakan. Penggunaan biomassa produk samping perkebunan sebagai sumber pakan ternak merupakan alternatif penyelesaian keterbatasan pakan konvensional. Subsektor perkebunan kelapa sawit, kelapa, karet, kakao, kopi, menghasilkan produk samping yang sangat besar. Potensi penggunaan produk samping tanaman dan industri pertanian (kelapa sawit, padi, tebu) di Indonesia diperkirakan dapat mencukupi kebutuhan sapi dan kerbau setara 80 juta ekor sapi dengan bobot 250 Kg (Ilham 2015).

Sejak lama petani melakukan pembakaran terhadap limbah pertanian, yang menimbulkan pencemaran lingkungan yang berakibat meningkatnya jumlah gas rumah kaca di udara (Romasanta et al. 2017). Pemanfaatan limbah pertanian yang berupa produk samping pertanian sebagai pakan dapat mengurangi potensi pencemaran lingkungan dari aktivitas pembakaran oleh petani. Namun, penggunaan bahan baku pakan berbasis produk samping pertanian dibatasi rendahnya kandungan protein, tingginya serat kasar, fenolik, dan tingkat silika serta lignin yang tinggi sehingga pencernaan rendah. Selain itu, nilai efisiensi pakannya rendah disebabkan banyak energi yang hilang untuk proses pencernaan maupun kehilangan energi sebagai CO₂ dan gas metana dalam proses metabolisme. Hasil penelitian menyebutkan sekitar 6–10% dari energi bruto pakan yang dikonsumsi ternak ruminansia hilang sebagai gas metana (Immig 1996). Dengan demikian, tujuan makalah ini adalah memaparkan potensi kapasitas tampung sapi potong di Indonesia melalui pemanfaatan produk samping pertanian dan potensi emisi metana yang dihasilkan. Hal ini diharapkan dapat menjelaskan secara komprehensif pemanfaatan pakan yang ada di lingkungan sekitar dalam upaya perbaikan manajemen

pakan untuk mewujudkan peningkatan pengembangan dan produktivitas sapi potong di Indonesia yang ramah lingkungan.

HASIL SAMPING PERKEBUNAN SEBAGAI SUMBER PAKAN

Produk samping pertanian adalah bagian tanaman pertanian di atas tanah atau bagian pucuk, batang yang tersisa setelah panen atau diambil hasil utamanya yang masih dapat dimanfaatkan serta memiliki nilai jual (Ilham 2015). Hampir seluruh areal subsektor perkebunan pada prinsipnya memiliki potensi yang sangat besar dalam penyediaan hijauan pakan ternak (HPT) dengan komposisi gizi seperti pada Tabel 1. Potensi bahan kering (BK), protein kasar (PK), dan *total digestible nutrient* (TDN) yang dapat dihasilkan dari produk samping perkebunan yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan peluang besar sebagai sumber pakan khususnya untuk ruminansia. Komoditas sawit memberikan kontribusi bagi ketersediaan produk samping paling banyak. Pelelah, bungkil, dan kulit buah berbagai hasil samping perkebunan umumnya dapat digunakan sampai dengan taraf 30% dalam ransum dan semakin meningkat penggunaannya apabila dalam bentuk silase (Marhaenyanto & Prasetyo 2009; Mathius et al. 2004a; Mathius et al. 2004b; Sharma et al. 2012; Kamalidin et al. 2013).

Nilai nutrisi yang rendah pada produk samping pertanian seperti kandungan protein yang rendah dan serat kasar yang tinggi menjadi pembatas untuk digunakan sebagai pakan, disamping juga adanya antinutrisi, racun, dan residu pestisida/herbisida/fungisida yang mungkin terkandung dalam limbah tersebut (Cheeke 2005). Tingginya kandungan serat kasar seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin dapat menurunkan tingkat konsumsi dan pencernaan pakan. Terbatasnya jumlah konsumsi ransum disebabkan tingginya kandungan serat kasar yang bersifat *bulky*. Semakin tinggi kandungan serat pada pakan juga menyebabkan peningkatan waktu makan yang panjang akibat ternak lebih selektif dan peningkatan perilaku aktivitas menguyah (Oba & Allen 2000). Oleh karena itu, untuk pemanfaatannya perlu dilakukan pengolahan untuk meningkatkan kualitas seperti pengolahan secara fisik, kimiawi, serta biologis (Ajila et al. 2012). Namun aplikasi teknologi pengolahan pakan di masyarakat sulit dilakukan dengan berbagai faktor antara lain memerlukan tambahan biaya dan waktu, serta beban tenaga untuk mengumpulkan bahan pakan (Syamsu et al. 2003).

Tabel 1. Komposisi zat gizi produk sampung perkebunan

Komoditas	Produk sampung pertanian	Kandungan zat-zat makanan (% BK)						
		BK	Abu	LK	PK	SK	BETN*	TDN**
Kelapa sawit	Daun ^{1,5)}	68,58	16,74	5,99	7,95	19,94	49,38	55,08
	Pelepah ^{1,5)}	52,31	5,68	4,20	3,63	49,28	37,21	46,97
	Tandan ^{1,5)}	34,25	16,36	8,82	8,29	21,92	44,61	51,52
	Solid ^{1,5)}	24,08	14,4	14,78	14,58	35,88	20,36	16,82
	Bungkil ^{1,5)}	91,83	4,14	6,49	16,33	36,68	36,36	55,39
	Serat perasan ^{1,5)}	91,11	5,9	3,22	6,20	48,1	36,58	49,23
Kakao	Kulit buah kakao ²⁾	89,37	tad	6,28	14,99	23,24	40,33	55,52
Kopi	Kulit kopi ²⁾	91,80	tad	2,49	11,18	21,74	52,62	57,20
Tebu	Pucuk tebu ²⁾	21,42	tad	2,42	5,57	29,04	57,69	55,29
	Bagas ^{3,5)}	93,87	7,48	1,70	5,85	36,75	48,22	51,12
Kelapa	Bungkil ^{4,5)}	91,96	6,14	15,74	22,86	11,59	43,67	89,86

tad = tidak ada data; BK = bahan kering; LK = lemak kasar; PK = protein kasar; SK = serat kasar; BETN = bahan ekstrak tanpa nitrogen, TDN = *total digestible nutrient*

Sumber: ¹⁾ Hevrizen & Basri (2017); ²⁾ Wahyono & Hardiyanto (2004); ³⁾ Tarmidi (2004); ⁴⁾ Walidi et al. (2017); ⁵⁾ Hartadi (2005)

* BETN = 100-[%PK+%LK+ %SK+% Abu]

**TDN = 37,937 - 1,018 (SK) - 4,886 (LK) + 0,173 (Beta-N) + 1,042 (PK) + 0,015 (SK)² - 0,058 (LK)² + 0,008 (SK) (Beta-N) + 0,119 (LK) (Beta-N) + 0,038 (LK) (PK) + 0,003 (LK)² (PK)

Tabel 2. Potensi bahan kering, protein kasar dan *total digestible nutrient* dari hasil sampung perkebunan

Produk sampung	Ketersediaan (ton/tahun)		
	BK	TDN	PK
Daun sawit	5.532.156	3.047.017	502.780
Pelepah sawit	10.517.188	4.939.872	381.774
Lumpur sawit	3.341.750	561.921	487.227
Bungkil inti sawit (BIS)	5.786.537	3.205.256	944.942
Kulit buah kakao	687.079	381.473	103.014
Kulit kopi	580.718	332.176	64.907
Pucuk tebu	1.662.238	919.118	92.553
Bagas	41.061.648	20.992.073	2.402.106
Bungkil kelapa	509.927	458.219	116.569
Total	69.679.241	34.837.124	5.099.327

Kelapa sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jacq) merupakan salah satu tanaman yang berkembang pesat di seluruh daerah tropis lembab (Euler et al. 2017). Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas lahan tahun 2020 sebesar

14.996.010 ha (Ditjenbun 2020). Berdasarkan data Ditjenbun (2020) bahwa komposisi umur tanaman kelapa sawit terdiri dari tanaman belum menghasilkan (TBM) 15,3%, tanaman menghasilkan 81,8%, dan tanaman rusak 3,0%. Penggembalaan ternak di lahan TBM tidak dapat dilakukan dikarenakan tegakan tanaman TBM masih rendah, dan sangat

memungkinkan sapi dapat merusak tanaman (Ilham & Saliem 2011).

Perkebunan kelapa sawit menghasilkan produk samping yang berasal dari tanaman (pelepah, dan daun sawit) dan dari pabrik kelapa sawit (bungkil inti sawit, BIS). Perkiraan produksi vegetasi di bawah tanaman sawit berupa rumput lapang sebanyak 5.282,74 kg/ha/tahun bahan kering (Afrizal et al. 2014). Diwyanto et al. (2004) melaporkan biomasa tanaman dan olahan kelapa sawit untuk setiap hektar yaitu 658 kg daun tanpa lidi, 1.640 kg pelepah, 3.386 kg tandan kosong, 2.681 kg serat perasan, 1.132 lumpur sawit, 514 kg bungkil inti sawit. Berdasarkan asumsi tersebut, didapatkan potensi dari produk samping tanaman perkebunan (pelepah, lumpur sawit, dan bungkil inti sawit) sebesar 46,1 juta ton BK/tahun, 17,4 juta ton TDN/tahun TDN, 4,3 juta ton PK/tahun.

Bungkil inti sawit dan *solid* mengandung protein kasar yang cukup tinggi (14-16%), namun penggunaannya dibatasi karena kandungan serat kasarnya terutama lignin dan *neutral detergent fiber* (NDF) yang tinggi. Pemanfaatan bungkil inti sawit sebagai pakan ternak ruminansia dan unggas sudah banyak dilakukan (Sinurat et al. 2012). Pelepah dan daun sawit dapat digunakan sebagai substitusi rumput sebanyak 30% dalam ransum sapi potong, namun dapat ditingkatkan penggunaannya sampai dengan 50% jika dalam bentuk silase. Bungkil inti sawit dapat digunakan sebagai pengganti dedak padi dalam pakan sapi sampai 33% dan *solid* sebagai rumput 33% (Mathius et al 2004b).

Kelapa

Luas areal perkebunan kelapa tahun 2020 di Indonesia adalah 3.377.376 (72,4% tanaman menghasilkan) dengan produksi kopra 2.798.981 ton/tahun (Ditjenbun 2020). Dari 5.083 kg kopra, perusahaan memproduksi minyak kelapa mentah sebanyak 3.527 kg dan bungkil 1.007 kg (Kelyombar et al. 2018). Pemanfaatan bungkil kelapa dalam ransum komplit yang berbasis tongkol jagung, dapat mencapai hingga 34% di dalam ransum domba dan dapat meningkatkan pencernaan bahan organik (Suharti et al. 2019).

Kakao

Luas areal perkebunan kakao tahun 2020 di Indonesia adalah 1.582.406 ha (66,1% tanaman menghasilkan) dengan produksi biji kering 739.483 ton/tahun (Ditjenbun 2020). Perbandingan antara bagian biji, kulit buah dan plasenta segar masing-masing adalah 24:74:2 (Haryati & Hardjosuwito 1984)

atau setara dengan 50,8:47,2:2 dalam rasio bahan kering (Puastuti & Susana 2014). Ditinjau dari segi nutrisinya kulit buah kakao (KBK) berpotensi digunakan sebagai pakan ternak karena mengandung protein kasar 7,6%-11,22%, serat kasar 32,5-42,19%, lemak kasar 2,65-4,4%, BETN 41,3-45,4% (Donkoh et al. 1991; Mucra 2005). Senyawa antinutrisi pada KBK antara lain lignin, tanin dan theobromin. Kandungan lignin dan tanin dalam KBK yang tinggi telah dilaporkan dapat mempengaruhi pencernaan bahan kering (Oluokun 2005). Adanya senyawa theobromin pada KBK dilaporkan memiliki efek negatif, karena theobromin dalam pakan dapat menghambat pertumbuhan mikroba rumen sehingga menurunkan kemampuan mencerna serat (Alexander et al. 2008). Selain itu, senyawa theobromin juga dapat mempengaruhi morfologi spermatozoa menjadi tidak normal, menyebabkan pengosongan sel sertoli, perkembangan janin yang tidak sempurna, penurunan bobot hidup, keguguran dan kematian (Alexander et al. 2008). Penggunaan KBK sebagai komponen ransum berkisar antara 25-50% pada ternak domba, kambing maupun sapi potong (Puastuti et al. 2010; Suparjo et al. 2011; Puastuti & Yulistiani 2011; Murni et al. 2012; Laconi dan Jayanegara 2015; Kamalidin et al. 2013).

Kopi

Luas areal perkebunan kopi tahun 2020 di Indonesia adalah 1.264.331 ha (tanaman menghasilkan 75,5%) dengan produksi kopi sebesar 773.410 ton/tahun (Ditjenbun 2020). Kulit kopi merupakan limbah yang cukup melimpah, karena jumlahnya mencapai 45-50% dari berat kopi yang dipanen (Widyotomo 2013). Dalam setiap ton buah basah diperoleh 200 kg kulit kopi kering. Hasil analisis kesetimbangan massa buah kopi diperoleh bahwa dari 100 kg buah kopi yang diolah kering akan diperoleh 29 kg (29%) gelondong kering yang terdiri dari 15,95 kg biji kopi (55%) dan 13,05 kg kulit gelondong kering (45%). Kulit gelondong kering terdiri kulit cangkang, lendir dan kulit buah dengan perbandingan bobot kering 11,9: 4,9: 28,7. Kulit buah kopi cukup potensial untuk digunakan sebagai bahan pakan ternak ruminansia dengan kandungan serat kasar 21,74-32,15%, protein kasar 4,71-11,18%, lemak kasar 2,50-4,94%, dan BETN 28,08% (Agustono et al. 2018 Wahyono & Hardiyanto 2004). Di lain pihak, kadar lignin dan ADF yang tinggi serta adanya komponen senyawa tanin dan kafein menjadi pembatas dalam pemanfaatannya. Londra & Sutami (2013) melaporkan bahwa penggunaan leguminosa dapat diturunkan hingga 30% pada ransum kambing PE setelah pemberian kulit kopi terfermentasi.

Tebu

Luas panen perkebunan kopi tahun 2020 di Indonesia adalah 437.431 ha dengan produksi 2.416.846 ton/tahun (Ditjenbun 2020). Potensi sumber bahan pakan ternak dari tanaman tebu adalah pucuk tebu, lumpur ampas tebu, bagas, dan molases. Menurut Kusnadi (2007), dari hamparan 100 ha kebun tebu diperkirakan dapat menghasilkan pucuk tebu sebanyak 380 ton bahan kering, atau 3,8 ton/ha. Sementara setiap hektar tanaman tebu mampu menghasilkan 100 ton bagas (Ilham 2015). Pucuk tebu memiliki kandungan protein dan lignin yang paling rendah dibanding produk samping pertanian lainnya. Pucuk tebu dapat digunakan hingga 40-58% dalam ransum sapi potong (Galina et al. 1995; Sharma et al. 2012). Penggunaan bagas tebu sebagai komponen dalam ransum sapi perah dan kambing Priangan berkisar 30-50% (Tarmidi 2004; de Alameida et al 2018; Freitas et al. 2019). Bagas tebu diberikan hingga 30% dalam ransum pada sapi perah menghasilkan produksi susu yang lebih tinggi dan lemak susu yang lebih sehat (Freitas et al. 2019).

KAPASITAS PENINGKATAN TERNAK SAPI POTONG BERDASARKAN KETERSEDIAAN PAKAN

Pengembangan sapi potong di suatu wilayah tergantung pada daya dukung lahan yang berpotensi sebagai sumber hijauan pakan ternak. Analisis kapasitas tampung diperoleh dari total potensi bahan pakan yang tersedia pada suatu wilayah dibagi dengan jumlah kebutuhan pakan bagi satuan ternak pada wilayah tersebut. Potensi pakan merupakan kumulatif dari produk samping tanaman perkebunan yaitu kelapa sawit, kakao, kopi dan tebu.

Berdasarkan hasil sensus diperoleh populasi ternak ruminansia di Indonesia 55,6 juta ekor dengan komposisi umur ternak yang bervariasi pada setiap jenis ternak (Tabel 3). Dengan menggunakan koefisien teknis satu ekor sapi/kerbau (dewasa = 1 ST, muda = 0,5 ST, anak = 0,25 ST) dan satu ekor kambing/domba

(dewasa = 0,14 ST, muda = 0,07 ST, anak = 0,0035 ST), maka populasi ternak dalam satuan ternak di Indonesia sebesar 17 juta ekor. Tingkat kepadatan ternak tertinggi berada di provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Sulawesi selatan, sedangkan tingkat kepadatan terendah berada di provinsi DKI Jakarta, Kepulauan Bangka Belitung, dan Kepulauan Riau.

Potensi bahan kering dari komoditas tanaman perkebunan yang dihasilkan di tahun 2020 yakni sebesar 69,6 juta ton BK/tahun, 34,8 juta TDN/tahun, dan 5 juta ton PK/tahun. Kemudian, jika diasumsikan rata-rata berat seekor sapi dewasa setara dengan satu satuan ternak (ST) adalah 250 kg, dan kebutuhan nutrisi sapi potong berdasarkan NRC (1984) yaitu 3% BK dari bobot badan dengan kandungan PK 12% dan TDN 60-65%. Kebutuhan biomassa bahan kering per satuan ternak dengan bobot sebesar 250 kg diestimasi sebesar 2,737 ton BK/tahun, 1,643 ton TDN/tahun, dan 0,329 ton PK/tahun. Jika seluruhnya dari potensi bahan kering hasil samping perkebunan digunakan sebagai komponen ransum yaitu 50% KBK, 30% kulit kopi, 58% pucuk tebu, 50% bagas, 30% daun sawit, 30% pelepah sawit, 33% lumpur sawit, 33% BIS, dan 34% bungkil kelapa, maka secara nasional potensi produk samping pertanian dapat memenuhi sebesar 62,4 juta ST berdasarkan ketersediaan BK atau 39,1 juta ST berdasarkan ketersediaan TDN atau 51,6 juta ST berdasarkan ketersediaan PK.

Kapasitas tampung ruminansia di Indonesia masih dapat ditingkatkan jauh lebih besar dari populasi ternak saat ini, yaitu 45 juta ST berdasarkan bahan kering, 21,7 juta ST berdasarkan TDN, dan 34,2 juta ST berdasarkan PK apabila penggunaan produk samping pertanian digunakan seluruhnya sebagai komponen dalam ransum. (Ilham 2015) melaporkan optimalisasi produk samping sawit, tebu, dan padi dapat meningkatkan 72,1 juta ST. Dengan asumsi optimalisasi 50% produk samping pertanian (padi, jagung, umbi-umbian dan kacang-kacangan) sebagai pakan, mampu mencukupi kebutuhan ternak ruminansia setara 138 juta ekor (Bamualim et al. 2007).

Tabel 3. Populasi ternak ruminansia di Indonesia tahun 2020

Jenis ternak	Populasi (%)*			Populasi (ekor)**	Jumlah ST
	Anak	Muda	Dewasa		
Sapi potong	20,72	25,42	53,86	17.466.792	12.532.423
Sapi perah	20,31	17,83	61,86	561.061	425.579
Kerbau	17,67	21,36	60,97	1.141.298	868.157
Domba	24,46	26,69	48,85	17.794.344	1.701.744
Kambing	25,84	26,26	47,90	18.975.955	1.792.962
Jumlah				55.939.450	17.320.865

Keterangan: *) % populasi tahun 2017 dalam Ditjen PKH (2020); **) Ditjen PKH (2020)

Tabel 4. Kapasitas tampung ternak berdasarkan potensi produk samping tanaman kelapa sawit, kelapa, kopi, kakao dan tebu

Provinsi	Populasi riil (ST)	Kapasitas tampung (ST)			Selisih (ST)		
		BK	PK	TDN	BK	PK	TDN
Aceh	440.766	994.526	768.272	800.962	553.760	327.506	360.196
Sumatera Utara	867.003	4.061.987	2.888.737	3.237.426	3.194.984	2.021.734	2.370.423
Sumatera Barat	391.922	889.433	690.228	713.529	497.511	298.306	321.607
Riau	186.427	5.899.573	4.397.849	4.663.534	5.713.146	4.211.422	4.477.107
Jambi	191.273	2.117.344	1.572.501	1.671.788	1.926.072	1.381.228	1.480.516
Sumatera Selatan	285.033	4.305.911	2.763.813	3.531.029	4.020.879	2.478.780	3.245.996
Bengkulu	160.224	682.231	510.788	543.959	522.006	350.563	383.734
Lampung	763.948	9.786.226	4.969.460	8.353.072	9.022.278	4.205.512	7.589.124
Bangka Belitung	14.052	480.214	350.416	375.792	466.162	336.365	361.741
Kep. Riau	22.069	19.464	17.356	16.810	(2.605)	(4.714)	(5.260)
DKI Jakarta	4.286	-	-	-	(4.286)	(4.286)	(4.286)
Jawa Barat	1.749.861	867.559	471.396	752.268	(882.302)	(1.278.465)	(997.593)
Jawa Tengah	1.976.048	3.265.258	1.654.939	2.813.197	1.289.210	(321.109)	837.149
DI Yogyakarta	284.479	199.754	113.130	176.501	(84.724)	(171.349)	(107.978)
Jawa Timur	4.247.030	13.723.087	6.805.380	11.764.282	9.476.057	2.558.350	7.517.253
Banten	177.021	52.390	51.316	47.517	(124.631)	(125.705)	(129.504)
Bali	429.651	30.729	45.687	36.278	(398.923)	(383.965)	(393.373)
Nusa Tenggara Barat	1.070.923	201.761	117.768	179.164	(869.162)	(953.155)	(891.760)
Nusa Tenggara Timur	1.123.920	48.020	65.259	52.776	(1.075.900)	(1.058.661)	(1.071.143)
Kalimantan Barat	127.078	3.547.128	2.602.833	2.783.278	3.420.049	2.475.755	2.656.200
Kalimantan Tengah	70.310	3.785.404	2.756.087	2.959.263	3.715.094	2.685.777	2.888.953
Kalimantan Selatan	121.218	1.028.380	754.726	807.043	907.162	633.508	685.826
Kalimantan Timur	99.171	2.796.994	2.036.087	2.186.321	2.697.822	1.936.916	2.087.150
Kalimantan Utara	21.505	338.508	246.679	264.677	317.002	225.174	243.172
Sulawesi Utara	101.593	58.492	118.794	83.669	(43.101)	17.201	(17.924)
Sulawesi Tengah	341.845	399.127	389.907	351.700	57.282	48.062	9.856
Sulawesi Selatan	1.225.876	1.173.928	674.716	1.013.898	(51.948)	(551.160)	(211.978)
Sulawesi Tenggara	274.928	249.578	239.553	214.170	(25.349)	(35.374)	(60.758)
Gorontalo	196.056	686.078	360.033	592.630	490.021	163.976	396.573
Sulawesi Barat	107.375	315.541	263.594	258.640	208.166	156.219	151.265
Maluku	99.877	46.923	63.943	51.006	(52.953)	(35.934)	(48.870)
Maluku Utara	91.029	46.652	95.279	66.446	(44.377)	4.250	(24.583)
Papua Barat	41.627	223.688	168.802	177.463	182.062	127.176	135.837
Papua	88.258	128.591	101.745	103.980	40.332	13.486	15.722
	17.393.679	62.450.478	39.127.069	51.644.069	45.056.798	21.733.389	34.250.390

Jika didistribusikan menurut provinsi, terdapat potensi daerah baru untuk pengembangan ternak ruminansia dengan sumber pakan berbasis produk samping pertanian. Daerah ini adalah beberapa provinsi

di Sumatera dan Kalimantan yang merupakan surplus pakan. Sementara provinsi Lampung, DKI Jakarta, Bali, NTB, NTT, serta beberapa provinsi di Jawa dan Sulawesi merupakan daerah defisit pakan, demikian

juga beberapa provinsi di Sulawesi dan Papua walaupun masih surplus tetapi tidak besar. Daerah surplus tersebut memiliki prospek yang baik untuk wilayah pengembangan ternak dan industri pakan. Pembangunan industri pakan dalam mengolah bahan baku menjadi pakan komplit yang dapat didistribusikan ke daerah yang defisit pakan. Teknologi pengolahan dapat menjadi salah satu jalan masuk bagi upaya untuk mengatasi tantangan dalam pemanfaatan bahan asal perkebunan secara efektif sebagai pakan ternak. Pemilihan teknologi proses yang sesuai dapat mengatasi masalah bahan pakan serta meningkatkan kualitas nutrisi bahan, sehingga secara ekonomi efektif. Teknologi proses juga berpeluang untuk mendorong berkembangnya usaha produksi ternak dalam skala yang lebih besar dengan orientasi komersial baik di kawasan perkebunan sendiri, maupun di Kawasan lain yang potensial dengan memanfaatkan pakan asal industri perkebunan (Ginting 2012).

POTENSI EMISI METANA BAHAN PAKAN

Emisi metana ini tidak hanya terkait dengan masalah lingkungan, namun juga merefleksikan hilangnya sebagian energi dari ternak sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk proses produksi. Produksi metana selama proses fermentasi di dalam rumen sangat dipengaruhi oleh kualitas nutrisi pakan yang dikonsumsi. Komponen pakan yang diberikan sebagai ransum ternak ruminansia merupakan faktor penting yang mempengaruhi produksi metana. Persamaan Kirchgessner et al. (1995) dapat digunakan untuk menduga produksi metana berdasarkan komposisi bahan baku ($R^2 = 0,69$). Dari persamaan tersebut (Tabel 5) terlihat bahwa solid/lumpur sawit, dan tandan sawit menghasilkan metana yang lebih rendah dibandingkan produk samping lainnya (65-73 g CH₄/kg bahan). Sebaliknya, terdapat kelompok yang tergolong berpotensi tinggi emisi metana jika digunakan sebagai pakan ruminansia (83-103 g CH₄/kg bahan). Hal ini disebabkan oleh kandungan lemak yang cukup tinggi pada lumpur dan tandan sawit. Sementara pucuk tebu, serat perasan, kulit buah kakao, dan pelepah menghasilkan metana yang lebih tinggi yang disebabkan oleh kandungan serat kasar yang tinggi. Ginting (2012) mengelompokkan bahan asal perkebunan sesuai dengan potensi emisi yang dihasilkan. Kelompok bahan pakan dengan emisi yang rendah antara lain lumpur sawit, BIS, batang sawit, biji karet, molases sedangkan kelompok dengan produksi metana yang tinggi meliputi TBS, serat mesokarp, bagas, pucuk tebu, kulit buah kakao, pelepah dan daun sawit.

Beberapa unsur nutrisi di dalam bahan baku pakan (karbohidrat dan lemak) berpengaruh terhadap produksi metana di dalam rumen yang tidak hanya ditentukan

Tabel 5. Kandungan nutrisi produk samping pertanian dan potensi produksi gas metana

Komoditas	Produk samping pertanian	Potensi produksi	
		CH ₄ (mM)*	CH ₄ (g/kg pakan)**
Kelapa sawit	Daun ²	tad	73,06
	Pelepah ²⁾	26,19	97,69
	Tandan ²⁾	tad	68,23
	Solid ³⁾	tad	65,84
	Bungkil ³⁾	15,58	86,10
Kakao	Serat perasan ³⁾	tad	99,44
	Kulit buah kakao ^{4,5)}	21,78	76,03
Kopi	Kulit kopi ^{6,7)}	tad	83,05
Tebu	Pucuk tebu ⁹⁾	21,53	88,03
	Bagas ⁹⁾	tad	94,77
Kelapa	Bungkil	tad	49,10

Sumber: *) Widiawati et al. (2017); **) Kirchgessner et al. (1995). Potensi produksi CH₄ (g/kg pakan) = 63 +79SK + 10BETN + 26 PK -212 LK

berdasarkan konsentrasinya saja melainkan juga oleh karakteristik kimia. Lemak dapat menekan metanogenesis pada ruminansia. Penurunan produksi metana dikaitkan dengan penurunan pencernaan karbohidrat struktural terutama lemak rantai panjang dan menurunnya konsumsi bahan kering, tertekannya bakteri metanogen dan protozoa, atau terjadinya biohidrogenasi asam lemak tidak jenuh (McGinn et al. 2004; Beuchem et al 2008). Sementara karbohidrat struktural dapat meningkatkan metanogenesis pada ruminansia. Karbohidrat struktural seperti selulosa dan hemiselulosa lebih lambat mengalami fermentasi dibandingkan dengan karbohidrat non-struktural sehingga menghasilkan rasio asam asetat terhadap asam propionat yang lebih tinggi yang pada akhirnya dapat meningkatkan metana. Disamping itu, potensi unsur selulosa dalam menghasilkan metana tiga kali lebih tinggi dibanding dengan potensi unsur hemiselulosa (Eckard et al. 2010). Widiawati et al. (2017) melaporkan bahwa produksi gas metana berkorelasi positif dengan kandungan NDF dalam produk samping, artinya peningkatan kandungan NDF dari bahan pakan akan diikuti dengan peningkatan produksi gas metana per unit bahan pertanian tercerna. Fenomena ini didukung dengan perubahan *volatile fatty acid* (VFA) ke arah peningkatan proporsi asam asetat yang memproduksi gas (H₂) sebagai substrat pada reaksi metanogenesis (Jayanegara et al. 2009). Beberapa studi melaporkan modifikasi karbohidrat struktural pakan dengan intervensi teknologi

pengolahan pakan dapat menghasilkan produksi gas metana yang lebih rendah 7-9%. Widiawati & Puastuti (2017) melaporkan bahwa fermentasi pada daun sawit dan jerami padi dapat menurunkan proporsi gas metana terhadap total gas setelah inkubasi selama 48 jam sebesar 4,50 ml dan 7,34 ml. Penurunan proporsi metana terhadap total gas tersebut semakin besar dengan penambahan saponin-tanin pada silase produk samping pertanian.

EMISI GAS METANA YANG DIBERI RANSUM BERBASIS PRODUK SAMPING PERKEBUNAN

Potensi produksi gas metana dari produk samping perkebunan seperti Tabel 5 diprediksi berdasarkan parameter komposisi bahan baku (Kirchgeßner et al. 1995) dan taraf konsumsi bahan kering (Grainger et al. 2007). Grainger et al. (2007) melaporkan keterkaitan produksi metana dengan konsumsi pakan dengan formula: $CH_4 = 18,5kBK (kg/h) - 9,5$ dimana KBK adalah konsumsi bahan kering. Persamaan Grainger et al. (2007) melaporkan bahwa semakin tinggi konsumsi bahan kering pakan akan meningkatkan produksi metana ($r = 0,56$). Dari perhitungan ini diperoleh bahwa ransum berbasis produk samping pertanian dapat menurunkan emisi metana yang dihasilkan ternak. Pengolahan kulit buah kakao dapat memperbaiki serat kasar dan protein kasar sehingga mempengaruhi persentase nutrisi lain terutama bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Hal ini juga dapat mengakibatkan penurunan pada emisi metana, sebab dalam persamaan Kirchgeßner et al. (1995) bahwa serat kasar paling besar kontribusinya dalam menghasilkan metana. Selain berpotensi dalam menurunkan produksi metana melalui modifikasi komposisi kimia, kulit buah kakao yang diensilase dapat meningkatkan kinerja produksi. Laconi & Jayanegara (2015) melaporkan pemberian silase kulit buah kakao 35% dalam ransum sapi jantan dengan 65% konsentrat yang terdiri dari produk samping kakao dan bungkil inti sawit dapat meningkatkan konsumsi pakan bahan kering 4,8-13,1 g/kg $BB^{0,75}$, pencernaan bahan kering 1,4-5,4%, penambahan bobot badan harian 0,18-0,70kg. Pemanfaatan silase pada produk samping pertanian juga berdampak positif terhadap peningkatan kinerja kambing. Pemberian 30% silase kulit kopi dengan 70% leguminosa yang terdiri dari gliricidia dan leucaena dapat meningkatkan konsumsi pakan 21,42 g BK/hari, penambahan bobot badan harian 11,97 gram (Londra & Sutami 2013).

Sementara itu, dalam persamaan Grainger et al. (2007) menunjukkan bahwa konsumsi bahan kering

yang rendah akan menghasilkan emisi metana enterik yang rendah. Peningkatan penggunaan produk samping pertanian dalam ransum dapat menurunkan emisi metana melalui penurunan konsumsi pakan, namun rendahnya konsumsi pakan tidak serta merta akan menunjukkan efisiensi penggunaan pakan melainkan bisa menjadi indikator bahwa pakan cenderung tidak disukai ternak (palatabilitas rendah). Beberapa studi melaporkan bahwa ransum berbasis silase produk samping perkebunan seperti kulit buah kakao, pelepah sawit, dan kulit kopi memiliki dampak positif dalam meningkatkan kinerja ternak pada taraf sekitar 30%. Pemberian ransum berbasis silase produk samping pertanian tidak selalu memberikan dampak positif untuk perbaikan kinerja ternak, melainkan dapat menimbulkan penurunan produksi apabila silase diberikan melebihi batas penggunaan optimal pada ternak. Londra & Sutami (2013) melaporkan bahwa pemberian silase kulit biji kopi yang difermentasikan dengan *Aspergillus niger* sebesar 60% dalam ransum kambing dapat menurunkan konsumsi bahan kering 136,67 gram per hari dan penurunan bobot sebesar 16,24 gram per hari. Penggunaan silase pelepah sawit sebagai pakan basal kambing kacang (>30% dalam ransum) menggantikan rumput dapat menurunkan konsumsi 209,04-250,63 g BK/hari, pencernaan 13,86-20,27%, penambahan bobot badan harian 29,13-24,95 g/hari (Simanihuruk et al. 2008). Meskipun demikian Simanihuruk et al. (2008) menyampaikan bahwa silase pelepah kelapa sawit dapat digunakan sebanyak 60% sebagai pakan basal ternak kambing sebagai pakan basal alternatif rumput pada saat ketersediaan hijauan yang terbatas di musim kemarau.

Selain dikaitkan dengan taraf konsumsi, produksi metana juga dipengaruhi oleh pencernaan pakan dengan formula: $CH_4 (kkal/100 kkal energi kasar) = 1,30 + 1.112d + L(2.37-0.05d)$, dimana L adalah taraf konsumsi energi dalam satuan hidup pokok (Blaxter & Clapperton 1985). Jentsch et al. (2007) juga merumuskan produksi metana dari parameter pencernaan nutrisi dengan formula $CH_4 (kJ/h) = 1142 + 1.62 dPK - 0.38dLK + 3.78 dSK + 1.49 dBETN$, dimana d adalah pencernaan ($R^2 = 0.90$). Dari dua persamaan tersebut memperlihatkan bahwa pencernaan dan konsumsi pakan mendorong peningkatan produksi metana, namun menurut Aghsaghali & Maheri-Sis (2011) pengaruh ini tidak terlihat pada pencernaan di atas 72%. Meskipun demikian diperlukan penelitian sistematis dan komprehensif untuk melihat secara aktual produksi metana terkait dengan penggunaan bahan pakan asal perkebunan.

Tabel 6. Potensi produksi metana dari ransum berbasis produk samping perkebunan

Pustaka	Ransum	Ternak	Komposisi kimia (%)				Konsumsi BK (g)	Potensi produksi CH ₄ (g/kg)	
			PK	SK	LK	BETN		Kirchgessner et al. (1995)	Grainger et al. (2007)
Laconi & Jayanegara (2015)	Kulit kakao: (<i>byproduct</i> kakao & BIS) (35%:65%)	Sapi perah pejantan	8,4	55,7	2,5	20,6	104 g BK/kg BB ^{0,75} /hari	105,95	tad
	Amoniasi kulit kakao: (<i>byproduct</i> kakao & BIS) (35%:65%)	Sapi perah pejantan	9,6	50,9	2,2	25	116,2 g BK/kg BB ^{0,75} /hari	103,54	tad
	Fermentasi kulit kakao: <i>by product</i> kakao & BIS (35%:65%)	Sapi perah pejantan	8,8	49,1	0,4	29	109,8 g BK/kg BB ^{0,75} /hari	106,13	tad
	Fermentasi kulit kakao (3% cairan rumen): <i>byproduct</i> kakao & BIS (35%:65%)	Sapi perah pejantan	8,3	40,4	0,2	38,4	112,6 g BK/kg BB ^{0,75} /hari	100,49	tad
	Fermentasi kulit kakao (3% molases dan <i>Phanerochaete chrysosporium</i>) + <i>by product</i> kakao & BIS (35%:65%)	Sapi perah pejantan	10	45,6	1,6	30,6	117,1 g BK/kg BB ^{0,75} /hari	101,29	tad
Londra & Sutami (2013)	Leguminosa 100%	Kambing	24,05	21,72	tad	tad	733,78	Tad	126,25
	Silase KK: leguminosa (30%:70%)	Kambing	20,94	31,08	tad	tad	755,2	Tad	130,21
	Silase KK: leguminosa (60%:40%)	Kambing	17,83	40,45	tad	tad	597,11	Tad	100,97

Lanjutan Tabel 6. Potensi produksi metana dari ransum berbasis produk samping perkebunan

Pustaka	Ransum	Ternak	Komposisi kimia (%)				Konsumsi BK (g)	Potensi produksi CH ₄ (g/kg)	
			PK	SK	LK	BETN		Kirchgessner et al. (1995)	Grainger et al. (2007)
Simanihuruk et al. (2008)	Konsentrat: rumput (40%:60%)	Kambing	14,012	tad	tad	tad	533,31	tad	89,16
	Silase PS: konsentrat: rumput (40%:40%:20%) ³	Kambing	12,112	tad	tad	tad	324,27	tad	50,49
	Silase PS: konsentrat: rumput (50%:40%:10%)	Kambing	11,637	tad	tad	tad	290,43	tad	44,23
	Silase PS: konsentrat (60%:40%)	Kambing	11,162	tad	tad	tad	282,69	tad	42,80
Supriyati & Haryanto (2011) *)	Rumput raja (259,3g) (BIS 0% dalam konsentrat 340 g)	Kambing PE jantan	7,91	18,74	1,39	52,76	599,3	82,19	101,37
	Rumput raja (280,7g) + (15% BIS dalam konsentrat 340g)	Kambing PE jantan	8,41	20,75	1,51	50,34	620,74	83,42	105,34
	Rumput raja (350,2g)+ (30% BIS dalam konsentrat 340g)	Kambing PE jantan	8,63	20,76	1,58	49,75	690,19	83,28	118,19
	Rumput raja (400,0g)+ (45% BIS dalam konsentrat 340g)	Kambing PE jantan	8,99	21,12	1,75	48,20	740,04	83,13	127,41

Keterangan: *) imbalan ransum ditulis berdasarkan konsumsi

UPAYA MEMINIMALKAN EMISI METANA BAHAN PAKAN ASAL PERKEBUNAN BERSERAT TINGGI

Besarnya potensi biomasa bahan pakan berserat tinggi dari hasil samping perkebunan menawarkan peluang dan tantangan untuk mengoptimalkan penggunaannya, termasuk bagaimana meminimalkan produksi metana untuk setiap unit substrat yang difermentasikan dalam rumen. Secara garis besar salah satu pendekatan untuk meminimalkan produksi metana adalah dengan memaksimalkan efisiensi penggunaan pakan. Produksi VFA dan CH_4 sangat tergantung dari jenis pakan dan sistem pemberian (Prayitno et al. 2014). Upaya tersebut dapat ditempuh melalui suplementasi konsentrat (Lovett et al. 2005), lipid (Ungerfeld et al. 2005), asam organik (Newbold et al. 2005), minyak atsiri (Evans & Martin 2000), serta probiotik dan prebiotik (Takahashi et al. 2005), dan pengolahan pakan (Widiawati & Puastuti 2017; Laconi & Jayanegara 2015). Pakan dengan kandungan pati tinggi seperti biji-bijian banyak menghasilkan propionat sementara pakan berserat akan menghasilkan asam asetat dan CH_4 lebih tinggi. Peningkatan imbalanced konsentrat dalam ransum menjadi 80-95% dapat menurunkan produksi metana dan meningkatkan pertambahan bobot badan harian (Gustiar et al. 2014; Lovett et al. 2005). Pemanfaatan hasil samping pertanian maka bahan pakan yang rendah emisi gas metana seperti molases, bungkil inti sawit, solid decanter, biji karet atau batang sawit dapat digunakan sebagai komponen konsentrat. Penggunaan konsentrat akan mensubstitusi sebagian karbohidrat struktural pada bahan pakan berserat dengan lemak dan pati. Beberapa studi juga telah melaporkan adanya penurunan produksi gas metana secara langsung menghambat aktivitas metanogen seperti senyawa antibiotik seperti monensin dan lasalosid (Fuller & Johnson 1981), bakteri denitrifikasi (Pikoli et al. 2017), dan tanin atau polifenol (Jayanegara et al. 2009).

Namun demikian, berbagai upaya yang telah diuraikan tersebut cenderung secara teknis sulit untuk diimplementasikan di tingkat peternak. Salah satu alternatif strategi yang dapat diaplikasikan adalah mengkombinasikan produk samping perkebunan dengan tanaman lokal kaya protein seperti leguminosa jenis lamtoro, gamal, kaliandra dan daun singkong (Widiawati 2004, Saddul et al. 2004, Khamseekhiew et al. 2001). Hal ini disebabkan tanaman leguminosa mengandung tanin dengan jumlah yang bervariasi. Mekanisme penghambatan produksi metana oleh tanin melalui proteksi protein sehingga lolos dari degradasi rumen, secara langsung menghambat pertumbuhan dan aktivitas metanogen, penghambatan pertumbuhan protozoa dan pencernaan serat yang mengurangi produksi H_2 (Jayanegara et al. 2009; Saddul et al. 2004,

Khamseekhiew et al. 2001). Kedua, pengolahan produk samping perkebunan dengan penambahan starter mikroba, proses fermentasi dapat terjadi dengan menambahkan sumber energi seperti dedak padi, tepung jagung, tepung singkong atau onggok. Proses fermentasi seperti ini dikenal dengan teknik silase dengan memanfaatkan mikroba alami pada bahan pakan. Melalui proses fermentasi produk samping perkebunan diharapkan dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan palatabilitas, menurunkan kandungan komponen serat dan kandungan antinutrisi sehingga pemanfaatan sebagai pakan tambahan pada ternak menjadi lebih optimal.

KESIMPULAN

Ketersediaan pakan dari produk samping perkebunan kelapa sawit, kelapa, kakao, kopi, dan tebu diperkirakan sebesar 69,6 juta ton BK/tahun, 34,8 juta TDN/tahun, dan 5 juta ton PK/tahun sehingga diestimasikan secara nasional dapat menampung 62,4 juta ST berdasarkan ketersediaan BK atau 39,1 juta ST berdasarkan ketersediaan TDN atau 51,6 juta ST berdasarkan ketersediaan PK. Kapasitas tampung ternak ruminansia di Indonesia masih dapat ditingkatkan jauh lebih besar dari populasi ternak saat ini, yaitu 21,7-45 juta satuan ternak apabila produk samping perkebunan digunakan 30-50% sebagai komponen dalam ransum. Namun, hanya beberapa produk samping perkebunan yang memiliki potensi rendah emisi metana jika digunakan sebagai komponen ransum (65-73 g CH_4/kg bahan). Sebaliknya, terdapat kelompok yang tergolong berpotensi tinggi emisi metana jika digunakan sebagai pakan ruminansia (83-103 g CH_4/kg bahan). Oleh sebab itu, diperlukan teknologi pengolahan (fisik, biologis, kimia), meningkatkan proporsi konsentrat, suplementasi tanaman lokal kaya protein dan tanin ataupun suplementasi minyak nabati. Pemanfaatan produk samping pertanian sebagai pakan ruminansia dengan tetap memperhatikan upaya menekan emisi gas metana, dapat meningkatkan pengembangan populasi ternak yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal A, Sutrisna R, Muhtarudin M. 2014. Potensi hijauan sebagai pakan ruminansia di Kecamatan Bumi Agung Kabupaten Lampung Timur. *J Ilmu Peternakan Terpadu*. 2:93-100.
- Agustono B, Lamid M, Ma'ruf A, Purnama MTE. 2018. Identifikasi limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan pakan inkonvensional di Banyuwangi. *J Med Vet*. 1:12-22.

- Ajila CM, Brar SK, Verma M, Tyagi RD, Godbout S, Valéro JR. 2012. Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Crit Rev Biotechnol.* 32:382-400.
- Asghsaghali AM, Maheri-Sis N. 2011. Factors affecting mitigating of methae emission from ruminants I: Feeding strategies. *Asian J Anim Sci.* 6:888-908.
- Bamualim AM, Kuswandi, Azahar A, Haryanto B. 2007. Sistem Usahatani Tanaman-Ternak. Prosiding Seminar Sistem Integrasi Tanaman-Ternak Bebas Limbah. Bogor, 22-23 Mei 2007. Bogor (Indonesia): Puslitbangtan. hlm. 19-33.
- Beauchemin KA, Kreuzer M, O'Mara F, McAllister TA. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. *Aust J Exp Agric.* 48:21-27.
- Blaxter KL, Clapperton JL. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br J Nut.* 19: 511-521.
- Cheeke P. 2005. Applied animal nutrition: Feeds and feeding. Madison (USA): Pearson Prentice Hall.
- De Almeida GAP, Ferreira M de A, Silva J de L, Chagas JCC, Vêras ASC, de Barros LJA, de Almeida GLP. Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in smallholder livestock system. *Asian Aust J Anim Sci.* 31:379-385.
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. Statistik perkebunan Indonesia 2018-2020. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian
- [Ditjen PKH] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2020. Statistik Peternakan dan kesehatan hewan. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.
- Diwyanto K, Sitompul DM, Manti I, Mathius IW, Soentoro. 2004. Pengkajian pengembangan usaha sistem integrasi kelapa sawit-sapi. Dalam: Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi, Bengkulu, 9-10 September 2003. Bogor (Indonesia): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu, dan PT Agrical.
- Donkoh A, Atuahene CC, Wilson BN, Adomako D. 1991. Chemical composition of cocoa pod husk and its effect on growth and food efficiency in broiler chicks. *Anim Feed Sci Technol.* 35:161-169.
- Evans JD, Martin SA. 2000. Effects of thymol on ruminal microorganisms. *Curr Microbiol.* 41:336-340.
- Fuller JR, Johnson DE. 1981. Monensin and lasalocid effects on fermentation in vitro. *J Anim Sci.* 53:1574-1580.
- Grainger C, Clarke T, McGinn SM, Auld MJ, Beauchemin KA, Hannah MC, Waghorn GC, Clark H, Eckard RJ. 2007. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF6) tracer and chamber techniques. *J Dairy Sci.* 90:2755-2766.
- Ilham N, Saliem HP. 2011. Kelayakan finansial sistem integrasi sawit-sapi melalui program kredit usaha pembibitan sapi. *Analisis Kebijakan Pertanian.* 9:349-369.
- Ilham N. 2015. Ketersediaan produk samping tanaman dan industri pertanian sebagai pakan ternak mendukung peningkatan produksi daging nasional. *Forum Penelit Agro Ekon.* 22:47-61.
- Immig I. 1996. The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis. *Environ Monit Assess.* 42:57-72.
- Jayanegara A, Togtokhbayar N, Makkar HPS, Becker K. 2009. Tannins determined by various methods as predictors of methane production reduction potential of plants by an *in vitro* rumen fermentation system. *Anim Feed Sci Technol.* 150:230-237.
- Kamalidin, Agus A, Budisatria IGS. 2013. Performa domba yang diberi complete feed kulit buah kakao terfermentasi. *Bul Peternak.* 36:162-168.
- Kelyombar H, Waney NFL, Lolowang TF. 2018. Lolowang analisis rantai nilai minyak kelapa (cco, crude coconut oil) di Kecamatan Sinonsayang Kabupaten Minahasa Selatan. *Agri-Sosio Ekonomi.* 14:89-96.
- Khamseekhier B, Liang JB, Wong CC, Zelan ZA. 2001. Ruminant and intestinal digestibility of some tropical legume forage. *Asian-Aust J Anim Sci.* 14:321-325.
- Kirchgessner M, Windisdh W, Muller HL. 1995. Nutritional Factors for Qualifications of Methane Production. In: Engelhardt W, Leonhard-Marek S, Breves G, Giesecke D, editors. Proceeding 8th of the International Symposium on Ruminant Physiology. Willingen Hesse, 25-30 September 1994. Albany (Germany): Delmar Publisher. p. 333-348.
- Kuswandi. 2007. Teknologi pakan untuk lambah tebu (fraksi serat) sebagai pakan ternak ruminansia. *Wartazoa.* 17:82-91.
- Lacni EB, Jayanegara A. 2015. Improving nutritional quality of cocoa pod (*Theobroma cacao*) through chemical and biological treatments for ruminant feeding: *In vitro* and *in vivo* evaluation. *Asian-Austr J Anim Sci.* 28:343-350.
- Londra IM, Sutami P. 2013. Pengaruh pemberian kulit kopi terfermentasi dan leguminosa untuk pertumbuhan kambing Peranakan Etawah. *Inform Pertan.* 22:45-51.
- Lovett DK, Stack LJ, Lovell S, Callan J, Flynn B, Hawkins M, O'Mara FP. 2005. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. *J Dairy Sci.* 88:2836-2842.
- Marhaeniyanto E, Prasetyo H. 2009. Suplementasi pada pakan basal tumpi jagung dan kulit kopi terhadap kinerja domba jantan muda. *Buana Sains.* 9:119-128.
- Mathius IW, Azmi, Manurung BP, Sitompul DM, Priyotomo E. 2004a. Integrasi sapi-sawit: Imbangan pemanfaatan produk samping sebagai bahan dasar pakan. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Sistem

- Integrasi Tanaman-Ternak. Denpasar, 20-22 Juli 2004. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak bekerjasama dengan BPTP Bali dan Crop Animal System Research Network (CASREN) Bogor. hlm. 439-446
- Mathius IW, Sitompul DM, Manurung BP, Azmi. 2004b. Produk samping tanaman dan pengolahan buah kelapa sawit sebagai bahan dasar pakan komplit untuk sapi: suatu tinjauan. Dalam: Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi. Bengkulu, 9-10 September 2003. Bengkulu (Indonesia): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian - Pemerintah Provinsi Bengkulu - PT. Agriconal. hlm. 120-128
- McGinn Sm, Beauchemin T, Coates T, Colombatto D. 2004. Methane emissions from beef cattle: effect of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast and fumaric acid. *J Anim Sci.* 82:3346-3356.
- Mucra D. 2005. Pengaruh pemakaian pod coklat sebagai pengganti jagung dalam ransum terhadap pertambahan bobot badan dan efisiensi penggunaan ransum pada sapi Brahman Cross. *J Peternak.* 2: 37-44.
- Murni R, Akmal, Okrisandi Y. 2012. Pemanfaatan kulit buah kakao yang difermentasi dengan kapang *Phanerochaeta chrysosporium* sebagai pengganti hijauan dalam ransum ternak kambing. *Agrinak.* 2: 6-10.
- Nappu BM. 2013. Sebaran potensi limbah tanaman padi dan jagung serta pemanfaatannya di Sulawesi Selatan. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru, 26-27 Maret 2013. Banjarbaru (Indonesia): BPTP Kalimantan Selatan. hlm. 284-296.
- [NRC] Nutrient Requirement Council. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th ed. Washington (USA): National Academy Press.
- Oba M, Allen MS. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *J Dairy Sci.* 83:1333-1341.
- Pikoli MR, Zadfa FM, Sugoro I. 2017. Bakteri denitrifikasi inaktif sebagai suplemen untuk mengurangi gas metana dari cairan rumen sapi. *J Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 13:69-78.
- Prayitno CH, Fitria R, Samsi M. 2014. Suplementasi heitchrose pada pakan sapi perah pre-partum ditinjau dari profil darah dan recovery bobot tubuh post-partum. *Agripet.* 4:89-95.
- Puastuti W, Susana I. 2014. Potensi dan pemanfaatan kulit buah kakao sebagai alternatif ternak ruminansia. *Wartazoa.* 24:151-159.
- Puastuti W, Yulistiani D, Mathius IW, Giyai F, Dihansih E. 2010. Ransum berbasis kulit buah kakao yang disuplementasi Zn organik: Respon pertumbuhan pada domba. *JITV.* 16:269-277.
- Puastuti W, Yulistiani D. 2011. Utilization of urea and fish meal in cocoa pod silage based rations to increase the growth of Etawah crossbred goats. In: Ali A, Kamil KA, Alimon AR, Orskov, Zentek J, Tanuwiria UH, editors. Proceeding 2nd International Seminar AINI Feed Safety for Health Food. Jatinangor, July 6-7, 2011. Bandung (Indonesia): Padjadjaran University. p. 463-469.
- Romasanta RR, Sander BO, Gaihre YK, Alberto MC, Gummert M, Quilty J, Nguyen VH, Castalone AG, Balingbing C, Sandro J, et al. 2017. How does burning of rice straw affect CH₄ and N₂O emissions? A comparative experiment of different on-field straw management practices. *Agric Ecosyst Environ.* 239:143-153.
- Saddul D, Jelani ZA, Liang JB, Halim R. 2004. The potential of Mulberry (*Morus alba*) as a fodder: crop. The effect of plant maturity on yield, persistence and nutrient composition of plant fraction. *Asia-Aust Anim Sci.* 17:1657-1662.
- Sharma V, Tomar S, Kundu S, Jain P, Jha P, Kumar M, Lata M. 2012. Chemical composition and effect of feeding different levels of sugar levels of sugarcane tops with concentrate mixture/ mustard cake on digestibility in buffalo calves mustard. *Indian J Dairy Sci.* 65: 393-398.
- Suharti S, Nugroho T, Kennedy IFM, Khotijah L. 2018. Kecernaan nutrien dan performa domba lokal yang diberi ransum kombinasi berbagai sumber protein berbasis tongkol jagung. *JINTP.* 17:11-15.
- Suparjo, Wiryawan KG, Laconi EB, Mangunwidjaja D. 2011. Performans kambing yang diberi kulit buah kakao terfermentasi. *Media Peternakan.* 34:35-41.
- Supriyanti, Haryanto B. 2011. Bungkil inti sawit terproteksi molases sebagai sumber protein pada kambing peranakan etawah jantan muda. *JITV.* 16:17-24.
- Syamsu JA, Sofyan LA, Mudikdjo K, Sa'id EG. 2003. Daya dukung limbah pertanian sebagai sumber pakan ternak ruminansia di Indonesia. *Wartazoa.* 13:32-37.
- Tarmidi AR. 2004. Pengaruh pemberian ransum yang mengandung ampas tebu hasil biokonversi oleh jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) terhadap performans domba Priangan. *JITV.* 9:159-163.
- Wahyono DE, Hardianto R. 2004. Pemanfaatan sumber daya pakan lokal untuk pengembangan usaha sapi potong. Dalam: Setiadi B, Priyanti A, Handiwirawan E, Diwyanto K, Wijono DB, penyunting. Strategi Pengembangan Sapi Potong dengan Pendekatan Agribisnis dan Berkelanjutan. Prosiding Lokakarya Nasional Sapi Potong. Yogyakarta, 8-9 Oktober 2004. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 66-76.
- Widiawati Y, Puastuti W, Yulistiani D. 2017. Profil Gas Metana dari Bahan Baku Pakan Ruminansia. Teknologi dan Agribisnis Peternakan untuk Mendukung Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan V. Purwokerto,

- 18 November 2017. Purwokerto (Indonesia): Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman. hlm. 203-208.
- Widiawati Y, Puastuti W. 2016. The Effect of Condensed Tannin and Saponin in Reducing Methane Produced During Rumen Digestion of Agricultural Byproducts. In: Yulistiani D, Wardhana AH, Inounu I, Bahri S, Iskandar S, Wina E, Ginting SP, Tarigan S, Tiesnamurti B, Romjali E, Herawati T, Anggraeny YN, Shanmugavelu S, Aquino DL, editors. Promoting Livestock and Veterinary Technology for Sustainable Rural Livestock Development. Proceedings International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology. Denpasar, 10-12 Agustus 2016. Bogor (Indonesia): IAARD Press. p. 139-146.
- Widiawati Y. 2004. Utilization of shrup leguminous *Leucena leucecephala*, *Gliricidia sepium*, and *Caliandra calothyrsus* for growing sheep [Disertasi]. [Townsville (Australia)]: James Cook University.