

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

Terakreditasi Kemenristekdikti
Keputusan Menteri Ristek/BRIN
No. 85/M/KPT/2020

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia
Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences

Volume 31
Nomor 1
Maret 2021



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PETERNAKAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 31 Nomor 1 Tahun 2021

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

Terakreditasi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi

SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan No. 21/E/KPT/2018

Diterbitkan oleh:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
bekerjasama dengan
Ikatan Sarjana Peternakan Indonesia

Penanggung Jawab:

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

Dewan Redaksi:

Ketua:

Dr. Elizabeth Wina, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Balai Penelitian Ternak – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Wakil Ketua:

Drh. Rini Damayanti, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Patologi dan Toksikologi)

Dr. Drh. Eny Martindah, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Parasitologi dan Epidemiologi)

Ir. Juniar Sirait, MSi. (Peneliti Ahli Madya – Loka Penelitian Kambing Potong – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Anggota:

Dr. Ir. Atien Priyanti SP, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Puslitbangnak – Ekonomi Pertanian)

Drh. Indrawati Sendow, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Virologi)

Dr. Ir. Bess Tiesnamurti, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Puslitbangnak – Pemuliaan dan Genetika Ternak)

Ir. Mariyono, MSi. (Peneliti Ahli Madya – Loka Penelitian Sapi Potong – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Dr. Drh. Susan Maphiliandawati Noor, MVSc. (Peneliti Ahli Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Bakteriologi)

Dr. Wisri Puastuti, SPt., MSi. (Peneliti Ahli Madya – Balai Penelitian Ternak – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Mitra Bestari:

Prof. (Riset) Dr. Ir. Tjeppy D Soedjana, MSc. (Puslitbangnak – Ekonomi Pertanian)

Prof. Dr. Edy Rianto, MSc. (Universitas Diponegoro – Ilmu Ternak Potong dan Kerja)

Prof. Dr. Gono Semiadi (LIPI – Pengelolaan Satwa Liar)

Dr. Agr. Asep Anang, MPhil. (Universitas Padjadjaran – Pemuliaan Ternak)

Dr. Ir. VM Ani Nurgartiniingsih, MSc. (Universitas Brawijaya – Pemuliaan dan Genetika Ternak)

Penyunting Pelaksana:

Nandi Hendriana, ST, MKom.

Ivoni Christyani Sembiring, SSos.

Pringgo Pandu Kusumo, AMd.

Muhamad Indra Fauzy, AMd.

Alamat:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

Jalan Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128 – Indonesia

Telepon (0251) 8322185; Faksimile (0251) 8380588

E-mail: wartazoa@litbang.pertanian.go.id; wartazoa@yahoo.co.id

Website: <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/wartazoa>

Wartazoa diterbitkan empat kali dalam setahun pada bulan Maret, Juni, September dan Desember

KATA PENGANTAR

Terbitan Wartazoa volume 31, no 1 menampilkan 3 makalah yang berhubungan dengan gas metana dari ternak, satu makalah genetik dan terakhir adalah makalah pengangkutan ternak.

Emisi gas dari sektor peternakan sebagian besar berupa gas metana yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba di dalam rumen. Peningkatan emisi gas metana ini akan berdampak pada pemanasan global dan jumlahnya diprediksi akan terus meningkat. Modifikasi pakan dapat dilakukan dengan menggunakan pakan tinggi bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) maupun pakan dengan kandungan nutrisi yang berimbang. Manipulasi rumen dapat dilakukan dengan penambahan bahan pakan aditif, mikroba, dan minyak. Keduanya dapat memitigasi gas metana dari ternak ruminansia.

Penurunan CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya adalah penggunaan komponen organik yang terdapat pada tanaman, diantaranya adalah senyawa katekin yang terdapat pada daun teh (*Camellia sinensis*). Senyawa katekin menyebabkan penghambatan langsung metanogen dan juga dapat berperan sebagai penampungan hidrogen selama degradasi oleh mikroba rumen.

Produk samping pertanian merupakan sumber pakan yang sangat berpotensi. 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.

Sifat pertumbuhan dan karkas merupakan sifat ekonomis dalam pemuliaan ternak, karena mempengaruhi profitabilitas usaha peternakan. Mutasi gen myostatin (MSTN) dapat menghambat aktivasi myostatin, yang kemudian menyebabkan adanya pembesaran massa otot (hipertrofi). Hasil-hasil kajian molekuler gen MSTN pada sapi lokal diharapkan dapat diaplikasikan untuk menyusun strategi perbaikan mutu genetik ternak, khususnya untuk sifat pertumbuhan dan karkas.

Transportasi ternak melalui jalur darat, laut atau udara dapat menjadi pemicu gangguan pada ternak seperti stres, perubahan fisiologis dan perilaku. Untuk mengurangi dampak buruk ini, pemilihan ternak yang diangkut hanya hewan sehat dan kondisi baik, memastikan makanan dan minuman yang memadai selama perjalanan dan berusaha menyediakan ruang/kandang yang nyaman untuk ternak berdiri atau beristirahat selama beberapa waktu sehingga menjamin kesejahteraan hewan selama perjalanan.

Kiranya tulisan ini bermanfaat bagi pembaca yang terhormat.

Bogor, Maret 2021

Ketua Dewan Redaksi

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 31 Nomor 1 (Maret 2021)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

DAFTAR ISI

Halaman

Mitigasi Emisi Metana Enterik Melalui Modifikasi Pakan dan Manipulasi Rumen (Mitigation of Enteric Methane Emission through Feed Modification and Rumen Manipulation) Agustin Herliatika dan Y Widiawati	1-12
Peran Senyawa Katekin dan Derivatnya Dalam Mitigasi Produksi Metana Asal Fermentasi di Dalam Rumen (The Role of Catechin Compounds and Its Derivates to Mitigate Methane Gas Production in the Rumen Fermentation) Mozart Nuzul Aprilliza dan YN Anggraeni	13-22
Kapasitas Tampung untuk Ternak Ruminansia Berdasarkan Pakan Hasil Samping Perkebunan dan Potensi Emisi Gas Metana Enterik (Carrying Capacity for Ruminant Based on Plantation By-products and Potency of Enteric Methane Emission) Gresy Eva Tresia, W Puastuti dan I Inounu	23-36
Gen Myostatin Sebagai Marka Genetik untuk Sifat Pertumbuhan dan Karkas Sapi Potong (Myostatin Gene as a Genetic Marker for Growth and Carcass Traits in Beef Cattle) Peni Wahyu Prihandini, DNH Hariyono dan YA Tribudi	37-42
Pengangkutan Ternak: Proses, Kendala dan Pengaruhnya pada Ruminansia Kecil (Transportation of Animal: Process, Challenge and the Effect on Small Ruminant) Arie Febre Trisiana, A Destomo dan F Mahmilia	43-53

Mitigasi Emisi Metana Enterik melalui Modifikasi Pakan dan Manipulasi Rumen

(Mitigation of Enteric Methane Emission through Feed Modification and Rumen Manipulation)

Agustin Herliatika dan Y Widiawati

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720
Korespondensi e-mail: tikaagustinherlia@gmail.com

(Diterima 4 Januari 2021 – Direvisi 15 Februari 2021 – Disetujui 25 Februari 2021)

ABSTRACT

The major of gas emission in the livestock sector are in the form of methane produced by microbial activity in the rumen. The emission of methane cause global warming and is predicted to keep increasing. Feed modification and rumen manipulation are important ways that can be used to mitigate methane emission. Based on this condition, this paper aims to describe several ways to mitigate methane emission using feed and rumen modification for smallholder farmers. Feed modification can be done using high Non-Fiber Carbohydrate (NFC) content in feed and also using balance nutrient feed. Meanwhile, rumen modification can be done through inclusion of feed additive, microbial products, and oils. Providing feed contains high NFC as much as 21.8-53%DM would decrease methane emission by 3.03-28.33%. While providing feed contains balance nutrients would potentially decrease 21.87% of methane emission. Feed additive addition as much as 0.0011-12%DM decreased 0.59-78% of methane emission. Bacterial inclusion as much as 0.7×10^8 – 3.6×10^{11} CFU decreased 0-18.57% of methane emission. Oil or fat inclusion as much as 6%DM decreased 6.02-24.53% of methane emission. A combination of methods can be used to optimize methane mitigation and it can be applicable for farmers to raise their livestock in friendly environment.

Key words: Enteric methane, rumen modification, feed modification

ABSTRAK

Emisi gas pada sektor peternakan sebagian besar berupa gas metana yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba di dalam rumen. Peningkatan emisi gas metana ini akan berdampak pada pemanasan global dan jumlahnya diprediksi akan terus meningkat. Pendekatan terhadap manajemen pakan dan manipulasi rumen menjadi sangat penting dalam upaya mengurangi emisi gas metana ini. Berdasarkan kondisi tersebut maka makalah ini bertujuan untuk mendeskripsikan beberapa cara mitigasi gas metana melalui modifikasi pakan dan manipulasi rumen yang aplikatif bagi peternak. Modifikasi pakan dapat dilakukan dengan menggunakan pakan tinggi bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) maupun pakan dengan kandungan nutrisi yang berimbang. Manipulasi rumen dapat dilakukan dengan penambahan bahan pakan aditif, mikroba, dan minyak. Penggunaan pakan dengan kandungan pati 21,8-53%BK dapat menurunkan produksi gas metana sebesar 3,03-28,33%. Penggunaan pakan dengan kandungan nutrisi berimbang berpotensi menurunkan gas metana hingga 21,87%. Penambahan zat aditif sebesar 0,0011-12%BK berpotensi menurunkan gas metana sebesar 0,59-78%. Penambahan mikroba sebanyak $0,7 \times 10^8$ – $3,6 \times 10^{11}$ CFU berpotensi menurunkan gas metana sebesar 0-18,57%. Penambahan minyak atau lemak sebesar 6%BK berpotensi menurunkan gas metana sebesar 6,02-24,53%. Penggunaan metode mitigasi ini dapat dilakukan secara kombinasi untuk mengoptimalkan upaya mitigasi gas metana dan dapat dimanfaatkan secara aplikatif oleh peternak dalam memelihara ternak yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Metana enterik, manipulasi rumen, modifikasi pakan

PENDAHULUAN

Emisi gas metana pada ruminansia bersumber dari fermentasi enterik di dalam rumen dan *manure* ternak. Produksi gas metana enterik memberikan sumbangan terbesar dalam produksi gas metana di ruminansia dibandingkan dengan gas metana dari *manure*. Gas metana enterik di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 22,51% pada tahun 2012 jika dibandingkan dengan emisi gas metana pada tahun 2008 (FAO 2015).

Dari sektor peternakan, kontribusi gas metana di Indonesia mencapai 52,77% dari produksi gas metana peternakan di Asia Tenggara, yang meliputi Indonesia, Malaysia, Vietnam dan Thailand (Boonyanuwat et al. 2013). Emisi gas metana enterik dari tahun 2006-2012 sekitar 15 juta ton CO₂-eq/th dan diproyeksikan meningkat menjadi 35 juta ton CO₂-eq/th pada tahun 2013-2020 (Agus et al. 2013). Nilai prediksi tersebut juga diperkirakan terus meningkat hingga mencapai

hampir 40 juta ton CO₂-eq/th pada tahun 2025 (Widiawati et al. 2019).

Gas metana yang diemisikan ke udara jika terjadi terus menerus dapat meningkatkan pemanasan global. Hal ini dikarenakan gas metana mempunyai potensi pemanasan global 28 kali (IPCC 2014) lebih besar dibandingkan karbondioksida. Meskipun masih lebih rendah jika dibandingkan gas nitrogen oksida yang mempunyai potensi pemanasan global 265 kali dari karbondioksida. Sebuah skenario yang dibangun oleh Collins et al. (2018) memperlihatkan bahwa pengurangan emisi gas metana ke atmosfer dapat mempertahankan kenaikan suhu bumi tetap sekitar 1,5°C. Oleh karena itu, upaya mengurangi kontribusi emisi gas metana dari sub sektor peternakan dapat membantu mengurangi peningkatan suhu bumi.

Selain berkontribusi negatif terhadap lingkungan, produksi gas metana dari enterik juga mengindikasikan jumlah energi pakan yang terbuang dan tidak termanfaatkan oleh ternak. Produksi gas metana ini menunjukkan inefisiensi penggunaan pakan oleh ternak atau pemborosan energi sehingga perlu diminimalisasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pakan bagi ternak.

Peningkatan populasi dan produksi ternak akan terus dilakukan guna memenuhi permintaan produk peternakan yang akan terus mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan populasi penduduk dunia. Namun, dampak negatif akibat peningkatan kegiatan peternakan yang berupa pemanasan global perlu dikurangi. Upaya meminimalkan dampak negatif ini dapat dilakukan melalui mitigasi, yakni upaya meminimalkan energi pakan menjadi gas metana, dimana mitigasi dapat dilakukan dengan fokus pada peningkatan produksi ternak (Monteny et al. 2006).

Mempertimbangkan emisi gas metana terbesar dari ternak ruminansia yang dihasilkan dari fermentasi enterik selama proses pencernaan pakan, maka pendekatan terhadap manajemen pakan dan manipulasi rumen menjadi sangat penting. Berdasarkan hal tersebut, maka makalah ini bertujuan untuk mendeskripsikan beberapa cara yang dapat digunakan untuk mitigasi gas metana enterik melalui modifikasi pakan dan manipulasi rumen. Makalah ini juga dapat bermanfaat untuk memberikan informasi mengenai mitigasi gas metana yang aplikatif bagi peternak dan dapat dilaksanakan dalam jangka pendek.

PRODUKSI GAS METANA ENTERIK DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA

Ternak ruminansia secara alamiah akan menghasilkan gas metana dalam proses biologisnya. Kerja bakteri metanogen yang merangkaikan kerangka karbon (CO₂) dengan atom hidrogen sebagai hasil

perombakan glukosa, protein pakan, maupun reaksi pembentukan VFA (asetat) akan menghasilkan gas metana. Metanogen ini hidup menempel pada protozoa atau bebas di dalam cairan rumen.

Proses perombakan karbohidrat di dalam rumen dimulai dengan pemotongan rantai karbohidrat menjadi unit monomer yaitu glukosa. Dari molekul glukosa diubah menjadi 2 asam piruvat akan menghasilkan 4 atom hidrogen (H), pembuatan 1 mol asetat dari 1 mol piruvat dan 1 mol air (H₂O) akan menghasilkan 2 atom hidrogen (H), pembuatan 1 mol propionat membutuhkan 1 mol piruvat dan 4 atom hidrogen (H) dengan hasil samping berupa 1 mol air (H₂O), pembuatan 1 mol butirir juga dapat dihasilkan melalui reaksi 2 mol asetat dan 4 atom hidrogen (H) dengan hasil samping berupa 2 mol air (H₂O), sedangkan produksi 1 mol gas metana (CH₄) membutuhkan 1 mol CO₂ dan 8 atom hidrogen (H) dengan hasil sampingan berupa 2 mol air (H₂O) (Moss et al. 2000).

Produksi gas metana pada ternak dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu bahan pakan ternak, pengaruh suplementasi pakan, bangsa ternak, suhu lingkungan, umur dan status fisiologis ternak (Haryanto & Thalib 2009). Bahan pakan ternak termasuk jenis hijauan yang begitu beragam mempengaruhi produksi gas metana. Hidalgo et al. (2014) melaporkan bahwa ternak yang digembalakan di padang rumput *perennial ryegrass* dan pastura rumput-legum (*white clover*) (1:1) menghasilkan emisi gas metana yang berbeda, yakni sebesar 24,5 dan 21,5 g CH₄/kg BK pakan.

Perbedaan produksi gas metana berdasarkan bangsa ternak dapat dilihat dari perbedaan nilai faktor emisi gas metana enterik (kg CH₄/ekor/tahun) dalam IPCC (2006) yang mencerminkan nilai prediksi produksi gas metana pada masing-masing bangsa ternak. Bangsa ternak di negara-negara berkembang yang berbeda dengan negara maju di Eropa akan mengemisikan CH₄ lebih rendah per ekornya, Emisi CH₄ di negara-negara berkembang sekitar 150,7 ; 21,9 dan 13,7 g/ekor/hari untuk sapi; domba dan kambing (Sejian et al. 2011). Sedangkan emisi CH₄ dari ternak di negara Eropa adalah 27,5-566 ; 3,69-55,2 dan 4,67-36,3 g/ekor/hari untuk sapi; domba, dan kambing (Benaouda et al. 2019). Selain bangsa ternak yang berbeda, perbedaan dan variasi emisi CH₄ pada ternak yang sama di negara berkembang dan maju, disebabkan juga oleh perbedaan bobot badan yang mempengaruhi konsumsi bahan kering, jenis pakan yang berbeda kualitasnya. Emisi kerbau hanya dilaporkan dari negara berkembang yaitu sekitar 137 g/ekor/hari (Sejian et al. 2011). Selain bangsa sapi, ada kelompok sapi dengan tingkat efisiensi penggunaan pakan yang tinggi akan menggunakan gross energi terkonsumsi lebih rendah untuk memproduksi gas metana (18,6 g CH₄/Kg BK terkonsumsi) dibandingkan dengan kelompok sapi

yang tingkat efisiensi penggunaan pakannya rendah (25,1 g CH₄/kg BK terkonsumsi) (Arndt et al. 2015).

Perbedaan suhu lingkungan dapat berdampak pada produksi gas metana di manur ternak, yakni secara umum produksi metana dari *manure* akan meningkat dengan semakin meningkatnya suhu lingkungan (IPCC 2006). Saat musim panas, emisi gas metana enterik pada sapi Jersey di awal laktasi yang digembalakan dan diberi pakan tambahan konsentrat adalah sebesar 280-313 g/ekor/hari (van Wyngaard et al. 2018a). Sedangkan saat musim semi sebesar 400-405 g/ekor/hari (van Wyngaard et al. 2019). Lokasi yang berbeda dengan musim yang berbeda juga menyebabkan perbedaan CH₄ seperti yang dilaporkan terjadi pada sapi perah di Eropa, Amerika, dan Australia sebesar 89,7-711 g/ekor/hari, 223-732 g/ekor/hari, dan 145-612 g/ekor/hari (Benaouda et al. 2019).

Perbedaan produksi gas metana yang terjadi karena perbedaan umur dan kondisi fisiologis ternak, dipengaruhi oleh perbedaan kebutuhan pakan dan nutrisi ternak tersebut. Emisi gas metana enterik pada sapi umur 1 tahun, hasil persilangan *Hereford* - *Friesian*, sebesar 135,6-161,9 g/ekor/hari (Laubach et al. 2014) sedangkan pada sapi perah masa laktasi emisi metana sebanyak 278-456 g/ekor/hari (Garnsworthy et al. 2012).

Manajemen pemeliharaan ternak yang meliputi, manajemen kandang dan pakan akan mempengaruhi produksi gas metana (Knapp et al. 2014). Manajemen kandang akan berpengaruh pada produksi gas metana ternak terutama yang terkait dengan komposisi, jumlah dan jenis (bangsa dan kondisi fisiologis) ternak yang dipelihara dalam kandang tersebut. Manajemen pakan yang mempengaruhi produksi metana adalah teknis pengolahan pakan seperti pengolahan hijauan menjadi silase yang bertujuan untuk memodifikasi VFA atau kondisi rumen. Ternak yang diberi silase rumput yang dicacah dengan ukuran >3 cm menghasilkan gas metana yang lebih rendah dibandingkan dengan ternak yang diberi silase rumput yang dicacah dengan ukuran <1 cm. Hal ini diakibatkan karena peningkatan jumlah lignoselulosa tercerna (Wall et al. 2015). Cara ini dapat juga dijadikan salah satu upaya untuk mitigasi gas metana dari ternak ruminansia.

STRATEGI MITIGASI GAS METANA ENTERIK

Upaya mitigasi gas metana enterik ini dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya 1) modifikasi nutrisi dan pakan, 2) manipulasi rumen, dan 3) perbaikan manajemen pemeliharaan dan genetik ternak. Penurunan produksi gas metana melalui perbaikan manajemen dan genetik membutuhkan teknologi mahal untuk memodifikasi efisiensi pakan ternak. Peluang penurunan produksi gas metana

melalui perbaikan manajemen pemeliharaan dan genetik mencapai 15-30%, sedangkan melalui modifikasi pakan dan nutrisi peluang penurunan produksi gas metana sebesar 2,5-15%, dan lebih kecil lagi jika menggunakan manipulasi rumen (Knapp et al. 2014). Pembahasan strategi mitigasi gas metana enterik pada makalah ini akan difokuskan pada modifikasi pakan serta manipulasi rumen untuk menekan produksi gas metana enterik. Hal ini dilakukan untuk mendeskripsikan upaya mitigasi yang paling praktis yang akan digunakan.

Modifikasi pakan

Modifikasi pakan adalah penggunaan atau penambahan sejumlah pakan berkualitas untuk meningkatkan pencernaan pakan atau memodifikasi pembentukan VFA (Knapp et al. 2014). Dalam kondisi demikian, akan terjadi peningkatan efisiensi penggunaan pakan sehingga persentase gas metana yang diproduksi tiap satuan produksi ternak (produksi gas metana/produksi susu atau produksi gas metana/produksi daging ternak) dapat menurun.

Teknik mitigasi gas metana enterik dengan pakan tinggi Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN)

Karbohidrat merupakan nutrisi paling besar dalam konsentrat. Komponen karbohidrat terdiri dari BETN dan serat kasar (SK). BETN yang tinggi dalam konsentrat merupakan ciri pembeda antara konsentrat dengan hijauan. Perbedaan kandungan pati (termasuk dalam BETN) di dalam konsentrat akan mempengaruhi perbedaan emisi gas metana. Ternak yang mengkonsumsi pati (BETN) sebesar 2,777 kg (dalam konsentrat tinggi) akan mengemisikan gas metana sebesar 0,099 g/g pati konsumsi, lebih rendah dibandingkan emisi gas metana sebesar 0,209 g/g pati konsumsi dari ternak yang mengkonsumsi pati 1,505 kg/hari (dalam konsentrat medium) (Casanas et al. 2015). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi pati pakan dapat menyebabkan penurunan produksi gas metana. Mekanisme mitigasi terjadi karena peningkatan konsumsi pati ini menyebabkan peningkatan produksi propionat di dalam rumen yang berdampak pada penurunan jumlah H₂ sebagai prekursor pembentukan gas metana di rumen (Lan & Yang 2019).

Pada penelitian (Casanas et al. 2015), emisi gas metana dikaitkan dengan jumlah bahan kering pakan yang dikonsumsi, yang tercerna dan yang dimanfaatkan ternak untuk kegiatan produksi karena produksi gas metana enterik akan terus bertambah seiring dengan semakin meningkatnya produksi ternak. Berdasarkan hal tersebut, guna mengetahui tingkat efisiensi penggunaan pakan dalam kegiatan mitigasi, maka

produksi gas metana harus dihitung dalam satuan produksi gas metana enterik per satuan produksi ternak.

Beberapa penelitian terdahulu terkait penggunaan pati dalam upaya mitigasi metana dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil tabulasi kegiatan mitigasi menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian mengidentifikasi adanya penurunan enterik metana sebesar 3,03-28,33% akibat peningkatan BETN maupun pati dalam pakan.

Bahan pakan yang memiliki kandungan BETN tinggi dan mudah untuk ditemukan di Indonesia adalah jagung dan bungkil inti sawit (BIS). Kandungan pati dalam silase jagung dapat mencapai 55,9% (Judy et al. 2018), namun penggunaan bahan pakan ini terkendala dengan harga yang mahal akibat bersaing dengan pangan dan pakan unggas. Bahan lainnya adalah BIS, yang memiliki kandungan BK lebih dari 85%, kandungan PK lebih dari 16%, nilai pencernaan BK dan BO lebih dari 63%, BETN bungkil inti sawit yang diperoleh dari proses pengepresan sebesar 46,67%, sedangkan BETN bungkil inti sawit yang diperoleh dari proses ekstraksi menggunakan sebesar 46,99% (O'Mara et al. 1999). Bungkil inti sawit yang berkualitas baik diharapkan tidak terkontaminasi atau dicampur dengan cangkang karena akan meningkatkan kandungan serat kasar yang akan menurunkan kandungan BETN nya. Oleh karena itu, bungkil inti sawit yang berkualitas baik dapat digunakan sebagai bahan pakan dalam upaya mitigasi gas metana melalui pendekatan peningkatan BETN dengan kualitas protein kasar (PK) yang cukup baik. Penggunaan BIS dalam upaya mitigasi gas metana juga dapat menggantikan

sejumlah konsentrat yang dibutuhkan sehingga berpotensi untuk menurunkan biaya pakan jika digunakan dalam upaya mitigasi gas metana. Pakan dengan kandungan BETN (energi) tinggi harus juga diimbangi dengan PK yang sesuai agar tidak terjadi kelebihan energi yang berdampak pada peningkatan produksi gas metana.

Teknik mitigasi gas metana enterik dengan pakan nutrisi seimbang

Tujuan utama mitigasi untuk kegiatan produksi ternak adalah untuk meminimalisasi sejumlah energi yang hilang dalam bentuk metana sehingga efisiensi pakan dapat tercapai. Efisiensi pakan ini dilakukan salah satunya dengan memperhatikan imbalan C : N di dalam pakan. Pemberian pakan dengan energi (C) dan protein (N) yang seimbang akan berakibat pada peningkatan efisiensi penggunaan pakan oleh ternak dan meminimalkan produksi gas metana dari fermentasi enterik.

Imbalan C : N ini dapat dihitung berdasarkan imbalan C : N konsumsi, C : N tercerna, dan C : N termetabolis, namun pendekatan melalui C : N termetabolis dan tercerna akan menunjukkan prediksi imbalan C : N yang lebih mendekati akurat. Hal ini disebabkan karena tidak seluruhnya pakan yang dikonsumsi ternak dapat tercerna dan termetabolis oleh ternak untuk diserap dan dimanfaatkan dalam kegiatan produksi ternak.

Tabel 1. Pengaruh modifikasi pakan (pakan tinggi pati dan nutrisi seimbang) terhadap produksi gas metana

Penggunaan modifikasi pakan	Metode	Perubahan produksi gas metana*	Sumber
Pakan tinggi pati (53%) dibandingkan dengan pakan rendah pati (27%)	<i>In vitro</i>	Penurunan 18,71%	Hatew et al. (2015b)
Pakan tinggi pati (33,7%) + suplementasi minyak (2,8% dibandingkan dengan pakan rendah pati (7,5%).	<i>In vivo</i>	Penurunan 19,63%	Eugène et al. (2011)
Pakan tinggi pati (51,8%) dibandingkan dengan pakan rendah pati (27,5%)	<i>In vivo</i>	Penurunan 7,53%	Hatew et al. (2015a)
Pakan tinggi pati (53%) dibandingkan dengan pakan rendah pati (27%)	<i>In vivo</i>	Tidak berbeda nyata	Hatew et al. (2015b)
Pakan tinggi pati (38%) dibandingkan dengan pakan (2%)	<i>In vivo</i>	Tren penurunan 28,33% (P=0,06)	Philippeau et al. (2017)
Pakan tinggi pati (21,8%) dibandingkan dengan pakan rendah pati (10,5%) pada sapi Holstein	<i>In vivo</i>	Penurunan 16,18%	Olijhoek et al. (2018)
Pakan tinggi pati (21,8%) dibandingkan dengan pakan rendah pati (10,5%) pada sapi Jersey		Penurunan 3,03%	
Konsentrat 0, 4, dan 8 kg <i>as fed</i> /hari	<i>In vivo</i>	Tren penurunan produksi CH ₄ /produksi susu sebesar 22,06% pada pemberian 8 kg <i>as fed</i> /hari (P=0,063)	van Wyngaard et al. (2018b)

Penelitian pada kambing perah Murciano-Granadina menunjukkan pada pemberian C : N konsumsi (17,6:1 vs 17:1 yang dihitung) menunjukkan pemberian imbalan C : N yang lebih rendah mengakibatkan penurunan sejumlah energi yang terbuang dalam bentuk gas metana (g/hari) pada tingkat produksi dan kualitas susu yang sama, bahkan menghasilkan kandungan lemak susu yang lebih tinggi pada pemberian imbalan C : N yang lebih rendah (Criscioni & Fernández 2016). Penelitian *in vitro* dengan level pemberian C : N konsumsi (16,43 vs 15,57 yang dihitung) mengakibatkan penurunan produksi gas metana enterik sebesar 21,87% pada pemberian imbalan C : N yang lebih rendah (Romero et al. 2020). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian imbalan C : N yang tepat akan berdampak pada peningkatan efisiensi pemanfaatan pakan yang mengarah pada penurunan sejumlah energi yang terkonversi menjadi metana. Selain itu, sumber N yang diberikan juga memberikan dampak pada produksi metana yang dihasilkan, sebagai contoh, perubahan urea menjadi nitrat sebagai sumber N berdampak pada penurunan konsumsi N sebesar 20,17% dan penurunan produksi gas metana sebesar 19,77% (Adejoro et al. 2020).

Sapi perah yang diberi hijauan pakan berupa silase jagung dan *hay* Italian ryegrass dibandingkan dengan yang diberi *hay* Italian ryegrass dan *hay* alfalfa (dihitung imbalan energi tercerna dan protein tercerna dalam pakan sebesar 78,23 MJ/1 kg PK vs 85,18 MJ/1 kg PK) memiliki produksi dan kualitas susu yang serupa. Tetapi retensi N dan energi yang lebih tinggi, serta penggunaan energi untuk produksi gas metana (Mkal/hari) yang lebih rendah pada sapi perah yang diberi hijauan pakan berupa silase jagung dan *hay* dari Italian ryegrass (Gislon et al. 2020). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meningkatnya efisiensi pakan dapat menekan produksi gas metana enterik.

Pemberian ransum pakan berbasis sumber legum kering yang berbeda (*common vetch* dan alfalfa) pada dosis 20% dan 40% menunjukkan imbalan energi dan protein pakan pada jumlah energi termetabolis sebesar 94,72 dan 106,24 MJ tiap kandungan protein termetabolis sebesar 1 g PK (dihitung) untuk sapi Simmental persilangan. Nilai retensi Energi/GE konsumsi (MJ/MJ) dan retensi N/N dikonsumsi (g/g) dari kedua perlakuan ini tidak berbeda, namun produksi gas metana enterik/kg konsumsi pakan menunjukkan nilai berbeda pada jenis dan level legum berbeda (Du et al. 2019). Dalam kasus ini menunjukkan efisiensi pakan tidak selalu berdampak dengan penurunan produksi gas metana/BB metabolis ternak. Hal ini dapat disebabkan karena adanya peran zat aktif yang berbeda pada level pemberian legum yang berbeda.

Beberapa legum berpotensi digunakan sebagai salah satu strategi emisi gas metana yang ditunjukkan

dengan produksi gas metana yang rendah hasil *in vitro*. Selain itu penggunaan legum banyak diterapkan di negara tropis berkembang untuk memperbaiki kualitas hijauan yang rendah (Ginting 2011; Pal et al. 2015). Bahan yang berpotensi untuk digunakan dalam upaya mitigasi gas metana adalah *Indigofera* sp. Hijauan sumber protein ini memiliki kandungan PK sebesar 27,75% dengan tingkat pencernaan BK dan BO sebesar 75,14% dan 72,83% (Abdullah 2010). Pakan dengan nilai pencernaan tinggi diharapkan mampu untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pakan. Meskipun total gas metana yang diproduksi lebih tinggi, namun total produksi gas metana/produksi ternak akan lebih rendah pada pakan dengan nilai pencernaan tinggi dibandingkan dengan pakan pencernaan rendah.

Manipulasi rumen

Manipulasi rumen adalah usaha mitigasi gas metana pada ternak ruminansia melalui penambahan bahan aditif pakan atau pakan tertentu yang dapat membunuh atau menghambat kinerja dari metanogen sebagai penghasil gas metana di dalam rumen (Knapp et al. 2014), mengurangi populasi protozoa sebagai inang metanogen di dalam rumen, dan menekan ketersediaan H₂ untuk pembentukan gas metana. Usaha ini dapat dilakukan dengan menambah bahan aditif, memodifikasi proporsi bakteri di dalam rumen, maupun *coating* pakan.

Teknik mitigasi gas metana enterik menggunakan bahan aditif

Modifikasi rumen dapat dilakukan dengan suplementasi bahan aktif seperti saponin, nitrat, asam propionat, tanin, maupun senyawa metabolit sekunder tanaman atau senyawa fenolik lainnya untuk menurunkan emisi gas metana, namun pemberian bahan aditif tersebut dapat menurunkan pencernaan bahan kering pakan serta berpeluang menimbulkan toksik jika tidak diberikan dalam dosis yang sesuai (Garrido et al. 1991; Jayanegara et al. 2011; Patra & Yu 2013a; Jayanegara et al. 2015). Teknik mitigasi ini dapat menurunkan produksi enterik metana melalui mekanisme penurunan populasi metanogen sebagai penghasil gas metana di rumen, maupun penurunan populasi protozoa sebagai inang metanogen dan penyumbang H₂ tersedia di rumen untuk produksi gas metana.

Level pemberian saponin memberikan respon yang berbeda. Perbedaan ini sangat dipengaruhi oleh jenis saponin, sumber saponin, jenis pakan yang dikonsumsi ternak. Penambahan saponin, yang berasal dari berbagai bahan pada ransum menyebabkan perubahan pada fermentasi rumen yaitu penurunan produksi gas metana, penurunan populasi protozoa

diikuti dengan peningkatan bakteri (Manatbay et al. 2014; Galindo et al. 2016) dan perubahan komposisi VFA (Szczechowiak et al. 2013; Kang et al. 2016); peningkatan pencernaan bahan kering dan protein (Aazami et al. 2013; Singh & Kaur 2020); dan pada respon pada ternak (Li & Powers 2012; Jadhav 2014). Penambahan saponin sebesar 2,5% BK pada bahan pakan pucuk tebu, silase pucuk tebu, pelepah sawit, silase pelepah sawit, jerami jagung, silase jerami jagung, jerami padi, dan silase jerami padi yang diuji secara *in vitro* mengakibatkan penurunan produksi gas metana dalam produksi total gas (%) yakni masing-masing sebesar 16,41%; 15,24%; 4,75%; 4,64%; 4,26%; 8,51%; 11,68%; 9,43% (Widiawati & Puastuti 2016). Besarnya respon ternak yang terjadi akibat penambahan saponin sangat bervariasi, mulai dari respon negatif maupun positif. Hal ini sangat ditentukan oleh jenis dan sumber saponin yang digunakan, jenis pakan yang diberikan dan interaksi diantaranya (Patra & Saxena 2010). Level saponin murni tertinggi yang pernah diberikan pada ternak tanpa memberikan dampak negatif adalah pada domba sebanyak 6 gr/ekor/hari (Hu et al. 2006) dan sapi 30 gr/ekor/hari (Ramírez-Restrepo et al. 2016).

Selain itu zat bioaktif lain yang biasanya digunakan adalah tanin. Tanin terbagi dalam 2 kelompok, yaitu tanin yang dapat dihidrolisis dan tanin terkondensasi. Kandungan tanin yang dapat dihidrolisis terdapat pada beberapa tanaman, seperti *chestnut* dan *sumach* (sejenis tanaman bunga), sedangkan tanin terkondensasi dapat ditemukan pada tanaman *mimosa* (putri malu) dan *quebracho* (sejenis tanaman berkayu). Tanin memiliki kondisi yang berbeda didasarkan pada kemampuan terhidrolisis di dalam saluran pencernaan. Hal ini yang dapat menentukan peluang toksisitas tanin bagi ternak dan efektivitas tanin dalam mitigasi gas metana. Tanin yang dapat dihidrolisis akan lebih tinggi kemampuannya dalam mitigasi gas metana dibandingkan dengan tanin terkondensasi. Namun pengamatan secara parsial pada 27 tanaman tropika menunjukkan korelasi hubungan yang sama besar antara kandungan tanin terhidrolisis atau tanin terkondensasi dengan penurunan produksi gas metana per unit bahan kering tercerna. Nilai korelasi keduanya lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengaruh senyawa fenol non tanin pada penurunan produksi gas metana per unit bahan kering tercerna (Jayanegara et al. 2011). Efek negatif dari tanin di dalam rumen dalam menekan produksi gas metana dapat melalui dua tahapan, yaitu dengan menurunkan pencernaan serat sehingga menekan produksi H_2 atau dengan menekan pertumbuhan metanogen (Jayanegara et al. 2015).

Pemberian tanin pada level 0,25; 0,75; dan 1 mg/380mg pakan memberikan pengaruh pada penurunan pencernaan bahan kering *in vitro* dengan semakin meningkatnya dosis yang diberikan.

Penurunan asam lemak rantai pendek juga akan semakin meningkat dengan peningkatan dosis tanin, kecuali pada *sumach*. Penurunan asam lemak rantai pendek, berupa asetat, terjadi lebih banyak pada tanin terkondensasi. Hal ini disebabkan karena senyawa seperti serat, masih terikat oleh tanin jenis tersebut. Meski demikian, pemberian tanin dalam bentuk dapat dihidrolisis akan memiliki resiko toksisitas yang lebih tinggi. Penambahan tanin selain menyebabkan penurunan populasi metanogen, juga berakibat pada penurunan bakteri pencernaan serat kasar seperti *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* serta fungi anaerobik, terutama dengan penambahan tanin dapat terhidrolisis (Jayanegara et al. 2015). Hasil pengujian 17 jenis tanaman yang mengandung tanin terhadap produksi gas metana secara *in vitro* menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara total tanin dengan produksi gas metana (%), dengan nilai korelasi sebesar -0,6 (Jayanegara et al. 2009). Nilai negatif pada korelasi ini menunjukkan penurunan produksi gas metana tiap kenaikan kandungan tanin dalam pakan. Hasil ini sejalan dengan pengujian terkait penambahan tanin sebesar 2,5% DM pada bahan pakan pucuk tebu, silase pucuk tebu, pelepah sawit, silase pelepah sawit, jerami jagung, silase jerami jagung, jerami padi, dan silase jerami padi. Dimana penambahan tanin tersebut menurunkan persentase produksi gas metana dalam produksi total gas (%) yakni masing-masing sebesar 17,36%; 19,18%; 11,20%; 4,19%; 6,38%; 12,77%; 12,98%; 13,21% (Widiawati & Puastuti 2016). Beberapa dampak seperti penurunan pencernaan BK akibat penambahan tanin (Garrido et al. 1991; Jayanegara et al. 2011), penurunan pencernaan protein (Garrido et al. 1991), penurunan kandungan amonia, total gas, asam lemak rantai pendek (Jayanegara et al. 2011) yang dihasilkan dari penelitian *in vitro* juga perlu untuk diperhatikan.

Beberapa penelitian terdahulu terkait mitigasi gas metana menggunakan zat aditif dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil tabulasi penelitian dalam tabel ini menunjukkan variasi penurunan gas metana enterik melalui penambahan zat aditif berbeda. Penurunan gas metana pada penelitian *in vitro* sebesar 2,68%-78%, penelitian *in vivo* sebesar 15%-21,44%, dan pada penelitian meta-analisis sebesar 0,59%-17,56%.

Kombinasi usaha mitigasi juga memberikan keuntungan lain berupa peningkatan produksi ternak. Penambahan gamal sebanyak 35% dan konsentrat 30% pada pakan jerami padi memberikan pertambahan bobot hidup harian (PBBH) lebih tinggi yaitu 0,82 kg/ekor/hari dibandingkan kontrol (0,6 kg/ekor/hari), serta menurunkan angka konversi pakan dari 15,4 kg BK pakan/kg PBB pada kontrol menjadi 12,1 BK pakan/kg PBB (Yusriani et al. 2015). Penelitian campuran buah lerak giling/ekstrak + tepung albizia + *Acetonaerobium notarae* pada domba jantan dapat

menurunkan 22% produksi gas metana (Thalib et al. 2010). Kombinasi saponin dan bakteri juga telah dilakukan sebelumnya (Thalib & Widiawati 2008) dan memberikan pengaruh yang positif pada penurunan produksi gas metana enterik.

Penambahan minyak atsiri juga dapat digunakan untuk menurunkan produksi gas metana enterik. Beberapa minyak atsiri yang dapat digunakan, antara lain adalah: minyak cengkeh, minyak kayu putih,

minyak origanum, minyak *peppermint*, dan minyak bawang putih. Minyak atsiri ini tidak digolongkan ke dalam teknik modifikasi rumen dengan menggunakan minyak atau lemak karena minyak atsiri termasuk dalam golongan fenol sehingga dikelompokkan dalam teknik modifikasi rumen dengan menggunakan zat aditif. Penggunaan bahan aditif ini sebesar 2,5-10% dapat menyebabkan penurunan pada produksi gas metana enterik sebesar 2,68-87,74%.

Tabel 2. Respon penggunaan senyawa aditif

Penambahan senyawa aditif dan dosis	Metode	Perubahan produksi gas metana*	Sumber
Saponin 6-12%BK pakan (0,6-1,2 g/L saponin Quillaja kandungan saponin 24,2%) dalam 400mg pakan/ 40 ml campuran rumen dan bufer	<i>In vitro</i>	Penurunan 12-25%	Patra & Yu (2013a)
Asam propionat 2,81%-5,62%BK pakan (4-8mM asam propionat kemurnian 95%) dalam 400mg pakan/40 ml campuran rumen dan bufer	<i>In vitro</i>	Penurunan 67-78%	
Sodium nitrat 4,25%-8,5%BK pakan (5-10mM sodium nitrat dalam 400mg pakan/ 40ml campuran rumen dan bufer)	<i>In vitro</i>	Penurunan 23-43%	
Tepung biji anggur 5%, 10%, dan 20% (kandungan total fenol 1,74, 2,14%, dan 2,78% serta tanin total 0,30%, 0,77%, dan 1,43%)	<i>In vitro</i>	Penurunan secara berurutan 12,83%, 17,65%, dan 13,90%	Khiaosa-ard et al. (2015)
Minyak cengkeh 2,5%; 5%; dan 10%BK pakan		Penurunan secara berurutan 11,49%, 17,62%, dan 34,48%	
Minyak kayu putih 2,5%; 5%; dan 10%BK pakan		Penurunan secara berurutan 2,68%, 8,05%, dan 17,62%	
Minyak bawang putih 2,5%; 5%; dan 10%BK pakan		Penurunan secara berurutan 22,99%, 28,35%, dan 42,91%	
Minyak origanum sebesar 2,5%; 5%; dan 10%BK pakan		Penurunan secara berurutan 12,64%, 38,70%, dan 87,74%	
Minyak <i>peppermint</i> sebesar 2,5%; 5%; dan 10%BK pakan	<i>In vitro</i>	Penurunan secara berurutan r 8,43%, 20,31%, dan 25,67%	Khiaosa-ard et al. (2015)
Tanin dari ekstraksi daun <i>Acacia</i> sebesar 2,5%	<i>In vitro</i>	Penurunan bervariasi 0-19,18% tergantung pada bahan pakan Penurunan paling efektif pada bahan silase pucuk tebu	Widiawati & Puastuti (2016)
Saponin dari ekstraksi lerak sebesar 2,5%		Penurunan bervariasi 0-16,41% tergantung pada bahan pakan Penurunan paling efektif pada bahan pucuk tebu	
Minyak atsiri sebesar 0,2g/ekor/hari	<i>In vivo</i> sapi dara pedaging	Penurunan 15%	Castro-Montoya et al. (2015)
Campuran buah lerak tanpa biji, sesbania, daun albizia sebesar 2% (kandungan saponin 9,12%)	<i>In vivo</i> pada domba	Penurunan 21,44%	Yulistiani et al. (2017)

*Persentase penurunan produksi gas metana dihitung berdasarkan hasil dalam literatur

Bahan aditif lain yang telah lama dan banyak digunakan untuk menurunkan produksi gas metana dan meningkatkan efisiensi pakan adalah monensin. Penggunaan monensin telah dilakukan sejak tahun 1978 untuk meningkatkan efisiensi pakan (Steen et al. 1978). Penggunaan monensin sebagai agen mitigasi gas metana telah diketahui sejak tahun 1981 (Hino 1981). Namun sejak tahun terutama pada sapi perah. Sedangkan pada penambahan monensin dari hasil meta analisis oleh Appuhamy et al. (2013) menunjukkan bahwa penambahan monensin sebesar 32 mg/kg pakan dapat menekan produksi gas metana sebesar 19 g/hari pada sapi pedaging, sedangkan pada sapi perah dengan penambahan monensin sebesar 21 mg/kg pakan hanya sebesar 6 g/hari. Penurunan produksi gas metana pada penambahan Monensin lebih disebabkan karena terjadinya peningkatan propionat yang terbentuk dan penurunan produksi asetat selama proses fermentasi pakan oleh mikroba rumen (Duffield et al. 2012). Saat peraturan pemerintah Indonesia melarang penggunaan AGP (*Antibiotic Growth Promoter*), penggunaan monensin turut dilarang untuk dicampurkan ke dalam pakan baik unggas maupun ruminansia karena monensin dalam daftar obat ternak termasuk dalam golongan antibiotik.

Teknik mitigasi gas metana enterik dengan penambahan mikroba

Penurunan produksi gas metana melalui modifikasi rumen dapat dilakukan dengan memanfaatkan beberapa jenis bakteri. Beberapa pendekatan seperti penambahan bakteri *homoacetogen* yang dapat merubah 2 molekul CO₂ menjadi asetat; bakteri pembentuk propionat; bakteri penghasil asam laktat (*Streptococcus bovis*); bakteri pengurang nitrat (mengubah nitrat menjadi nitrit) seperti *W. succinogenes*, *S. ruminantium* dan *Veillonella parvula*

bersamaan dengan bakteri yang berperan menekan produksi nitrit seperti bakteri *Denitrobacterium detoxificans* strain NPOH1 untuk mencegah keracunan nitrit berlebih; bakteri yang berperan menekan produksi gas metana karena mampu bersaing untuk mendapatkan H₂ dengan metanogen serta mampu membantu mengubah nitrit menjadi amonia. Penambahan bakteri *Acetoanaero-bium noterae* pada ternak domba mampu menurunkan produksi gas metana (ml CH₄/g bahan organik tercerna) sebesar 20% dan 15%, baik dengan atau tanpa penambahan agen defaunasi (Aksapon SR 0,07% BB), meskipun proporsi propionat:asetat mengalami penurunan. Penambahan bakteri dan agen defaunasi ini mampu meningkatkan pencernaan pakan, efisiensi pakan, serta PBBH ternak domba (Thalib & Widiawati 2008). Penambahan bakteri denitrifikasi juga dilakukan untuk menekan produksi gas metana enterik (Pikoli et al. 2017), maupun penambahan kapang (Durand et al. 2019). Beberapa usaha mitigasi gas metana dengan menambahkan mikroba ke dalam pakan dapat dilihat pada Tabel 3. Penambahan mikroba pada fermentasi rumen secara *in vitro* dan *in vivo* dapat menurunkan produksi gas metana enterik, masing-masing sebesar 0-18,57%.

Teknik mitigasi gas metana enterik dengan penambahan minyak atau lemak

Modifikasi rumen juga dapat dilakukan dengan penambahan minyak atau lemak ke dalam pakan. Penambahan lemak dalam pakan dapat menurunkan emisi gas metana tanpa menurunkan produksi ternak (Grainger & Beauchemin 2011). Kondisi ini dapat terjadi akibat penyelimutan sejumlah partikel pakan dalam rumen oleh lemak sehingga mikroorganisme di dalam rumen tidak dapat memanfaatkan pakan tersebut secara maksimum.

Tabel 3. Penambahan mikroba untuk menekan produksi gas metana

Penambahan mikroba dan dosis	Metode	Perubahan produksi gas metana*	Sumber
<i>Enterococcus faecium</i> masing-masing sebesar 0,1% (0,7×10 ⁸ CFU/ml), dan 0,5%BK (3,5×10 ⁸ CFU/ml)	<i>In vitro</i>	Penurunan masing-masing 18,57% dan 11,34%	Mamuad et al. (2019)
<i>Propionibacterium freudenreichii</i> 53-W (2,9×10 ¹⁰ CFU/ekor/hari)	<i>In vivo</i>	Tidak berbeda nyata dengan kontrol (Penurunan 0%)	Jeyanathan et al. (2019)
<i>Lactobacillus pentosus</i> D31 (3,6×10 ¹¹ CFU/ekor/hari)			
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> D1 (4,6×10 ¹⁰ CFU/ekor/hari).			
<i>Propionibacterium acidipropionici</i> strain P169, P5, P54 (5×10 ⁹ CFU/ekor/hari)	<i>In vivo</i>	Penurunan gas metana enterik/BK konsumsi masing-masing 11,67; 8,56; 12,84%	Vyas et al. (2014)

* Persentase penurunan produksi gas metana dihitung berdasarkan hasil dalam literatur

Tabel 4. Suplementasi minyak untuk menekan produksi gas metana secara *in vitro*

Penambahan sumber lemak dan dosis	Perubahan produksi gas metana*	Sumber
Minyak kelapa 0,31; 0,62 l/kg pakan	Tren penurunan ($P<0,1$) 8,27; 6,77%	Patra & Yu (2013b)
Minyak ikan 0,31; 0,62 l/kg pakan	Tren penurunan ($P<0,1$) 6,02; 9,02%	
Minyak zaitun 6%BK	Penurunan 24,53%	Vargas et al. (2020)
Minyak bunga matahari 6%BK	Penurunan 23,59%	
Minyak linseed 6%BK	Penurunan 21,70%	

* Persentase penurunan produksi gas metana dihitung berdasarkan hasil dalam literatur

Hasil meta-analisis Patra (2014) menunjukkan bahwa suplementasi lemak dapat menurunkan emisi gas metana mencapai 4,30% pada domba, namun berakibat pada penurunan pencernaan BK dan pencernaan NDF (*Neutral Detergent Fiber*). Penelitian ini juga menunjukkan adanya penurunan kandungan amonia rumen domba dengan penambahan lemak. Efek tersebut secara umum juga memiliki pengaruh yang sama pada ternak sapi. Penurunan pencernaan BK pakan dan adanya kemungkinan toksisitas bahan pada ternak menjadi pertimbangan penting dalam penggunaan modifikasi rumen untuk mitigasi gas metana. Penurunan pencernaan serat ini dikarenakan adanya penurunan bakteri *Fibrobacter succinogenes* seperti pada penambahan minyak kelapa dan minyak ikan dalam penelitian Patra & Yu (2013b). Selain itu, penambahan minyak menurunkan akses protozoa terhadap pakan di rumen, sehingga sejumlah protozoa akan mati dan jumlahnya berkurang Patra & Yu (2013b). Beberapa usaha mitigasi gas metana dengan menambahkan minyak ke dalam pakan dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil tabulasi penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan jenis dan level minyak yang berbeda mengakibatkan penurunan gas metana sebesar 6,02-24,53%.

MITIGASI GAS METANA ENTERIK DI PETERNAKAN RAKYAT

Praktek mitigasi gas metana enterik di peternakan rakyat telah banyak dilakukan. Meskipun dalam hal ini peternak tidak menyadari bahwa kegiatan pemberian pakan ternaknya termasuk ke dalam aktivitas mitigasi. Saponin dan tanin sebagai bahan aktif penurun gas metana banyak dikandung dalam berbagai jenis tanaman leguminosa seperti kaliandra, akasia, dan daun sepatu. Tanaman tersebut banyak tumbuh di sekitar peternakan dan sudah umum diberikan sebagai bahan pakan suplemen maupun aditif. Demikian pula kegiatan suplementasi pakan basal rumput maupun hijauan lain berupa limbah pertanian dengan bahan sumber karbohidrat. Bahan yang biasa digunakan adalah bungkil inti sawit, polar gandum, dedak, dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut mudah ditemukan di peternakan Indonesia. Kandungan BETN yang tinggi pada BIS (Mara et al. 1999) dan harganya yang murah menjadikan BIS sebagai primadona bahan pakan ruminansia.

Pakan berimbang dapat diberikan pula dengan penambahan sumber protein dari tanaman leguminosa lainnya seperti gamal, lamtoro dan indigofera atau bungkil kopra. Penambahan gamal sebanyak 35% dan konsentrat 30% pada pakan jerami padi memberikan pertambahan bobot hidup harian (PBBH) lebih tinggi yaitu 0,82 kg/ekor/hari dibandingkan kontrol (0,6 kg/ekor/hari), serta menurunkan angka konversi pakan dari 15,4 kg BK pakan/kg PBB pada kontrol menjadi 12,1 BK pakan/kg PBB (Yusriani et al. 2015).

Beberapa legum dapat dimanfaatkan sebagai sumber aditif pakan, namun jumlah legum yang dapat diberikan harus tetap memperhatikan dosis toleran saponin dan tanin untuk ternak. Sedangkan penggunaan minyak cengkeh dan minyak kayu putih yang mencapai 10%BK pakan pada uji *in vitro*, perlu diuji kembali secara *in vivo* untuk mendapatkan dosis yang tepat untuk mitigasi gas metana tanpa mengganggu performa ternak. Kombinasi usaha mitigasi juga memberikan keuntungan lain berupa peningkatan produksi ternak.

KESIMPULAN

Modifikasi pakan dapat dilakukan dengan menggunakan pakan tinggi bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) maupun pakan dengan kandungan nutrisi yang berimbang. Sedangkan manipulasi rumen dapat dilakukan dengan menggunakan bahan pakan aditif, penambahan mikroba, dan penambahan minyak atau lemak. Penggunaan pakan dengan kandungan pati 218-53%BK dapat menurunkan produksi gas metana sebesar 3,03-28,33%. Penggunaan pakan dengan kandungan nutrisi berimbang berpotensi menurunkan gas metana hingga 21,87%. Penambahan zat aditif sebesar 0,0011-20%BK berpotensi menurunkan gas metana sebesar 0,59-78%. Penambahan $0,7 \times 10^8 - 3,6 \times 10^{11}$ CFU mikroba berpotensi menurunkan gas metana sebesar 0-18,57%. Penambahan minyak atau lemak sebesar 6%BK berpotensi menurunkan gas metana sebesar 6,02-24,53%. Aplikasi penggunaan metode mitigasi ini dapat dilakukan secara kombinasi untuk mengoptimalkan upaya mitigasi gas metana. Beberapa bahan pakan yang mungkin dapat dimanfaatkan peternak secara aplikatif dalam mitigasi gas metana adalah legum, BIS, dedak, pollard, konsentrat pakan, minyak kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aazami MH, Tahmasbi AM, Ghaffari MH, Naserian AA, Valizadeh R, Ghaffari AH. 2013. Effects of saponins on rumen fermentation, nutrients digestibility, performance, and plasma metabolites in sheep and goat kids. *Ann Rev Res Biol.* 4:596-607.
- Abdullah L. 2010. Herbage production and quality of shrub *Indigofera* treated by different concentration of foliar fertilizer. *Med Pet.* 33:169-175.
- Adejoro FA, Hassen A, Akanmu AM, Morgavi DP. 2020. Replacing urea with nitrate as a non-protein nitrogen source increase lambs' growth and reduces methane production, whereas acacia tannin has no effect. *J Anim Feed Sci Tech.* 259:1-9.
- Agus F, Santoso I, Dewi I, Setyanto P, Thamrin S, Wulan YC, Suryaningrum F. 2013. Pedoman teknis perhitungan baseline emisi dan serapan gas rumah kaca sektor berbasis lahan: Buku I landasan ilmiah. Jakarta (Indonesia): Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Republik Indonesia.
- Amdt C, Powell JM, Aguerre MJ, Crump PM, Wattiaux MA. 2015. Feed conversion efficiency in dairy cows: repeatability, variation in digestion and metabolism of energy and nitrogen, and ruminal methanogens. *J Dairy Sci.* 98:1-13.
- Appuhamy JA, Strathe AB, Jayasundara S, Wagner-Riddle C, Dijkstra, France J, Kebreab E. 2013. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *J Dairy Sci.* 96:5161-5173.
- Benaouda M, Martin C, Li X, Kebreab E, Hristov AN, Yu Z, Yanez-Ruiz DR, Reynolds CK, Crompton LA, Dijkstra J, Bannink A, Schwarm A, Kreuzer M, McGee M, Lund P, Hellwing ALF, Weisbjerg MR, Moate PJ, Bayat AR, Shingfield KJ, Peiren N, Eugene M. 2019. Evaluation of the performance of existing mathematical models predicting enteric methane emissions from ruminants: animal categories and dietary mitigation strategies. *Anim Feed Sci Tech.* 255:1-20.
- Boonyanuwat K, Van KL, Sithambaram S, Widiawati Y. 2013. Improved inventory and mitigation of greenhouse gases in livestock production in south east asia. A final report submitted to Livestock Emissions and Abatement Research Network. Palmerston North (NZ): New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre.
- Casanas MAA, Rangkasene N, Krattenmacher N, Thaller G, Metges CC, Kuhla B. 2015. Methyl-coenzyme M reductase A as an indicator to estimate methane production from dairy cows. *J Dairy Sci.* 98:4074-4083.
- Castro-Montoya J, Peiren N, Cone JW, Zweifel B, Fievez V, Campenere SD. 2015. *In vivo* and *in vitro* effects of a blend of essential oils on rumen methane mitigation. *J Liv Sci.* 180:134-142.
- Collins WJ, Christopher PW, Peter MC, Chris H, Jason L, Stephen S, Sarah EC, Edward CP, Anna BH, Garry H, Tom P. 2018. Increased importance of methane reduction for a 1.5 degree target. *Environ Res Lett.* 13:1-9. doi: 10.1088/1748-9326/aab89c.
- Criscioni P, Fernandez C. 2016. Effect of rice bran as a replacement for oat grain in energy and nitrogen balance, methane emissions and milk performance of Murciano-Granadina goats. *J Dairy Sci.* 99:280-290.
- Du W, Hou F, Tsunekawa A, Kobayashi N, Ichinohe T, Peng F. 2019. Effects of diet inclusion of common vetch hay versus alfalfa hay on the body weight gain, nitrogen utilization efficiency energy balance, and enteric methane emissions of crossbred simmental cattle. *Animals.* 9:1-18.
- Duffield TF, Merrill JK, Bagg RN. 2012. Metaanalysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *J Anim Sci.* 90:4583-4592. doi: 10.2527/jas.2011-5018.
- Durand FC, Ameilbonne A, Auffret P, Bernard M, Mialon MM, Duniere L, Forano E. 2019. Supplementation of live yeast based feed additive in early life promotes rumen microbial colonization and fibrolytic potential in lambs. *Scientific Report.* 9:19216. doi: 10.1038/s41598-019-55825-0.
- Eugene M, Martin C, Mialon MM, D Krauss, G Renand, M Doreau. 2011. Dietary linseed and starch supplementation decreases methane production of fattening bulls. *J Anim Feed Sci Tech.* 166-167:330-337.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2015. Statistics [Internet]. [disitasi 17 Desember 2020]. Available from www.faostat.fao.org, update November 2015.
- Gamsworthy PC, Craigon J, Hernandez-Medrano JH, Saunders N. 2012. Variation among individual dairy cows in methane measurements made on farm during milking. *J Dairy Sci.* 95:3181-3189.
- Galindo J, Gonzalez N, Abdalla AL, Abboto M, Lucas RC, Dos Santos KC, Santos MR, Louvandini P, Moreira O, Sarduy L. 2016. Effect of a raw saponin extract on ruminal microbial population and *in vitro* methane production with star grass (*Cynodon nlemfuensis*) substrate. *Cuban J Agri Sci.* 50:77-88.
- Garrido A, Gomez-Cabrera A, Guerrero JE, Marquardt RR. 1991. Chemical composition and digestibility *in vitro* of *Vicia faba* L. Cultivars varying in tannin content. *Anim Feed Sci Tech.* 35:205-211.
- Ginting SP. 2011. Teknologi peningkatan daya dukung pakan Kawasan hortikultura untuk ternak kambing. *Wartazoa.* 21:99-107.
- Gislon G, Colombini S, Borreani G, Crovetto GM, Sandrucci A, Galassi G, Tabacco E, Rapetti L. 2020. Milk production, methane emissions, nitrogen, and energy balance of cows fed diets based on different forage systems. *J Dairy Sci.* 103:8048-8061.
- Grainger C, Beauchemin KA. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. *Anim Feed Sci Tech.* 166-167:308-320.
- Haryanto B, Thalib A. 2009. Emisi metana dari fermentasi enterik: Kontribusinya secara nasional dan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada ternak. 2009. *Wartazoa.* 19:157-165.

- Hidalgo DE, Gilliland T, Deighton MH, O'Donovan M, Hennessy. 2014. Milk production and enteric methane emissions by dairy cows grazing fertilized perennial ryegrass pasture with or without inclusion of white clover. *J Dairy Sci.* 97:1400-1412.
- Hatew B, Podesta SC, Van Laar H, Pellikaan WF, Ellis JL, Dijkstra J, Bannink A. 2015a. Effect of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 98:486-499.
- Hatew B, Cone JW, Pellikaan WF, Podesta SC, Bannink A, Hendriks WH, Dijkstra J. 2015b. Relationship between *in vitro* and *in vivo* methane production measured simultaneously with different dietary starch sources and starch levels in dairy cattle. *J Anim Feed Sci Tech.* 202:20-31.
- Hino T. 1981. Action of monensin on rumen protozoa. *Jpn J Zootech Sci.* 52:171-179.
- Hu W, Liu J, Wu Y, Guo Y, Ye J. 2006. Effects of tea saponins on *in vitro* ruminal fermentation and growth performance in growing Boer goat. *Archives of Anim Nutr.* 60:89-97.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Emission from livestock and manure management. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10. p. 10.28-10.29; 10.38-10.39.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. 2013 Supplements to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. T Hiraishi, T Krug, K Tanabe, N Srivastava, J Baasansuren, M Fukuda, TG Troxler, editors. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jadhav RV. 2014. Studies on effect of supplementation of tea seed saponin on growth performance and nutrient utilization in goats [Thesis]. [Izatnagar (India)]: Indian Veterinary Research Institute.
- Jayanegara A, Togtokhbayar N, Makkar HPS, Becker K. 2009. Tannins determined by various methods as predictor of methane production, reduction potential of plants by an *in vitro* rumen fermentation system. *Anim Feed Sci Tech J Sci Direct.* 150:230-237.
- Jayanegara A, Wina E, Soliva CR, Marquardt S, Kreuzer M, Leiber F. 2011. Dependence of forage quality and methanogenic potential of tropical plants on their phenolic fractions as determined by principal components analysis. *Anim Feed Sci Tech J Sci Direct.* 163:231-243.
- Jayanegara A, Goel G, Makkar HPS, Becker K. 2015. Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effect on methane emission, rumen fermentation, and microbial population *in vitro*. *Anim Feed Sci Tech J sci Direct.* 209:60-68.
- Jeyanathan J, Martin C, Eugene M, Ferlay A, Popova M, Morgavi DP. 2019. Bacterial direct-fed microbials fail to reduce methane emissions in primiparous lactating dairy cows. *J Anim Sci Biotech.* 10:1-9.
- Judy JV, Bachman GC, Brown-Brand TM, Fernando SC, Hales KE, Miller PS, Stowell RR, Kononoff PJ. 2018. Energy balance and diurnal variation in methane production as affected by feeding frequency in Jersey cows in late lactation. *J Dairy Sci.* 101:10899-10910.
- Kang J, Zeng B, Tang S, Wang M, Han X, Zhou C, Tan Z. 2016. Effects of momordica charantia saponins on *in vitro* ruminal fermentation and microbial population. *Asian-Australas J Anim Sci.* 29:500.
- Kebreab E, Clark K, Wagner-Riddle C, France J. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. *Can J Anim Sci.* 86:135-158.
- Khiaosa-ard R, Metzler-Zebeli BU, Ahmed S, Muro-Reyes A, Deckardt K, Chizzola R, Bohm J, Zebeli Q. 2015. Fortification of dried distillers grains plus solubles with grape seed meal in the diet modulates methane mitigation and rumen microbiota in rusitec. *J Dairy Sci.* 98:1-16.
- Knapp JR, Laur GL, Vadas PA, Weiss WP, Tricarico JM. 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions: Review. *J Dairy Sci.* 97:3231-3261.
- Lan W, Yang C. 2019. Ruminal methane production: associated microorganisms and the potential of applying hydrogen-utilizing bacteria for mitigation. Review. *J Sci Tot Env.* 654:1270-1283.
- Laubach J, Grover SPP, Pinares-Patino CS, Molano G. 2014. A micrometeorological technique for detecting small differences in methane emissions from two groups of cattle. *J Atmospheric Environ.* 98:599-606.
- Li W, Powers W. 2015. Effects of saponin extracts on air emission from steers. *Anim Sci.* 90:4001-4013.
- Mamuad LL, Kim SH, Biswas AA, Yu Z, Cho KK, Kim SB, Lee K, Lee SS. 2019. Rumen fermentation and microbial community composition influenced by live enterococcus faecium supplementation. *AMB Expr.* 9:1-12.
- Manatbay B, Cheng Y, Mao S, Zhu W. 2014. Effect of gynosaponin on rumen *in vitro* methanogenesis under different forage:concentrate ratios. *Asian Australas J Anim Sci.* 27:1088-1097.
- Mara FPO, Mulligan FJ, Cronin EJ, Rath M, Caffrey PJ. 1999. The nutritive value of palm kernel meal measured *in vivo* and using rumen fluid and enzymatic technology. *J Livest Prod Sci.* 60:305-316.
- Monteny GJ, Bannink A, Chadwick D. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agric Ecosyst Environ.* 112:163-170.
- Moss AR, Jouany JP, Newbold J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Review. *Ann Zootech.* 49:231-253.
- Olijhoek DW, Lovendahl P, Lassen J, Hellwing ALF, Hoglund JK, Weisbjerg MR, Noel SJ, McLean F, Hojberg O, Lund P. 2018. Methane production, rumen fermentation, and diet digestibility of Holstein and Jersey dairy cows being divergent in residual feed intake and fed at 2 forage-to-concentrate ratios. *J Dairy Sci.* 101:9926-9940.
- Pal K, Patra AK, Sahoo A, Kumawat PK. 2015. Evaluation of several tropic tree leaves for methane production potential, degradability and rumen fermentation *in vitro*. *Livest Sci.* 180:98-105.

- Patra AK. 2014. A meta-analysis of the effect of dietary fat on enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in sheep, and a comparasion of these responses between cattle and sheep. *Livest Sci J Sci Direct*. 162:97-103.
- Patra AK, Saxena J. 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*. 72:1198-1222.
- Patra AK, Yu Z. 2013a. Effective reduction of enteric methane production by a combinnation of nitrate and saponin without adverse effect on feed degradability, fermentation, or bacterial and archaeal communities of the rumen. *Biores Technol J Sci Direct*. 148:352-360.
- Patra AK, Yu Z. 2013b. Effect of coconut and fish oils on ruminal methanogenesis, fermentation, and abudance and diversity of microbial population *in vitro*. *J Dairy Sci*. 96:1782-1792.
- Philippeau C, Lettat A, Martin C, Silberberg M, Morgavi DP, Ferlay A, Berger C, Noziere P. 2017. Effect of bacterial direct-fed microbials on ruminal characteristics, methane emissions, and milk fatty acid composition in cows fed high-or-starch diets. *J Dairy Sci*. 100:2637-2650.
- Pikoli MR, Zadfa FM, Sugoro I. 2017. Bakteri denitrifikasi inaktif sebagai suplemen untuk mengurangi gas metana dari cairan rumen sapi. *J Ilmiah Aplikasi Isotop Radiasi*. 13:69-78.
- Ramírez-Restrepo CA, Tan C, O'Neill CJ, López-Villalobos N, Padmanabha J, Wang J, McSweeney CS. 2016. Methane production, fermentation characteristics, and microbial profiles in the rumen of tropical cattle fed tea seed saponin supplementation. *Anim Feed Sci Technol*. 216:58-67.
- Romero T, Perez-Baena I, Lasen T, Gomis-Tena J, Llor JJ, Fernandez C. 2020. Inclusion of lemon leaves and rice straw into compound feed and its effect on nutrient balance, milk yield, and methane emissions in dairy goats. *J Dairy Sci*. 103:6178-6189.
- Sejian, V, Lal R, Lakritz J, Ezeji T. 2011. Measurement and prediction of enteric methane emission. *Int J Biometeorol*. 55:1-16. doi: 10.1007/s00484-010-0356-7.
- Singh AS, Kaur P. 2020. Effect of saponins mitigation of methane – a review. *Int J Curr Microbiol App Sci*. 9:3310-3324.
- Steen WW, Gay N, Boling J, Bradley N, McCormick J, Pendlum L. 1978. Effect of monensin on performance and plasma metabolites in growing-finishing steers. *J Anim Sci*. 46:350-355. doi: 10.2527/jas1978.462350x.
- Szczechowiak J, Szumacher-Strabel M, Stochmal A, Nadolna M, Pers-Kamczyc E, Nowak A, Cieślak A. 2013. Effect of *Saponaria officinalis* L. Or *Panax ginseng* CA Meyer triterpenoid saponins on ruminal fermentation *in vitro*/wpływ saponin triterpenowych *Saponaria officinalis* L. Lub *Panax ginseng* CA Meyer Na Przemiany Zachodzące W Żwaczu W Warunkach *in vitro*. *Ann Anim Sci*. 13:815-827.
- Thalib A, Widiawati Y. 2008. Efek pemberian bakteri *Acetoanaerobium noterae* terhadap performans dan produksi gas metana pada ternak domba. *JITV*. 13:273-278.
- Thalib A, Widiawati Y, Haryanto B. 2010. Penggunaan *complete rumen modifier (CRM)* pada ternak domba yang diberi hijauan pakan berserat tinggi. *JITV*. 15:97-104.
- Van Wyngaard JDV, R Meeske, LJ Erasmus. 2018a. Effect of dietary nitrate on enteric methane emissions, production performance and rumen fermentation of dairy cows grazing kikuyu-dominant pasture during summer. *J Anim Feed Sci Tech*. 244:76-87.
- Van Wyngaard JDV, R Meeske, LJ Erasmus. 2018b. Effect of concentrate feeding level on methane emissions, production performance and rumen fermentation of Jersey cows grazing ryegrass pasture during spring. *J Anim Feed Sci Tech*. 241:121-132.
- Van Wyngaard JDV, R Meeske, LJ Erasmus. 2019. Effect of dietary nitrate on enteric methane emissions, production performance and rumen fermentation of dairy cows grazing ryegrass pasture during spring. *J Anim Feed Sci Tech*. 252:64-73.
- Vargas JE, Andre S, Ferreras LL, Snelling TJ, Ruiz DRY, Estrada CG, Lopez S. 2020. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. *Scientific Report*. 10:1613.
- Vyas D, McGeough EJ, McGinn SM, McAllister TA, Beauchemin KA. 2014. Effect pf *Propionibacterium* spp. on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and methane emissions in beef heifers fed a high-forage diet. *J Anim Sci*. 92:2191-2201. doi: 10.2527/jas2013-7492.
- Wall DM, Straccialini B, Allen E, Nolan P, Herrmann C, O'Kiely P, Murphy JD. 2015. Investigation of effect of particle size and rumen fluid addition on specific methane yields of high lignocellulose grass silage *Bioresour Technol*. 192:266-271.
- Widiawati Y, Puastuti W. 2016. The Effect of Condensed Tannin and Saponin in Reducing Methane Produced During Rumen Digestion of Agricultural Byproducts. Dalam: Wina E, Widiawati Y, Romjali E, Tiesnamurti B, Tarigan S, Sendow I, Wardhana AH, Iskandar S, Priyanto D, Puastuti W, Ginting SP, Anggraeny YN, Hartati, Nolan M, Gatenby R, editors. *Smart Livestock Management to Support Breeding Stock Availability Toward Modern Agriculture*. Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology. Kualanamu, 16-20th October 2018. Bogor (Indonesia): ICARD. p. 139-146.
- Widiawati Y, Herliatika A, Zuratih, saptati RA. 2019. Emisi dari subsektor peternakan. Dalam: Metode penilaian adaptasi dan inventarisasi gas rumah kaca sektor pertanian. Agus F, penyunting. Jakarta (Indonesia): IAARD Press.
- Yulistiani D, Puastuti W, Haryanto B, Purnomoadi A, Kurihara M, Thalib A. 2017. Complete rumen modifier supplementation in corn cob silage basal diet of lamb reduces methane emission. *Indones J Agric Sci*. 18:33-42.
- Yusriani Y, Elviwirda, Sabri M. 2015. Kajian pemanfaatan limbah jerami sebagai pakan ternak sapi di Provinsi Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 17:1907-1760.

Peran Senyawa Katekin dan Derivatnya Dalam Mitigasi Produksi Metana Asal Fermentasi di Dalam Rumen

(The Role of Catechin Compounds and Its Derivates to Mitigate Methane Gas Production in the Rumen Fermentation)

Mozart Nuzul Aprilliza AM¹, YN Anggraeni¹ dan E Wina²

¹Loka Penelitian Sapi Potong Grati, Jalan Pahlawan, Grati, Pasuruan, Indonesia 67184

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

Korespondensi e-mail: mozartaprilliza@gmail.com

(Diterima 14 Januari 2021 – Direvisi 25 Februari 2021 – Disetujui 5 Maret 2021)

ABSTRACT

Enteric fermentation and its corresponding to methane emissions take place in many wild and domestic ruminant species, such as deer, buffalo, cattle, goats, sheep. Ruminant animals are different from other animals in that they have a rumen, a large fore-stomach with a complex microbial environment. A resulting of this process is methane (CH₄), which has a global warming potential (25 times that of carbon dioxide (CO₂)). Because the digestion process is not 100% efficient, some of the energy intake is lost in the form of methane. Recently, natural plant products, such as tea leaves which are often inexpensive and environmentally safe have been introduced in methane mitigation strategies. Tea leaves have potential for use as an additives in ruminant diets. The adding of catechin 10-40 g/Kg DM were able to declined methane emission 7.4–13.5%. Furthermore, catechin could decrease the methane production. Catechin decreased CH₄ production both *in vitro* and *in vivo*. Catechin causes direct inhibition of methanogens as well as may act as hydrogen sinks during degradation by rumen microbes via cleavage of ring structures and reductive dehydroxylation reactions. The objective of this paper is to review existing knowledge related to discuss how catechins can act as methane-lowering agents from rumen fermentation on ruminants.

Key words: Enteric fermentation, natural feed additives, catechins, methane reduction

ABSTRAK

Fermentasi enterik dan keterkaitannya dengan emisi metana terjadi di banyak spesies ruminansia liar dan domestik, seperti rusa, kerbau, sapi, kambing, domba. Ruminansia berbeda dengan hewan lain karena mereka memiliki rumen dengan lingkungan mikroba yang kompleks. Produk yang dihasilkan dari proses ini salah satunya adalah gas metana (CH₄), yang memiliki potensi pemanasan global 25 kali lipat dari karbon dioksida (CO₂). Produksi metana merupakan pemborosan energi karena tidak dapat dimanfaatkan untuk produksi ternak. Penurunan CH₄ dari fermentasi enterik ternak ruminansia dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya adalah dengan penggunaan komponen organik yang terdapat pada tanaman, diantaranya adalah senyawa katekin yang terdapat pada daun teh (*Camellia sinensis*). Katekin pada daun teh memiliki potensi untuk digunakan sebagai aditif penurun dalam ransum ruminansia. Penambahan katekin 10-40 g/Kg BK mampu menurunkan emisi metana sebesar 7,4–13,5%. Selain itu, katekin juga dapat menurunkan produksi metana. Katekin menurunkan produksi CH₄ baik secara *in vitro* maupun *in vivo*. Katekin menyebabkan penghambatan langsung metanogen dan juga dapat berperan sebagai penampungan hidrogen selama degradasi oleh mikroba rumen melalui pembelahan struktur cincin dan reaksi dehidroksilasi reduktif. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menelaah hasil-hasil penelitian yang terdahulu terkait dengan bagaimana katekin dapat berperan sebagai agen penurun gas metana pada ternak ruminansia.

Kata kunci: Fermentasi enterik, aditif pakan alami, katekin, reduksi metana

PENDAHULUAN

Emisi gas rumah kaca merupakan penyebab kuat terjadinya perubahan iklim. Gas Rumah Kaca (GRK) yang berada di atmosfer (troposfer) dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia terutama yang berhubungan dengan pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas, dan batubara), pertanian dan peternakan. Metana adalah salah satu dari tiga gas rumah kaca utama,

bersama dengan CO₂ dan dinitrogen oksida (N₂O). Dampak pemanasan global yang ditimbulkan gas metana adalah 25 kali lipat dari CO₂ (Patra & Saxena 2010; Seradj et al. 2014). selain itu gas metana juga mempengaruhi terjadinya degradasi pada lapisan ozon. Emisi gas metana dapat dihasilkan dari aktivitas manusia baik pertanian maupun kegiatan industri lainnya. Namun, yang memiliki kontribusi terbesar terhadap emisi metana secara antropogenik (terhitung

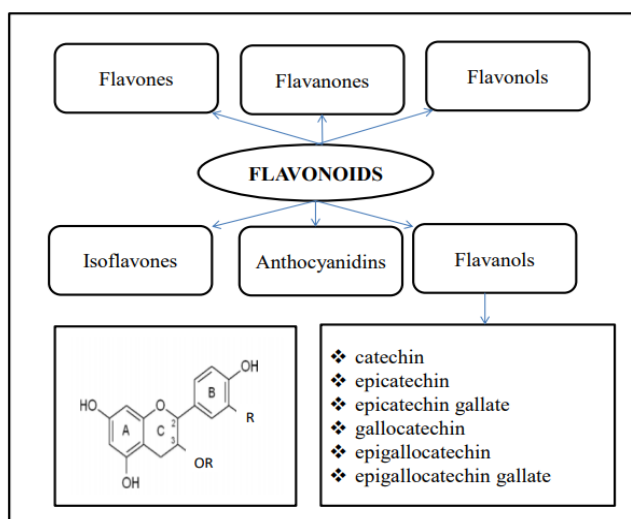
26% di seluruh dunia), disebabkan oleh produksi metana enterik oleh ternak ruminansia seperti sapi, domba, kambing, dan unta (US EPA 2012). Oleh karena itu, konsumsi manusia akan produk pangan hewani seperti susu, daging sapi, daging kerbau, daging domba, dan daging kambing berkontribusi besar terhadap beban gas rumah kaca global (Lassey 2008). Di masa depan, secara global efek ini akan menjadi lebih tinggi, karena kegiatan produksi ternak ruminansia yang semakin meningkat, seiring dengan permintaan akan pemenuhan kebutuhan protein hewani yang semakin meningkat. CH_4 asal fermentasi enterik dihasilkan di dalam rumen ternak ruminansia oleh *Archaea* metanogenik (Deppenmeier & Muller 2008). Memodifikasi komposisi ransum dapat dilakukan dengan cara menambahkan aditif pakan dan dapat disesuaikan dengan tujuan dari modifikasi tersebut. Aditif pakan merupakan suatu bahan ataupun komponen yang sengaja ditambahkan ke dalam ransum dengan jumlah yang kecil ditujukan untuk memenuhi kebutuhan ternak atau memperbaiki metabolisme. Beberapa contoh aditif pakan antara lain: asam linoleat terkonjugasi, mineral organik, enzim, probiotik, dan senyawa metabolit sekunder tanaman. Jika tujuannya untuk mengontrol proses fermentasi rumen agar berjalan lebih efisien dapat menambahkan probiotik di dalam ransum, jika tujuannya untuk menurunkan emisi gas metana dapat dilakukan dengan menambahkan tanaman yang mengandung senyawa metabolit sekunder. Beberapa senyawa metabolit sekunder tanaman telah diidentifikasi sebagai aditif pakan potensial untuk menurunkan emisi metana dari sapi, domba, dan kambing yaitu saponin, tanin, dan katekin (Patra & Saxena 2010).

Pada ternak ruminansia, metabolit sekunder tanaman seperti katekin dapat meningkatkan ketersediaan protein by-pass rumen dan pasokan

nitrogen non-amonia, yang dapat diserap di usus kecil karena kemampuan mengikat protein (Mueller 2006). Katekin juga dilaporkan memiliki potensi untuk mengurangi produksi metana rumen, tanpa memberikan efek buruk pada ternak. Berbeda dengan tanin yang juga mampu menurunkan produksi gas metana, akan tetapi dapat menurunkan pencernaan pakan serta menyebabkan toksisitas pada ternak. Namun, penelitian mengenai pemanfaatan senyawa katekin dan derivatnya yang terkandung pada daun teh dalam menurunkan gas metana masih sangat terbatas. Padahal, apabila peternak dapat memanfaatkan limbah dari pengolahan daun teh sebagai pakan ternak, maka akan mendorong system pertanian berkelanjutan yang tanpa limbah, lebih ramah lingkungan, dan dapat meningkatkan efisiensi biaya pakan. Penulisan dari review ini adalah untuk menelaah hasil penelitian yang sudah ada terkait dengan bagaimana katekin dapat berperan sebagai agen penurun gas metana pada ternak ruminansia.

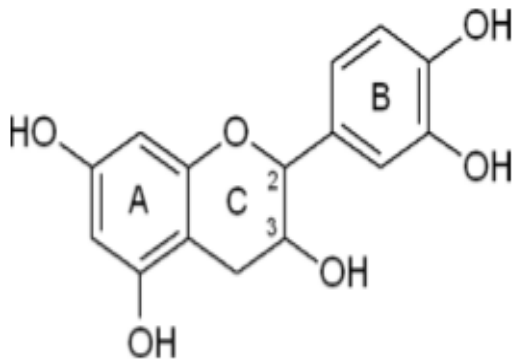
KATEKIN: STRUKTUR DAN KARAKTERISTISKNYA

Katekin atau flavanol merupakan salah satu dari enam sub kelas dari flavonoid. Lima sub kelas lain dari flavonoid adalah flavon, flavonol, flavanon, isoflavon, dan antosianidin. Senyawa flavonoid adalah senyawa polifenol yang mempunyai 15 atom karbon yang tersusun dalam konfigurasi C6 -C3 -C6, yaitu dua cincin aromatik yang dihubungkan oleh 3 atom karbon yang dapat atau tidak dapat membentuk cincin ketiga. Polifenol adalah kelompok zat kimia yang ditemukan pada tumbuhan. Zat ini memiliki tanda khas yakni memiliki banyak gugus fenol dalam molekulnya.

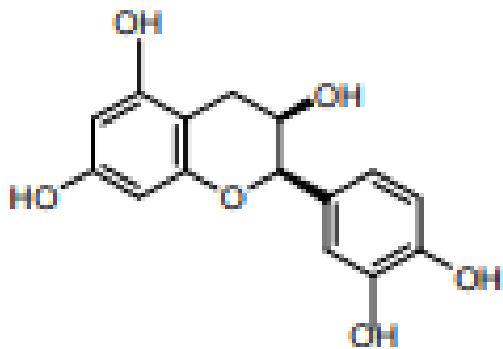


Gambar 1. Bagan Klasifikasi Flavonoid

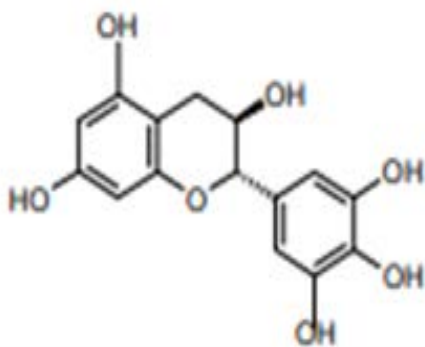
Katekin memiliki 4 derivat utama, yaitu: katekin, epikatekin, galokatekin, epigalokatekin, dan 2 derivat yang memiliki gugus galat yaitu: epikatekin galat dan epigalokatekin galat. Epikatekin dan epigalokatekin memunculkan rasa sedikit sepet (pahit) dengan sedikit manis setelah diminum, sedangkan bentuk epikatekin galat dan epigalokatekin galat memunculkan rasa sepet yang kuat (Mitrowihardjo 2012).



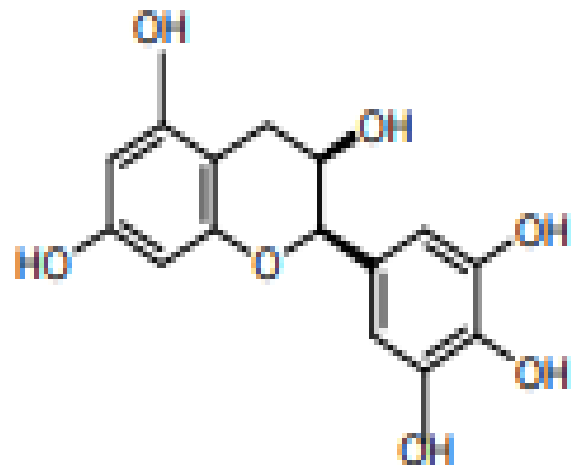
Gambar 2. Kerangka dasar flavanol. Katekin memiliki dua cincin benzena (disebut cincin A dan B) dan *heterocycle* dihidropiran (cincin C) dengan gugus hidroksil pada karbon 3. Molekul memiliki dua pusat stereogenik pada karbon 2 dan 3. (Wein et al. 2016).



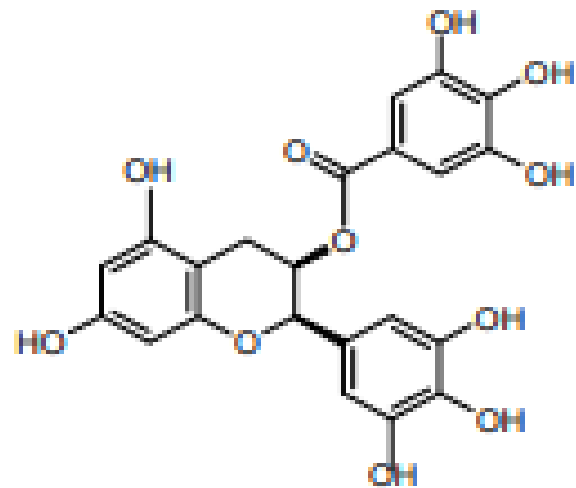
Gambar 3. Epikatekin



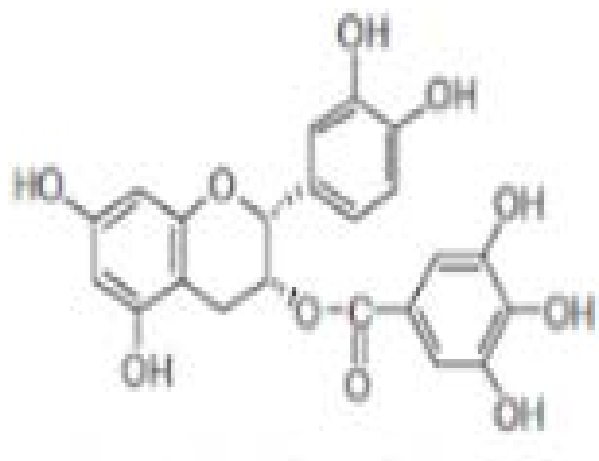
Gambar 4. Galokatekin



Gambar 5. Epigalokatekin



Gambar 6. Epigalokatekin Galat



Gambar 7. Epikatekin Galat

SIFAT KIMIA, SIFAT ANTIOKSIDAN, SIFAT ANTIBAKTERI, SIFAT METANOGENIK

Katekin memiliki karakteristik: tidak berwarna dan dalam keadaan murni sedikit tidak larut dalam air dingin, akan tetapi sangat larut dalam air panas, larut dalam alkohol dan etil asetat, serta hampir tidak larut dalam kloroform, benzena, heksan dan eter. Katekin memiliki sifat tidak stabil jika disimpan terlalu lama, mudah teroksidasi oleh cahaya dan panas sehingga menyulitkan dalam proses penyimpanan dan aplikasinya. Stabilitas katekin bergantung pada konsentrasi senyawa fenolik yang terkandung di dalamnya. Semakin tinggi konsentrasi senyawa fenoliknya, maka akan semakin stabil katekin tersebut (Connor et al. 1992). Senyawa ini akan mudah terdegradasi jika berada pada pH lebih dari 6,5 dan merupakan senyawa yang sangat reaktif (Yeni et al. 2017).

Katekin merupakan senyawa yang memiliki sifat antioksidan berkat adanya gugus fenol yang dimilikinya (Gambar 1). Aktivitas antioksidan katekin yang mampu menghambat radikal bebas bergantung pada dosis dan posisi hidrogen fenoliknya dalam molekulnya. Fakta bahwa aktivitas antioksidan yang lebih tinggi terkait dengannya semakin banyak jumlah gugus hidroksil yang dihasilkan dari ekstrak tersebut (Safi et al. 2007; Jagetia et al. 2000). Oleh karena memiliki sifat antioksidan, katekin mampu menghambat pertumbuhan jamur, tumor, dan virus, oleh karenanya katekin mampu meniadakan bau tengik dan busuk. Mekanisme dalam menghilangkan bau tengik ini berkaitan dengan proses peroksidasi lipid. Sugihara et al. (2001) menyatakan bahwa peran utama peroksidasi antilipid pada flavonoid adalah karena kemampuannya untuk mengkelat ion logam. Senyawa flavonoid ini dapat menjadi kompleks ion logam karena gugus hidroksil di cincin struktur flavonoid. Telah terbukti bahwa tiga kelompok domain cincin struktur berkontribusi dalam ion logam pengkelat oleh ikatan hidrogen yaitu 1) antara gugus 3', 4'-dihidroksi pada cincin-B, 2) antara gugus 3-hidroksi dan 4-karbonil pada cincin-C, dan 3) antara 5-hidroksi dan 4-gugus karbonil pada cincin-C.

Katekin juga memiliki sifat antibakteri. Hal ini dijelaskan oleh Pambayun et al. (2007) yang menyebutkan bahwa ekstrak gambir yang di dalamnya terkandung katekin, mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus*. Selain itu, katekin juga mampu menghambat pertumbuhan *Helicobacter pylori* yang resisten terhadap antibiotik (Voravuthikunchai et al. 2004). Dijelaskan lebih lanjut bahwa dalam penelitian yang dilakukan Pambayun et al. (2007) adalah dengan cara mengisolasi ekstrak gambir dengan etil asetat. Proses katekin dapat menghambat bakteri dapat terjadi

disebabkan, katekin merupakan senyawa yang larut di dalam pelarut semi-polar, di mana etil asetat adalah semi-polar pelarut. Atau dapat dikatakan, senyawa yang memiliki aktivitas anti bakteri pada gambir yang diisolasi dengan etil asetat adalah katekin. Sedangkan ekstrak gambir diperoleh dari air pelarut hanya akan memisahkan sedikit katekin dari yang senyawa lain yang ada pada gambir, karena air bersifat pelarut polar dan katekin tidak diisolasi oleh pelarut polar. Dengan kata lain, senyawa yang bersifat polar pada gambir tidak memiliki sifat antibakteri.

Flavonoid seperti tanin, saponin, dan katekin dapat menghambat aktivitas metanogenik serta mampu mengurangi populasi protozoa yang berperan dalam proses metanogenesis di dalam rumen (Patra & Saxena 2010). Di dalam rumen diketahui bahwa sebagian besar spesies protozoa rumen yang berupa ciliata mengandung hidrogenosom, suatu jenis organel yang dibatasi membran, yang menghasilkan H_2 melalui oksidasi malat (Muller 1993). Hidrogen yang dihasilkan oleh protozoa rumen dapat dimanfaatkan oleh metanogen terkait protozoa, yang menguntungkan kedua belah pihak (Wrede et al. 2012). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Lloyd et al. (1996) bahwa berdasarkan analisis hibridisasi fluorescence secara in situ, sekitar 16% ciliata yang terdapat di dalam rumen mengandung bakteri metanogen di dalam selnya. Artinya, ketika senyawa flavonoid mampu menghancurkan dinding sel protozoa di dalam rumen, maka aktivitas metanogenik dapat ditekan, karena proses transfer hidrogen yang berperan dalam pembentukan gas metana telah berkurang.

TUMBUHAN DI INDONESIA YANG POTENSIAL SEBAGAI SUMBER KATEKIN

Salah satu tanaman yang dapat dijadikan sebagai sumber katekin adalah daun teh (*Camellia sinensis*). Selama ini daun teh hanya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan minuman segar, obat-obatan, dan kosmetik. Padahal, kandungan katekin pada teh sekitar sepertiga dari kandungan bahan kering daun teh (dalam setiap 1 Kg BK daun teh dapat mengandung katekin sebesar 30-40%) (Graham 1992). Daun teh juga mengandung karbohidrat 3-5%, protein 1,4-5%, alkaloid 3-4%, mineral (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, dan Zn) 4,5%, serta vitamin A, B, C, E, dan K (Towaha 2013). Daun teh hijau memiliki konsentrasi kandungan katekin yang lebih banyak dibandingkan dengan teh hitam. Teh hitam lebih banyak mengandung *theaflavins*. Ramdani et al. (2017) melaporkan di dalam daun teh hijau ditemukan beberapa jenis katekin antara lain: epigalokatekin galat (komponen utama); epikatekin galat; galokatekin; dan katekin galat (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan Komponen Senyawa Katekin pada Daun Teh Hijau

Komponen	Kandungan dalam persen bahan kering
(+) – Katekin	0,5 – 1
(-) – Epikatekin	1 – 3
(-) – Epikatekin Galat	2 – 4
(+) – Galokatekin	1 – 2
(-) – Epigalokatekin	4 – 7
(-) – Epigalokatekin Galat	5 – 14
Total	13,5 – 31

Sumber: Zhen et al. (2002)

Diperkirakan sekitar 80-100 mg polifenol terkandung dalam satu kantong teh hijau, dimana 25-30 mg ($\pm 30\%$) berupa epigalokatekin. Senyawa katekin dalam ampas teh yang larut dalam etil asetat adalah sebesar 5,31 % dari 58, 35 % ampas teh yang didapatkan. Di dalam ampas teh, senyawa katekin yang ditemukan hanya komponen epigalokatekin (EGC) (Sudjatini 2017).

Selain teh, tumbuhan asli Indonesia yang mengandung katekin dalam jumlah yang besar adalah Gambir (*Uncaria Gambir Roxb*). Gambir merupakan tanaman khas dari daerah Sumatera Barat, Sumatera Utara, Riau, dan Sumatera Selatan (Nasution et al. 2016). Gambir oleh masyarakat banyak dimanfaatkan untuk menyirih, menyamak, kosmetik, dan obat herbal (Isnawati et al. 2014). Kandungan katekin pada tanaman Gambir diperoleh dari ekstrak daun gambir. Kandungan kimia dalam ekstrak gambir adalah katekin (7-33%), asam kateku tanat (20-55%), pirokatekol (20-30%), gambir fluoresen (1-3%), kateku merah (3-5%), kuersetin (2-4%), minyak tertentu (1-2%), lilin (1-2%), dan alkaloid dalam kadar kecil. Pada daun gambir jumlah katekin yang ditemukan tidak sebanyak yang ditemukan pada ekstrak gambir yaitu 13,7% (Anggraini et al. 2011). Kandungan katekin dalam ekstrak gambir lebih tinggi dari daun gambir, karena pada proses pembuatannya ekstrak gambir (bongkahan) dilakukan proses penyaringan setelah ekstrak tersebut dipanaskan dengan air mendidih, dimana residu dan serabutnya yang ada pada daun gambir dibuang dan senyawa yang terlarut dalam air panas adalah katekin. Gambir juga mengandung katekin yang mempunyai gugus galat, seperti galokatekin dan katekin galat (Isnawati et al. 2009). Tanaman lain yang juga mengandung katekin adalah coklat. Komponen katekin yang terkandung di dalam coklat adalah katekin ($12 \pm 4,05$ mg/g) dan epikatekin ($0,46 \pm 0,17$ mg/g) (Payne et al. 2010). Kandungan katekin dalam daun gambir sangat tinggi sehingga sangat potensial untuk dikembangkan menjadi bahan baku senyawa derivat katekin yang dapat dijadikan sebagai aditif dalam pakan ruminansia.

Sedangkan coklat, penggunaannya masih bersaing dengan kebutuhan pangan manusia, sehingga masih kurang tepat jika dijadikan sebagai aditif pada pakan ruminansia.

PERAN KATEKIN DI DALAM MENGURANGI GAS METANA

Efek epigalo katekin terhadap aktivitas mikroba rumen

Secara umum polifenol yang terkandung di dalam daun teh dapat menurunkan solubilitas dan degradabilitas rumen protein dikarenakan kemampuannya dalam mengikat protein. Konsekuensinya, hal ini mengakibatkan menurunnya produksi amoniak di dalam rumen dan dapat meningkatkan suplai protein *by pass* dan non protein nitrogen untuk langsung diserap ke dalam usus halus (Min et al. 2003). Meskipun amoniak merupakan sumber nitrogen yang sangat penting bagi protein mikroba namun apabila produksinya terlalu cepat dan berlebih dari kebutuhan mikroba dapat mengakibatkan ketidakefisienan pada protein dan yang lebih fatal akan mengakibatkan keracunan bagi induk semang. Suplai amoniak yang berlebih juga menyebabkan pemborosan energi pada proses pengeluaran kelebihan amoniak di dalam rumen ke luar tubuh dalam bentuk urin. Energi dibutuhkan selama proses penyerapan amoniak di dalam rumen untuk memasuki aliran darah selanjutnya masuk ke hati dan akhirnya dikeluarkan dalam urin sebagai limbah nitrogen.

Ramdani et al. (2017) melaporkan bahwa penambahan daun teh ke dalam ransum tidak mengakibatkan penurunan pada pencernaan pakan. Penambahan daun teh hijau sebanyak 4% dilaporkan dapat meningkatkan pencernaan pakan secara *in vitro* lebih tinggi dibandingkan daun teh hitam pada dosis yang sama. Berdasarkan hasil tersebut daun katekin yang ada pada daun teh hijau lebih cocok dengan fungsi mikroba rumen dibandingkan dengan daun teh hitam yang komposisi utamanya adalah *theaflavins*. Hal tersebut dikarenakan kemampuan *theaflavins* dalam menangkap radikal bebas pada saat transfer hidrogen lebih rendah dibandingkan katekin (William et al. 2003; Ho et al. 1997). Berbeda dengan penambahan tanin di dalam ransum yang dapat menurunkan konsumsi pakan, pencernaan pakan, dan performa ternak, serta menimbulkan toksisitas dalam jumlah yang banyak maka penggunaan katekin lebih bersahabat bagi ternak.

Sehubungan dengan sifat anti mikroba ekstrak flavonoid, penggunaan ekstrak flavonoid untuk fermentasi rumen telah menjadi subyek banyak percobaan. Penggunaan campuran flavonoid tanaman

dalam kondisi kontinyu sistem kultur rumen dapat mengubah kondisi fermentasi termasuk proporsi pH propionat dan/ atau degradasi protein, walaupun hasilnya tidak selalu homogen (Busquet et al. 2006; Balcells et al. 2012; Oskoueian et al. 2013; Seradj et al. 2014). Oskoueian et al. (2013) melaporkan bahwa penambahan katekin sebanyak 4,5% berdasarkan bahan kering belum mampu menurunkan pH, total VFA, dan protein mikroba sapi yang diuji secara *in vitro*. Begitu juga dengan produksi asam asetat, propionat, dan butirat tidak ada perbedaan, dengan adanya penambahan katekin maupun tidak. Sementara itu hasil penelitian Becker et al. (2013) menunjukkan bahwa penambahan katekin sebanyak 0,05 mmol dapat meningkatkan produksi asam asetat dan menurunkan produksi asam butirat, dibandingkan dengan perlakuan control yang tidak diberikan katekin. Tidak adanya penurunan konsentrasi VFA pada ransum yang diberikan katekin mungkin disebabkan dimanfaatkannya flavonoid ini sebagai substrat yang dapat difermentasi. Degradasi mikroba yang disebabkan oleh adanya flavonoid di dalam rumen yang terjadi selama pemisahan rantai C menghasilkan asam fenolat dan produk fermentasi non-aromatik. Akibatnya, hasil fermentasi tersebut dapat dimanfaatkan oleh mikroba rumen sebagai sumber karbon alternatif (Smith et al. 2005). Pengaruh asam fenolat terhadap metanogenesis dapat diperkirakan karena kemampuannya dalam mempengaruhi aktivitas mikroba rumen. Penurunan produksi CH_4 rumen dapat dikaitkan dengan perannya dalam menghambat degradasi serat dan dalam menurunkan protozoa sampai batas tertentu. Inhibisi degradasi serat akan menggeser komposisi asam lemak rantai pendek dari asetat sehingga produksi hidrogen berkurang dan pembentukan CH_4 berkurang. Di sisi lain, efek antiprotozoa dari asam fenolat akan menurunkan produksi CH_4 karena sebagian metanogen melekat pada protozoa (Vogels et al. 1980).

Efek katekin (epigalokatekin galat) terhadap produksi gas metana

Becker et al. (2013) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi metabolisme degradasi katekin di dalam ternak ruminansia dengan menggunakan pendekatan metabolomik. Metode yang digunakan dengan menempatkan sejumlah cairan rumen di dalam tabung, ada perlakuan kontrol dan ada yang ditambahkan 14,53 mg per 20 mL cairan rumen. Ternyata pada 2 hari pertama setelah inkubasi, produksi gas metana pada kedua perlakuan sama-sama meningkat secara cepat, akan tetapi setelah hari ke-3 dan 4 menjadi stabil dan setelah 6 hari cenderung menurun. Dalam penelitian tersebut adanya gas metana

bukan berasal dari formasi hidrogen, yang mengindikasikan bahwa penurunan produksi gas metana karena adanya penambahan katekin bukan disebabkan karena terhalangnya aktivitas metanogen. Katekin secara langsung menghambat metanogen (Oskoueian et al. 2013) dan juga kemungkinan bertindak sebagai penyerap H_2 melalui pembelahan struktur cincin dan dihidroksilasi reduktif (Becker et al. 2013). Hasil analisis regresi linier dalam studi tersebut menunjukkan bahwa penurunan emisi metana berhubungan dengan perbandingan molar 1,2: 1 dengan jumlah katekin yang ditambahkan pada substrat. Oleh karena itu, 1 mol katekin mencegah pelepasan 1,2 mol metana.

Hasil studi yang dilakukan Oskoueian et al. (2013) menunjukkan bahwa penambahan katekin pada ransum sapi ternyata belum mampu menurunkan produksi gas metana. Penelitian tersebut dilakukan secara *in vitro* tersebut dengan menambahkan 4,5% (9 mg) katekin di dalam 200 mg substrat yang berupa ransum yang tersusun atas 60% rumput *Guinea* kering dan 40% konsentrat. Antara perlakuan kontrol yang tidak diberikan tambahan katekin dengan yang diberikan tambahan katekin belum menunjukkan perbedaan pada produksi gas metana dan total gas. Belum menurunnya produksi gas metana ini diindikasikan karena level penambahan katekin yang belum optimum dan oleh mikroba katekin dimanfaatkan sebagai substrat yang dapat difermentasi oleh mikroba rumen.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sinz et al. (2018) bahwa penambahan epikatekin ke dalam ransum sebanyak 0,5 mg/g dalam setiap 1 Kg BK pakan, dan dilakukan uji fermentasi secara *in vitro* setelah 24 jam, penambahan tersebut mampu menurunkan produksi gas metana sebesar 5,64% jika dibandingkan kontrol yang tidak diberikan penambahan epikatekin. Selain itu penambahan epikatekin sebanyak 0,5 mg/g di dalam 1 Kg BK pakan mampu meningkatkan protein mikroba (NH_3) sebesar 2,98%, populasi bakteri meningkat sebesar 13,89%, Akan tetapi mengakibatkan populasi protozoa menurun sebesar 20,73%. Di dalam penelitiannya Sinz et al. (2018) menggunakan 3 level penambahan epikatekin yaitu 0,5, 5, dan 50. Pada ketiga level penambahan epikatekin dalam menurunkan gas metana berlaku, akan tetapi ketika penambahan mencapai level 50 mengakibatkan populasi protozoa meningkat dan protein mikroba menurun.

Hasil penelitian Aemiroa et al. (2016) menyebutkan bahwa penambahan *Sunphenon* 30S-O (suplemen yang memiliki kandungan katekin 205 g / kg BK, diperoleh dari daun teh hijau (*Camelia sinensis*) melalui ekstraksi dengan infus air dan dekafeinasi menggunakan pelarut makanan)) sebesar

Tabel 2. Efek Penambahan Katekin pada Ransum Ruminansia

Sumber dan Level Katekin	Hewan Coba/Asal Cairan Rumen	Pengaruh Terhadap CH ₄	Pengaruh Lainnya	Referensi
0,05 mmol per 20 mL	<i>In vitro</i> , Cairan rumen sapi	Setelah 6 hari produksi CH ₄ turun dan CH ₄ terbentuk bukan dari formasi hidrogen	Produksi asam asetat cenderung meningkat, produksi butirat cenderung menurun	Becker et al. (2013)
4,5% dalam 200 mg substrat*	<i>In vitro</i> , Cairan rumen sapi	CH ₄ dan total gas belum terjadi penurunan	Kecernaan pakan menurun, VFA tetap	Oskouiean et al. (2013)
0,5 mg/g per Kg BK	<i>In vitro</i> , Cairan rumen sapi	Volume CH ₄ menurun sebesar 5,64%	NH ₃ meningkat 2,98%, populasi bakteri meningkat sebesar 13,89%, populasi protozoa menurun sebesar 20,73%.	Sinz et al. (2018)
<i>Sunphenon</i> 30S-O 40-50 g/KgBK	Domba	CH ₄ turun 7,4 – 13,5%	VFA, NH ₃ , populasi protozoa turun	Aemiroa et al. (2016)

Keterangan: substrat berupa ransum yang terdiri atas rumput *Guinea* kering (60%) dan konsentrat (40%)

40-50 g/KgBK di dalam ransum domba dapat menurunkan produksi gas metana sebesar 7,4 – 13,5%. Semakin tinggi level yang diberikan, maka akan semakin rendah gas metana yang dihasilkan.

Selain itu disebutkan pula bahwa peningkatan level penambahan *Sunphenon* 30S-O ternyata menurunkan konsentrasi VFA dan NH₃. Akan tetapi proporsi asam asetat tidak dipengaruhi oleh peningkatan level penambahan *Sunphenon* 30S-O, sementara itu populasi protozoa akan menurun dengan adanya peningkatan penambahan level *Sunphenon* 30S-O.

Ungerfeld (2018) menyatakan bahwa *Archaea metanogenik* merupakan mikroba yang bertanggung jawab atas terbentuknya gas metana dari proses fermentasi pakan di dalam rumen. Hal ini dikarenakan mikroba tersebut menggunakan molekul H₂ yang diproduksi selama proses fermentasi pakan di dalam rumen sebagai sumber energi utama mereka. Dalam metabolisme karbohidrat yang melibatkan aktivitas bakteri, protozoa, dan jamur mengakibatkan berkurangnya co-faktor, yang sebagian besar hidrogen teroksidasi dengan mentransfer elektron ke proton. Hidrogen yang terbentuk dipindahkan ke *Archaea metanogenik*, selanjutnya digunakan untuk mengurangi produksi karbon dioksida CO₂ dan diubah menjadi CH₄. Gas metana diproduksi dari karbon dioksida dan hidrogen metabolic. Manipulasi pakan yang ditujukan untuk menurunkan produksi CH₄ dapat efektif jika hidrogen yang disimpan dari proses metanogenesis dapat digunakan dalam pembentukan produk yang selanjutnya dapat digunakan oleh hewan inang (ternak). Peran katekin dalam hal ini adalah pada proses

biohidrogenasi mampu menampung H₂ (*hydrogen sink*), sehingga H₂ dari proses transfer hidrogen tidak terbentuk menjadi gas metana, tetapi diubah menjadi produk lain yang bermanfaat bagi ternak. Pembentukan propionat dari suksinat akan menghasilkan ketersediaan H₂ yang lebih rendah untuk metanogenesis, akibatnya pembentukan gas metana dapat terhambat (Kim et al. 2015). Selain katekin, asam fumarat juga memiliki fungsi yang sama sebagai *hydrogen sink*, akan tetapi, efisiensinya dalam menurunkan gas metana sepuluh kali lebih rendah dibandingkan dengan katekin (Ungerfeld et al. 2007).

Peran katekin sebagai agen penurun metana memiliki mekanisme yang berbeda dari beberapa senyawa lainnya. Sebagian besar senyawa tanaman dalam menurunkan produksi gas metana bersifat toksik, yang menghambat pertumbuhan protozoa, bakteri fermentatif atau methanogen. Padahal, terhambatnya masuknya suplai makanan untuk bakteri pada rumen dapat mengakibatkan penurunan nilai pencernaan pakan. Konsekuensinya, ketersediaan nutrisi untuk ternak juga berkurang. Akan tetapi, hal tersebut tidak berlaku pada mekanisme katekin, penurunan gas metana akibat formasi hidrogen, tidak mengakibatkan penurunan nilai pencernaan pakan (Becker et al. 2013). Sehingga katekin dapat berperan sebagai agen penurun metana yang tidak menurunkan performa produksi ternak. Akan tetapi, masih diperlukan penelitian lanjutan di masa mendatang, karena pengujian baru dilakukan pada katekin murni.

Pemanfaatan katekin sebagai suplemen tambahan dalam ransum ruminansia masing belum banyak diketahui. Padahal Indonesia memiliki potensi produksi

katekin yang cukup besar, mengingat produksi nasional daun teh sebesar 137.803 ton (Ditjenbun 2020). Selama ini katekin baru dimanfaatkan di bidang kecantikan (kosmetik) dan kesehatan manusia. Penelitian terkait pemanfaatan katekin terhadap produktivitas ternak dan pengaruhnya terhadap produksi gas metana masih belum banyak dilakukan. Sehingga sangat berpeluang untuk dilakukan penelitian di bidang tersebut, agar informasi mengenai potensi katekin sebagai pakan tambahan yang dapat menurunkan gas metana dapat bermanfaat bagi pembangunan dunia peternakan yang ramah lingkungan.

IMPLIKASI

Implikasi dari beberapa pembahasan di dalam paper ini bahwa penggunaan daun teh sebagai aditif alami di dalam pakan ternak merupakan suatu hal yang sangat menarik untuk terus dikaji dan dilakukan penelitian secara *in vivo*. Hal ini dikarenakan masih belum banyak informasi mengenai level optimum penambahan katekin dan efek tertentu dari katekin terhadap keluaran gas metana dari proses fermentasi enterik di dalam rumen tanpa menurunkan performa dan menimbulkan efek yang merugikan bagi ternak. Di Indonesia penelitian penggunaan limbah daun teh dapat dilakukan secara kerja sama dengan pabrik pembuat minuman teh maupun penghasil gambir, yang diharapkan dengan adanya pemanfaatan limbah teh dan limbah gambir tersebut, selain dapat mengurangi dampak cemaran dari produksi gas metana yang berasal dari ternak dikarenakan kandungan katekin dan tanin yang terkandung di dalamnya, juga memungkinkan untuk mengurangi limbah sisa produksi minuman teh.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa daun teh berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan aditif alami di dalam pakan ternak ruminansia dikarenakan merupakan sumber protein, serat, metabolit sekunder tanaman, mineral, dan dapat menurunkan produksi gas metana. Mitigasi produksi gas metana yang berasal dari proses enterik rumen tidak hanya untuk mengurangi pemanasan global, akan tetapi untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan.

DAFTAR PUSTAKA

Aemiroa A, Hanada M, Umetsua K, Nishida T. 2016. The effect of Sunphenon 30S-O on methane emission, nutrient intake, digestibility and rumen fermentation. *Anim Feed Sci Technol*. 214:34-43.

Anggraini T, Tai T, Yoshino T. 2011, Antioxidative activity and catechin content of four kinds of

Uncaria gambier extracts from West Sumatra, Indonesia. *Afr J Biochem Res*. 5:33-38.

- Balcells J, Aris A, Serrano A, Seradj AR, Crespo J, Devant M. 2013. Effects of an extract of plant flavonoids (Bioflavex) on rumen fermentation and performance in heifers fed high-concentrate diets. *J Anim Sci*. 90:4975-4984.
- Becker PM, Wikselaar PG, Franssen MCR, Vos RCH, Hall RD, Beekwilder J. 2013. Evidence for a hydrogen-sink mechanism of (+) catechin-mediated emission reduction of the ruminant greenhouse gas methane. *Metabolomics*. 10:179-189.
- Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C. 2006. Plant extract affect *in vitro* rumen microbial fermentation. *J Dairy Sci*. 89:761-771.
- Conno KA, Amidon GL, Stell VJ. 1992, Stabilitas kimiawi sediaan farmasi. Edisi kedua. Gunawan D, penerjemah. Semarang (Indonesia): IKIP Semarang Press. p. 416-422.
- Deppenmier U, Muller V. 2008. Bioenergetics. energy conservation and conversion. Schafer G, Penefsky H, editors. Series; Results and problems in cell differentiation. 45:123. Heidelberg (German): Springer.
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. Statistik perkebunan Indonesia 2018 – 2020 (teh). Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Graham HN. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine*. 21:334-350.
- Ho CT, Chen CW, Wnasundara UN, Shahidi F. 1997. Natural antioxidant from tea. Urbana (USA): AOCS Press. p. 213-223.
- Isnawati A, Raini M, Sampurno OD, Mutiatikum D, Widowati L, Gitawati R. 2014. Karakterisasi tiga jenis ekstrak gambir (*Uncaria gambier* Roxb) dari Sumatera Barat. *Buletin Penelitian Kesehatan*. 4:201-208.
- Isnawati A. Analisa kualitatif dan kuantitatif senyawa katekin dan kuersetin pada 3 kualitas mutu ekstrak gambir. 2009. Laporan Penelitian. Jakarta (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Biomedis dan Farmasi, Badan Litbang Kesehatan.
- Jagetia GC, Venkatesha VA, Reddy TK. 2000, Naringin, a citrus flavonone, protects against radiation-induced chromosome damage in mouse bone marrow. *Mutagenesis*. 18:337-343.
- Lassey KR. 2008. Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. *Australian J Experiment Agricul*. 48:114-118.
- Lloyd D, Williams AG, Amann R, Hayes AJ, Durrant L, Ralphs JR. 1996. Intracellular prokaryotes in rume ciliate protozoa: Detection by confocal laser

- scanning microscopy after in situ hybridization with fluorescent 16S rRNA probes. *Eur J Proctisol*. 47:95-99
- Min BR, Barry TN, Attwood GT, McNabb WC. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forage: A review. *Anim Feed Sci Technol*. 106:3-19.
- Mitrowihardjo S. 2012. Kandungan katekin dan hasil pucuk beberapa klon teh (*Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze) unggulan pada ketinggian yang berbeda di kebun Pagilaran [Disertasi]. [Yogyakarta (Indonesia)]: Fakultas Pertanian UGM.
- Mueller HI. 2006. Review unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J Sci Food Agric*. 86:2010-2037.
- Muller M. 1993. Review article: The hydrogenosome. *Microbial*. 139:2879-2889.
- Nasution AH, Asmarantaka RW, Baga LM. 2016. Efisiensi pemasaran gambir di Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*. 9:221-239.
- Oskoueian E, Abdullah N, Oskoueian A. 2013. Effects of flavonoids rumen fermentation activity, methane production, and microbial population. *Biomed Res Int*. 2013:1-8. doi: 10.1155/2013/349129
- Pambayun R, Murdijati G, Slamet S, Kapti R. 2007. Kandungan fenol dan sifat antibakteri dari berbagai jenis ekstrak produk gambir (*Uncaria gambir* Roxb), *Majalah Farmasi Indonesia*. 18:141-146.
- Patra AK, Saxena J. 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*. 71:1198-1222.
- Payne MJ, Hurst WJ, Kenneth BM, Rank C, Stuart DA. 2010. Impact of fermentation, drying, roasting, and dutch processing on epicatechin and catechin content of cacao beans and cocoa ingredients. *J Agric Food Chem*. 58:10518-10527.
- Ramdani D, Chaudhry AS, Seal CJ. 2013. Chemical composition, plant secondary metabolites, and minerals of green and black teas and the effect of different tea-to-water ratios during their extraction on the composition of their spent leaves as potential additives for ruminants. *J Agric Food Chem*. 61:4961-4967.
- Ramdani D, Chaudry AS, Seal CJ. 2017. Alkaloid and polyphenol analysis by HPLC in green and black tea powders and their potential use as additive in ruminant diets. The 1st International Conference and Exhibition on Powder Technology Indonesia (ICePTi). AIP Conf. Proc. 1927:030008-030008. AIP Publishing.
- Safi NEE, Ghidouche S, Ducrot PH. 2007. Flavonoids: hemisynthesis, reactivity, characterization and free radical scavenging activity. *Review Molecules*. 12:2228-2258.
- Seradj AR, Abecia L, Crespo J, Villalba D, Fondevila M, Balcells J. 2014. The effect of Biolavex® and its pure flavonoid components on in vitro fermentation parameters and methane production in rumen fluid from steers given high concentrate diets. *Anim Feed Sci Technol*. 197:85-91.
- Sinz S, Marquardt S, Soliva CR, Braun U, Liesegang A, Kreuzer M. 2019. Phenolic plant extracts are additive in their effects against in vitro ruminal methane and ammonia formation. *Asian-Australian J Anim Sci*. 32:966-976.
- Smith AH, Zoetandl E, Mackie IR. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microbial Ecology*. 50:197-205.
- Sudjatini. 2017. Optimasi ekstraksi dan penentuan kandungan katekin dalam teh hijau (*Camellia sinensis*) menggunakan metoda HPLC. *Agrotech: Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 2:43-49.
- Sugihara N, Ohnishi M, Imamura M, Furuno K. 2001. Differences in antioxidative efficiency of catechins in various metal-induced lipid peroxidations in cultured hepatocytes. *J Health Sci*. 47:99-106.
- Towaha J. 2013. Kandungan senyawa kimia pada daun teh (*Camellia sinensis*). *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*. 19:12-16.
- Ungerfeld EM, Kohn RA, Wallace RJ, Newbold CJ. 2007. A meta analysis of fumarate effects on methane production in ruminal batch cultures. *J Anim Sci*. 85:2556-2563.
- Ungerfeld EM. 2018. Inhibition of rumen methanogenesis and ruminant productivity: A meta-analysis. *Frontiers Vet Sci*. 5:1-13.
- [US EPA] United States Environmental Protection Agency. 2012. Global anthropogenic non-CO₂ greenhouse gas emissions, 1990-2023. EPA Report 430-R-12-006. Washington DC (USA): Office of Atmospheric Programs, Climate Change Division, US Environmental Protection Agency.
- Vogels GD, Hoppe WF, Stumm CK. 1980. Association of methanogenic bacteria with rumen ciliates. *App Environ Microbiol*. 40:608-612.
- Voravuthikunchai S, Lortheeranuwat A, Jeeju W, Srirak T, Phongpaichit S, Supawita T. 2004. Effective medical plants against enterohaemorrhagic *Eschericia coli* O157:H7. *J Ethnopharmacol*. 94:49-54.
- Wein S, Bayer B, Gohlke A, Blank R, Metges CC, Wollfram S. 2016. Systemic absorption after intraruminal or intraduodenal application of a green tea extract in cows. *PLoS ONE*. 11:1-17.

- Williams SN, Pickwell GV, Quattrochi LC. 2003. A combination of tea (*Camelia sinensis*) catechins in required for optimal inhibition of induced CYP1A expression by green tea extract. J Agric Food Chem. 51:6627-6634.
- Wrede C, Dreier A, Kokoschka S, Hoppert M. 2012. Archaea in symbioses. Archaea. 2012:596846.
- Yeni G, Syamsu K, Mardliyati E, Muchta H. 2017. Penentuan teknologi proses pembuatan gambir murni dan katekin terstandar dari gambir asalan. Jurnal Litbang Industri. 7:1-10.
- Zhen YS, Chen ZM, Cheng SJ, Chen ML. 2002. Tea bioactivity and therapeutic potential. London (UK): Taylor & Francis.

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. Pelepah, 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 (Marhaeniyanto & 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 samping perkebunan

Komoditas	Produk samping 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 samping perkebunan

Produk samping	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 guineensis* 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
	Serat perasan ³⁾	tad	99,44
Kakao	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: $CH_4 = 18,5k_{BK} (kg/h) - 9,5$ dimana k_{BK} 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%, pertambahan bobot badan harian 0,18-0,70 kg. 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, pertambahan 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%, pertambahan 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 Agriconal.
- 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, Auldist 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 lumbah tebu (fraksi serat) sebagai pakan ternak ruminansia. *Wartazoa*. 17:82-91.
- Laconi 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. Agrifinal. 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 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 nutrisi 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, Handiawirawan 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 shrub leguminous *Leucena leucecephala*, *Gliricidia sepium*, and *Caliandra callothyrsus* for growing sheep [Disertasi]. [Townsville (Australia)]: James Cook University.

Gen Myostatin sebagai Marka Genetik untuk Sifat Pertumbuhan dan Karkas Sapi Potong

(Myostatin Gene as a Genetic Marker for Growth and Carcass Traits in Beef Cattle)

Peni Wahyu Prihandini¹, DNH Hariyono² dan YA Tribudi³

¹Loka Penelitian Sapi Potong Grati, Jalan Pahlawan, Grati, Pasuruan, Indonesia 67184

²Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia 97719

³Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia
Korespondensi e-mail: peniprihandini@pertanian.go.id

(Diterima 19 November 2020 – Direvisi 4 Februari 2021 – Disetujui 9 Maret 2021)

ABSTRACT

Growth and carcass traits are of economic importances in livestock breeding, because they affect the profitability of animal production. The phenotypic expression of these traits is controlled by multiple genes (polygenes), such as myostatin (MSTN) gene. This paper aims to discuss the expression, polymorphism and potential application of MSTN gene as a marker-assisted selection (MAS) for growth and carcass traits in beef cattle based on data from published studies. MSTN gene or known as growth and differentiation factor 8 (GDF8) is a member of the transforming growth factor- β (TGF- β) superfamily, which acts as a negative regulator of skeletal muscle mass deposition. Several published studies showed that mutations in the MSTN gene can inhibit the activation of myostatin, which leads to an increased muscle mass (hypertrophy). Several MSTN gene polymorphisms were reported to be associated with growth and carcass traits in local cattle in several countries, including Indonesia, namely Bali cattle. Based on several assumptions: 1) there is MSTN gene polymorphisms in a population, 2) there is a significant association between MSTN gene polymorphisms and growth and carcass traits, as reported in several beef cattle populations and 3) those cattle with superior genotype have better growth performances, we expect that there will be improvement in growth performances in the future if those cattle are selected. Understanding MSTN gene polymorphisms would be useful to make strategies for the genetic improvement for growth and carcass traits of local cattle.

Key words: myostatin gene, growth traits, carcass traits, selection

ABSTRAK

Sifat pertumbuhan dan karkas merupakan sifat ekonomis dalam pemuliaan ternak, karena mempengaruhi profitabilitas usaha peternakan. Ekspresi fenotip dari sifat-sifat tersebut dikontrol oleh banyak gen (poligen), salah satunya gen myostatin (MSTN). Tujuan dari paper ini adalah untuk membahas gen MSTN, meliputi ekspresi, identifikasi polimorfisme dan asosiasinya terhadap sifat pertumbuhan dan karkas sapi potong berdasarkan data hasil penelitian terdahulu. Gen MSTN atau dikenal sebagai *growth and differentiation factor 8* (GDF8) merupakan anggota superfamili *transforming growth factor- β* (TGF- β) yang bertindak sebagai *regulator* negatif dari deposisi massa otot rangka. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa mutasi gen MSTN dapat menghambat aktivasi myostatin, yang kemudian menyebabkan adanya pembesaran massa otot (hipertrofi). Polimorfisme gen MSTN dilaporkan berasosiasi dengan sifat pertumbuhan dan karkas di beberapa populasi sapi potong dari beberapa negara, termasuk sapi Bali dari Indonesia. Berdasarkan asumsi: 1) terdapat polimorfisme gen MSTN dalam suatu populasi, 2) terdapat asosiasi yang signifikan antara polimorfisme gen MSTN dengan sifat pertumbuhan dan karkas, dan 3) ternak-ternak yang memiliki genotip unggul menunjukkan pertumbuhan yang lebih bagus, maka diprediksi akan terjadi peningkatan performa pertumbuhan ternak di masa mendatang jika ternak-ternak yang memiliki genotip unggul tersebut diseleksi. Hasil-hasil kajian molekuler gen MSTN pada sapi lokal diharapkan dapat diaplikasikan untuk menyusun strategi perbaikan mutu genetik ternak, khususnya untuk sifat pertumbuhan dan karkas.

Kata kunci: Gen myostatin, sifat pertumbuhan, sifat karkas, seleksi

PENDAHULUAN

Sifat pertumbuhan dan karkas merupakan sifat ekonomis dalam pemuliaan ternak, khususnya sapi potong, karena menentukan profitabilitas usaha

peternakan. Peningkatan mutu genetik ternak terhadap sifat tersebut menjadi salah satu tujuan yang hendak dicapai oleh para pemulia hingga saat ini. Seleksi untuk sifat pertumbuhan dan karkas dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu genetika kuantitatif dan pendekatan

molekuler (*functional gene*). Seleksi menggunakan metode genetika kuantitatif dapat dilakukan dengan menghitung nilai pemuliaan dari masing-masing individu ternak yang akan diseleksi, sedangkan seleksi menggunakan pendekatan molekuler dapat dilakukan dengan mengidentifikasi lokus atau *single nucleotide polymorphism* (SNP) pada gen-gen tertentu yang menyandi sifat yang akan menjadi target seleksi. Seleksi sapi potong untuk sifat pertumbuhan di Indonesia umumnya dilakukan menggunakan metode genetika kuantitatif. Seleksi menggunakan metode ini hanya berdasarkan data fenotip tanpa mengetahui variasi gen-gen yang menyandi sifat yang menjadi target seleksi. Selain itu, aplikasi genetika kuantitatif untuk seleksi sapi potong, yang mana memiliki interval generasi yang lama, akan menghasilkan peningkatan mutu genetik yang lambat. Seleksi menggunakan kombinasi dari kedua metode dapat menjadi solusi dan alternatif untuk mendapatkan ternak unggul, khususnya sapi potong dengan pertumbuhan dan karkas yang bagus. Oleh karena itu, informasi tentang gen-gen penyandi sifat pertumbuhan dan karkas beserta ekspresi dan aplikasinya untuk program pemuliaan sapi potong sangat penting untuk diketahui.

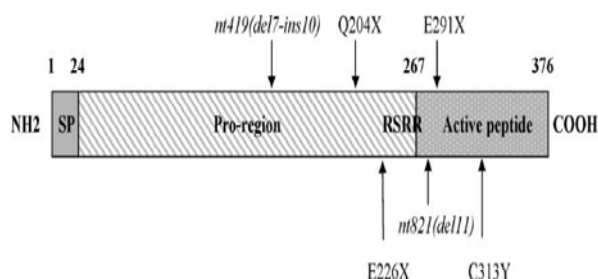
Sifat pertumbuhan dan karkas diatur oleh beberapa lokus gen. Para peneliti di dunia telah memetakan gen-gen yang menyandi sifat pertumbuhan pada ternak, salah satunya gen myostatin (MSTN). Gen ini dikenal sebagai salah satu faktor regulasi negatif dari pertumbuhan otot rangka. Gen MSTN atau dikenal sebagai *growth and differentiation factor 8* (GDF8) merupakan salah satu anggota dari keluarga *transforming growth factor- β* (TGF- β) (McPherron et al. 1997). Keluarga ini berperan penting dalam mengatur proses pertumbuhan, diferensiasi dan apoptosis pada mamalia. Selain itu, keluarga ini berperan mengatur perkembangan embrio dan mempertahankan homeostasis jaringan pada hewan dewasa. Gen MSTN disintesis di dalam sel-sel otot, bersifat *conserved* pada spesies mamalia, dan merupakan salah satu *regulator* utama dalam perkembangan otot skelet (Ahad et al. 2017). Peran gen MSTN di dalam tubuh yaitu sebagai pengatur *myogenesis* dan *regulator* negatif dari pertumbuhan otot pada mamalia. Hewan yang mengalami defisiensi MSTN menunjukkan peningkatan massa otot rangka atau dikenal sebagai *double muscling* (DBM) (McPherron et al. 1997).

Variasi gen MSTN dan hubungannya dengan sifat pertumbuhan sapi potong belum banyak diteliti (Zhang et al. 2007; Han et al. 2012; Khasanah et al. 2016; Nugroho et al. 2017). Khasanah et al. (2016) mempelajari variasi gen MSTN pada sapi Bali dan menemukan asosiasi yang signifikan dari dua SNP (g.-7799T>C dan g.-7941C>T) dengan sifat perdagingan. Peningkatan massa otot rangka akibat mutasi gen

MSTN ditemukan pada sapi Belgian Blue dan Piedmontese (Buske et al. 2011). Adanya pengaruh variasi gen MSTN terhadap sifat pertumbuhan mengindikasikan bahwa gen ini berpotensi menjadi alat seleksi atau *marker-assisted selection* (MAS) untuk sifat pertumbuhan dan karkas sapi potong. Namun demikian, kajian lebih lanjut terkait variasi gen MSTN sangat diperlukan, guna memberikan informasi yang akurat dan detail untuk keperluan rekomendasi dalam pelaksanaan seleksi sapi potong, khususnya untuk sifat pertumbuhan. Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk memberikan informasi tentang gen myostatin meliputi ekspresi, identifikasi polimorfisme dan asosiasinya terhadap sifat pertumbuhan dan karkas sapi potong berdasarkan studi referensi dari penelitian-penelitian terdahulu.

GEN MYOSTATIN DAN EKSPRESINYA

Gen myostatin (MSTN) merupakan salah satu anggota keluarga *transforming growth factor- β* (TGF- β) yang bertindak sebagai *regulator* negatif dari deposisi massa otot rangka (McPherron et al. 1997). Gen myostatin sapi terletak di 3,1 cM (*centimorgan*) dari daerah *centromeric* pada kromosom 2 (BTA2), di samping mikrosatelit TGLA44 (Grobet et al. 1997). Analisis molekuler menunjukkan bahwa gen ini terdiri dari tiga ekson dan dua intron. Ketiga ekson yang teridentifikasi terdiri dari masing-masing 373, 374 dan 381 basa nukleotida, sedang dua intron terdiri dari masing-masing 1840 dan 2033 basa nukleotida (Jeanplong et al. 2001). Gen myostatin disintesis oleh protein prekursor sebanyak 376 asam amino yang meliputi tiga domain yaitu domain C-terminal (aktif molekul), domain propeptida N-terminal yang nantinya akan terpotong pada bagian RSRR saat maturasi dan peptida sinyal (*signal peptide*) (Gambar 1) (Joulia et al. 2003).



Gambar 1. Struktur protein myostatin dan mutasi alami gen myostatin pada sapi (Joulia et al. 2003)

Proses pencernaan protein antara domain pro-peptida dan domain C-terminal akan menghasilkan propeptida N-terminal dan bentuk matang dari myostatin yang terdiri dari 12-kDa fragmen carboxy-terminal. Keduanya, baik myostatin yang matang

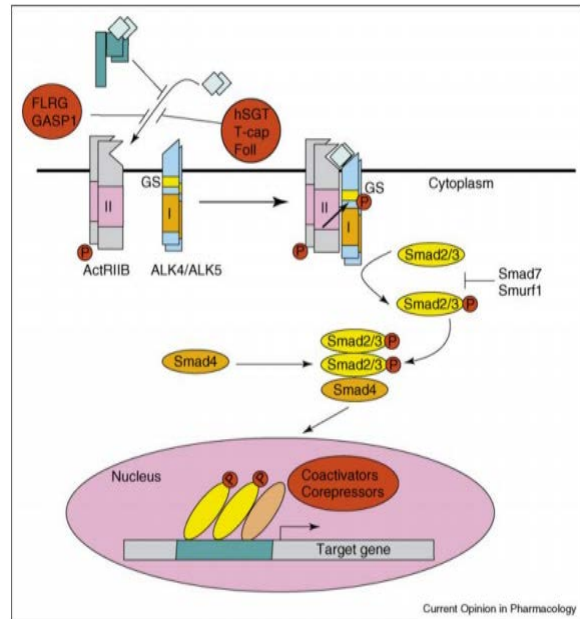
maupun yang belum terproses (*unprocessed myostatin*) akan membentuk *disulfide-linked dimers*. Namun demikian, bagian protein yang aktif hanya berupa dimer myostatin yang terproses (Joulia et al. 2003). Ekspresi protein myostatin berada di bawah aksi gen *MSTN* sebagai *regulator* negatif pertumbuhan sel otot, di mana hilangnya fungsi myostatin dapat menyebabkan munculnya fenotip *doubled-muscle* (Grobet et al. 1997; McPherron & Lee 1998). Gen *MSTN* sangat *conserved* antar spesies dan diekspresikan pada otot rangka yang sudah dewasa maupun yang sedang berkembang. Selain itu, ekspresi myostatin juga ditemukan di jaringan adiposa postnatal dari sapi dan tikus (McPherron & Lee 1998). Defisiensi *MSTN* dapat menyebabkan hiperplasia dan hipertrofi serat otot, sehingga berakibat pada adanya peningkatan otot rangka. Peningkatan otot ini merupakan hasil dari pengaruh *MSTN* terhadap gen-gen pengontrol siklus sel yang menyebabkan sel-sel progenitor myogenik secara permanen menarik diri dari siklus sel (Joulia et al. 2003). Selain itu, *MSTN* merupakan penghambat proliferasi progenitor sel-sel otot rangka selama masa perkembangan hewan hingga saat terbentuknya ukuran otot rangka setelah lahir (Grade et al. 2019).

PATHWAY GEN MYOSTATIN

Gen *MSTN* merupakan anggota dari *superfamily transforming growth factor- β* (TGF- β) yang berfungsi sebagai *inhibitor* (*negative regulator*) pertumbuhan jaringan otot rangka. Peningkatan massa otot rangka akibat mutasi gen *MSTN* juga ditemukan pada sapi Belgian Blue dan Piedmontese (Buske et al. 2011), sapi Korea (Han et al. 2012) dan sapi Bali (Khasanah et al. 2016). Hal ini menunjukkan bahwa gen *MSTN* berperan penting dalam mengatur pertumbuhan ternak dan proses pembentukan massa otot rangka. Oleh karena itu, informasi tentang *pathway* gen *MSTN* juga penting untuk diketahui. *Pathway* gen *MSTN* dapat dilihat seperti pada Gambar 2.

Proses aktivasi myostatin (M) dimediasi oleh beberapa tahapan pembelahan proteolitik (*stepwise proteolytic cleavages*) dari protein prekursor. Pada pembelahan pertama, akan terjadi proteolisis yang mengakibatkan peptida sinyal (SP) hilang (Rodino-Klapac et al. 2009). Setelah peptida sinyal hilang, akan terjadi pembelahan yang kedua yang menghasilkan dua fragmen yaitu domain propeptida N-terminal (≈ 28 kD) dan domain C-terminal (12,5 kD) yang selanjutnya akan menjadi protein myostatin yang aktif. Fragmen-fragmen paralel dari domain C-terminal akan saling berikatan melalui ikatan disulfida, atau dikenal sebagai myostatin C-terminal dimer, yang mana akan tetap berikatan secara non-kovalen dengan propeptida dari N-terminal. Ikatan kompleks non-kovalen tersebut bersirkulasi di dalam darah dan mampu

mempertahankan myostatin C-terminal dimer dalam keadaan laten dan tidak aktif. Pembelahan ketiga yang terjadi pada asam amino 76 akan mempengaruhi kemampuan propeptida untuk mengikat domain aktif C-terminal.



Gambar 2. *Pathway* gen myostatin (*MSTN*) (Joulia et al. 2003)

Myostatin dapat ditemukan di dalam serum atau dalam keadaan tidak aktif ketika berikatan dengan *folliculin* (FS), *folliculin-related gene* (FLRG) dan *differentiation factor-associated serum protein-1* (GASP-1). Peptida-peptida ini menghalangi aktivasi jalur myostatin. Jika jalur aktivasi myostatin tidak dihambat, dimer myostatin aktif akan berikatan dengan *activin receptor type IIB* (ActRIIB), yang selanjutnya mampu mengaktifkan reseptor tipe I (ALK4 atau ALK5) melalui proses transfosforilasi (Joulia et al. 2003; Dominique & Gérard 2006). Selanjutnya, Smad2 dan Smad3 akan menjadi aktif dan membentuk agregat dengan Smad4. Agregat ini akan bertranslokasi ke nukleus dan mengaktifkan transkripsi gen target (Joulia et al. 2003; Zhu et al. 2004; Han & Mitch 2011).

Proses aktivasi myostatin dapat dihambat oleh 2 inhibitor yaitu Smad7 dan Smurf1. Smad7 mampu mencegah sinyal myostatin dengan cara mengikat domain MH2 ke dalam reseptor yang diaktifkan, sehingga menghambat rekrutmen dan aktivasi R-Smads. Smurf1 merupakan ligase ubiquitin E3 yang memediasi ubiquitinasi dan degradasi R-Smads. Ekspresi inhibitor Smads diinduksi oleh ekspresi myostatin. Ekspresi Smads ini selanjutnya mampu menyebabkan adanya mekanisme pengaturan umpan balik negatif (*negative regulatory feedback loop mechanism*) (Elkina et al. 2011).

POLMORFISME GEN MYOSTATIN DAN ASOSIASINYA TERHADAP SIFAT PERTUMBUHAN DAN KARKAS

Polimorfisme gen *MSTN* diketahui memiliki peran penting dalam proses hipertrofi, peningkatan massa otot dan pertumbuhan sel. Banyak penelitian telah melaporkan asosiasi positif antara polimorfisme gen *MSTN* dengan sifat pertumbuhan dan sifat karkas pada beberapa spesies ternak, termasuk sapi (Zhang et al. 2007, Fiems, 2012, Khasanah et al. 2016, Haruna et al. 2020), kambing (An et al. 2011; Batubara 2017), domba (Haren et al. 2020), ayam (Zhang et al. 2020) dan itik (Lu et al. 2011). Pada Tabel 1 ditampilkan polimorfisme gen *MSTN* pada beberapa bangsa sapi. Oleh karena itu, gen *MSTN* dan variasinya menjadi poin penting dalam program pemuliaan ternak, terutama untuk meningkatkan mutu genetik ternak untuk sifat pertumbuhan dan sifat karkas. Prevalensi mutasi gen *MSTN* pada hewan ternak mengindikasikan bahwa gen *MSTN* dapat digunakan sebagai marka genetik untuk sifat pertumbuhan dan sifat karkas. Sebagaimana diketahui, inaktivasi gen *MSTN* dapat menghasilkan individu dengan fenotip unggul, berupa adanya peningkatan masa otot rangka, atau dikenal sebagai “*double muscling*”. Polimorfisme gen *MSTN* juga dilaporkan pada sapi Bali, sapi Pasundan, sapi lokal di China, Korea dan Selandia Baru (Han et al. 2012; Khasanah et al. 2016; Nugroho et al. 2017; Anwar et al. 2020; Haruna et al. 2020).

Sebanyak 20 *single nucleotide polymorphisms* (SNPs) dideteksi pada daerah *promotor* gen *MSTN* dari 48 sapi Bali menggunakan metode sekuensing oleh Khasanah et al. (2016). Tujuh diantaranya berada pada posisi *CpG island*. Namun, hanya dua SNP (g.-7799T>C dan g.-7941C>T) yang berasosiasi signifikan dengan sifat persentase lemak intramuskular. Ternak dengan genotip TT pada lokus g.-7799T>C memiliki

persentase lemak intramuskular yang lebih tinggi dibandingkan ternak dengan genotip CT dan CC, sedangkan ternak dengan genotip CT pada lokus g.-7941C>T memiliki persentase lemak intramuskular yang lebih tinggi dibandingkan ternak dengan genotip CC dan TT. Asosiasi yang signifikan antara polimorfisme gen *MSTN* bagian promotor dengan indeks kualitas daging juga terdeteksi pada sapi Hanwoo (Han et al. 2012). Polimorfisme gen *MSTN* juga dideteksi pada jenis sapi lainnya, yaitu sapi Nanyang (Zhang et al. 2020). Variasi pada lokus *MSTN-DraI* sapi Nanyang disebabkan oleh adanya transversi basa T/A pada posisi -371 (relatif terhadap kodon awal ATG) yang berasosiasi nyata terhadap sifat tinggi gumba dan lingkaran dada. Keragaman SNP g.-371T>A gen *MSTN* berasosiasi dengan sifat karkas sapi Hanwoo dari Korea dan sifat pertumbuhan sapi Nanyang dan sapi Qinchuan dari Cina (Zhang et al. 2007, Han et al. 2012). Sapi Hanwoo yang bergenotipe AA memiliki indeks kualitas daging yang lebih tinggi dan memiliki warna lemak punggung yang lebih terang dibanding genotip TA dan TT (Han et al. 2012). Sebanyak 7 SNP (c.373+751G/T, c.373+803T/G, c.373+877A/G, c.373+895G/C, c.374-909C/T, c.374-842G/C, c.374-812A/G) telah dideteksi di populasi sapi persilangan New Zealand Holstein-Friesian x Jersey. Kombinasi dari SNP tersebut menghasilkan 4 tipe genotip, yaitu AA, AB, AC dan AD. Sapi bergenotip AD memiliki kadar asam lemak C10:0, C12:0 dan C12:1 yang lebih rendah dari pada sapi bergenotip AA (Haruna et al. 2020).

Mutasi gen *MSTN* yang terdeteksi pada beberapa populasi sapi, umumnya menghasilkan ternak-ternak dengan fenotip unggul dengan karakteristik pertumbuhan dan karkas yang baik. Efek positif dari mutasi gen *MSTN* terhadap sifat-sifat ekonomis tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan mutu genetik ternak.

Tabel 1. Polimorfisme gen *MSTN* dan pengaruhnya terhadap fenotip beberapa bangsa sapi

Bangsa sapi	Posisi nukleotida	Fenotip	Referensi
Sapi Nanyang	c.-371T>A	Tinggi gumba dan lingkaran dada	Zhang et al. (2007)
Sapi Qinchuan	c.-371T>A	Tinggi gumba dan lingkaran dada	Zhang et al. (2007)
Sapi Jiaxian	c.-371T>A	Tinggi gumba dan lingkaran dada	Zhang et al. (2007)
Sapi Bali	g.-7799T>C	Persentase lemak intramuskuler	Khasanah et al. (2016)
Sapi Bali	g.-7941C>T	Persentase lemak intramuskuler	Khasanah et al. (2016)
Sapi Korea	g.2371T>A	Indeks kualitas daging	Han et al. (2012)
Sapi Bali	Tidak disebutkan	Berat sapih dan tingi gumba	Nugroho et al. (2017)
Sapi persilangan New Zealand Holstein-Friesian x Jersey	c.373+751G/T, c.373+803T/G, c.373+877A/G, c.373+895G/C, c.374-909C/T, c.374-842G/C, c.374-812A/G	Komposisi asam lemak pada susu	Haruna et al. (2020)

PEMANFAATAN POLIMORFISME GEN MYOSTATIN PADA SAPI BALI

Berdasarkan Tabel 1, beberapa peneliti melaporkan asosiasi signifikan antara polimorfisme gen *MSTN* dengan sifat pertumbuhan dan karkas sapi lokal di beberapa negara, termasuk di Indonesia, yaitu sapi Bali. Ternak-ternak dengan genotip tertentu yang menunjukkan fenotip unggul dapat diseleksi untuk meningkatkan mutu genetik ternak pada populasi tersebut. Untuk tujuan seleksi dalam rangka memperoleh sapi lokal Indonesia yang unggul dalam produksi daging, maka sangat penting untuk memperoleh marka gen dari populasi sapi lokal Indonesia melalui analisis secara menyeluruh dari perpaduan antara data fenotip (pertumbuhan), data genotip (alel), serta semua data pendukung yang mungkin mempengaruhi pertumbuhan (jenis, jenis kelamin dan umur). Seleksi untuk meningkatkan mutu genetik ternak menggunakan pendekatan molekuler (SNP gen *MSTN*) dapat dilakukan apabila suatu populasi memenuhi kriteria sebagai berikut: 1) terdapat keragaman gen *MSTN*, 2) terdapat asosiasi yang signifikan antara keragaman atau polimorfisme gen *MSTN* dengan sifat pertumbuhan dan karkas, dan 3) ternak dengan genotip unggul memiliki pertumbuhan yang lebih bagus dibandingkan ternak dengan genotip lain. Dengan demikian, individu yang memiliki genotip unggul tersebut dapat diseleksi untuk meningkatkan mutu genetik ternak suatu populasi.

Berdasarkan data polimorfisme gen *MSTN* pada sapi Bali yang dilaporkan oleh Khasanah et al. (2016), berikut disajikan contoh estimasi perbedaan performa pertumbuhan (berat sapih) pada 3 tipe populasi: Monomorfik (persentase ternak dengan genotip unggul sebesar 0%), Polimorfik 1 (persentase ternak dengan genotip unggul sebesar 10%) dan Polimorfik 2 (persentase ternak dengan genotip unggul sebesar 40%) (Tabel 2). Misalnya, diketahui: suatu populasi terdiri dari 526.000 ekor sapi Bali (263.000 ekor sapi jantan; asumsi jumlah sapi jantan: 50% dari populasi), rata-rata bobot sapih (205 hari) ternak non genotip unggul sebesar 57,05 kg, rata-rata bobot sapih (205 hari) ternak bergenotip unggul sebesar 74,77 kg, rata-rata tinggi gumba ternak non genotip unggul sebesar 91,45 cm, dan rata-rata tinggi gumba ternak bergenotip unggul sebesar 95,75 cm.

Berdasarkan perbandingan performa pertumbuhan sapi potong pada 3 tipe populasi tersebut, nampak bahwa populasi yang memiliki sejumlah ternak dengan genotip unggul (Polimorfik 1 dan Polimorfik 2) memiliki total

performa pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan populasi tipe Monomorfik (tanpa individu bergenotip unggul). Hal ini menunjukkan bahwa variasi genotip antar individu berdasarkan gen *MSTN* menyebabkan terjadinya variasi pertumbuhan antar individu. Dengan demikian, variasi DNA pada gen *MSTN* dapat dijadikan kandidat yang potensial sebagai gen penanda (marka gen) sifat pertumbuhan sapi potong. Dalam rangka meningkatkan mutu genetik sapi Bali, maka dapat dibangun sistem pembiakan dengan menyertakan individu-individu dengan genotip unggul berdasarkan variasi gen *MSTN* yang dapat menghasilkan bobot badan lebih tinggi, sebagai berikut:

1. Menyediakan pejantan sapi Bali bergenotip unggul: dapat dilakukan oleh Balai Pembibitan Ternak Unggul (BPTU), Balai Penelitian atau peternak swasta guna memperoleh kualitas sesuai dengan mutu genetik diharapkan,
2. Melakukan pengambilan sel spermatozoa dari pejantan tersebut dan disimpan secara beku: dapat dilakukan oleh Balai Inseminasi Buatan (BIB) nasional maupun daerah dengan mengikuti persyaratan pengambilan sperma dari pejantan yang bebas penyakit menular tertentu.
3. Melakukan perkawinan secara inseminasi buatan antara pejantan bergenotip unggul dan individu sapi betina: kegiatan ini dilakukan dengan melibatkan petugas inseminator yang ada di berbagai daerah.
4. Memelihara, menggemukkan dan memanfaatkan turunan dari perkawinan tersebut: disinilah peran peternak rakyat maupun komersial, guna mengambil manfaat semaksimal mungkin dari keunggulan tersebut.
5. Melaksanakan evaluasi secara terstruktur (secara ekonomi dan budidaya) terhadap turunan dari perkawinan pejantan bergenotip unggul.

Langkah tersebut memerlukan kerjasama antar berbagai pihak, perlunya melakukan promosi dan sosialisasi kepada peternak agar berkeinginan untuk memanfaatkan pejantan sapi Bali bergenotip unggul.

KESIMPULAN

Makalah ini telah memberikan informasi tentang ekspresi, *pathway* dan polimorfisme gen *MSTN* pada sapi potong. Inaktivasi fungsi gen *myostatin* akibat mutasi menyebabkan peningkatan massa otot rangka, dikenal

Tabel 2. Estimasi perbedaan performa tiga tipe populasi sapi Bali berdasarkan polimorfisme gen *MSTN*

Item	Tipe Populasi		
	Monomorfik	Polimorfik 1	Polimorfik 2
Populasi (ekor)	526.000	526.000	526.000
Populasi sapi jantan (50% dari populasi, ekor)	263.000	263.000	263.000
Estimasi total bobot sapih jantan (ton)	15.004	15.471	16.868
Rata-rata tinggi gumba (cm)	91,45	91,88	93,17

Keterangan: Data performa sapi Bali diperoleh dari penelitian Khasanah et al. (2016)

sebagai “double muscling”. Asosiasi signifikan antara polimorfisme gen myostatin dengan sifat pertumbuhan dan karkas dilaporkan pada beberapa sapi lokal, termasuk sapi Bali. Penggunaan marka molekuler (SNP) gen MSTN dicontohkan pada populasi sapi Bali sebesar 526.000 ekor. Berdasarkan perbandingan performa pertumbuhan sapi potong pada 3 tipe populasi, nampak bahwa populasi Polimorfik 1 dan Polimorfik 2 memiliki total performa pertumbuhan lebih baik dibandingkan populasi Monomorfik (tanpa individu bergenotip unggul). Dengan demikian, variasi DNA pada gen MSTN dapat dijadikan kandidat yang potensial sebagai gen penanda (marka gen) sifat pertumbuhan dan karkas sapi potong. Hasil kajian molekuler dapat dijadikan petunjuk dalam strategi peningkatan mutu genetik sapi potong.

DAFTAR PUSTAKA

- An XP, Wang JG, Hou JX, Zhao HB, Bai L, Li G, Wang LX, Liu XQ, Xiao WP, Song YX, Cao BY. 2011. Polymorphism identification in the goat MSTN gene and association analysis with growth traits. *Czech J Anim Sci.* 56:529-535.
- Ahad WA, Andrabi M, Beigh SA, Bhat RA, Shah RA. 2017. Applications of myostatin (MSTN) gene in the livestock animals and humans: A Review. *Int J Curr Microbiol App Sci.* 6:1807-1811.
- Anwar S, Volkandari SD, Wulandari AS, Putra WPB, Sophian E, Said S. 2020. Detection of F94L mutation of the *MSTN* gene in four Indonesian local cattle breeds. *J Indones Trop Anim Agric.* 45:7-14.
- Batubara A. 2017. Ekspresi gen myostatin dan aplikasinya pada program pemuliaan kambing. *Wartazoa.* 27:89-94.
- Buske B, Gengler N, Soyeurt H. 2011. Short communication: influence of the muscle hypertrophy mutation of the myostatin gene on milk production traits and milk fatty acid composition in dual-purpose Belgian Blue dairy cattle. *J Dairy Sci.* 94:3687-3692.
- Dominique JE, Gérard C. 2006. Myostatin regulation of muscle development: Molecular basis, natural mutations, physiopathological aspects. *Exp Cell Res.* 12:2401-2414.
- Elkina Y, von Haehling S, Anker SD, Springer J. 2011. The role of *myostatin* in muscle wasting: an overview. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2:143-151.
- Fiems LO. 2012. Double muscling in cattle: genes, husbandary, carcasses and meat. *Animals (Basels).* 312:2401-2414.
- Grade CVC, Mantovani CS, Alvares LE. 2019. Myostatin gene promoter: structure, conservation and importance as a target for muscle modulation. *J Anim Sci Biotech.* 10:32.
- Grobet L, Martin LJ, Poncelet D, Pirottin D, Brouwers B, Riquet J, Schoeberlein A, Dunner S, Méniéssier F, Massabanda J, Fries R, Hanset R, Georges M. 1997. A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscling phenotype in cattle. *Nat Genet.* 17:71-74.
- Han HQ, Mitch WE. 2011. Targeting the myostatin signaling pathway to treat muscle wasting diseases. *Curr Opin Support Palliat Care.* 5:334-341.
- Han SH, Cho IC, Ko MS, Kim EY, Park SP, Lee SS, Oh HS. 2012. A promoter polymorphism of *MSTN* g.-371T>A and its associations with carcass traits in Korean cattle. *Mol Biol Rep.* 39:3767-3772.
- Haren HIH, Purwantini D, Sumaryadi MY, Prayitno. 2020. Short Communication: Polymorphism at third exon of the Myostatin gene and its association with growth and carcass traits in Batur sheep. *Biodiversitas.* 21:2074-2078.
- Haruna IL, Li Y, Ekegbu UJ, Amirpour-Najafabadi H, Zhou H, Hickford JGH. 2020. Associations between the bovine Myostatin gene and milk fatty acid composition in New Zealand Holstein-Friesian × Jersey-cross cows. *Animals.* 10:1447.
- Jeanplong F, Sharma M, Somers WG, Bass JJ. 2001. Genomic organization and neonatal expression of the bovine myostatin gene. *Mol Cell Biochem.* 220:31-37.
- Joulia D, Bernardi H, Garandel V, Rabenoelina F, Vernus B, Cabello G. 2003. Mechanisms involved in the inhibition of myoblast proliferation and differentiation by myostatin. *Exp Cell Res.* 286:263-275.
- Khasanah H, Gunawan A, Priyanto R, Ulum MF, Jakaria. 2016. Polymorphism of myostatin (*MSTN*) promoter gene and its association with growth and muscling traits in Bali cattle. *Media Peternakan.* 39:95-103.
- Lu J, Hou S, Huang W, Yu J, Wang W. 2011. Polymorphisms in the myostatin gene and their association with growth and carcass traits in duck. *Afr J Biotechnol.* 10:1309-1 1312.
- McPherron AC, Lawler AM, Lee SJ. 1997. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF- β superfamily member. *Nature.* 387:83-90.
- McPherron AC, Lee SJ. 1998. Double muscling in cattle due to mutation in the myostatin gene. *Proc Natl Acad Sci USA.* 94:12457-12461.
- Nugroho H, Busono W, Maylinda S. 2017. Polymorphisms of the Myostatin gene (*MSTN*) and its association with growth traits in Bali cattle. *Indian J Anim Res.* 51:817-820.
- Rodino-Klapac LR, Haidet AM, Kota J, Handy C, Kaspar BK, Mendell JR. 2009. Inhibition of myostatin with emphasis on follistatin as a therapy for muscle disease. *Muscle Nerve.* 39:283-296.
- Zhang RF, Chen H, Lei CZ, Zhang CL, Lan XY, Zhang YD, Zhang HJ, Bao B, Niu H, Wang XZ. 2007. Association between polymorphisms of *MSTN* and *MYF5* genes and growth traits in three Chinese cattle breeds. *Asian-Aust J Anim Sci.* 20:1798-1804.
- Zhang XX, Ran JS, Lian T, Li ZQ, Yang CW, Jiang XS, Du HR, Cui ZF, Liu YP. 2019. The single nucleotide polymorphisms of myostatin gene and their associations with growth and carcass traits in Daheng broiler. *Braz J Poult Sci.* 21:1-8.
- Zhu XY, Topouzis S, Liang LF, Stotish RL. 2004. Myostatin signaling through Smad2, Smad3 and Smad4 is regulated by the inhibitory Smad7 by a negative feedback mechanism. *Cytokine.* 26:262-272.

Pengangkutan Ternak: Proses, Kendala dan Pengaruhnya pada Ruminansia Kecil

(Transportation of Animal: Process, Challenge and the Effect on Small Ruminant)

Arie F Trisiana, A Destomo dan F Mahmilia

*Loka Penelitian Kambing Potong Sei Putih, Sungai Putih, Galang, Indonesia 20585
Korespondensi e-mail: a.febretrisiana@pertanian.go.id*

(Diterima 17 November 2020 – Direvisi 29 Januari 2021 – Disetujui 4 Februari 2021)

ABSTRACT

Livestock transportation is carried out to fulfill the need for consumption as well as for raising the livestock in other areas. The regulation of livestock transportation are not well implemented, and far from the ideal way of livestock transportation, such as the aspects of animal welfare. This paper aims to describe the transportation process, challenge and its effects on small ruminants. The process of transporting livestock is carried out by preparing the animal that are going to be transported, and the means of transportation used. Travel distance and road infrastructure conditions provide an affordable connection for the transportation of livestock. Long distances and poor infrastructure conditions can cause stress problems to livestock transportation. Livestock becomes stress and cortisol levels increased in the blood and physiological responses were affected due to transportation. The Goat Research Institute designed a cage in a truck to transport goats and logistical needs during the trip by land and sea routes and has been used in the distribution of goats. The journey took 1 to 16 days with average goat mortality rate was about 0.3%. Severe impacts during the trip can be overcome by transporting goats with attention to the transportation system and to ensure the welfare of animals during the trip.

Key words: Livestock transportation, distance, physiological response, mortality, animal welfare

ABSTRAK

Pengangkutan ternak sangat umum dilakukan baik untuk memasok ternak dengan tujuan sebagai ternak konsumsi maupun ternak peliharaan atau budidaya. Peraturan tata kelola pengangkutan ternak masih belum diterapkan secara baik, masih banyak dijumpai ternak diangkut dengan tanpa memperhatikan aspek kesejahteraan hewan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk menelaah proses pengangkutan, kendala yang dihadapi dan pengaruhnya pada ternak ruminansia kecil. Proses pengangkutan ternak dilakukan dengan melakukan proses persiapan yang mencakup persiapan ternak yang akan diangkut maupun alat transportasi yang digunakan. Jarak tempuh perjalanan dan kondisi infrastruktur jalan menjadi kendala yang dihadapi dalam pengangkutan ternak. Ternak dapat mengalami stres dan terjadi kenaikan kadar hormon kortisol di dalam darah ternak dan perubahan respon fisiologis akibat dari proses pengangkutan ternak. Loka Penelitian Kambing Potong merancang dan menggunakan desain kandang di dalam truk untuk membawa ternak kambing dan keperluan logistik selama perjalanan yang melewati rute jalan darat dan laut dan telah digunakan dalam pendistribusian ternak dengan. Perjalanan yang ditempuh 1 hingga 16 hari dengan tingkat kematian ternak 0,3%. Dampak buruk selama perjalanan dapat diatasi dengan mengangkut ternak dengan memperhatikan sistem pengangkutan dan dapat menjamin kesejahteraan hewan selama perjalanan.

Kata kunci: Pengangkutan ternak, lama perjalanan, respon fisiologis, tingkat kematian, kesejahteraan hewan

PENDAHULUAN

Pengangkutan ternak dari satu tempat ke tempat yang lain baik dengan jarak dekat maupun jarak yang jauh sangat umum dilakukan dengan berbagai tujuan. Pengangkutan ternak dilakukan untuk memasok ternak dengan tujuan sebagai ternak konsumsi dan ternak peliharaan atau budidaya. Pengangkutan ternak dalam jarak dekat dilakukan dengan menggunakan jalur darat dan jika pengangkutan dilakukan dalam jarak yang jauh dapat melibatkan tidak hanya satu jalur namun dapat melalui kombinasi jalur darat, laut maupun udara.

Kondisi pengangkutan ternak di Indonesia masih belum sepenuhnya mengikuti kaidah yang berkaitan dengan kesejahteraan ternak. Masih banyak ditemui ternak diangkut dengan menggunakan alat transportasi yang kurang mendukung kesejahteraan ternak dan tidak jarang ternak diangkut tanpa memperhitungkan kapasitas angkut yang sesuai dan tidak mempertimbangkan pengaruhnya pada ternak (Gopar et al. 2020).

Pengangkutan ternak berpengaruh pada kondisi ternak baik sebelum pengangkutan, selama di perjalanan maupun saat ternak akan dilepaskan

kembali. Secara umum, terdapat tiga hal utama yang mempengaruhi kondisi ternak yang diakibatkan proses pengangkutan yaitu tekanan fisiologis, tekanan termal dan tekanan kondisi fisik ternak (Fisher et al. 2009). Denyut nadi, frekuensi nafas dan suhu rektal ternak mengalami perubahan selama perjalanan sebagai upaya tubuh untuk menyesuaikan dengan lingkungan dan ternak membutuhkan waktu untuk kembali memulihkan kondisi fisiologisnya pada keadaan normal (Wilasari et al. 2019). Pengaruh buruk akibat pengangkutan ternak dapat terjadi akibat dari rasa tidak nyaman yang dirasakan ternak selama pengangkutan. Ternak mengalami berbagai tekanan selama dalam perjalanan diantaranya tekanan lingkungan seperti temperatur yang tidak sesuai, tekanan akibat pencampuran ternak yang tidak berasal dari satu kawanan, pembatasan makan dan minum selama perjalanan, rasa tidak nyaman akibat kondisi jalan dan teknik menyetir serta ancaman penyakit pernafasan akibat debu (Deiss et al. 2009).

Tekanan yang dialami ternak selama dalam pengangkutan dapat mengakibatkan berbagai hal seperti penyusutan bobot badan dan peningkatan kadar kortisol, hematokrit dan keratin dalam darah (Lendrawati et al. 2019). Namun beberapa penelitian menunjukkan pengaruh buruk yang dialami ternak selama pengangkutan dapat dicegah dengan mengikuti kriteria pengangkutan berdasarkan aturan kesejahteraan hewan (Fisher et al. 2010). Berbagai hal dapat dilakukan untuk membantu mengurangi rasa tidak nyaman yang dialami ternak diantaranya dengan peningkatan kualitas fasilitas yang digunakan selama pengangkutan, merancang alat angkutan yang sesuai dan memperbaiki metode penanganan ternak selama pengangkutan. Oleh sebab itu, saat ini perhatian yang lebih telah dilakukan terhadap proses pengangkutan ternak yang aman, manusiawi dan juga memperhatikan kesejahteraan ternak. Fokus kesejahteraan hewan bukan hanya menitik beratkan pada proses pengangkutan yang benar sesuai dengan kaidah kesejahteraan hewan saja namun juga harus berpengaruh positif terhadap sisi ekonomi dan efisiensinya (Schwartzkopf-Genswein et al. 2016). Pada tulisan ini, diuraikan berbagai hal yang berkaitan dengan proses transportasi ternak, kendala yang dihadapi serta pengaruhnya terhadap ternak agar dapat memenuhi kesejahteraan hewan.

PROSES PENGANGKUTAN TERNAK

Proses persiapan ternak

Pengangkutan ternak memerlukan persiapan dan penanganan yang tepat sebelum pengangkutan, selama di perjalanan dan saat proses bongkar muat. Proses

persiapan dilakukan untuk mengadaptasikan ternak-ternak yang akan diangkut agar dapat menyesuaikan diri dengan keadaan selama dalam pengangkutan seperti adanya pembatasan pada akses makan, minum dan istirahat. Pembatasan pakan juga dilakukan. Pemberian jenis pakan yang berbeda selama dalam perjalanan dengan pakan yang biasa dikonsumsi ternak akan menyebabkan ternak mengalami ketidaknyamanan. Maka perubahan pakan sebaiknya diberikan setidaknya 3-4 hari sebelum hari keberangkatan (OIE 2011). Berbagai perubahan kebiasaan tidak dapat dihindari selama ternak dalam pengangkutan salah satunya adalah perubahan tingkah laku. Ternak yang terbiasa dipelihara secara ekstensif tentu akan mengalami ketidaknyamanan saat ditempatkan dalam ruang pengangkutan yang tertutup. Untuk itu perlu dilakukan adaptasi untuk mengurangi stres yang dialami ternak selama dalam pengangkutan. Diketahui ternak yang dipelihara dengan sistem penggembalaan terlihat dapat lebih lama berdiri dan beristirahat serta lebih sedikit mengkonsumsi pakan dibandingkan ternak-ternak yang terbiasa dipelihara di dalam kandang (Cockram 2000).

Persiapan alat transportasi

Pengangkutan ternak melalui jalur laut

Pengangkutan ternak dengan rute melewati sungai, danau maupun lautan telah menjadi hal yang umum dilakukan untuk membawa ternak dengan tujuan pembibitan atau untuk memenuhi kebutuhan daging konsumsi (Norris 2005). Pengangkutan melalui jalur laut perlu memperhatikan kapal yang akan menjadi alat angkut. Kapasitas angkut kapal harus disesuaikan dengan ukuran, berat hewan dan jumlah ternak yang akan diangkut. Untuk menghindari cedera yang diakibatkan dari peralatan kapal maka harus dipastikan tidak terdapat bagian kapal yang menonjol, tajam ataupun licin. Selain itu perlu diberikan penerangan dan ventilasi udara yang baik serta memperhatikan tempat penyimpanan pakan agar terhindari dari bahaya kebakaran atau terkena air laut (OIE 2011).

Pengangkutan ternak melalui jalur udara

Pesawat terbang menjadi alat angkut ternak melalui jalur udara yang memiliki keuntungan waktu tempuh perjalanan yang lebih cepat. Akan tetapi perlu diperhatikan beberapa hal untuk memastikan keamanan dan keselamatan ternak. Ternak sebaiknya ditempatkan dalam kandang khusus yang dibuat dengan menyesuaikan ukuran standar pesawat yang akan digunakan. Setidaknya memberikan ruang 10 cm di atas hewan jika hewan berdiri tegak.

Bahan pembuat kandang sebaiknya dibuat dengan kekuatan yang memadai untuk mencegah ternak

melarikan diri dan harus diberikan ventilasi udara yang baik. Untuk menghindari kelebihan beban muatan maka pada saat penimbangan bobot badan ternak harus dilakukan dengan akurat. Selain itu untuk pembuatan kandang khusus pengangkutan jalur udara perlu memperhatikan kontur pesawat terutama pesawat berbadan sempit. Juga perlu diperhatikan jumlah ternak dalam satu kandang untuk mencegah cedera saat proses lepas landas, turbulensi atau saat pendaratan (OIE 2011).

Pengangkutan ternak melalui jalur darat

Pengangkutan ternak melalui jalur darat umumnya menggunakan truk pengangkut. Berbagai persiapan perlu dilakukan untuk memastikan proses pengangkutan berjalan lancar untuk menjamin kesejahteraan ternak dalam pengangkutan. Perencanaan rute yang baik menjadi hal yang sangat perlu diperhatikan sebab pemilihan rute yang kurang tepat akan menyebabkan munculnya keadaan yang tidak terduga sebelumnya.

Penentuan rute perjalanan merupakan proses yang kompleks karena melibatkan banyak pertimbangan terkait dengan cuaca, kondisi lalu lintas, waktu transportasi dan jarak tempuhnya (Simova 2016). Kondisi jalan juga harus dijadikan pertimbangan saat menentukan rute perjalanan. Jalan rusak dan menyebabkan guncangan akan memberikan pengaruh lebih besar terhadap tingkat stres pada ternak dibandingkan jika melewati rute dengan kondisi jalan yang baik (Miranda de Lama et al. 2011).

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah temperatur di dalam truk pengangkut. Kepadatan ternak dalam pengangkutan sangat berpengaruh terhadap temperatur di dalam kompartemen truk (De La Fuente 2010), namun laporan menunjukkan temperatur di luar lingkungan kompartemen akan sangat mempengaruhi temperatur di dalam kompartemen (Goldhawk et al. 2014). Ditemukan adanya perbedaan temperatur dan kelembaban lingkungan di bagian depan kompartemen dengan suhu dan kelembaban yang lebih tinggi bila dibandingkan daerah kompartemen bagian tengah hingga ke belakang. Hal ini terjadi akibat pengaruh mesin yang berada di bagian depan yang menambah tingkat panas dalam kompartemen (Standford et al. 2011).

Selain hal-hal tersebut, pengalaman pengemudi dalam mengemudi juga menjadi hal yang juga perlu diperhatikan mengingat pengemudi adalah orang yang bertanggung jawab atas lancarnya perjalanan truk saat di perjalanan. Pengemudi harus berhati-hati saat mulai menjalankan kendaraannya, menghentikan kendaraan, memutar kendaraan. Pengemudi yang berpengalaman dan baik dalam berkendara akan dapat meminimalkan resiko selama perjalanan (Gonzales et al. 2012).

Pengangkutan ternak dalam lingkup kesejahteraan hewan

Ketidaknyamanan yang dialami ternak tidak hanya dialami selama dalam perjalanan tetapi sejak awal pengumpulan ternak untuk diangkut dan saat bongkar muat telah sampai di tempat tujuan (FAWAC 2019). Kerugian yang dialami selama pengangkutan ternak sulit untuk dihilangkan sepenuhnya. Akan tetapi dengan perbaikan manajemen dalam pengangkutan dapat mengurangi tekanan stres yang dialami oleh ternak (Minka & Ayo 2009). Ternak yang diangkut dengan sistem pengangkutan yang baik menunjukkan adanya peningkatan nilai ekonomis ternak, efisiensi tenaga kerja, penurunan jumlah ternak yang sakit atau mati, meningkatkan efisiensi pertumbuhan ternak dan kualitas daging (Grandin 2014).

Menurut OIE (2011), secara umum ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk dapat mengurangi ketidak nyamanan ternak selama dalam perjalanan. Membuat perencanaan yang baik sebelum melakukan perjalanan terkait persiapan hewan yang akan diangkut, jenis angkutan yang dibutuhkan, rute dan waktu yang akan ditempuh, perawatan harian ternak selama di perjalanan, berapa personel yang dibutuhkan, penyediaan peralatan dan obat-obatan, prosedur tanggap darurat. Pemilik hewan, agen pembelian, importir, eksportir, perusahaan pelayaran harus memahami dan bersama-sama bertanggung jawab atas kesehatan dan kesejahteraan ternak selama dalam perjalanan. Selama dalam perjalanan tetap perlu dilakukan pengawasan ternak dan dalam proses bongkar muat harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan memperhatikan keselamatan ternak.

PERMASALAHAN DALAM TRANSPORTASI TERNAK

Jarak tempuh

Jarak tempuh perjalanan dalam pengangkutan ternak menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan untuk menjaga kondisi ternak selama dalam perjalanan. Selama dalam perjalanan ternak akan mengalami banyak tekanan yang membuat ternak merasa tidak nyaman. Perubahan kecil pada temperatur dan kelembaban dapat memicu stres pada ternak (Villarreal et al. 2011). Semakin jauh jarak tempuh perjalanan maka akan semakin lama ternak berada dalam alat angkut dan berada dalam kondisi yang tidak nyaman sehingga memicu respons perilaku, fisiologis, dan termofisiologis yang menunjukkan adanya tekanan yang signifikan (Pascual-Alonso et al. 2016).

Respon stres ternak selama dalam perjalanan dapat diketahui dari perubahan kadar kortisol, glukosa

dan keratin dalam darah. Jarak tempuh selama 2-3 jam mempengaruhi terjadinya perubahan kadar kortisol di dalam darah dari 7,9 ng/ml sebelum perjalanan menjadi 8,3 ng/ml setelah perjalanan. Begitu pula perjalanan 8 dan 12 jam terlihat adanya kenaikan kadar kortisol di dalam darah (Tabel 2). Kadar keratin dalam darah pada ternak yang menempuh perjalanan selama 2-3 jam tidak mengalami kenaikan begitu pula kadar glukosa dalam darah. Hasil ini berbeda yang dilaporkan oleh Zulkifli et al. (2010) menunjukkan ternak yang diangkut dengan durasi waktu perjalanan 3 jam mengalami kenaikan kadar kortisol dan glukosa darah, sedangkan keratin tidak dipengaruhi lama perjalanan.

Kadar keratin dalam darah ternak yang menempuh perjalanan selama 8 jam mengalami kenaikan namun dengan perjalanan 12 jam tidak terjadi kenaikan. Fisher et al. (2009) melaporkan ternak-ternak yang diangkut dengan durasi waktu perjalanan 12, 30 dan 48 jam justru tidak menunjukkan kenaikan kortisol dan keratin dalam plasma darah. Perbedaan hasil berbagai kajian ini kemungkinan terjadi akibat adanya perbedaan penanganan pada ternak baik saat proses persiapan pengangkutan, selama dalam perjalanan maupun setelah perjalanan. Sebab stres pada ternak sebenarnya dialami ternak pada awal dan akhir pengangkutan yaitu proses menggiring dan bongkar muat (Zimerman et al. 2011). Sejalan dengan penelitian ini terlihat level kortisol mengalami kenaikan sebelum pengangkutan ternak (*preloading*) dan terus mengalami kenaikan pada saat keberangkatan ternak. Namun kemudian mengalami penurunan pada setengah jam perjalanan dan terus stabil hingga akhir perjalanan (Al-Badwi et al. 2012).

Kondisi infrastruktur jalan

Kondisi infrastruktur jalan akan sangat mempengaruhi durasi perjalanan. Secara umum, infrastruktur jalan di Indonesia belum dapat dikategorikan baik. Masih banyak dijumpai kondisi jalan yang buruk, jalan beraspal tetapi berlubang atau jalan tanah tanpa aspal. Belum banyak kajian penelitian yang mengamati pengaruh kondisi kualitas jalan pada ternak selama perjalanan. Kondisi jalan yang buruk menyebabkan getaran dan hentakan selama perjalanan. Getaran dan hentakan selama pengangkutan memiliki pengaruh dan menimbulkan rasa tidak nyaman dan menyebabkan ternak kesulitan menjaga keseimbangan dan pada akhirnya berpengaruh terhadap parameter stres fisiologis dan hematologis (Miranda de-Lama et al. 2011).

Jalan yang buruk juga menyebabkan pengemudi kesulitan mengendalikan kendaraannya dan menimbulkan getaran, pengaruhnya adalah merubah

tingah laku ternak menjadi gelisah, tertekan, ketakutan dan selalu dalam kewaspadaan yang menandakan ternak mengalami stres selama dalam pengangkutan (Stockman et al. 2013). Hasil penelitian menunjukkan perjalanan pengangkutan ternak selama 20 jam dengan kondisi jalan tanpa aspal dapat menyebabkan kenaikan kadar kortisol dalam darah ternak dari 8,7 ng/ml menjadi 12,9 ng/ml. Begitu pula pada kadar glukosa dan keratin dalam darah ternak mengalami kenaikan yang signifikan masing-masing 89,7 mg/ml menjadi 123,7 mg/ml dan 441 UI/l menjadi 882 UI/l (Miranda de-Lama et al. 2011). Kenaikan kadar kortisol, glukosa dan keratin dalam darah mengindikasikan ternak mengalami stres selama perjalanan yang dilakukan melalui akses jalan yang tidak baik. Besarnya pengaruh kondisi jalan pada kondisi ternak selama dalam perjalanan sangat tergantung pada besarnya getaran dan hentakan yang terjadi dan juga kondisi ternak yang diangkut (Smets et al. 2010).

PENGARUH TRANSPORTASI TERHADAP TAMPILAN TERNAK

Respon fisiologis

Respon fisiologis ternak terhadap proses pengangkutan ternak dapat diamati dengan melakukan pengukuran pada suhu tubuh ternak, laju respirasi dan denyut jantung. Tabel 1 menunjukkan beberapa hasil pengukuran respon fisiologis ternak domba dan kambing selama pengangkutan. Pengukuran denyut jantung pada domba yang diangkut dengan lama perjalanan 8 dan 16 jam menunjukkan suhu tubuh yang relatif masih dalam kategori normal, namun denyut jantung domba yang diangkut dengan lama perjalanan 16 jam mengalami kenaikan hingga melebihi batas denyut jantung domba dalam kondisi normal. Laju respirasi domba mengalami kenaikan melebihi batas normal baik dengan pengangkutan ternak selama 8 jam maupun 16 jam perjalanan. Begitu pula pada ternak kambing, suhu tubuh dan denyut jantung tidak menunjukkan perubahan, perubahan hanya terlihat pada laju respirasi.

Kenaikan frekuensi nafas adalah salah satu usaha ternak untuk mengurangi panas tubuhnya agar tetap dalam kondisi normal. Selain itu status fisiologis ternak juga berpengaruh pada frekuensi nafas. Ternak muda cenderung lebih cepat menyesuaikan kondisinya pada lingkungannya (Nelvita et al. 2018). Jika ternak diangkut dalam ruang pengangkutan dengan menjaga kondisi temperatur udara yang baik dan nyaman bagi ternak maka ternak tidak akan mengalami kenaikan pada suhu rektal (Lendrawati et al. 2019).

Tabel 1. Kadar kortisol, keratin dan glukosa darah dengan waktu perjalanan yang berbeda

Parameter	Lama perjalanan (jam)					
	2-3		8		12	
	Sebelum pengangkutan	Sesudah pengangkutan	Sebelum pengangkutan	Sesudah pengangkutan	Sebelum pengangkutan	Sesudah pengangkutan
Kortisol (ng/ml)	7,9 ⁽¹⁾	8,3 ⁽²⁾	11,2 ⁽⁴⁾	35,3 ⁽⁴⁾	6,7 ⁽⁴⁾	26,5 ⁽⁴⁾
Kreatin (U/I)	197,4 ⁽³⁾	144,3 ⁽³⁾	208,3 ⁽⁴⁾	267,0 ⁽⁴⁾	189,0 ⁽⁴⁾	185,3 ⁽⁴⁾
Glukosa (mg/dl)	64,4 ⁽³⁾	46,49 ⁽³⁾	57,7 ⁽⁴⁾	43,6 ⁽⁴⁾	69,5 ⁽²⁾	61,4 ⁽²⁾

¹⁾Adronie et al. 2011; ²⁾Sarmin et al. 2019; ³⁾Teke 2014; ⁴⁾Lendrawati et al. 2020

Tabel 2. Respon fisiologis dan penyusutan bobot badan ternak kambing dan domba selama dalam perjalanan

Rumpun	Suhu di perjalanan (°C)	Lama perjalanan (jam)	Pengaruh bagi ternak				Pustaka
			Denyut jantung (kali/mnt)	Laju respirasi (kali/mnt)	Suhu tubuh (°C)	Penyusutan bobot badan (%)	
Domba ekor tipis	25,2	8	-	-	-	5,94	Lendrawati et al. 2020
Domba Akkaraman	19,5	3	-	-	-	1,5	Sariozka et al. 2009
Domba Akkaraman	19,5	19	-	-	-	3,0	Sariozka et al. 2009
Domba ekor gemuk	39,4	16	69,0	73,2	39,8	4,73	Gopar et al. 2020
Domba Lokal	30,3	8	85-129,4	41-84	39,1-39,7	4,7 (posisi berbaring) 6,0 (Posisi berdiri)	Lendrawati et al. 2019
Kambing PE	39,4	16	122,9	91,3	40,2	7,0	Gopar et al. 2020
Kambing Kejobong		3	98,0	37,0	39,0	-	Wilasari et al. 2019
Kambing Boer	30-32	3	-	-	39,7	-	Zulkifli et al. 2010

Perubahan kondisi fisiologis selama pengangkutan merupakan respon ternak terhadap kondisi lingkungan. Perubahan suhu lingkungan akan merangsang *Thermoreceptor* pada hipotalamus, sebagai respon hipotalamus akan melepaskan hormon kortisol yang akan melebarkan pembuluh darah guna mempercepat aliran darah ke seluruh tubuh guna melepaskan panas (Ramadhan et al. 2017).

Penyusutan bobot badan

Kegiatan pengangkutan ternak dengan jarak dekat maupun jarak yang jauh tentu akan memberikan pengaruh pada ternak. Selama dalam perjalanan ternak akan mendapat pembatasan pada akses makan dan minum sehingga berpengaruh terhadap bobot badan

ternak. Tabel 2 menunjukkan beberapa catatan penyusutan bobot badan domba dan kambing sebagai akibat dari proses pengangkutan ternak. Dengan pengangkutan dalam waktu yang cepat (3 jam) maupun waktu yang lama (19 jam) keduanya memberikan pengaruh terjadinya penyusutan bobot badan ternak berkisar antara 1,5 – 7%. Perbedaan posisi ternak selama pengangkutan ternyata memberikan pengaruh pada penyusutan bobot badan ternak dimana ternak yang diangkut dalam posisi berdiri mengalami penyusutan bobot badan lebih besar dibandingkan dengan ternak yang diangkut dalam posisi berbaring (Lendrawati et al. 2019).

Pengangkutan domba Ujumqin selama 8 jam menggunakan truk mengakibatkan penurunan bobot badan ternak rata-rata sebesar 7%. Lebih lanjut dilaporkan hasil pengujian yang dilakukan dengan

membandingkan umur ternak yang diangkut terlihat bahwa penyusutan bobot badan lebih tinggi terjadi pada ternak-ternak dengan umur yang lebih tua yaitu 9%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kekosongan saluran pencernaan yang terjadi akibat kekurangan makan dan minum selama perjalanan. Ternak lebih tua mengalami kekurangan yang lebih tinggi karena volume saluran pencernaannya lebih besar dibandingkan ternak yang lebih kecil (Zhong et al. 2011). Laporan lain menunjukkan persentase penyusutan bobot badan domba ekor tipis lebih kecil meskipun perjalanan dilakukan selama 8 jam dengan menggunakan mobil *pick up* yaitu hanya 3,4%. Perbedaan ini kemungkinan terjadi karena ternak diangkut dengan kondisi pengangkutan yang baik sehingga tingkat stress menjadi lebih rendah dan tergambar dari temperatur yang masih berada pada zona nyaman untuk ternak dan *space allowance* yang cukup luas (Lendrawati et al. 2019).

Pada penelitian Gibran et al. (2015) dan Ramadhan et al. (2017) pengangkutan kambing Kacang mengalami penyusutan rata-rata bobot badan 4,99% selama pengangkutan 7 jam. Waktu pemulihan dibutuhkan setidaknya 10-11 hari agar bobot badan kambing dapat kembali seperti sebelum perjalanan. Stres transportasi akan mempengaruhi fungsi kerja rumen dan akan mempengaruhi konsumsi pakan pasca transportasi.

Kepadatan ternak dalam pengangkutan

Kepadatan jumlah ternak selama pengangkutan menjadi salah satu hal yang sangat penting diperhatikan. Perbandingan jumlah ternak yang diangkut dengan luasan ruang untuk penempatan ternak di dalam alat transportasi akan mempengaruhi kondisi ternak selama dalam perjalanan. Jumlah ternak yang diangkut dengan ruang yang tersedia dalam alat angkut akan memungkinkan ternak tetap dapat menempatkan dirinya dalam posisi yang normal berbaring atau berdiri. Tingkat penyebaran (*space allowance*) untuk pengangkutan ruminansia kecil tertera pada Tabel 3. Ruang penyebaran ternak disesuaikan dengan berat badan, kondisi fisik dan fisiologis ternak.

Sebuah kajian dilakukan untuk menguji keseimbangan domba saat dalam pengangkutan. Domba dengan berat badan 67 kg yang diangkut selama 6 jam perjalanan dengan luas ruang 0,3 m²/ternak dibandingkan dengan luas ruang 0,69m²/ternak akan menyebabkan ternak mudah terjatuh secara bersamaan yaitu sebanyak 12,1 kali/jam dibandingkan 2,2 kali/jam. Ini sangat tidak menguntungkan karena domba-domba yang terjatuh akan saling menginjak satu sama lain dan berbahaya untuk keselamatan ternak. Dengan kepadatan ternak yang tinggi juga akan

mengurangi kesempatan ternak untuk dapat berbaring (Dawkins 2010).

Ternak yang diangkut dalam kepadatan yang tinggi menyebabkan ternak mengalami tekanan dan rasa tidak nyaman akibat kurangnya ruang gerak bagi ternak untuk memperoleh posisi yang normal. Stres yang dialami oleh ternak mengakibatkan peningkatan konsentrasi kortisol dalam plasma darah karena adanya stimulasi pada aksis hipotalamus hipofisis-adrenal (Adenkola & Ayo 2010). Begitu pula keratin yang merupakan hasil perombakan keratin fosfat dalam darah juga menunjukkan aktivitas tubuh ternak untuk menghasilkan energi (Fisher et al. 2010). Selain itu juga akan terjadi peningkatan permintaan energi di dalam tubuh ternak saat dalam perjalanan yang ditandai dengan adanya perubahan konsentrasi sel darah merah. Hal ini mengindikasikan bahwa tubuh memerlukan asupan oksigen dalam kapasitas yang lebih tinggi akibat stres yang dialami selama pengangkutan (Chai et al. 2010). Kondisi ideal pengangkutan ternak dilakukan dengan menempatkan ternak dalam luas ruang yang masih memungkinkan ternak untuk dapat mempertahankan keseimbangannya menyesuaikan dengan pergerakan kendaraan dan ini dapat terjadi jika ternak diangkut dengan luas ruang yang luas untuk ternak (Dawkins 2010).

MODEL TRANSPORTASI TERNAK RUMINANSIA KECIL IDEAL

Pengangkutan ternak kambing dan domba di Indonesia

Ternak kambing dan domba adalah ternak yang banyak dipelihara dan diperdagangkan masyarakat Indonesia. Sebagian besar pengangkutan ternak kambing dan domba masih dilakukan dengan tanpa memperhatikan aspek kesejahteraan hewan. Sering kali kambing dan domba diangkut menggunakan sepeda motor ditempatkan dalam keranjang diangkut tanpa memperhatikan kepadatan maksimum dan jarak tempuh perjalanan. Salah satu cara pengangkutan ternak kambing dan domba dari satu wilayah ke wilayah lain adalah menggunakan mobil bak terbuka (*pick up*) dengan ukuran luas bak rata-rata 2200 x 1480 mm dan jenis bak bertingkat ataupun tidak bergantung pada keperluan dan jumlah ternak yang akan diangkut. Jumlah ternak yang diangkut sangat bervariasi mulai dari 6 hingga 34 ekor (Mutmainah et al. 2016).

Pemerintah telah mengatur tentang tata cara pengangkutan ternak domba dan kambing dalam Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia nomor 114/Permentan/PD.410/9/2014. Dan khusus untuk kendaraan pengangkut kambing atau domba, alat angkut boleh dirancang maksimal 2 (dua) tingkat

Tabel 3. Tingkat penyebaran (*space allowance*) pada pengangkutan ternak ruminansia kecil

Kambing		Domba	
Berat Badan(Kg)	Luas (m ² /ekor)	Berat Badan (Kg)	Luas (m ² /ekor)
< 35	0,20-0,30	Dicukur	
35-55	0,30-0,40	<55	0,20-0,30
>55	0,40-0,75	>55	>0,30
Bunting		Tidak dicukur	
<55	0,40-0,50	<55	0,30-0,40
>55	>0,50	>55	0,40
		Bunting	
		<55	0,40-0,50
		>55	>0,50

Sumber: FAWAC (2007)

dengan ketinggian yang cukup untuk memungkinkan hewan dapat berdiri dengan normal. Namun masih dijumpai dimayarakat ternak domba diangkut dalam kendaraan yang didesain tidak sesuai dengan menempatkan ternak dalam kendaraan 3 tingkat. Hal ini dilakukan untuk menekan biaya transportasi (Gopar et al. 2020). Kenyamanan dan keselamatan ternak selama dalam pengangkutan masih belum menjadi prioritas yang diperhatikan peternak. Selain itu posisi penempatan ternak selama dalam perjalanan juga masih belum sepenuhnya didasarkan pada peraturan yang seharusnya. Prinsip pengangkutan masih didasarkan pada banyaknya jumlah ternak yang diangkut dalam satu kali pengangkutan (Lendrawati et al. 2019).

Pengangkutan ternak kambing di Loka Penelitian Kambing Potong

Kambing unggul Boerka merupakan hasil persilangan dari Loka Penelitian Kambing Potong sangat diminati masyarakat luas dan penyebarannya telah dilakukan ke berbagai wilayah di Indonesia. Ternak yang disebar ke masyarakat ditujukan untuk budidaya sehingga proses pengangkutan ternak harus dilakukan dengan benar untuk memastikan ternak sampai di tujuan dengan kondisi yang baik, sehat dan tanpa cedera. Ternak kambing diangkut menggunakan truk yang telah didesain agar dapat memberikan kenyamanan pada ternak selama dalam pengangkutan (Gambar 1). Kompartemen di dalam truk pengangkutan dibuat dengan kondisi yang nyaman untuk ternak dan dapat memuat semua logistik selama dalam perjalanan. Dengan luas tiap kandang di bagian bawah 200 cm x 100 cm x 90 cm, daya tampung ternak sebanyak 6-7 ekor dengan bobot badan <30kg, sedangkan kandang yang di bagian atas 250 cm x 100 cm x 150 cm dapat menampung ternak sebanyak 8-9 ekor dengan bobot badan <30kg ekor. Dengan luas tiap kandang 2 m², dan diisi dengan 6-7 ekor ternak kambing maka luasan untuk tiap ekor kambing adalah 0,3 m², begitu pula

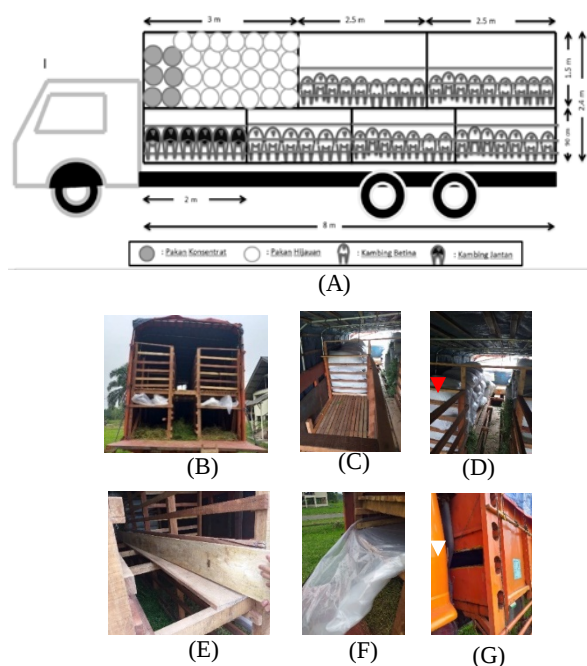
pada tiap kotak di bagian atas dan kondisi ini telah sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh FAWAC (2007). Tinggi kotak kandang atas dan bawah berbeda, dengan kotak kandang dibagian atas lebih tinggi dimaksudkan untuk mencegah ternak dapat melompat keluar kandang terutama untuk ternak jantan.

Kompartemen truk didesain dengan ventilasi yang cukup agar ternak merasa nyaman terutama ternak yang berada pada kotak kandang yang berada di posisi bagian bawah. Logistik seperti pakan konsentrat dan hijauan ditempatkan pada posisi bagian depan atas. Kotak kandang bagian bawah diberi alas rumput agar ternak merasa nyaman dan mengurangi panas yang berasal dari lantai bak truk. Antara kotak bagian atas dan bawah diberi alas plastik untuk menampung feses dan urin dari ternak yang berada pada kotak kandang bagian atas.

Menggunakan desain kandang seperti ini, ternak kambing dari Loka Penelitian Kambing Potong didistribusikan ke berbagai wilayah Indonesia (Tabel 4). Dengan waktu tempuh perjalanan paling pendek adalah perjalanan ke Nagroe Aceh Darussalam dengan waktu tempuh perjalanan 24 jam. Sedang perjalanan yang ditempuh dengan durasi waktu lebih panjang adalah perjalanan dengan tujuan di luar Pulau Sumatera dengan waktu perjalanan 3-16 hari.

Berbagai hal perlu dipersiapkan sebelum pengangkutan ternak dilakukan untuk mengurangi risiko buruk yang dapat terjadi selama dalam perjalanan. Hal pertama adalah merencanakan rute perjalanan yang akan dilalui. Rute perjalanan yang dipilih adalah rute dengan waktu paling singkat, aman dan dengan risiko kendala paling sedikit. Penentuan rute terbaik berkaitan dengan pengalaman pengemudi truk yang akan membawa ternak. Selain dapat mengemudi dengan baik, pengemudi yang telah berpengalaman telah memiliki pengetahuan rute-rute jalan terbaik. Kedua adalah mempersiapkan logistik seperti pakan konsentrat, hijauan, obat-obatan yang dibutuhkan selama dalam perjalanan. Banyaknya

konsentrat dan hijauan yang disiapkan disesuaikan dengan perkiraan waktu tempuh perjalanan. Jenis hijauan yang disiapkan sebaiknya adalah jenis hijauan yang kadar air rendah seperti *Brachiaria humidicola*.



Gambar 1. Sketsa layout kandang di dalam truk (A), desain kandang dengan dua tingkat (B), kandang ternak di dalam truk (C), penempatan pakan ternak selama dalam perjalanan dengan bagian depan diberi ventilasi dan terdapat area terbuka di bagian lantai agar udara dapat memasuki kandang di bagian bawah (D) lantai lorong kandang bagian atas dapat dibuka untuk memudahkan saat memberi pakan dan membersihkan kotoran (E), alas penampung urin dan feses (F), ventilasi dibuat dibagian depan bak truk (G)

Ketiga adalah mempersiapkan ternak yang akan diangkut. Ternak yang akan dibawa haruslah ternak yang sehat karena selama perjalanan akan ada keterbatasan ternak untuk makan dan minum, lingkungan yang kurang nyaman dan sulitnya ternak

untuk beristirahat yang hanya dapat diatasi oleh ternak-ternak yang kondisi fisiknya baik dan sehat. Oleh sebab itu, ternak yang sedang sakit tidak diperbolehkan untuk dibawa dalam perjalanan (Nielsen et al. 2010). Mengantisipasi ternak sakit selama dalam perjalanan dan menguatkan daya tahan tubuh ternak dengan penyuntikan Biodin terhadap ternak dilakukan sehari sebelum ternak diangkut. Kemudian tempatkan ternak berdasarkan berat badan, jenis kelamin dan status fisiologisnya. Ternak jantan sebaiknya ditempatkan di bagian bawah untuk meminimalkan ruang gerak sehingga tidak terjadi perkelahian antar ternak.

Selama dalam perjalanan, kontrol ternak perlu dilakukan setiap 5-6 jam sekali meliputi kontrol kesehatan dan keselamatan ternak. Pemberian pakan diberikan setiap pagi dan sore hari dengan jadwal yang sama dengan pemberian pakan konsentrat dan hijauan diberikan 70% dari total pemberian pakan kesehariannya dan pengurangan volume pemberian pakan sudah diadaptasikan terlebih dahulu pada ternak sebelum keberangkatan. Pemberian air minum hanya diberikan sekali dalam satu hari yakni pada pagi hari.

Persiapan yang matang dan pelaksanaan prosedur yang sesuai selama di perjalanan berdampak pada keselamatan dan kesehatan ternak yang diangkut dalam perjalanan. Pengangkutan ternak Loka Penelitian Kambing Potong menunjukkan tingkat mortalitas yang cukup rendah. Dengan total jumlah ternak yang diangkut sebanyak 584 ekor, tingkat kematian ternak selama di perjalanan adalah 2 ekor (0,3%). Mengacu pada penelitian Padalino et al. (2018) dengan total pengangkutan ternak sebanyak 60.564 ekor ternak kambing dan domba, jumlah kematian ternak yang terjadi sebanyak 23 ekor atau 0,03%. Namun hasil yang berbeda dipaparkan oleh Zhang & Philips (2018) tingkat kematian ternak akibat transportasi mencapai 0,58% - 0,95%. Tingkat kematian selama ternak dalam perjalanan menunjukkan hasil yang berbeda-beda kemungkinan akibat adanya perbedaan tata laksana dan penanganan ternak baik sebelum pengangkutan, selama dalam perjalanan maupun saat ternak sampai di tempat tujuan.

Tabel 4. Pengiriman ternak dari Loka Penelitian Kambing Potong ke berbagai wilayah di Indonesia

Wilayah tujuan	Lama perjalanan (hari)	Jumlah ternak diangkut (ekor)	Mortalitas (%)
Jawa Timur	4	50	0
Nusa Tenggara Barat	9	54	0
Bali	5	100	0
Sulawesi Tenggara	16	100	2
Bogor	3	40	0
Lampung	2	40	0
Aceh	1	100	0
Bangka Belitung	3	100	0
Total	43	584	0,3

Pengalaman Loka Penelitian Kambing Potong, dalam pengiriman kambing terjauh adalah ke Provinsi Sulawesi Tenggara dengan waktu dibutuhkan sekitar 16 hari dan tingkat kematian sekitar 2%. Pengalaman ini patut menjadi bahan pembelajaran, mengingat di masa mendatang, pengangkutan ternak kambing banyak dilakukan dari sentra produksi menuju area konsumsi. Sentra produksi dapat saja berubah sesuai kemampuan daerah dalam meningkatkan populasi serta tawaran harga yang menjanjikan bagi sentra konsumen. Pemberian pakan tambahan untuk meningkatkan stamina ternak dapat pula dipertimbangkan.

PEMANFAATAN DESAIN KANDANG LOKA PENELITIAN KAMBING POTONG UNTUK PENGANGKUTAN TERNAK

Penggunaan desain kandang di dalam truk pengangkut yang telah dirancang dan digunakan oleh Loka Penelitian Kambing Potong dapat menjadi alternatif pilihan yang dapat digunakan dalam pengangkutan ternak kambing. Pemanfaatan desain kandang seperti ini sudah terbukti dapat menekan tingkat mortalitas ternak kambing. Hal ini berarti tingkat stres ternak dapat ditekan dan kesejahteraan ternak diperhatikan. Desain kandang untuk ternak ruminansia kecil dapat dikembangkan untuk digunakan secara luas karena pengangkutan ternak dari satu wilayah menuju wilayah lainnya di Indonesia tidak hanya melalui jalur darat namun juga terkadang harus melalui jalur laut dengan waktu perjalanan yang lama. Selain itu, fasilitas infrastruktur (akses jalan yang kurang baik) belum sepenuhnya dapat mendukung proses pengangkutan ternak yang ideal. Kesulitan mencari rute perjalanan kapal yang memungkinkan membawa hewan ternak dengan jadwal penyeberangan yang sangat terbatas adalah penyebab durasi perjalanan pengangkutan ternak menjadi panjang. Kondisi ini tentunya menjadikan perjalanan pengangkutan ternak menjadi sangat tidak efisien. Durasi perjalanan yang panjang akan menurunkan kondisi kesehatan ternak akibat temperatur yang tidak sesuai dan pembatasan makan dan minum pada ternak (Nielsen et al. 2010). Berbagai upaya perbaikan perlu dilakukan untuk meminimalkan risiko yang dialami ternak selama pengangkutan diantaranya perbaikan infrastruktur. Upaya lain yang perlu dilakukan adalah memastikan kondisi ternak selalu dalam keadaan baik dengan mengurangi stres selama dalam perjalanan.

KESIMPULAN

Proses pengangkutan ternak memberikan dampak pada denyut jantung, laju respirasi, suhu tubuh dan penurunan bobot badan ternak. Selama proses

pengangkutan ternak terjadi kenaikan kadar kortisol dalam darah ternak yang menggambarkan stres yang dialami oleh ternak. Dampak buruk selama perjalanan dapat diatasi dengan pengangkutan ternak menggunakan sistem pengangkutan dengan desain kandang yang sesuai. Hal yang perlu dilakukan adalah pemilihan ternak dengan kondisi tubuh optimal, memastikan ketersediaan pakan dan air yang memadai selama perjalanan, berusaha menyediakan ruang yang nyaman untuk ternak serta waktu istirahat yang cukup agar dapat menjamin kesejahteraan hewan selama perjalanan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Ismailta Sembiring dan Dwiki Hidayat atas kontribusinya dalam penyelesaian tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adenkola AY, Ayo JO. 2010. Physiological and behavioural responses of livestock to road transportation stress: A review. *Afr J Biotech*. 9:4845-4856.
- Andronie I, Ciurea A, Andronie V, Curcă D. 2011. Effects of transport on live weight and behavior of lambs. *Anim Sci Biotech*. 44:367-369.
- Al-badwi MA, Mohamed HE, Alhaidary A, Al-Hassan MJ. 2012. Plasma and salivary cortisol levels in transportationstressed Aardi goats. *J Anim Plant Sci*. 13:1731-1735.
- Chai J, Xiong Q, Zhang CX, Miao W, Li FE, Zheng R, Pen J, Jiang SW. 2010. Effect of pre-slaughter transport plant on blood constituents and meat quality in halothane genotype of NN Large White×Landrace pigs. *Livest Sci*. 127:211-217.
- Cockram MS, Kent JE, Goddard PJ, Waran NK, Jackson RE, McGilp IM, Southall EL, Armory JR, McConnell TI, O’Riordan T, Wilkins BS 2000. Behavioural and physiological responses of sheep to 16h transport and a novel environment post-transport. *Vet J*. 159: 139–146.
- Dawkins M. 2010. Sheep lose balance, slip and fall less when loosely packed in transit where they stand close to but not touching their neighbours. *Appl Anim Behav Sci*. 123:16-23
- Deiss V, Temple D, Ligout S, Racine C, Bouix J, Terlouw C, Boissy A. 2009. Can emotional reactivity predict stress responses at slaughter in sheep? *Appl. Anim Behav Sci*. 119:193–202.
- De la Fuente J, Sanchez M, Perez C, Lauzurica S, Vieira C, Gonzalez de Chavarri E, Diaz MT. 2010. Physiological response and carcass and meat quality of suckling lambs in relation to transport time and

- stocking density during transport by road. *Anim.* 4: 250-258.
- [FAWAC] Farm Animal Welfare Advisory Council. 2007. Best practice for the welfare of animal during transport. Farm Animal Welfare Advisory Council [Internet]. [cited 12 February 2020]. Available from: www.Agriculture.gov.ie/fawac.
- Fisher AD, Colditz IG, Drewe CL, Ferguson DM. 2009. The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *J Vet Behav: Clin Appl Res.* 4:157-162.
- Fisher AD, Niemeyer DO, Lea JM, Lee C, Paul DR, Reed MT. 2010. The effects of 12, 30 or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep. *J Anim Sci.* 88:2144-2152.
- Grandin T. 2014. *Livestock handling and transport*. 4th ed. Wallingford (UK): CABI Publishing.
- Gopar RA, Afnan R, Rahayu S, Astuti DA. 2020. Respon fisiologis dan metabolit darah kambing dan domba yang ditransportasi dengan pick-up triple-deck. *JIPHP.* 8:109-116
- González LA, Schwartzkopf-Genswein KS, Bryan M, Silasi R, Brown F. 2012. Benchmarking study of industry practices during commercial long haul transport of cattle in Alberta. *J Anim Sci.* 90:3606-3617.
- Goldhawk C, Crowe T, Janzen E, Gonzalez LA, Kastelic J, Pajor E, Schwartzkopf-Genswein KS. 2014. Trailer microclimate during commercial transportation of feeder cattle and relationship to indicators of cattlerefelfare. *J Anim Sci.* 92:5155-5165.
- Gibran EMH, Dartosukarno S, Purnomoadi A. 2015. Pengaruh pemberian vitamin B kompleks terhadap penyusutan bobot badan akibat transportasi pada kambing kacang umur muda dan dewasa. *Anim Agr J.* 4:268-271.
- Knowles. 1999. A review of the road transport of cattle. *Vet Rec.* 144:197-201.
- Lendrawati, Priyanto R, Yamin M, Jayanegara A, Manalu W, Desrial. 2019. Respon fisiologis dan penyusutan bobot badan domba lokal jantan terhadap transportasi dengan posisi berbeda dalam kendaraan. *J Agripet.* 19:113-121.
- Lendrawati L, Priyanto R, Jayanegara A, Manalu W, Desrial D. 2020. Effect of different transportation period on body weight loss, hematological and biochemical stres responses of sheep. *J Indones Trop Anim Agric.* 45:115-123.
- Miranda-de la Lama, Monge GC, Villarroel R, Oileta M, Garcia-Belenguer JL, Maria GA. 2011. Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. *Trop Anim Health Prod.* 43:915-922.
- Minka NS, Ayo JO. 2009. Physiological responses of food animals to road transportation stres. *Afr J Biotechnol.* 9:6601-6613.
- Mutmainah N, Hasan H, Sondi K. 2016. Analisis ongkos transfer pemasaran domba di pasar hewan Tanjungsari. *Student e-J.* 5:1-15.
- Nelvita T, Purnomoadi T, Rianto E. 2018. Pemulihan kondisi fisiologis, konsumsi pakan dan bobot badan domba ekor tipis pada umur muda dan dewasa pasca transportasi pada siang hari. *J Sain Pet Indonesia.* 14: 337-342.
- Norris RT. 2005. Transportasi of animal by sea. *Rev Sci Tech Off Int Epiz.* 24:673-681.
- Nielsen BL, Dybkjær L, Herskin NM. 2011. Road transport of farm animals: Effects of journey duration on animal welfare. *Anim.* 5:415-427.
- [OIE] Office International des Epizooties. 2011. *Terrestrial animal health code*. Volume 1. 20th ed. Paris (France): Office International des Epizooties.
- Padalino B, Daniele T, Saverio C, Giancarlo B. 2018. Road Transport of farm animals: Mortality, morbidity, species and country of origin at a Southern Italian control post. *Anim.* 8:1-13.
- Pascual-Alonso, M, Miranda-de la Lama, GC, Aguayo-Ulloa L, Villarroel M, Mitchell M, Maria GA. 2016. Hermophysiological, haematological, biochemical and behavioural stres responses of sheep transported on road. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 101:541-551.
- Ramadhan AF, Dartosukarno S, Purnomoadi A. 2017. Pengaruh pemberian vitamin B kompleks terhadap pemilihan fisiologis, konsumsi pakan, dan bobot badan kambing kacang muda dan dewasa pasca transportasi. *Mediagro.* 13:23-33.
- Sariozkan S, Cevger Y, Aral Y. 2009. Effects of road transport on yearling lambs up to 19 hours. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 56:215-218.
- Sarmin, Hana A, Astuti P, Febrianto YH, Airin CM. 2019. Respons hematologi dan kimia darah domba lokal Indonesia terhadap stres transportasi selama 12 jam. *J Vet.* 20:48-57
- Šimová V, Večerek V, Passantino A, Voslářová E. 2016. Pre-transport factors affecting the welfare of cattle during road transport for slaughter - A review. *Acta Vet Brno.* 85:303-318.
- Smets PH, Eger RT, Grenier SG. 2010. Whole-body vibrationexperienced by haulage truck operators in surface miningoperations: A comparison of various analysis methods utilizedin the prediction of health risks. *Appl Ergonom.* 41:763-770.
- Stanford K, Bryan M, Peters J, Gonzàlez LA, Stephens TS, Schwartzkopf-Genswein KS. 2011. Effects of long-or short-haul transportation of slaughter heifers and cattle liner microclimate on the hide contamination with *Escherichia coli* O157. *J Food Prot.* 74:1605-1610.
- Stockman CA, Collins T, Barnes AL, Miller D, Wickman SI, Beatty DT, Blache D, Wemeisfelder F, Fleming PA. 2013. Flooring and driving conditions during road

- transport influence the behavior expression of cattle. *Appl Anim Behav Sci.* 143:18-30.
- Schwartzkopf-Genswein K, Ahola J, Edwards-Callaway L, Dan Hale, Paterson J. 2016. Symposium paper: Transportation issues affecting cattle wellbeing and considerations for the future. *The Professional Anim Sci.* 32:707-716.
- Teke E, Akdag F, Ugurlu M, Ciftci G, Senturk B. 2014. Effects of stocking density of lambs on biochemical stress parameters and meat quality related to commercial transportation. *Ann Anim Sci.* 14:611–621.
- Villarroel M, Barreiro P, Kettlewell P, Farish M, Mitchell M. 2011. Time derivatives in air temperature and enthalpy as non-invasive welfare indicators during long distance animal transport. *Biosys Eng.* 110:253–260.
- Wilasari BA, Rianto E, Mawati S. 2019. Respon fisiologis dan lama pemulihan pada kambing Kejobong jantan muda dan dewasa akibat transportasi. Dalam: Martindah E, Wina E, Damayanti R, Praharani L, Kostaman T, Pasaribu T, Romjali E, Anggraeny YN, Hutasoit R, Bambang H, Yulianto R, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Kemandirian Pangan di Era Industri 4.0. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Jember, 15-17 Oktober 2019. Bogor (Indonesia): IAARD Press. hlm. 456-462.
- Zhang Y, Phillips CJC. 2019. Climatic influences on the mortality of sheep during long distance sea transport. *Anim.* 13:1054-1062.
- Zhong RZ, Liu HW, Zhou DW, Sun HX, Zhao CX. 2011. The effects of road transportation on physiological responses and meat quality in sheep differing in age. *J Anim Sci.* 89:3742–3751.
- Zimmerman M, Grigioni G, Taddeo H and Domingo E. 2011. Physiological stress responses and meat quality traits of kids subjected to different pre-slaughter stressors. *Small Rumin Res.* 100:137–142.
- Zulkifli I, Norbaiah B, Cheah YW, Solemaini AF, Sazili AQ, Rajion MA, Goh YM. Physiological responses in goats subjected to road transportation under the hot, humid tropical conditions. *Int J Agric Biol.* 12:840–844.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dewan Penyunting Wartazoa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pakar yang telah berperan sebagai mitra bestari pada penerbitan Wartazoa Volume 31 Nomor 1 Tahun 2021, masing-masing kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Subandriyo, M.Sc. : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Balai Penelitian Ternak
2. Prof. Dr. Ir. Budi Haryanto, M.Sc. : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak
3. Dr. Nurhayati D. Purwantari : Budidaya Tanaman Ternak – Balai Penelitian Ternak

Semoga kerjasama yang baik dapat terus berlangsung di masa-masa yang datang untuk lebih meningkatkan kualitas Wartazoa.

PEDOMAN BAGI PENULIS

KETENTUAN UMUM

Naskah yang dikirim belum pernah diterbitkan dan dalam waktu yang bersamaan tidak disampaikan kepada media publikasi lain. Perlu menandatangani surat pernyataan tentang keaslian naskah (*ethical statement*) dan hak publikasi (*copyright transfer*) sebagaimana terlampir atau dapat diunduh di <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/wartazoa/index>.

RUANG LINGKUP

Buletin ilmiah ini memuat tulisan hasil tinjauan, ulasan (*review*), kajian kebijakan dan gagasan serta pemikiran sistematis tentang peternakan dan veteriner. Topik yang dibahas berupa informasi baru dan/atau memperkuat hasil temuan sebelumnya. Buletin ini diterbitkan 4 (empat) kali dalam setahun pada bulan Maret, Juni, September dan Desember.

PENGIRIMAN NASKAH

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, ditulis dengan jarak 1,5 spasi, kecuali 1 spasi untuk Judul, Abstrak, Tabel, Gambar dan Lampiran. Jumlah halaman dalam naskah maksimum 20 halaman. Batas tepi kiri 4 cm dan masing-masing 3 cm untuk batas tepi kanan, atas dan bawah. Naskah diketik dengan jenis huruf *Times New Roman* dan ukuran (*font*) 12, menggunakan program *Microsoft Word*, kecuali program *Microsoft Excel* untuk tabel dan grafik serta *format JPEG* atau *TIFF* pada gambar (dalam format yang dapat diedit). Naskah lengkap dikirim melalui email dengan alamat wartazoa@yahoo.co.id. Bagi naskah yang diterima, penulis berhak menerima 1 (satu) buletin asli dan 5 (lima) eksemplar cetak lepas.

TATA CARA PENULISAN NASKAH

1. **Judul** ditulis singkat, jelas, spesifik dan informatif yang mencerminkan isi naskah serta tidak lebih dari 15 kata.
 2. **Nama** penulis tanpa gelar dan lembaga/institusi ditulis lengkap di bawah judul, disertai dengan alamat lengkap dan alamat e-mail penulis korespondensi.
 3. **Abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris dan merupakan intisari naskah, masing-masing tidak lebih dari 125-250 kata yang dituangkan dalam satu paragraf dengan jarak satu spasi.
 4. **Kata kunci** (*key words*) dalam bahasa Indonesia dan Inggris, boleh kata tunggal dan majemuk, serta terdiri atas tiga sampai dengan lima kata.
 5. **Pendahuluan** terdiri dari latar belakang, permasalahan atau rumusan masalah, serta tujuan dan manfaat ulasan (*review*).
 6. **Isi pokok bahasan** menyajikan dan membahas secara jelas pokok bahasan dengan mengacu kepada tujuan penulisan.
 7. **Kesimpulan** merupakan substansi pokok bahasan yang menjawab permasalahan serta tujuan penulisan dan bukan merupakan tulisan ulang atau ringkasan dari pembahasan.
 8. **Saran** (apabila ada) dapat berisi rekomendasi, tindak lanjut atau implikasi kebijakan atas kesimpulan yang diperoleh.
 9. **Ucapan terima kasih** (apabila ada).
 10. **Daftar pustaka:**
 - a. Penulisan menggunakan Program Mendeley
 - b. Minimal 25 acuan, diutamakan menggunakan pustaka 10 tahun terakhir dan minimal 80% pustaka primer. Sitasi hasil penulisan sendiri paling banyak 30% dari total acuan.
 - c. Pustaka dari internet hanya diperbolehkan dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan seperti jurnal, instansi pemerintah atau swasta.
 - d. Nama pengarang disusun secara alfabetis dan tahun penerbitan.
 11. **Tabel:**
 - a. Huruf standar yang digunakan adalah *Times New Roman* dengan jarak satu spasi dan *font* 11.
 - b. Judul adalah kalimat singkat, jelas, dapat dimengerti tanpa harus membaca naskah.
 - c. Setiap kolom dari tabel harus memiliki tajuk (*heading*). Unit harus dipisahkan dari judul dengan koma dalam kurung atau di bawahnya.
 - d. Keterangan tabel ditulis di bawah tabel dengan jarak 1 spasi dan *font* 11. Sumber data dituliskan di bawah tabel atau di dalam tabel pada tajuk sendiri.
 - e. Garis pemisah dibuat dalam bentuk horisontal.
- Contoh tabel:

Tabel 1. Komposisi kimia susu kambing, sapi dan kerbau organik

Komposisi kimia (%)	Susu kambing ^a		Susu sapi ^b		Susu kerbau ^c	
	Organik	Konvensional	Organik	Konvensional	Organik	Konvensional
Lemak	3,6	5,4	3,7	3,8	8,5	8,3
Protein	3,5	3,4	3,3	3,4	4,6	4,5
Laktosa	4,9	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7
BKTL	7,6	6,7	td	td	10,3	10,2
Total padatan	10,7	10,9	10,1	9,0	td	td

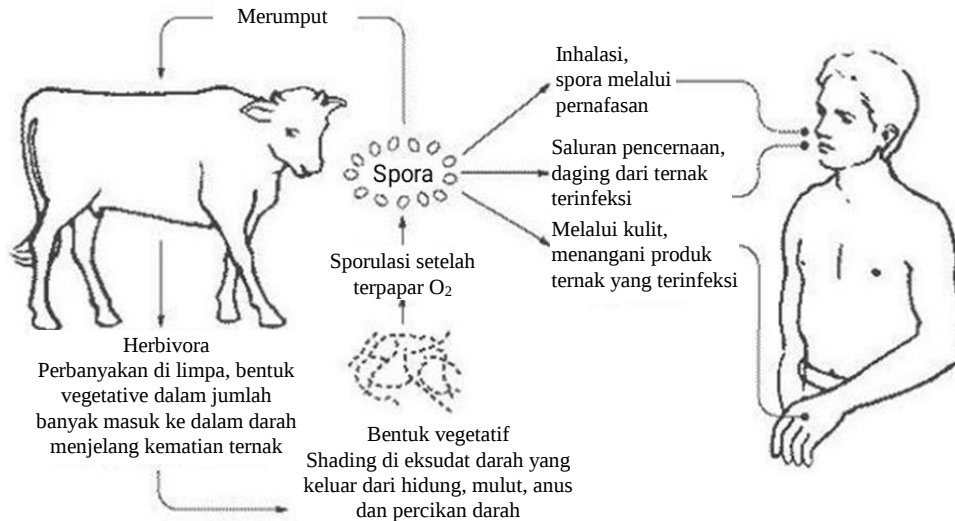
td: Data tidak tersedia; BKLT: Berat kering tanpa lemak

Sumber: ^aTsiplakou et al. (2010); ^bBattaglini et al. (2009); ^cDi Francia et al. (2007)

12. **Gambar/grafik:**

- Judul menggunakan *Times New Roman* dengan jarak 1 spasi dan font 11, berupa kalimat singkat dan jelas diletakkan di bawah gambar/grafik.
- Garis pada grafik harus secara jelas terlihat perbedaan satu dengan yang lain apabila terdapat lebih dari satu kurva.
- Gambar dengan kontras yang jelas dengan ukuran yang proporsional dan beresolusi tinggi agar dapat tampil baik untuk penampilan terbaik.
- Tuliskan sumber gambar/grafik di bawah judul.

Contoh gambar:



Gambar 1. Penularan penyakit antraks pada ternak dan manusia

Sumber: Qureshi (2012) yang dimodifikasi

13. **Satuan pengukuran:** dipergunakan sistem internasional (SI).

14. **Penulisan angka desimal:** untuk bahasa Indonesia dipisahkan dengan koma (.), untuk bahasa Inggris dengan titik (.).

15. **Penulisan pustaka dalam teks:**

- Penulisan pustaka menggunakan Program Mendeley (<http://www.mendeley.com>) dengan gaya sitasi mengikuti Council of Science Editor (CSE) edisi ke-7 tahun 2006.
- Pustaka harus ditulis nama penulis terlebih dahulu, diikuti tahun, contoh: Martindah (2017) atau (Martindah 2017).
- Bila ada dua nama penulis dalam satu makalah, maka nama penulis harus ditulis semua, contoh: Putra & Indriastuti (2011) atau (Putra & Indriastuti 2011).
- Bila ada lebih dari dua nama penulis dalam satu makalah, maka harus ditambah et al. (huruf tegak dan diberi titik di belakang huruf), contoh: Wina et al. (2017) atau (Wina et al. 2017) dan di dalam daftar pustaka ditulis lengkap hingga penulis kesepuluh, serta diakhiri dengan et al.
- Bila ada lebih dari satu pustaka untuk satu pernyataan, maka harus ditulis urutan dari tahun yang tertua dan urutan alfabet nama penulis bila tahunnya sama, contohnya: (Sumanto 2012; Gunawan & Talib 2016; Wina et al. 2017).
- Pustaka dalam pustaka seperti contoh: Teleni dalam Widiawati (2012) tidak diperkenalkan.
- Bila suatu pernyataan diperoleh dari komunikasi pribadi, perlu dicantumkan "nama orang yang dihubungi" dan diikuti dengan (komunikasi pribadi) di belakangnya.
- Memuat nama penulis yang dirujuk dalam naskah.
- Jika penulis yang sama menulis lebih dari satu artikel dalam tahun yang sama dapat dibubuhi huruf kecil.
- Disusun secara alfabetis dan tahun penerbitan menurut nama penulis.

16. **Cara penulisan pustaka di dalam Daftar Pustaka:**

- Setiap pustaka yang disebut di dalam tulisan harus dimasukkan ke dalam Daftar Pustaka yang ditulis di bagian akhir makalah.
- Pustaka yang dirujuk harus dipublikasi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir dengan proporsi pustaka jurnal minimum 80%.
- Pengutipan pustaka dari internet hanya diperbolehkan dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan seperti jurnal, instansi pemerintah atau swasta. Wikipedia tidak dapat dijadikan sumber pustaka.
- Pustaka dengan "Anonimus" tidak diperbolehkan.
- Bila tidak disebut nama penulisnya, maka yang di cantumkan adalah nama institusi atau penerbit.
- Makalah yang sudah diterima tetapi masih dalam proses pencetakan, harus ditulis (*in press*) pada akhir pustaka.
- Beberapa contoh penulisan sumber acuan adalah sebagai berikut:

Buku:

Widowati W, Sastiono A, Rumampuk RJ. 2008. Efek toksik logam pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Yogyakarta (Indonesia): Penerbit Andi.

Jurnal:

Kostaman T, Yusuf TL, Fahrudin M, Setiadi MA, Setioko AR. 2014. Pembentukan *germline chimera* ayam Gaok menggunakan *primordial germ cells* sirkulasi segar dan beku. JITV. 19:17-25.

Artikel dalam Buku:

Prawiradiputra BR. 2012. Tanaman penutup tanah untuk perkebunan kelapa sawit. Dalam: Tiesnamurti B, Inounu I, penyunting. Inovasi pengembangan sapi sistem integrasi sapi sawit. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 159-187.

Wina E. 2012. Saponins: Effect on rumen microbial ecosystem and metabolism in the rumen. In: Patra AK, editor. Dietary phytochemicals and microbes. Dordrecht (Germany): Springer. p. 311-350.

Internet:

WHO. 2017. Emergencies preparedness, response: Anthrax. World Health Organization [Internet]. [cited 12 February 2017]. Available from: <http://www.who.int/csr/disease/Anthrax/anthraxfaq/en/>

Prosiding:

Nuradji H, Adjid RMA, Nirmalasanti N, Khadijah S, Sekarwati HD, Widyasari D. 2017. Evaluasi Tiga Prosedur Penyiapan Sampel Daging untuk Deteksi Penyakit Mulut dan Kuku dengan Uji RT-PCR. Dalam: Puastuti W, Muharsini S, Inounu I, Tiesnamurti B, Kusumaningtyas E, Wina E, Herawati T, Hartati, Hutasoit R, penyunting. Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Diversifikasi Sumber Protein Asal Ternak. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 8-9 Agustus 2017. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 158-165.

Skripsi/Tesis/Disertasi:

Roza E. 2013. Pengaruh penggunaan daun singkong sebagai pakan suplemen terhadap performans, produksi dan gejala reproduksi ternak kerbau yang dipelihara secara tradisional [Tesis]. [Padang (Indonesia)]: Universitas Andalas.

Jurnal elektronik:

Huber I, Campe H, Sebah D, Hartberger C, Konrad R, Bayer M, Busch U, Sing A. 2011. A multiplex one-step real-time RT-PCR assay for influenza surveillance. Eurosurveillance [Internet]. 16:1-7. Available from: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19798>



To:
Editorial Office of WARTAZOA
Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128

ETHICAL STATEMENT

Herewith, we submit a manuscript to be published in WARTAZOA:

Name :
Institution :
Title :

We declare that the proposed manuscript is written by ourselves or team work that:

- ☐ Provide original contents without any fabrication, falsification, plagiarism, duplication, fragmentation and violation of copyrights on the data/contents
- ☐ Agree to follow in peer review process based on WARTAZOA's procedures
- ☐ Should not be or under process of publishing elsewhere.

We declare that this ethical statement has been made by ourselves with honesty and high responsibility based on the decree of Head of Indonesian Institute of Science No. 06/E/2013 about Researcher Ethics Code.

....., 2021

Submitted by:

Name	Main or Member Contributor	Signature
	Main	
	Main	
	Member	
		



COPYRIGHT TRANSFER

Title :

Author(s) : 1.
2.
3.

Institution : 1.
2.
3.

The manuscript is guaranteed for its originality and author(s) agree to transfer copyright to WARTAZOA when manuscript is accepted for publication by the Editorial Office.

Person(s) listed as author(s) have contributed significantly to its content and intellectual property along with responsibility to public. If in any case, there should be a violation of copyright rules, then it would be author(s) responsibility not obliged to WARTAZOA Editorial Office.

The manuscript has not been published or is not being submitted for publication elsewhere.

....., 2021

Approved by:

Name	Main or Member Contributor	Signature

To:

Editorial Office of WARTAZOA

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128

Telp.: (0251) 8322185; Fax. (0251) 8380588; E-mail: wartazoa@litbang.pertanian.go.id; wartazoa@yahoo.co.id

Website: <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/wartazoa/index>

Registered in:

