

PROSPEK PENERAPAN TEKNOLOGI PROSES PAKAN BERBASIS HASIL SAMPING INDUSTRI PERKEBUNAN PADA RUMINANSIA KECIL

SIMON P. GINTING

Loka Penelitian Kambing Potong, Sei Putih, PO Box 1, Galang 20585, Sumatera Utara

(Makalah masuk 11 Desember 2011 – Disetujui 4 Januari 2012)

ABSTRAK

Industri perkebunan (kelapa sawit, tebu dan kakao) sebagai sumber pakan alternatif untuk ternak ruminansia telah diakui sejak penelitian yang dilakukan secara intensif kurang lebih 20 – 25 tahun yang lalu. Namun, tingkat adopsi penggunaan bahan pakan tersebut masih sangat rendah dan dilakukan secara sporadis yang umumnya dalam skala rumah tangga. Sifat kimiawi dan fisik bahan pakan yang tersedia dari industri perkebunan tersebut menuntut teknologi proses yang secara spesifik, baik untuk meningkatkan mutu nutrisi maupun untuk memudahkan penanganan. Spesifikasi teknologi proses juga terkait dengan peruntukan bahan baku pakan. Ternak ruminansia kecil (kambing dan domba) dengan karakteristik anatomi sistem cerna yang dimiliki serta tingkat metabolisme yang relatif tinggi menghadapi cekaman nutrisi dalam menangani bahan pakan dengan kandungan lingo-selulosa yang tinggi dan bersifat amba. Karakteristik seperti ini umum dijumpai pada sebagian besar bahan pakan asal perkebunan. Proses fisik (pencacahan, separasi, hidrotermal), proses kimiawi (amoniasi, hidrolisis NaOH, oksidasi) dan proses biokonversi (fermentasi dan ensilasi) merupakan beberapa alternatif teknologi proses yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu nutrisi bagi ternak ruminansia kecil. Prinsip kerja teknologi proses yang digunakan adalah (i) memecah ikatan antara karbohidrat struktural dengan lignin, sehingga lebih mudah dicerna dan dikonsumsi oleh ternak; dan (ii) preservasi untuk menangani bahan yang cepat rusak karena kandungan air yang tinggi atau untuk tujuan pengadaan stok pakan. Prioritas pemilihan teknologi proses yang efektif tergantung kepada skala produksi pakan. Teknologi amoniasi dengan urea, pencacahan untuk menurunkan ukuran partikel pakan dan teknologi ensilase atau biokonversi merupakan teknologi dengan prioritas tinggi pada skala produksi rumah tangga yang dilakukan secara *in situ*. Teknologi ini dapat dilakukan oleh peternak di sekitar areal perkebunan. Produksi pakan secara komersial dengan skala besar berpeluang diterapkan oleh industri perkebunan dengan memanfaatkan teknologi hidrolitik (NaOH), amoniasi, hidrotermal, penepungan, proses pembuatan pelet, *wafer* ataupun kubus. Produk yang dihasilkan dapat berupa (i) konsentrat, (ii) pakan komplit, dan (iii) pakan basal. Pengembangan pakan ruminansia berpeluang ditingkatkan dengan melibatkan industri pakan ternak yang telah maju dan memiliki jaringan pasar luas. Model pengembangan ini melibatkan industri perkebunan sebagai pemasok bahan baku yang telah diproses dan selanjutnya diolah oleh industri pakan ternak dengan prinsip *feeding standard* untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ruminansia pada berbagai status fisiologis.

Kata kunci: Bahan pakan, perkebunan, pengolahan, ruminansia kecil

ABSTRACT

PROSPECTS OF APPLYING FEED PROCESSING TECHNOLOGIES BASED ON INDUSTRIAL PLANTATION BY-PRODUCT FOR SMALL RUMINANTS

The potency of plantation sectors (palm oil, sugar cane and cacao) as alternative feed resources for ruminants has been acknowledged since 20 – 25 years ago. However, the level of utilization of these feeds in small ruminant production system has been very low and sporadic. The typical chemical and physical characteristics of most of those feedstuffs required some steps of processing in order to improve their nutritional quality and to ease their handling. Small ruminants, like sheep and goats have relatively higher metabolic energy requirement per kg BW and anatomically have lower gut capacity to process lignocellulose materials compared to large ruminants. It is, therefore, these animals nutritionally face more constraints in handling lignocellulose and bulky materials mostly found in industrial by products or crop-residues from plantations. Physical processes (chopping, physical separation, hydrothermal), chemical processes (ammoniation, hydrolyses and oxidative treatments) and bio-conversions (fermentation, ensiling) have been recommended as alternative technologies in maximizing the utilization of those feedstuffs for small ruminant animals. The principal mechanisms of those treatments are: (i) breaking the linkages between structural carbohydrate and lignin so that it could be easily digested by the animal enzyme systems and (ii) preserving the material from being spoilage due to its high moisture content or for feed stocking purposes. Priorities for choosing the most effective processing technology for implementation or adoption is depend largely on the scale of feed production. Ammoniation, chopping, physical separation, ensiling or bio-conversion are several technologies mostly recommended for small scale operation *in situ*. These alternative technologies should be able to be adopted by small-holders living around the plantation area. The commercial or large scale feed production could be implemented by the plantation industry by giving high priority to the processing technology such as hydrolitic treatment using NaOH, ammoniation, hydrothermal, pelleting, wafering or cubing. The

types of products that possibly produced in this large operation scales are (i) concentrate feed, (ii) complete feed or (iii) basal feeds (roughages). The chain of ruminant feed production systems could be developed further by including the feed industry sector into the system. Within this system the plantation industry will have main role to supply the raw materials for the feed industries. As these local raw materials are readily available, the feed industries could further produce various types of balanced feed or rations based on the principles of feeding standard to meet the nutrient requirements of various classes of ruminant animals.

Key words: Feedstuffs, plantation, processing, small ruminants

PENDAHULUAN

Industri perkebunan kelapa sawit, tebu dan kakao menghasilkan berbagai jenis produk yang merupakan hasil samping tanaman ataupun hasil samping olahan pabrik. Bahan ini telah dimanfaatkan dengan berbagai tujuan, antara lain sebagai sumber energi, pupuk, bahan baku industri *pulp*, kertas, farmasi dan bioplastik (ABDULLAH dan NAZIR, 2011; H'NG *et al.*, 2011). Potensi sebagai pakan ruminansia yang mampu memanfaatkan bahan lignoselulosa melalui fermentasi di dalam sistem cerna perlu mendapat perhatian dan seharusnya menjadi prioritas dalam mendukung upaya pemerintah untuk menjadikan Indonesia sebagai negara yang mampu memenuhi sendiri kebutuhan akan daging, terutama daging sapi. Potensi ini telah disadari sejak dilakukannya penelitian secara intensif sekitar 20 – 25 tahun yang lalu. Namun demikian, sebagian besar produk biomasa yang tersedia ini (Tabel 1) belum menjadi komponen penting di dalam sistem pakan dalam budidaya ternak ruminansia, termasuk ruminansia kecil (kambing dan domba).

Tabel 1. Proporsi biomasa hasil samping dari pengolahan produk kelapa sawit dan kakao yang dapat digunakan sebagai pakan ternak ruminansia kecil

Produk samping	g/kg berat basah
Tandan buah kosong/tandan buah segar ¹	550 – 580
Serat perasan buah/tandan buah segar ¹	120
Bungkil inti sawit/tandan buah segar ¹	80
<i>Solid</i> /tandan buah segar ¹	20
Kulit buah/buah kakao segar ²	750

Sumber: ¹ALIMON dan HAIR-BEJO (1996); ²DARWIS (1999)

Tingkat adopsi pemanfaatan berbagai jenis bahan pakan tersebut masih sangat rendah dibandingkan dengan potensi yang tersedia. Pada ternak ruminansia kecil (kambing dan domba) skala pemanfaatan biomasa produk asal industri perkebunan tersebut masih sangat kecil dan dilakukan oleh peternak tradisional secara sporadis. Struktur perusahaan ruminansia kecil yang sebagian besar masih didominasi oleh skala kecil patut diduga menjadi salah satu kendala utama. Disamping itu, secara geografis rentang antara sentra-sentra produksi kambing dan domba dengan sentra perkebunan relatif luas. Kedua hal tersebut

menyebabkan logistik menjadi faktor kendala yang penting. Faktor lain yang juga menjadi tantangan adalah adanya potensi penggunaan bahan untuk keperluan lain yang memiliki prospek menguntungkan yaitu sumber energi maupun kompos.

Teknologi pengolahan dapat menjadi salah satu jalan masuk bagi upaya untuk mengurai permasalahan dan mengatasi tantangan dalam pemanfaatan secara efektif bahan asal perkebunan sebagai pakan ternak ruminansia kecil. Teknologi proses yang sesuai dapat mengatasi masalah logistik serta meningkatkan kualitas nutrisi bahan, sehingga secara ekonomi efektif. Teknologi proses juga berpeluang untuk mendorong berkembangnya usaha produksi kambing/domba 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.

TANTANGAN NUTRISI RUMINANSIA KECIL DALAM MEMANFAATKAN BAHAN PAKAN ASAL PERKEBUNAN

Taraf pencernaan sebagai salah satu indikator penting kualitas nutrisi bahan pakan tidak hanya ditentukan oleh karakteristik kimiawi dan fisik pakan, tetapi juga terkait dengan besaran tubuh ternak yang mengkonsumsinya. Waktu tahan pakan di dalam saluran cerna semakin panjang seturut dengan ukuran tubuh, dan meningkatnya waktu tahan pakan akan menghasilkan taraf pencernaan pakan yang lebih tinggi (DEMMENT dan VAN SOEST, 1983). Dengan demikian, ternak ruminansia kecil dengan laju pelepasan pakan yang cepat (waktu tahan pakan yang singkat) menuntut jenis bahan pakan yang relatif lebih mudah dan cepat difermentasi di dalam rumen. Tingkat fermentasi rumen yang sering diamati lebih tinggi pada ternak ruminansia kecil bukanlah merupakan akibat lebih efisiennya sistem enzim mikroba rumen, namun lebih disebabkan oleh pola makan dengan melakukan seleksi terhadap jenis pakan yang mengandung komponen yang lebih mudah difermentasi. Oleh karena itu, ruminansia kecil pada dasarnya menghadapi tantangan nutrisi yang lebih berat dalam menangani bahan-bahan pakan yang sulit dan lambat dicerna seperti yang terjadi pada bahan pakan dengan kandungan ligno-selulosa tinggi. Produk samping ataupun hasil ikutan industri

Tabel 2. Kandungan karbohidrat struktural dan lignin pada beberapa hasil samping perkebunan yang potensial diolah sebagai pakan ruminansia kecil

Produk	NDF	Selulosa	Hemiselulosa	Lignin
Daun kelapa sawit ¹	75,6	16,6	27,6	22 – 27
Pelepah sawit ^{1,2}	79 – 83	31,7	23 – 33	17 – 21
Serat Perasan Buah ¹	85	18	45	17 – 21
Batang kelapa sawit ²	74 – 79	33	22 – 27	25
Tandan buah kosong ³	81,2	43	20,2	17
Pucuk tebu ⁴	78	36	26	10
Bagase ⁴	92,0	44,9	31,4	14,0
Kulit buah kakao ^{5,6}	68	36,2	1,1	20 – 27

Sumber: ¹SHIBATA dan OSMAN (1988); ²JALALUDIN *et al.* (1991); ³ALIMON dan HAIR-BEJO (1996); ⁴PRESTON (1991); ⁵AMMIRROENAS (1990); ⁶ZAIN (2009)

perkebunan secara kuantitatif didominasi oleh bahan dengan kandungan lignoselulosa yang tinggi (Tabel 2). Untuk ternak ruminansia kecil karakteristik kimiawi tersebut dapat menyebabkan palatabilitas, taraf pencernaan dan taraf konsumsi yang rendah dan selanjutnya berakibat kepada asupan unsur nutrisi yang rendah atau tidak seimbang. Dengan demikian, prioritas dalam pemilihan jenis teknologi proses adalah (i) teknologi yang dapat meningkatkan secara nyata taraf kecernaan dan konsumsi pakan; (ii) teknologi yang dapat mempermudah penanganan bahan dan mempermudah logistik; dan (iii) teknologi preservasi yang dapat memperpanjang masa simpan bahan pakan.

KARAKTERISTIK FISIK BAHAN PAKAN

Karakteristik fisik bahan baku pakan untuk ternak ruminansia jarang menjadi perhatian serius dalam kaitannya dengan kualitas nutrisi dalam menyusun formula ransum. Kerapatan (g/cm^3), kapasitas mengikat air dan kelarutan mempengaruhi proses pengolahan bahan baku. Keambaan mempengaruhi laju pelepasan pakan dari rumen dan selanjutnya akan mempengaruhi taraf konsumsi pakan. Ukuran partikel pakan yang kecil meningkatkan kerapatan pakan dan memperluas area permukaan pakan yang dapat diakses oleh sistem enzim mikroba rumen, sehingga meningkatkan laju pelepasan pakan dan taraf konsumsi. Kapasitas ikat air mempengaruhi tingkat kolonisasi mikroba pada permukaan pakan, akses enzim serta mempengaruhi tekanan osmosa yang selanjutnya mempengaruhi keseluruhan ekologi rumen (GIGER-REVERDIN, 2000). Proses amoniasi dapat meningkatkan kapasitas mengikat air pada bahan pakan. Kualitas fisik pakan yang diproses menjadi pelet atau *wafel* dapat dievaluasi berdasarkan sifat fisik antara lain kapasitas mengikat

air, rasio ekspansi, kerapatan dan stabilitas air (MISRA *et al.*, 2002).

Kandungan lignoselulosa yang tinggi pada sebagian besar bahan pakan asal perkebunan menyebabkan kerapatan bahan relatif rendah, sehingga lebih sulit diproses menjadi bentuk pelet dibandingkan dengan bahan pakan dengan kerapatan tinggi. Kerapatan bahan dan kapasitas mengikat air pada bahan dengan kandungan lignoselulosa tinggi berturut-turut berkisar antara 0,138 – 0,333 dan antara 3,8 – 8,87, sedangkan kerapatan bungkil inti sawit dilaporkan mencapai 0,519 dan kapasitas mengikat air sebesar 2,70 (GIGER-REVERDIN, 2000). Proses penggilingan mengakibatkan meningkatnya kerapatan bahan pakan, sehingga lebih mudah diproses menjadi pelet. Beberapa sifat fisik hasil samping kelapa sawit ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Beberapa sifat fisik hasil samping perkebunan kelapa sawit

Karakteristik fisik	Bahan		
	Daun kelapa sawit	<i>Solid</i>	BIS
Kekambaan (l/kg)	3,9	1,6	1,9
Daya serap air (g/g)	3,0	2,0	2,0
Kelarutan (%)	8,0	6,0	6,8

Sumber: SIREGAR (2003)

Berdasarkan komposisi kimiawi dan sifat fisik tersebut di atas, maka limbah padat sebagai pakan ternak dapat dikelompokkan menjadi bahan yang potensial sebagai: (1) pakan dasar yaitu bahan dengan kandungan serat dan keambaan tinggi, dan (2) pakan suplemen (konsentrat) yaitu bahan dengan kandungan protein dan energi tinggi, serat rendah dan keambaan rendah. Berdasarkan kriteria tersebut maka pelepah,

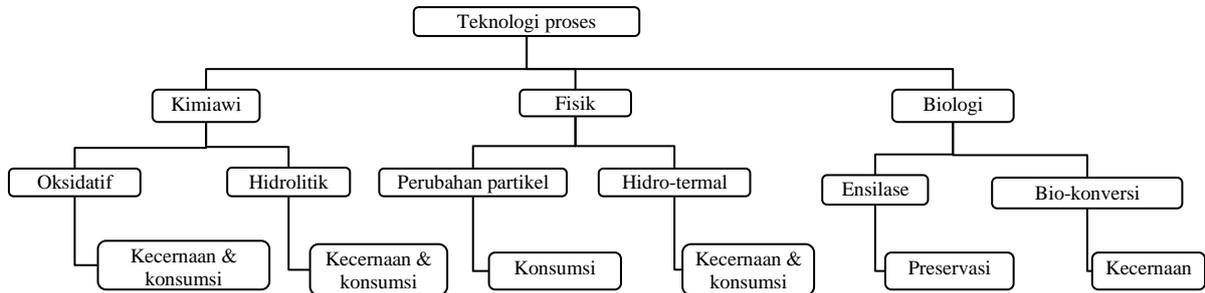
daun, batang dan serat perasan buah kelapa sawit termasuk ke dalam pakan dasar, sedangkan lumpur minyak sawit dan bungkil inti sawit sebagai konsentrat. Hal ini memberi indikasi bahwa formula ransum untuk menghasilkan pakan komplit dapat disusun untuk berbagai status fisiologis ruminansia yang sepenuhnya menggunakan limbah padat perkebunan kelapa sawit.

TEKNOLOGI PROSES TERSEDIA DAN PRINSIP KERJA

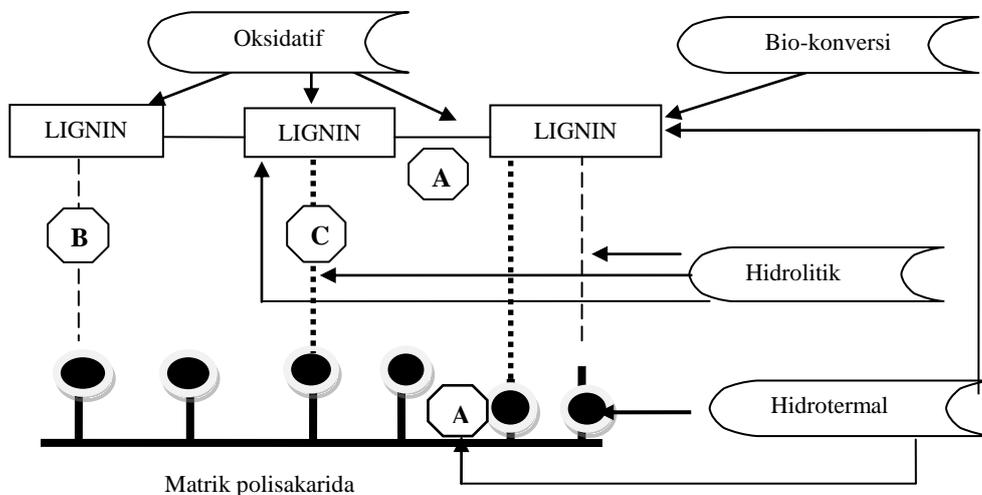
Unsur lignoselulosa yang dapat bersifat anti-nutrisi terhadap ruminansia kecil diwujudkan dalam bentuk rendahnya taraf cerna dan taraf konsumsi pakan. Kedua parameter tersebut, terutama taraf konsumsi merupakan indikator utama yang menentukan efisiensi penggunaan suatu bahan pakan (MERTEN, 1994). Faktor lain yang membatasi penggunaan beberapa bahan asal perkebunan adalah

keambaan yang tinggi dan kandungan air yang tinggi, sehingga mudah rusak (kulit buah kakao, lumpur sawit), sehingga memerlukan proses preservatif untuk memperpanjang masa pakai. Beberapa teknologi proses yang memiliki prospek yang baik dalam meningkatkan kualitas nutrisi maupun preservasi pakan untuk ternak ruminansia kecil ditampilkan pada Gambar 1.

Teknologi proses secara oksidatif maupun hidrolitik berdampak kepada peningkatan pencernaan dan konsumsi pakan. Proses secara fisik (penurunan partikel) berdampak positif kepada konsumsi, namun berdampak negatif kepada pencernaan. Proses secara biologik (ensilase) selain dapat bersifat preservatif untuk bahan yang mudah rusak, juga dapat meningkatkan pencernaan. Seluruh proses tersebut dapat mengurangi cekaman nutrisi yang diakibatkan oleh tingginya unsur lignoselulosa pada bahan pakan asal perkebunan. Prinsip kerja proses dalam menangani lignoselulosa dipaparkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Teknologi proses yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas nutrisi bahan pakan asal perkebunan untuk ruminansia kecil



Gambar 2. Skema pengaruh perlakuan hidrolitik, oksidatif dan hidrotermal terhadap ikatan kompleks karbohidrat-lignin. A: Ikatan glikosidik; B: Ikatan ester (labil alkalis); C: Ikatan ether (dimodifikasi dari CHESSON, 1993)

Perlakuan oksidatif maupun biologis memberi efek perubahan terhadap komponen senyawa fenol yang menyusun struktur lignin yang kompleks. Perlakuan hidrolitik menyebabkan pelepasan ikatan ester yang terbentuk antara lignin dengan karbohidrat (polisakarida). Perlakuan hidrotermal menyebabkan hidrolisis secara parsial pada ikatan glikosidik pada temperatur rendah dan menyebabkan degradasi lignin pada temperatur tinggi ($> 180^{\circ}\text{C}$) (CHESSON, 1993). Proses oksidatif, hidrolitik, biokonversi maupun hidrotermal tersebut di atas menyebabkan tingkat degradasi dan pencernaan bahan meningkat akibat terlepasnya sebagian atau seluruh ikatan lignin dengan karbohidrat.

Perlakuan oksidatif

Proses oksidatif dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai bahan kimiawi seperti SO_2 , ozon (O_3) dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Ozon dan peroksida dapat memecah ikatan glikosidik antara karbohidrat dengan lignin, sedangkan oksidasi dengan SO_2 dapat melarutkan lignoselulosa sehingga lebih mudah dicerna oleh sistem enzim mikroba rumen. Namun, saat ini penggunaan ozon memiliki keterbatasan dalam pengolahan bahan pakan karena tingkat teknologi yang dibutuhkan tinggi. Pengaruh penting perlakuan oksidatif adalah menurunnya kandungan lignin dan meningkatnya proporsi polisakarida yang larut (BEN-GHEDALIA *et al.*, 1988). Proses oksidatif menggunakan Natrium klorit (NaClO_2) dapat meningkatkan pencernaan bahan dengan kandungan lignoselulosa tinggi, namun penggunaannya dapat juga menurunkan palatabilitas (FAHEY *et al.*, 1993).

Perlakuan hidrolitik

Metode hidrolitik menggunakan bahan kimiawi yang bersifat asam ataupun alkalis. Larutan asam, seperti HCl dan H_2SO_4 dapat menghidrolisis xilan menjadi xilose (unit monomer yang menyusun hemiselulosa). Bagasse yang diproses secara hidrolitik menggunakan larutan asam dilaporkan menghasilkan sebanyak 220 mg monomer xilose/g bagase yaitu hampir 80% dari total xilosa yang terdapat dalam bagase (LAVARACK *et al.*, 2002). Penggunaan larutan alkalis merupakan proses yang paling banyak diteliti dan telah digunakan sebagai cara meningkatkan kualitas bahan pakan berserat tinggi. Larutan kimia yang paling banyak digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH) dan amonia (NH_3) atau urea. Pengaruh utama perlakuan hidrolitik menggunakan bahan alkalis adalah terlarutnya secara parsial hemiselulosa, lignin dan silika serta terhidrolisisnya

ikatan ester asam uronik dan asetat. Terpecahnya ikatan lignin-hemiselulosa dengan perlakuan alkali akan mengurangi penutupan secara fisik selulosa oleh lignin, sehingga akses enzim mikroba rumen terhadap selulosa dan hemiselulosa meningkat. Menurunnya kandungan senyawa fenolik dan grup asetil yang terikat dengan hemiselulosa akibat perlakuan alkalis juga berperan dalam meningkatkan pencernaan bahan pakan. Larutan natrium hidroksida (NaOH) banyak digunakan untuk meningkatkan pencernaan bahan pakan dengan kandungan serat tinggi, seperti jerami, ampas tebu, kulit kayu hasil samping industri *pulp* (WINA *et al.*, 2001).

Pengurangan ukuran partikel

Perlakuan fisik untuk menurunkan ukuran partikel pakan antara lain adalah proses penepungan dan pencacahan. Penepungan atau pencacahan meningkatkan luas area permukaan bahan dan meningkatkan kerapatan (densitas). Permukaan pakan yang semakin luas menyebabkan kolonisasi oleh mikroba rumen meningkat, sehingga memacu degradasi dan pencernaan bahan di dalam rumen ruminansia. Proses penepungan dapat dilanjutkan dengan proses pembuatan pelet untuk memudahkan penanganan, menurunkan sifat debu, meningkatkan kerapatan pakan dan meningkatkan palatabilitas.

Proses hidrotermal

Proses penguapan (*steaming*) dengan tekanan dan temperatur tinggi (hidrotermal) telah banyak dilakukan sebagai tahapan awal dalam proses biokonversi lignoselulosa menjadi etanol. Proses ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas bahan pakan. Kondisi hidrotermal dapat dilakukan pada tekanan antara 5 – 40 kg/cm dengan masa perlakuan < 5 menit pada temperatur $> 180^{\circ}\text{C}$. Proses hidrotermal secara fisik menyebabkan berubahnya struktur matrik lignoselulosa dalam bahan pakan. Proses ini menyebabkan lepasnya ikatan asetil ester pada hemiselulosa dan membebaskan asam asetat yang menyebabkan turunnya pH dan memicu proses hidrolisis. Dampak lainnya adalah larutnya fraksi hemiselulosa, sedangkan selulosa tidak terlalu dipengaruhi. Namun, temperatur yang tinggi berpotensi pula menghasilkan produk Maillard yang sulit dicerna.

Biokonversi

Proses biokonversi memiliki keunggulan dalam hal efisiensi penggunaan energi maupun dari aspek lingkungan dibandingkan dengan proses secara kimiawi dan fisik. Namun, kelemahan proses

biokonversi adalah dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk proses degradasi serat dan kemungkinan hilangnya unsur nutrisi selama inkubasi, terutama bila menggunakan inokulum jamur (FAHEY *et al.*, 1993). Beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan menggunakan proses biokonversi antara lain adalah (i) konsentrasi inokulum; (ii) jenis jamur; dan (iii) lama inkubasi. Dengan demikian, organisme yang ideal digunakan dalam proses biokonversi adalah (i) mampu mendegradasi unsur yang menghambat fermentasi dalam rumen, seperti lignin, namun tidak mempengaruhi unsur lain yang dapat digunakan oleh ternak; (ii) mampu tumbuh dengan cepat dalam media untuk mempersingkat masa inkubasi; dan (iii) mampu berkompetisi dengan mikroorganisme lain secara efektif. Dengan pengaturan masa inkubasi yang tepat maka keuntungan proses biokonversi dapat diperoleh dari: (i) meningkatnya taraf pencernaan lignoselulosa; (ii) meningkatnya kandungan protein kasar; dan (iii) kemungkinan terdegradasinya senyawa yang bersifat toksik bagi ternak. Upaya mendegradasi lignin dengan menggunakan jamur putih memberi hasil yang lebih baik, jika dilakukan secara fermentasi padat (*solid state fermentation*). Walaupun menggunakan istilah fermentasi, namun kondisi yang dibutuhkan untuk biokonversi ini adalah proses aerobik.

Termasuk ke dalam kategori biokonversi adalah proses fermentasi secara anaerobik yaitu ensilase. Proses ini pada prinsipnya bertujuan untuk pengawetan atau preservasi dan proses biokonversi sebenarnya hanya terjadi secara terbatas. Karbohidrat mudah larut yang terdapat didalam bahan baku pakan serta bahan aditif dengan kandungan gula yang tinggi dimanfaatkan oleh mikroba untuk menghasilkan asam organik, terutama asam laktat. Kondisi asam yang terbentuk selama proses fermentasi ini akan menyebabkan mikroba lain tidak dapat berkembang dan mengawetkan bahan pakan.

RESPON KAMBING/DOMBA TERHADAP PROSES PAKAN

Respon ternak kambing/domba terhadap berbagai metode proses pakan sangat beragam (Tabel 4). Data ini tidak spesifik untuk bahan pakan asal perkebunan, namun merepresentasi bahan pakan dengan kandungan lignoselulosa yang tinggi. Keragaman ini dipengaruhi oleh metode proses, jenis bahan pakan, komposisi ransum dan fisiologis ternak. Proses secara hidrolitik menggunakan alkalis seperti urea dan NaOH maupun secara oksidatif menggunakan SO₂ secara numerik lebih berdampak kepada peningkatan taraf pencernaan pakan. Hal ini kemungkinan terkait dengan kemampuan hidrolitik maupun oksidatif untuk melepas semua ikatan dalam matrik polisakarida maupun ikatan polisakarida dengan lignin (ikatan glikosidik, ikatan

ester dan ikatan ether). Proses secara fisik untuk menurunkan ukuran partikel pakan (cacah/pelet) umumnya menyebabkan penurunan taraf pencernaan, namun meningkatkan taraf konsumsi. Ukuran partikel pakan yang lebih kecil menyebabkan laju pelepasan pakan dari dalam saluran cerna semakin tinggi dan berakibat kepada penurunan pencernaan dan peningkatan konsumsi. Respon kambing dan domba terhadap perlakuan biokonversi sangat beragam. Penggunaan kapang yang sesuai dengan substrat yang spesifik sangat menentukan tingkat respon ternak yang diberi pakan dengan perlakuan biokonversi.

Tabel 4. Respon kambing/domba terhadap metode proses bahan pakan asal perkebunan (Δ peningkatan dibandingkan dengan tanpa diproses, %)

Metode proses	Kecernaan (%)	Konsumsi (%)
Amoniasi ¹	45	4 – 22
NaOH ^{2, 3, 4}	17 – 40	6 – 24
Oksidasi, SO ₂ ⁶	25 – 80	13
Cacah/pelet ⁶	-(3 – 4)	45
Hidrotermal ^{2, 7}	4 – 10	55
Ensilase ²	8 – 10	12
Biokonversi ⁵	-	56

Sumber: ¹ISHIDA dan HASSAN (1992); ²OSHIO *et al.* (1990); ³FAHEY *et al.* (1993); ⁴HO *et al.* (1996); ⁵BEN-GHEDALIA dan MILTON (1994); ⁶JAAFAR *et al.* (1990); ⁷RAI *et al.* (1989)

PROSPEK TEKNOLOGI PROSES SKALA KECIL *IN SITU*

Efektivitas suatu metode pengolahan bahan sangat dipengaruhi oleh skala produksi. Pada umumnya teknologi proses yang secara teknis dan ekonomis layak dilakukan pada skala kecil juga dapat diadopsi pada skala besar dengan modifikasi tertentu, namun tidak demikian dengan kondisi sebaliknya. Pemilihan metode proses hasil samping perkebunan yang sifatnya berskala kecil (untuk kebutuhan sendiri ataupun kebutuhan suatu kelompok pengguna) dapat dilakukan dengan pendekatan *low input* agar mudah diterapkan dan berlangsung secara berkelanjutan.

Proses skala kecil (rumah tangga) secara *in situ* dapat diterapkan untuk perkebunan rakyat atau untuk karyawan dan masyarakat sekitar perkebunan besar (kakao, kelapa sawit dan tebu). Produk yang tersedia secara *on farm* terutama adalah berupa hasil samping tanaman yaitu kulit buah kakao, pucuk tebu, pelepah dan kelapa sawit. Pengolahan skala rumah tangga juga masih memungkinkan dilakukan untuk hasil samping pengolahan pabrik yang secara logistik terjangkau oleh peternak seperti lumpur sawit, serat perasan buah dan tandan buah kosong. Beberapa alternatif metode proses

pengolahan bahan asal perkebunan yang memiliki prospek implementasi tinggi pada skala rumah tangga ditampilkan pada Tabel 5.

Ensilase merupakan salah satu proses pengolahan bahan asal perkebunan yang mudah diterapkan dalam skala rumah tangga. Teknologi ini tepat digunakan untuk tujuan membangun cadangan pakan agar dapat digunakan pada waktu tertentu saat mana ketersediaan pakan ataupun tenaga kerja terbatas. Teknologi ini juga layak diterapkan untuk jenis bahan yang cepat rusak, karena kadar air yang tinggi. Kulit buah kakao, pelepah dan daun sawit adalah beberapa bahan asal perkebunan yang memiliki prospek sangat baik untuk diproses menjadi silase (Gambar 3).



Gambar 3. Pelepah kelapa sawit tanpa kulit luar dan dicacah dapat digunakan oleh peternak sebagai pakan kambing

Proses ensilase membutuhkan bahan aditif untuk mempercepat fermentasi. Bahan aditif dengan kandungan karbohidrat mudah larut dan mudah diperoleh adalah tepung tapioka dan tepung jagung. Molases merupakan bahan aditif yang sangat baik, namun tidak selalu tersedia di lapangan. Penggunaan bahan aditif berkisar antara 5 – 7% (g/g). Proses ensilase tergolong sederhana yaitu meliputi (i)

pencacahan bahan (0,5 – 5 cm); (ii) pengeringan (kadar air < 30%); (iii) penambahan bahan aditif dan inokulum; (iv) penyimpanan secara kompak dalam suasana anaerobik selama 2 – 3 minggu; dan (v) panen/ penggunaan sebagai pakan.

Amoniasi dengan urea dapat digunakan untuk meningkatkan pencernaan dan konsumsi kulit buah kakao pada ruminansia kecil. Larutan alkalis akan membebaskan ikatan lignin dengan selulosa dan hemiselulosa pada kulit buah kakao. Substrat kulit buah kakao yang telah dikeringkan ditaburi dengan larutan urea secara merata, lalu disimpan di dalam media dalam kondisi kedap udara (anaerob) selama kurang lebih tiga minggu. Larutan alkalis 6% (6 kg urea/100 l air) digunakan untuk 100 kg substrat kulit buah kakao (ZAIN, 2009). Proses amoniasi ini akan meningkatkan kandungan protein kasar (nitrogen) dan menurunkan unsur serat (selulosa, hemiselulosa) dan lignin. Peningkatan kandungan N sangat penting untuk memaksimalkan fungsi rumen ternak ruminansia, karena kandungan N pada kulit buah kakao relatif rendah, dan hanya mampu untuk memenuhi kebutuhan *maintenance* mikroba rumen. Peningkatan N biasanya dapat memacu konsumsi, sehingga asupan nutrisi ikut meningkat pula. Proses amoniasi untuk produk pucuk tebu tidak disarankan, karena amonia dengan monosakarida pada hijauan pucuk tebu dapat bereaksi pada temperatur tinggi menghasilkan toksin seperti 4-methyl imidiazole (SUNDSTØL, 1991).

Pencacahan ditujukan untuk mengurangi tingkat seleksi pakan oleh ternak sehingga dapat menekan jumlah pakan yang terbuang (*wastage*). Proses ini tidak merubah struktur kimiawi bahan, namun meningkatkan luas permukaan bahan, sehingga dapat diakses oleh enzim mikroba rumen dengan lebih cepat dan intensif.

Biokonversi bahan dengan kandungan serat dan lignin tinggi seperti TBK, SPB, pelepah dan daun kelapa sawit, kulit buah kakao dapat dilakukan dengan menggunakan jamur (*Pleurotus* sp.). Teknik biokonversi menggunakan jamur putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan substrat ampas tebu yang kaya selulosa dan lignin dapat menurunkan kandungan serat dan lignin serta meningkatkan kandungan protein (TARMIDI, 2004). Substitusi rumput Raja sebesar 30%

Tabel 5. Beberapa metode proses yang prospektif untuk mengolah bahan baku pakan asal perkebunan untuk ternak ruminansia kecil pada skala rumah tangga secara *in situ*

Proses	Substrat				
	Kulit buah kakao	Pucuk tebu	Pelepah sawit	Daun sawit	Lumpur sawit
Ensilase	++	+	++	++	+
Amoniasi	++	-	+	+	+
Pencacahan	+++	+++	+++	+++	-
Biokonversi	+	+	+	-	-

-: Prioritas sangat rendah; +: Prioritas rendah; ++: Prioritas sedang; +++: Prioritas tinggi

dengan ampas tebu yang telah diproses secara biokonversi tidak mempengaruhi penambahan bobot badan domba. Proses biokonversi menggunakan jamur akan meningkatkan pencernaan bahan kering, tapi juga dapat mengurangi unsur nutrisi yang pada dasarnya tersedia untuk ternak. Lamanya masa tumbuh jamur pada substrat merupakan titik kritis dalam proses biokonversi. Masa tumbuh yang terlalu lama akan mengakibatkan hilangnya nutrisi yang dapat tersedia langsung bagi ternak, sedangkan lama tumbuh yang singkat menyebabkan tidak efektifnya penurunan kandungan unsur lignoselulosa dalam bahan. Biokonversi menggunakan jamur juga dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas nutrisi *solid* dekanter (PASARIBU *et al.*, 1998).

Produk yang dihasilkan dari pengolahan hasil perkebunan adalah pakan yang dapat berfungsi sebagai sumber serat (*roughage*) untuk memaksimalkan fungsi rumen. Dengan demikian, produk ini dapat menggantikan sebagian atau seluruh hijauan yang diperlukan ternak. Produk pakan tersebut dapat meningkatkan daya dukung pakan suatu kawasan dan dengan metode proses yang tepat dapat menghemat penggunaan tenaga kerja untuk mencari hijauan pakan. Produk pakan yang dihasilkan dapat pula digunakan sebagai pakan cadangan untuk digunakan secara efisien pada periode tertentu saat mana waktu petani-peternak diperlukan untuk kegiatan lain.

PROSPEK TEKNOLOGI PROSES SKALA KOMERSIAL *IN-SITU*

Industri perkebunan memiliki potensi untuk membangun unit usaha produksi pakan ruminansia. Potensi ini adalah: (i) besarnya volume biomasa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pakan yang murah karena tersedia *in situ*; (ii) tersedianya infrastruktur dan kapital untuk mengoperasikan unit usaha; dan (iii) adanya peluang pasar termasuk dengan membangun unit usaha ternak sendiri. Dalam mengolah bahan baku

terdapat banyak pilihan metode pengolahan yang layak digunakan (Tabel 6). Proses hidrolitik dengan NaOH dan proses hidrotermal memiliki prospek yang tinggi dalam menangani kualitas nutrisi bahan asal limbah perkebunan kelapa sawit maupun bagase hasil pengolahan tebu. Kedua cara ini secara teknis efektif dan secara ekonomis memiliki prospek menguntungkan bila diproses dalam skala besar.

Perendaman biasanya dilakukan di dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 4 – 5% selama 24 jam dan berdampak kepada meningkatnya taraf pencernaan bahan. OSHIO *et al.* (1990) menggunakan larutan NaOH 8% (8g NaOH/100g PPF) dan menghasilkan peningkatan pencernaan sebesar 15% unit. Lumpur sawit yang diproses menggunakan *decanter* mengalami penurunan kualitas akibat perlakuan temperatur tinggi selama pengeringan. Temperatur tinggi menimbulkan reaksi *Maillard* yang menghasilkan produk *Maillard* yang memiliki struktur kimiawi yang sulit dicerna. Perlakuan dengan NaOH dapat meningkatkan pencernaan dan menurunkan kandungan lignin, selulosa dan NDF, sehingga memperbaiki kualitas nutrisi yang menurun akibat pengeringan temperatur tinggi menggunakan dekanter (VADIVELLO, 1991).

Proses hidrotermal dengan tekanan dan temperatur tinggi merupakan salah satu proses menjanjikan untuk diterapkan di industri perkebunan secara *in situ* dalam menghasilkan produk pakan ruminansia kecil. Industri pengolahan kelapa sawit dilengkapi dengan *boiler* yang dapat juga berfungsi sebagai alat *steaming* dalam proses pengolahan produk samping perkebunan kelapa sawit, seperti tandan buah kosong, serat perasan buah, batang kelapa sawit, pelepah dan daun sawit. Hasil samping ini dapat pula diproses secara fisik dalam bentuk *wafer* atau pelet untuk memudahkan penanganan.

Teknologi hidrotermal (*steaming*) dengan tekanan dan temperatur tinggi dapat menghidrolisis hemiselulosa menjadi substansi dengan molekul yang lebih rendah dan mudah larut sehingga lebih mudah dihidrolisis oleh sistem mikroba dalam rumen.

Tabel 6. Beberapa metode proses yang prospektif untuk mengolah bahan baku pakan asal perkebunan untuk ternak ruminansia kecil pada skala komersial *in situ*

Proses	Substrat							
	Kulit buah kakao	Pucuk tebu	Bagase	Tandan buah kosong	Serat perasan buah	Pelepah sawit	Daun sawit	Lumpur sawit
Hidrolitik, NH ₃	++	+	+	+	+	+	-	+
Hidrolitik, NaOH	+++	++	+++	++	++	++	+	-
Penepungan	++	-	++	++	++	++	+	-
Hidrotermal	-	-	++	++	++	++	++	-
<i>Pelleting/wafering</i>	+	+	+	+	+	+	-	+
Biokonversi	++	-	++	++	++	+	-	-

–: Prioritas sangat rendah; +: Prioritas rendah; ++: Prioritas sedang; +++: Prioritas tinggi

Sementara itu, *steaming* akan mengurai lignin menjadi substansi yang dapat larut sehingga membuka akses enzim terhadap selulosa dan hemiselulosa. Kondisi optimal proses *steaming* untuk menghasilkan bahan pakan ruminansia ditampilkan pada Tabel 7.

Dalam penelitian ini OSHIO *et al.* (1990) melaporkan bahwa proses *steaming* mampu meningkatkan pencernaan batang kelapa sawit secara nyata dari 45 menjadi 54%. Kondisi optimal proses *steaming* untuk berbagai bahan baku pakan kemungkinan akan berbeda, karena dipengaruhi oleh komposisi dan struktur kimiawi, terutama selulosa, hemiselulosa dan lignin. Namun, proses *steaming* merupakan salah satu metode yang prospektif untuk meningkatkan kualitas nutrisi bahan dengan kandungan serat tinggi. Proses dengan tekanan dan temperatur tinggi (pengempaan panas) dapat dilakukan untuk menghasilkan produk dalam bentuk *wafer*, sehingga lebih mudah ditangani. RETNANI *et al.* (2009) menggunakan tekanan 200 – 300 kg/cm² dan temperatur 150 °C selama 20 menit untuk menghasilkan pakan komplit dalam bentuk *wafer* dengan menggunakan pucuk tebu dan ampas tebu (*bagasse*) sebanyak 20% dalam ransum. Produk ini dapat disimpan selama 4 minggu. Untuk menghindari cepatnya kerusakan produk pakan hasil proses kadar air perlu dikontrol dan dipertahankan sekitar < 13 – 14%.

Produk pakan yang dapat dihasilkan dalam skala secara komersial *in situ* adalah (i) pakan ruminansia baik konsentrat (bungkil inti sawit dan *solid*); (ii) pakan komplit yang terdiri dari campuran bahan dengan kandungan serat tinggi (lignoselulosa) dengan bahan yang memiliki kandungan protein tinggi (bungkil inti sawit dan *solid*); atau (iii) pakan basal dalam bentuk pelet, *wafer* atau kubus menggunakan bahan pakan berserat tinggi. Ketersediaan produk pakan secara *in situ* berpotensi untuk mendorong berkembangnya usaha produksi ruminansia kecil dalam berbagai skala usaha tanpa harus tergantung kepada hijauan. Dari aspek manajemen kebun, maka ketersediaan pakan dari hasil olahan hasil samping perkebunan akan berdampak positif, karena dapat meminimalkan atau mencegah kontak langsung ternak ruminansia kecil dengan tanaman perkebunan, terutama pada areal tanaman muda (Gambar 4).



Gambar 4. Pakan komplit berbasis pelepah kelapa sawit yang telah dirajang untuk ternak kambing

PROSPEK TEKNOLOGI PROSES SKALA KOMERSIAL *EX-SITU*

Industri perkebunan dapat mengembangkan fungsi usaha sebagai sumber bahan baku pakan yang berdaya saing dalam memenuhi kebutuhan industri pakan. Dalam hal ini, industri pakan berpeluang melakukan diversifikasi produk dengan memproduksi pakan komplit berbasis hasil samping perkebunan untuk ternak ruminansia (Gambar 5). Oleh karena sebagian terbesar bahan baku merupakan lignoselulosa dan secara geografis terisolir dari sentra industri pakan, maka proses pengolahan (*pre-treatment*) seperti hidrolitik, hidrotermal dan penepungan dapat dilakukan oleh industri perkebunan untuk meningkatkan efisiensi transportasi.

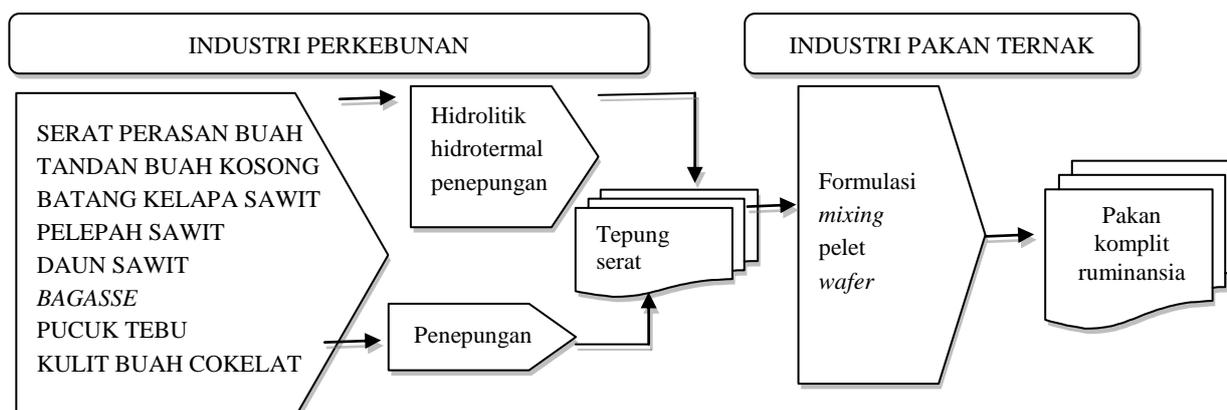
Dalam sistem ini, prinsip formulasi pakan dapat dilakukan mengikuti *feeding standard* sesuai kebutuhan nutrisi ternak ruminansia pada berbagai status fisiologis (laktasi, bunting, tumbuh). Prinsip ini dengan relatif mudah dapat dilakukan oleh industri pabrik pakan, karena tersedianya bahan baku lain yang secara ekonomis dapat digunakan sebagai komponen bahan baku maupun sebagai bahan aditif seperti mineral dan vitamin untuk menghasilkan produk pakan komplit sesuai standar kebutuhan nutrisi ternak.

Kemampuan modal yang kuat serta ketersediaan infrastruktur pada industri pakan ternak memungkinkan

Tabel 7. Kondisi optimal proses *steaming* untuk pengolahan serat perasan buah dan pohon kelapa sawit sebagai pakan ruminansia

Produk	Kondisi optimal proses <i>steaming</i>		
	Tekanan (kg/cm ²)	Waktu (menit)	Temperatur (°C)
Serat perasan buah (PPF)	12,5	5	214
Batang (<i>oil palm trunk</i>)	12,5	7	214

Sumber: OSHIO *et al.* (1990)



Gambar 5. Skema konseptual hubungan pengolahan dan produksi pakan ternak ruminansia berbasis hasil samping perkebunan antara industri perkebunan dan industri pakan ternak

pilihan teknologi proses bahan baku asal perkebunan hampir tidak terbatas. Adanya jaminan pasokan bahan baku yang berasal dari industri hilir (perkebunan) menyebabkan model pengembangan pakan ruminansia ini berpeluang berkelanjutan. Dalam industri pakan ternak faktor jaminan pasokan bahan baku menjadi salah satu simpul kritis dalam pengembangan pakan yang berdaya saing.



Gambar 6. Pakan komplit berbasis serat perasan buah (serat mesokarp) dalam bentuk pelet untuk ternak ruminansia kecil

Tersedianya pakan komplit terutama yang diproses dalam bentuk pellet (Gambar 6), *wafer* ataupun kubus memberikan jaminan pakan dan kemudahan penanganan bagi pelaku usaha ruminansia kecil dalam mengatasi kendala pakan yang sering dialami. Saat ini, volume pakan ternak ruminansia masih jauh di bawah pakan ternak unggas dan monogastrik lain. Oleh karena itu, ketersediaan produk pakan secara komersial ini pada dasarnya dapat menjadi faktor pendorong bagi tumbuhnya usaha ternak ruminansia kecil secara komersial, sehingga

menciptakan pasar bagi produk pakan. Penggunaan bahan pakan asal perkebunan sebagai sumber utama pakan basal diharapkan mampu menekan biaya produksi untuk menghasilkan produk pakan yang secara ekonomik memiliki daya saing.

KESIMPULAN

Sebagian besar bahan pakan asal perkebunan kelapa sawit, tebu dan kakao yang merupakan hasil samping tanaman maupun hasil olahan pabrik merupakan bahan dengan kandungan lignoselulosa tinggi. Ternak ruminansia kecil, kambing dan domba dapat memanfaatkan bahan tersebut sebagai sumber energi melalui proses fermentasi di dalam rumen. Namun, ternak ruminansia kecil menghadapi tantangan yang relatif lebih besar dalam memanfaatkan bahan dengan kandungan lignoselulosa tinggi. Kualitas nutrisi (kecernaan dan konsumsi) bahan pakan asal perkebunan untuk ruminansia kecil dapat ditingkatkan melalui berbagai proses kimiawi, fisik maupun biologis. Efektivitas teknologi proses ini dipengaruhi oleh skala produksi pakan yang akan dihasilkan. Tersedia berbagai prioritas teknologi proses untuk skala rumah tangga maupun skala komersial yang diproduksi secara *in situ*, maupun skala komersial secara *ex situ*. Terbentuknya hubungan sinergis dan saling menguntungkan antara sumber pakan (industri perkebunan) dengan industri pakan ternak berpeluang menciptakan usaha produksi ternak ruminansia kecil yang lebih komersial untuk memacu produksi dan produktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- ABDULLAH, M.A. and M.S. NAZIR. 2011. Development of value-added biomaterial from oil palm agro-waste. 2nd Intl. Conf. Biotechnology and Food Science. IACSIT Press. Singapore. IPCBEI 7: 32 – 35.

- ALIMON, A.R. and M. HAIR-BEJO. 1996. Feeding systems based on oil palm by-products in Malaysia. 1st International Symposium on The Integration of Livestock to Oil Palm Production. MSAP/FAO and UPM, 25 – 27th June 1996, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 105 – 113.
- AMMIRROENAS, D.E. 1990. Mutu ransum berbentuk pellet dengan bahan serat biomassa pod coklat (*Theobroma cacao* L) untuk pertumbuhan sapi perah jantan. Tesis. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BEN-GHEDALIA, D., J. MIRON, Y. EST and E. YOSEF. 1988. SO₂ treatment for converting straw into a concentrate-like feed: A growth study in lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19:219 – 229.
- CHESSON, A. 1993. Mechanistic models of forage cell wall degradation. *In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility.* G.A. PETERSON, P.S. BAENZIGER and R.J. LUXMOORE (Eds.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. pp. 347 – 376.
- DARWIS, A.A., E. SUKARA, R. PURWATI and T.TEDIA. 1999. Biokonversi Limbah Lignoselulosa oleh *Trichoderma viride* dan *Aspergillus niger*. Laporan Penelitian PAU Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- FAHEY, G.C. JR., L.D. BOURQUIN, E. C. TITGEMEYER and D.G. ATWELL. 1993. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. *In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility.* PETERSON, G.A., P.S. BAENZIGER and R.J. LUXMOORE (Eds.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America pp. 715 – 766.
- GIGER-REVERDIN, S. 2000. Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86: 53 – 69.
- H'NG, P.S., L.J. WONG, K.L. CHIN, E.S. TOR, S.E. TAN, B.T. TENG and M. MAMINSKI. 2011. Oil palm (*Elaeis guineensis*) trunk as a resource of starch and other sugars. *J. Appl. Sci.* 11: 3053 – 3057.
- HO, Y.W., N. ABDULLAH and S. JALALUDIN. 1996. Microbial colonisation and degradation of some fibrous crop residues in the rumen of goats. *AJAS* 9: 519 – 524.
- ISHIDA, M. and A.O. HASSAN. 1992. Effect of urea treatment level on nutritive value of oil palm frond silage in Kedah-Klantan bulls. Proc. of the 6th AAAP Animal Science Congress, Vol. 3 AHAT, Bangkok, Thailand. p. 68.
- JALALUDIN, S., Z.A. ZELAN, N. ABDULLAH and Y.W.HO. 1991. Recent development on the palm oil by-products based ruminant production system. *In: Recent Advances on the Nutrition of Herbivores.* Y.W. HO, H.K. WONG, N. ABDULLAH and Z.A. TAJUDDIN (Eds.) Malaysia Society Anim. Prod. pp. 35 – 44.
- LAVARACK, B.P., G.J. GRIFFIN and D. RODMAN. 2002. The acid hydrolyses of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products. *Biomass and Bioenergy* 23: 367 – 380.
- MERTEN, D.R. 1994. Regulation of forage intake. *In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization.* Fahey, G.C. JR. (Ed.). American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA pp. 450 – 493.
- MISRA, C.K., N.P. SAHU and K.K. JAIN. 2002. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, water absorption and physical response of *Macrobrachium rosenbergii*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15: 1354 – 1358.
- OSHIO, S., D.M. JAAFAR, O.A. HASSAN and R. ISMAIL. 1990. Determination of optimum steaming condition of oil palm trunk for ruminant feed. *In: Processing and Utilization of Oil Palm By-Products for Ruminant.* MARDI-TARC Collaborative Study pp. 58 – 64.
- PASARIBU, T., A.P. SINURAT, T. PURWADARIA, SUPRIYATI dan H. HAMID. 1998. Peningkatan nilai gizi lumpur sawit melalui proses fermentasi: Pengaruh jenis kapang, suhu dan lama proses enzimatik. *JITV* 3: 237 – 242.
- PRESTON, T.R. 1991. Sugar cane and its derivatives as feed for herbivores. *In: Recent Advances on the Nutrition of Herbivores.* HO, Y.W., H.K. WONG, N. ABDULLAH and Z.A. TAJUDDIN (Eds.). Malaysia Society Anim. Prod. pp. 61 – 69.
- RAI, S.N., T.K. WALLI, and B.N. GUPTA. 1984. The chemical composition and nutritive value of rice straw after treatment with urea or *Coprinus fimetarius* in a solid state fermentation system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26: 81 – 92
- RETNANI, Y., W. WIDIARTI, I. AMIROH, L. HERAWATI dan K.B. SATOTO. 2009. Daya simpan dan palatabilitas wafer ransum komplit pucuk tebu dan ampas tebu untuk sapi pedet. *Media Peternakan* 32: 130 – 136.
- SHIBATA, M. and A.H. OSMAN. 1988. Feeding value of oil palm by-products 1. Nutrient intake and physiological responses of Kedah-Kelantan cattle. *JARQ* 22: 77 – 84.
- SIREGAR, Z. 2003. Peningkatan Kinerja Pertumbuhan Domba Persilangan dan Lokal Melalui Suplementasi Hidrolisat Tepung Bulu Ayam dan Mineral Esensial dalam Ransum Berbasis Limbah Perkebunan. Disertasi Doktor. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- SUNDSTØL, F. 1991. Large scale utilisation of straw for ruminant production systems. *In: Recent Advances on the Nutrition of Herbivores.* HO, Y.W., H.K. WONG, N. ABDULLAH and Z.A. TAJUDDIN (Eds.). Malaysia Society Anim. Prod. pp. 55 – 60.
- TARMIDI, A.R. 2004. Pengaruh pemberian ransum yang mengandung ampas tebu hasil biokonversi oleh jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) terhadap performans domba Priangan. *JITV* 9: 157 – 163.
- VADIVELOO, J. 1991. The effect of heat treatment on the composition and digestibility of palm oil mill effluent. Proc. 14th MSAP Annual Conference. Genting Highland, Pahang, Malaysia. May 8 – 9 1991. pp. 79 – 82.

- WINA, E., T. TOHARMAT dan W. ASTUTI. 2001. Peningkatan nilai pencernaan kualitas kulit *Acacia mangium* yang diberi perlakuan alkali. JITV 6: 172 – 178.
- ZAIN, M. 2009. Substitusi rumput dengan dengan kulit buah cokelat amoniiasi dalam ransum domba lokal. Media Peternakan 32: 47 – 52.