

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

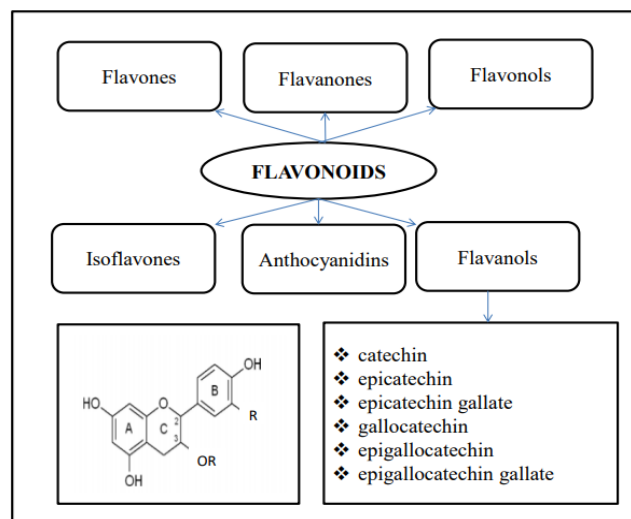
26% di seluruh dunia), disebabkan oleh produksi metana enterik oleh ternak ruminansia seperti sapi, domba, kambing, dan unta (US EPA 2012). Oleh karena itu, konsumsi manusia akan produk pangan hewani seperti susu, daging sapi, daging kerbau, daging domba, dan daging kambing berkontribusi besar terhadap 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. CH₄ 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.

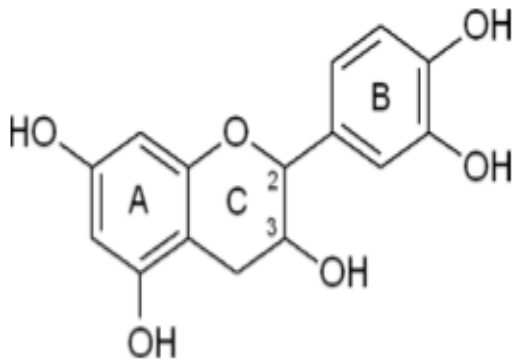
KATEKIN: STRUKTUR DAN KARAKTERISTISKNYA

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.

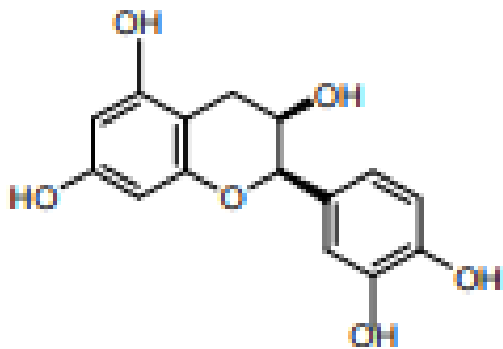


Gambar 1. Bagan Klasifikasi Flavonoid

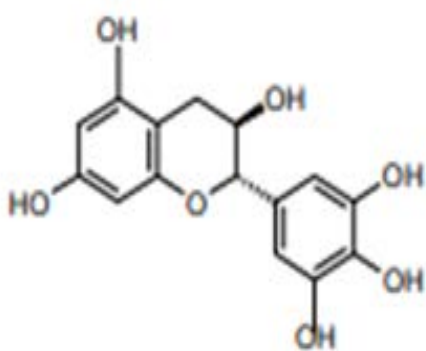
Katekin memiliki 4 derivat utama, yaitu: katekin, epikatekin, galokatekin, epigalokatekin, dan 2 derivat yang memiliki gugus galat yaitu: epikatekin galat dan epigalokatekin galat. Epikatekin dan epigalokatekin memunculkan rasa sedikit sepet (pahit) dengan sedikit manis setelah diminum, sedangkan bentuk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



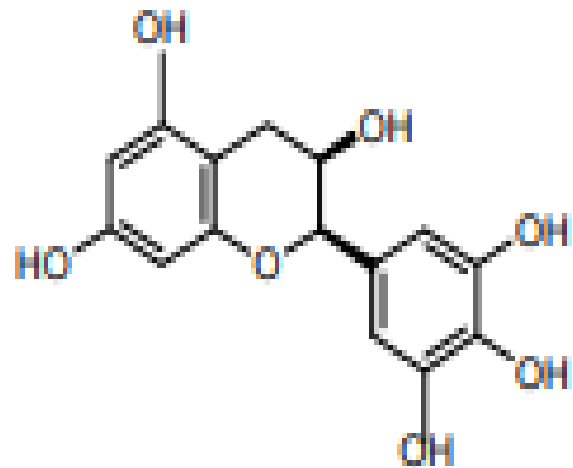
Gambar 2. Kerangka dasar flavanol. Katekin memiliki dua cincin benzena (disebut cincin A dan B) dan *heterocycle* dihidropiran (cincin C) dengan gugus hidroksil pada karbon 3. Molekul memiliki dua pusat stereogenik pada karbon 2 dan 3. (Wein et al. 2016).



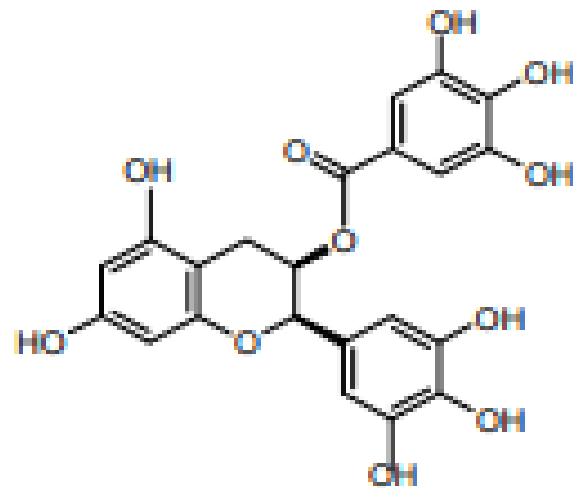
Gambar 3. Epikatekin



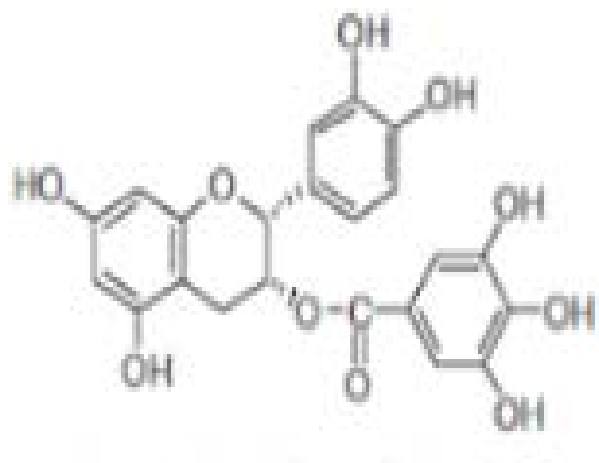
Gambar 4. Galokatekin



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 dikontribusikan 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 H₂ 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% (Angraini 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 butirir 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 butirir, 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 CH₄ 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 CH₄ berkurang. Di sisi lain, efek antiprotozoa dari asam fenolat akan menurunkan produksi CH₄ 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 H₂ 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 control yang tidak diberikan penambahan epikatekin. Selain itu penambahan epikatekin sebanyak 0,5 mg/g di dalam 1 Kg BK pakan mampu meningkatkan protein mikroba (NH₃) 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.
- Lasley 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 Protistol.* 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, Zoetand 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 the 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 *Escherichia 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.