

## Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai *Rumen Modifier* pada Sapi Perah

### (The Use of Essential Oils as Rumen Modifier in Dairy Cows)

Dewi Ayu Ratih Daning<sup>1,2</sup>, C Hanim<sup>2</sup>, BP Widyobroto<sup>2</sup> dan LM Yusiati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada

<sup>2</sup>Politeknik Pembangunan Pertanian Malang

Korespondensi e-mail: [daningstpp@gmail.com](mailto:daningstpp@gmail.com)

(Diterima 28 September 2020 – Direvisi 24 November 2020 – Disetujui 7 Desember 2020)

#### ABSTRACT

Feed efficiency is essential for dairy cows because it can increase production and quality of milk, and reduce methane emissions in the environment. One of the strategies to increase feed efficiency is using rumen modifier. Essential oils have antimicrobial activities and have been used as rumen modifier in dairy cows. The aim of this paper is to review several studies on the utilization of essential oils as feed additive to enhance milk production and quality of dairy cow. Based on some research reports, using essential oils which contained thymol, eugenol, cinnamaldehyde and carvacrol in dairy cattle feed decreased the population of protozoa, methanogens, proteolytic, and biohydrogenase bacteria. The impact of modulating rumen microbial population has led to optimal rumen fermentation resulted in the efficiency of carbohydrate, protein, and fat utilizations. It can be concluded that essential oils are potential as rumen modifier by inhibit methanogenesis, increase asam propionate, energy efficiency and ruminal by pass protein. The inconsistent results on milk production and milk fat requires further research to study deeper the effect of dosage and type of essential oils on dairy cows performance.

**Key words:** Essential oil, rumen modifier, milk production, milk quality

#### ABSTRAK

Efisiensi pakan sangat penting dilakukan pada ternak perah karena dapat meningkatkan produksi dan kualitas susu, serta menurunkan emisi metana pada lingkungan. Salah satu strategi peningkatan efisiensi pakan yaitu dengan menggunakan *rumen modifier*. Minyak atsiri dengan kemampuannya sebagai anti mikroba telah digunakan sebagai *rumen modifier* pada ternak perah. Paper ini bertujuan untuk mengulas beberapa kajian penelitian tentang penggunaan minyak atsiri sebagai aditif pakan untuk meningkatkan produksi dan kualitas susu sapi perah. Berdasarkan beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri dengan komponen seperti timol, eugenol, sinamaldehida, dan carvacrol pada pakan sapi perah dapat menurunkan populasi protozoa, metanogen, bakteri proteolitik dan bakteri biohidrogenase. Adanya rekayasa populasi mikroba rumen menyebabkan hasil fermentasi rumen lebih optimal dalam efisiensi pemanfaatan karbohidrat, protein, dan lemak. Disimpulkan bahwa minyak atsiri dapat digunakan sebagai rumen modifier dengan menghambat proses metanogenesis, meningkatkan kadar asam propionat, efisiensi penggunaan energi dan protein lolos rumen. Pengaruh minyak atsiri yang tidak konsisten terhadap peningkatan produksi susu dan lemak susu memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari lebih dalam pengaruh dosis dan jenis minyak atsiri pada performa sapi perah.

**Kata kunci:** Minyak atsiri, modifikasi rumen, produksi susu, kualitas susu

#### PENDAHULUAN

Kebutuhan susu dalam negeri hanya mampu dipenuhi sekitar 19%, sedangkan 81% nya masih impor (Kementerian Pertanian, BPS, 2019). Salah satu penyebab kondisi tersebut adalah rendahnya produktivitas sapi perah, termasuk produksi susu. Berbagai upaya dilakukan guna meningkatkan produktivitas sapi perah, diantaranya melalui peningkatan efisiensi penggunaan nutrisi. Optimalisasi fungsi rumen merupakan kunci dalam peningkatan efisiensi nutrisi pakan. Fungsi rumen sangat penting karena mikrobiota rumen yang bertanggung jawab

terhadap degradasi dan fermentasi komponen utama pakan yang dicerna oleh ternak ruminansia. Menurut Thomassen et al. (2009) jika nutrisi tidak dikonversikan ke dalam produksi susu dan cadangan tubuh, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan dalam bentuk emisi yaitu amonia dan metana sehingga perlu adanya strategi untuk mengoptimalkan efisiensi pakan. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pakan yaitu dengan menggunakan aditif sebagai *rumen modifier*.

*Rumen modifier* didefinisikan sebagai "aditif pakan" yang mengubah fermentasi rumen, pertumbuhan mikroba, dan memiliki dampak positif

pada efisiensi pakan. Selain itu, digunakan dalam pendekatan pemodelan diet, pengubah rumen ini harus terbukti memiliki kapasitas untuk memodifikasi beberapa langkah kunci dari proses biologis pencernaan rumen. *Rumen modifier* dapat mengoptimalkan beberapa fungsi rumen, sehingga bermanfaat untuk ruminansia diantaranya: 1) penurunan produksi metana yang berdampak pada peningkatan asam propionat, sehingga dapat tercapai efisiensi energi; 2) mengurangi degradasi protein pakan untuk meningkatkan bioavailabilitas asam amino di usus kecil; 3) mengurangi laju degradasi karbohidrat yang cepat difermentasi (amilum, sukrosa) dan mengontrol konsentrasi asam laktat; 4) peningkatan kecernaan serat (Jouany & Morgavi 2007).

Monensin merupakan salah satu *rumen modifier* yang digunakan pada pakan ruminansia dan dikelompokkan sebagai antibiotik karena mekanismenya sebagai antimikroba spesifik pada rumen dan terbukti dapat meningkatkan efisiensi pakan. Namun, penggunaan antibiotik pada pakan banyak mendapat perhatian dari masyarakat dikarenakan adanya kekhawatiran terhadap residu produk, sehingga adanya pelarangan di Uni Eropa sejak Januari 2006 (1831/2003 / CEE, Komisi Eropa, 2003) dan di Indonesia dengan adanya aturan UU No. 41 tahun 2014 tentang Peternakan dan Kesehatan. Beberapa penelitian dalam bidang nutrisi ruminansia banyak difokuskan untuk menemukan alternatif pengganti antibiotik.

Minyak atsiri yang merupakan senyawa volatil terdiri campuran dari berbagai senyawa metabolit sekunder, telah banyak mendapatkan perhatian sebagai alternatif pengganti antibiotik karena memiliki kemampuan sebagai anti mikroba. Beberapa penelitian penggunaan minyak atsiri menunjukkan bahwa fermentasi rumen dipengaruhi oleh minyak atsiri sehingga pemanfaatan minyak atsiri sebagai aditif pakan dalam pakan sapi perah memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi nutrisi, produksi dan kualitas susu. Tetapi, penggunaan minyak atsiri sampai saat ini masih berasal dari tanaman *temperate*. Indonesia memiliki potensi tanaman herbal dan aromatik yang sangat banyak, sehingga perlu adanya evaluasi penggunaannya sebagai aditif pakan. Review ini dilakukan untuk memberikan informasi beberapa kajian penelitian tentang penggunaan minyak atsiri sebagai aditif pakan sapi perah untuk meningkatkan produksi dan kualitas susu sapi perah.

## **MINYAK ATSIRI DAN KOMPONEN BIOAKTIF**

### **Komposisi kimia dan sumber minyak atsiri**

Minyak atsiri merupakan fraksi volatil yang terdiri dari campuran senyawa metabolit sekunder tanaman.

Berbeda dengan sebutan namanya "*oil*", minyak atsiri tidak lengket seperti minyak dengan warna bening dan agak kekuningan dan menimbulkan aroma khas dari tanaman. Secara umum, konstituen dalam minyak atsiri adalah terpen (monoterpen dan sesquiterpen), senyawa aromatik (aldehida, alkohol, fenol, turunan metoksi, dan sebagainya), dan terpenoid (isoprenoid). Senyawa dan aroma minyak atsiri dapat dibagi menjadi 2 kelompok utama: hidrokarbon terpena dan teroksigenasi senyawa.

*Hidrokarbon terpena*: Hidrokarbon adalah molekul, yang terdiri dari atom H dan C dalam satu rantai. Hidrokarbon ini bisa asiklik, siklik (monosiklik, bisiklik, atau trisiklik), atau aromatik. Terpena merupakan senyawa kimia yang sering ditemukan di minyak atsiri. Terpena terbuat dari beberapa unit isoprena (5 karbon unit dasar, C<sub>5</sub>). Minyak atsiri juga terdiri dari monoterpena (C<sub>10</sub>) dan sesquiterpena (C<sub>15</sub>), yang merupakan hidrokarbon dengan rumus umum (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>). Minyak atsiri sebagian besar mengandung monoterpena dan sesquiterpena, dengan berat molekul masing-masing adalah C<sub>10</sub>H<sub>16</sub> (BM 136 g/mol) dan C<sub>15</sub>H<sub>24</sub> (BM 204 g/mol). Meskipun sesquiterpena lebih besar dalam bobot molekul, struktur dan sifat fungsional sesquiterpena mirip dengan monoterpena. Untuk diterpena, triterpena, dan tetraterpena, mereka memiliki molekul lebih besar dari monoterpena dan sesquiterpena, tetapi keberadaannya dalam minyak atsiri dengan konsentrasi yang rendah (Flour-Paneri & Giannenas 2019).

*Senyawa teroksigenasi*: Senyawa ini adalah kombinasi dari C, H, dan O, dan ada berbagai senyawa yang ditemukan dalam minyak esensial. Senyawa teroksigenasi diperoleh dari turunan terpena, biasa disebut dengan terpenoid. Beberapa senyawa kelompok oksigenasi di dalam minyak atsiri tanaman ditunjukkan sebagai berikut: - Fenol: timol, eugenol, carvacrol, chavicol, dan sebagainya. - Alkohol: Alkohol monoterpena: borneol, isopulegol, lavanduol,  $\alpha$ -terpineol, dan sebagainya. Alkohol sesquiterpena: elemol, nerolidol, santalol,  $\alpha$ -santalol. Aldehida: citral, myrtenal, cuminaldehyde, citronella, cinnamaldehyde, benzaldehida. Keton: carvone, menthone, pulegone, fenchone, camphor, thujone, verbenone. Ester: bomil asetat, linalyl asetat, citronellyl asetat, geranyl asetat, dan sebagainya. Oksida: 1,8-cineole, bisabolone oxide, linalool oxide, sclareol oksida. - Lakton: bergaptene, nepetalactone, psoralen, aesculatine, citroptene. Eter: 1,8-cineole, anethole, elemicin, myristicin, dan sebagainya (Young 2019).

### **Aktivitas anti mikroba dari minyak atsiri**

Kemampuan minyak atsiri telah terbukti dapat digunakan sebagai antimikroba. Carvacrol adalah komponen utama minyak atsiri dari oregano (60%

hingga 74%) dan thyme (45%) yang memiliki spektrum luas terhadap aktivitas antimikroba yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif. Carvacrol dapat menghancurkan membran luar bakteri Gram negatif, melepaskan lipopolisakarida dan mengubah permeabilitas membran sitoplasma ke ATP. Untuk bakteri Gram positif, carvacrol dapat berinteraksi dengan selaput bakteri dan mengubah permeabilitas untuk kation seperti  $H^+$  dan  $K^+$ . Secara umum, aktivitas antimikroba dari minyak atsiri lebih besar pada bakteri Gram positif daripada bakteri Gram negatif. Proses perubahan gradien ion menyebabkan kerusakan proses penting dalam sel dan akhirnya ke kematian sel (Tsai et al. 2013).

Aktivitas minyak atsiri terkait dengan komposisi, gugus fungsi, dan interaksi sinergis antar komponen kimia. Penghilangan substituen cincin alifatik carvacrol sedikit menurunkan aktivitas antimikroba. 2-Amino- $\rho$ -cymene memiliki struktur yang mirip dengan carvacrol, tetapi tidak memiliki gugus hidroksil memiliki aktivitas sebesar 3 kali lebih rendah dibandingkan dengan carvacrol. Hal ini menunjukkan peran penting dari gugus hidroksil dalam aktivitas antimikroba dari minyak atsiri. Gugus hidroksil berada di dalam struktur senyawa fenolik memiliki aktivitas antimikroba yang lebih besar dibandingkan komponen yang lainnya (Thormar 2011).

Minyak atsiri memiliki kemampuan seperti halnya antibiotik yaitu bakteristatik (mencegah bakteri) atau bakterisidal (membunuh bakteri). Mekanisme antimikroba pada minyak atsiri yang bersifat bakteristatik akan menjadi bakterisidal tergantung dari konsentrasi dan populasi bakteri yang dihambat. Mekanisme bakteristatik memiliki aksi terbalik, jika sel dapat menetralkan zat antimikroba, sehingga sel mikroba kembali memiliki fungsi reproduksinya. Berbeda dengan sifat bakterisidal memiliki sifat permanen, meskipun setelah proses naturalisasi, sel mikroba akan tetap tidak bisa tumbuh dan bereproduksi. Biasanya, mekanisme antimikroba tidak dihitung berdasarkan tiap sel, tetapi populasi mikroba, karena beberapa sel akan mengalami fase reproduksi, sedangkan yang lain sudah mencapai fase kematian, sehingga untuk membedakan jenis bakteristatik dan bakterisidal akan mengalami kesulitan (Shaaban et al. 2012).

Minyak atsiri yang memiliki kemampuan sebagai bakteristatik, salah satunya adalah golongan fenol karena adanya gugus hidroksil yang mampu mengikat protein sel dan melewati lapisan lipid dari bakteri, sehingga menyebabkan lisis sel, dan terganggunya aktivitas enzimatis dari mikroba. Efisiensi zat antimikroba dari minyak atsiri tergantung jenis, genus, spesies, dan strain target mikroorganisme, selain faktor lingkungan seperti pH, aktivitas air, temperatur, komposisi atmosfer, dan kemampuan mikroba

menggunakan substrat (Faleiro 2011). Aktivitas antimikroba dari minyak atsiri dapat dihitung berdasarkan komponen kimia seperti nilai pKa, rasio hidropobik dan lipolitik, solubilitas, dan volatilitas. Thymol dan carvacrol dari minyak atsiri mampu membunuh bakteri patogen *E. coli*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella choleraesuis*, dan *Salmonella typhimurium*, jenis kelompok minyak atsiri dari fenol lebih kuat menghambat bakteri Gram positif, dibandingkan Gram negatif (Shaaban et al. 2012).

## **MINYAK ATSIRI TERHADAP FERMENTASI RUMEN**

Semua jenis pakan yang masuk ke dalam rumen pasti akan difermentasi oleh mikroba rumen, aktivitas mikroba rumen sangat penting terhadap pencernaan ternak ruminansia karena sebagian kebutuhan nutrisi ruminansia dipenuhi oleh hasil fermentasi mikroba rumen. Karena hal tersebut, dibutuhkan suatu metode untuk meningkatkan nutrisi ruminansia melalui manipulasi fermentasi di dalam rumen (McDonald et al. 2010). Jouany & Morgavi (2007) mengidentifikasi ada lima cara yang mungkin untuk memperbaiki nutrisi ruminansia, 1) Meningkatkan pencernaan karbohidrat struktural, 2) Memproteksi pakan sumber protein yang berkualitas tinggi agar tidak didegradasi di dalam rumen, 3) Mengubah produk akhir fermentasi mikroba, 4) Memperbaiki pertumbuhan mikroba, dan 5) Mengurangi degradasi protein menjadi  $NH_3$  baik dari sumber protein dan non protein nitrogen.

Manipulasi fermentasi di dalam rumen mampu meningkatkan efisiensi nutrisi. Manipulasi tersebut sebelumnya dilakukan dengan penambahan antibiotik *ionophore*, tetapi saat ini, dengan penambahan senyawa sekunder tanaman seperti saponin, tanin dan minyak atsiri. Sebagai pakan aditif, minyak atsiri sudah banyak digunakan untuk manipulasi mikroba rumen dengan pertimbangan antara lain berat molekul kecil, tidak termetabolisme dalam saluran cerna, tidak bersifat toksik, tidak ada residu dalam produk, memiliki aktivitas dapat menggantikan antibiotik (Tisserand & Young 2014).

## **MINYAK ATSIRI TERHADAP KECERNAAN NUTRIEN**

Kecernaan nutrisi merupakan salah satu aspek yang menentukan kualitas pakan buatan karena akan mempengaruhi keseimbangan komposisi nutrisi yang dapat dimanfaatkan. Aktivitas minyak atsiri yang memiliki kemampuan sebagai rumen modifier berpengaruh terhadap pencernaan beberapa nutrisi pakan seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Matloup

et al. (2017) melaporkan terjadi kenaikan pencernaan bahan organik (BO), lemak kasar (LK), NDF dan ADF ketika ditambahkan minyak atsiri ketumbar dengan dosis 14 ml/hari pada pakan sapi perah. Penambahan minyak atsiri dari kayu putih dengan dosis 0,029% dalam BK pakan (290 mg/kg pakan) juga menunjukkan hasil yang sama yaitu terjadi kenaikan pencernaan BK, BO, PK, SK, LK, dan NDF pakan (Shwerab et al. 2014). Lebih lanjut, Silva et al. (2020) juga melaporkan bahwa campuran minyak atsiri terdiri dari capsaicin, carvacrol, sinamaldehyd, dan eugenol sebanyak 150 mg/ kg BK pakan dapat meningkatkan pencernaan BK, BO, dan PK pakan.

Pengaruh minyak atsiri terhadap pencernaan nutrisi masih bervariasi karena aktivitasnya berhubungan terhadap keberagaman mikroba rumen (Patra & Yu 2015). Hal ini juga dilaporkan dari penelitian Benchaar (2020) bahwa penambahan minyak atsiri oregano sebagai sumber carvacrol pada pakan sapi perah dengan dosis 50 mg/kgBK pakan tidak berpengaruh terhadap total pencernaan nutrisi. Lebih lanjut, Benchaar et al. (2006) juga melaporkan, ketika dosis dinaikkan dengan sumber minyak atsiri yang sama dari 0,75 g/ekor/hari menjadi 2 g/ekor/hari, minyak atsiri tidak berpengaruh terhadap pencernaan BK, PK, NDF tetapi meningkatkan pencernaan ADF pakan. Castillejos et al. (2008) menjelaskan bahwa penambahan eugenol dengan level dosis 5, 50 dan 500 mg/L juga tidak berpengaruh terhadap pencernaan BK, NDF dan ADF pakan. Pengaruh minyak atsiri yang beragam terhadap pencernaan nutrisi tergantung dari dosis dan jenis dari minyak atsiri sehingga penggunaannya sebagai aditif pakan perlu mempertimbangkan efektivitas dosis minyak atsiri.

#### PERAN MINYAK ATSIRI TERHADAP PRODUKSI VFA

Bagian dari modifikasi hasil fermentasi sumber karbohidrat yang paling efisien sebagai sumber energi adalah asam propionat karena berkorelasi dengan penurunan produksi metana. VFA diserap melalui dinding rumen kemudian ditransportasikan pada sirkulasi darah menuju ke hati. Di dalam hati, energi diproduksi kemudian digunakan untuk berbagai jenis fungsi performa produksi (produksi susu, pemeliharaan sistem tubuh, kebuntingan dan pertumbuhan) (Jacobs 2003). Minyak atsiri dari thyme dan kayu manis dengan dosis masing-masing 5 g/ekor/hari pada pakan sapi perah berpengaruh terhadap kenaikan konsentrasi asam propionat di dalam rumen sebesar 19,83% dan 13,76% secara berturut-turut dibandingkan kontrol secara *in vivo* (Vakili et al. 2013). Penambahan minyak atsiri cengkeh dengan dosis 0,125 mg/kg BK pakan secara *in vitro* juga meningkatkan konsentrasi asam propionat sebesar 9,76% dari kontrol (Günel et al.

2017). Penggunaan minyak atsiri dengan komponen campuran yang terdiri dari kayu putih, peppermint, dan mentol dengan dosis 16 mg/L volume air minum sapi perah secara *in vivo* terjadi kenaikan kadar asam propionat sebesar 12,23 % di dalam rumen dibandingkan kontrol (Soltan et al. 2009). Menurut Benchaar (2020) penambahan minyak atsiri dari oregano dengan dosis 50 mg/ekor/hari pada pakan sapi perah secara *in vivo* tidak berpengaruh terhadap kadar asam propionat.

Evaluasi penggunaan minyak atsiri terhadap kadar asam propionat baik *in vitro* dan *in vivo* perlu dilakukan untuk memberikan informasi dosis dan jenis minyak atsiri yang tepat. Hal ini penting dilakukan karena asam propionat merupakan senyawa glukogenik di dalam hati yang digunakan untuk produksi glukosa untuk sintesis laktosa didalam kelenjar mammae (Chamberlin & Wilkinson 2009). Selama laktasi, kuantitas produksi susu akan diatur oleh kadar laktosa di dalam alveoli. Laktosa mempengaruhi tekanan osmotik antara darah dan alveoli, kemudian air dalam darah akan ditarik ke dalam alveoli. Beberapa zat dalam susu seperti mineral, vitamin, atau imunoglobulin akan melewati membran sel langsung dari darah ke dalam lumen melalui protein transporter. Aktivitas protein transporter ini meningkat ketika penyerapan air ke dalam sel sekretori kelenjar mammae (Jacobs 2003).

Kualitas dari lemak susu sapi perah ditentukan dari hasil degradasi serat pakan yang kemudian diubah menjadi asam asetat di dalam rumen, sehingga perlu adanya evaluasi pengaruh penggunaan minyak atsiri terhadap kadar asam asetat. Menurut Flores et al. (2013) penambahan campuran minyak atsiri yang terdiri dari eugenol dan sinamaldehyd dengan dosis hingga 600 mg/kg/ekor/hari tidak mempengaruhi kadar asam asetat. Oh et al. (2019) juga melaporkan bahwa penambahan campuran minyak atsiri yang terdiri dari carvacrol, timol, dan eugenol dengan dosis 3,5 g/ekor/hari juga tidak mempengaruhi kadar asam asetat. Penggunaan minyak atsiri dari cengkeh dan thyme secara *in vitro* juga memiliki pengaruh yang sama terhadap kadar asam asetat yaitu tidak signifikan dibandingkan kontrol, tetapi penambahan minyak atsiri bunga lawang dengan dosis 250 mg/L dapat meningkatkan kadar asam asetat sebesar 32,29% dibandingkan kontrol (Günel et al. 2017a). Perbedaan hasil pada kadar asam asetat ini disebabkan oleh aktivitas minyak atsiri terhadap bakteri selulolitik untuk mendegradasi serat. Menurut hasil penelitian Patra & Yu (2012), minyak atsiri kayu putih, bawang putih, peppermint, dan oregano menurunkan kadar asam asetat dan kadar serat secara signifikan kecuali minyak cengkeh. Hasil penurunan serat dan asam asetat juga berkorelasi dengan penurunan populasi bakteri selulolitik (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus*

*flavefaciens*, dan *R. albus*) sejalan dengan kenaikan dosis minyak atsiri. Namun demikian, beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan campuran minyak atsiri dengan dosis 1 g/ekor/hari atau 150 mg/kg pakan tidak ada pengaruh terhadap populasi bakteri rumen atau bakteri selulolitik secara *in vivo* pada sapi perah (Benchaar et al. 2006; 2007; Giannenas et al. 2011; Schären et al. 2017). Perbedaan kadar asam asetat dari hasil fermentasi rumen memiliki korelasi dengan populasi bakteri selulolitik, sehingga dimungkinkan dalam penggunaan minyak atsiri sebagai rumen modifier harus dipertimbangkan dosis dan jenis, sehingga tidak mempengaruhi mikroba yang memiliki peran penting dalam fermentasi nutrisi pakan.

### PENGARUH MINYAK ATSIRI TERHADAP DEGRADASI PROTEIN

Protein pakan di dalam rumen akan mengalami hidrolisis menjadi asam amino dan oligopeptida. Selanjutnya asam amino akan mengalami degradasi menjadi  $\text{NH}_3$ , VFA, dan  $\text{CO}_2$ . Lebih kurang 82% mikroba rumen dapat menggunakan nitrogen amonia. Karena itu, mikroba lebih suka merombak asam amino menjadi amonia. Kecukupan konsentrasi amonia dalam rumen diperlukan untuk pertumbuhan optimal mikroba dan proses fermentasi. Namun demikian, suplai dari protein mikroba masih kurang mencukupi kebutuhan ternak sehingga diperlukan protein *by pass* (lolos rumen), untuk mengurangi degradasi rumen dan membuat asam amino tersedia untuk diserap di usus halus (Chamberlin & Wilkinson 2009). Minyak atsiri dengan aktivitasnya sebagai anti mikroba dapat menurunkan populasi mikroba rumen jenis HAP (*Hyper ammonia producer*) yaitu *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii*, and *Clostridium aminophilum* yang menyebabkan amonia produksi berlebih di dalam rumen. Selain itu minyak atsiri juga dapat menurunkan *Prevotella* yang memiliki aktivitas proteolitik (Khateri et al. 2017).

Benchaar et al. (2007) melaporkan bahwa tidak ada pengaruh terhadap konsentrasi  $\text{NH}_3$  ketika pakan disuplementasi menggunakan 0,75 g/ekor/hari minyak atsiri. Patra & Yu (2015) melaporkan bahwa penambahan 0,5 g/L dari oregano dan pepermint pada fermentasi rumen secara *in vitro* menyebabkan penurunan populasi bakteri *Prevotella*, yang diikuti dengan penurunan  $\text{NH}_3$ . Hal ini sejalan dengan Busquet et al. (2005) yang melaporkan bahwa penambahan carvacrol 3,000 mg/L menyebabkan konsentrasi  $\text{NH}_3$  juga mengalami penurunan. McIntosh et al. (2003) melaporkan penambahan campuran minyak atsiri timol, eugenol, dan carvacrol sebesar 1 gram/hari menghambat pertumbuhan bakteri yang mendegradasi asam amino menjadi amonia. Mungkin jenis, campuran dan konsentrasi minyak atsiri serta

campuran pakan yang digunakan menyebabkan perbedaan pengaruh minyak atsiri terhadap pembentukan amonia di dalam rumen.

### MINYAK ATSIRI SEBAGAI AGENSIA PENGHAMBAT METANOGENESIS

Produk utama dari fermentasi monosakarida adalah VFA, terutama asam asetat (A), asam propionat (P), asam butirat (B), dan valerat (V). Disamping n-butirat, dan n-valerat terdapat pula isobutirat dan isovalerat. Umumnya perbandingan VFA dalam rumen berkisar 65% A, 20% P, 10% B dan 5% V (Friggens et al. 1998). Hasil samping dari fermentasi karbohidrat berupa gas yang dikeluarkan melalui proses eruktasi. Gas-gas utama yang dihasilkan adalah  $\text{CO}_2$  (60%),  $\text{CH}_4$  (30-40%), dan  $\text{N}_2$  dalam jumlah yang bervariasi, dan sejumlah  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{O}_2$ . Gas metana dibentuk dari reduksi  $\text{CO}_2$  dan format oleh bakteri metanogenik. Di dalam rumen, metanogen hidup secara simbiosis dengan protozoa baik secara ekto dan endo, sehingga menurut Dai & Faciola (2019) produksi metana berkorelasi dengan populasi protozoa. Gas metana adalah suatu senyawa berenergi tinggi dan dikeluarkan sebagai produk sisa; menunjukkan hilangnya sekitar 8% energi dari total energi tercerna suatu pakan (Morgavi et al. 2012), sehingga perlu adanya strategi menurunkan produksi metana.

Minyak atsiri yang memiliki aktivitas sebagai antimikroba dapat digunakan sebagai agen penurunan produksi metana yaitu dengan menghambat populasi protozoa dan metanogen. Menurut penelitian Nooriyan Soroor & Rouzbehan (2017) pemberian minyak kayu putih pada dosis 30  $\mu\text{L/L}$  medium *in vitro* dapat menurunkan populasi protozoa sebesar 37,5% yang berkorelasi dengan penurunan metana sebesar 60,7% dibandingkan kontrol. Di dalam penelitian ini juga dilaporkan bahwa protozoa jenis *Entodinae* dan *Diplodinae* yang memiliki korelasi terbesar dalam produksi metana. Günel et al. (2017) juga melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri bunga lawang, cengkeh, dan thyme, secara *in vitro* dengan 0,5 mg/BK pakan dapat menurunkan produksi metana secara berturut-turut sebagai berikut 32,89%, 37,94%, 76,61%. Selanjutnya dilaporkan bahwa penurunan metana berkorelasi negatif dengan kenaikan asam propionat yang menjelaskan terjadi perubahan penggunaan substrat hidrogen yang tidak dikonversikan menjadi metana melainkan menjadi asam propionat. Menurut Patra & Yu (2012) minyak atsiri dari cengkeh, kayu putih, bawang putih, oregano, dan pepermint sebagai agensia penghambat metanogenesis karena dapat menurunkan populasi metanogen dan protozoa.

Penggunaan minyak atsiri pada pakan sapi perah secara *in vivo* juga telah dilakukan oleh beberapa

peneliti untuk mengetahui pengaruhnya terhadap produksi metana. Hart et al. (2019) melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri komersil pada pakan sapi perah secara *in vivo* menurunkan produksi metana sebesar 6% per ekor per hari, atau 20% per kg produksi susu per ekor dibandingkan kontrol setelah 3 masa percobaan. Hal ini memberikan informasi bahwa penurunan metana akan memberikan efisiensi penggunaan energi bagi sapi laktasi. Penelitian Klop et al. (2017) juga melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri komersil berpengaruh terhadap penurunan metan sebesar 12% hanya pada minggu pertama percobaan. Hasil ini mengindikasikan bahwa penurunan produksi metana berkorelasi juga terhadap masa adaptasi dan penggunaan aditif dengan sistem rotasi.

### MINYAK ATSIRI TERHADAP PRODUKSI DAN KUALITAS SUSU

Minyak atsiri yang memiliki mekanisme aksi sebagai antimikroba di dalam rumen juga akan berpengaruh terhadap hasil degradasi nutrisi di dalam

rumen dan metabolisme nutrisi sapi perah laktasi. Hasil degradasi nutrisi sumber protein dan karbohidrat di dalam rumen menentukan produksi susu sapi perah laktasi, sehingga perlu adanya informasi terkait penggunaan dosis minyak atsiri terhadap produksi dan kualitas susu. Berdasarkan hasil kajian literatur yang tersaji pada Tabel 1 penambahan minyak atsiri baik itu tunggal dan campuran rata-rata dengan dosis 0,2 hingga 3,5 g/ekor/hari yang ditambahkan pada pakan basal yaitu hijauan dan konsentrat dengan imbang 60:40, kandungan protein 16%, dan metode pemberian pakan *total mixed ration* (TMR). Identifikasi komponen bioaktif juga tersaji dalam Tabel 1. Berdasarkan hasil kajian literatur penggunaan minyak atsiri pada pakan sapi perah banyak terdapat pada kelompok fenol. Menurut Young (2019), fenol merupakan kelompok bioaktif yang paling banyak terdapat pada minyak atsiri dan memiliki aktivitas anti mikroba sangat kuat. Adanya gugus hidroksil yang terdapat pada fenol memiliki mekanisme yaitu berikatan dengan protein dan lipid pada membran bakteri (Tissery & Young 2014).

**Tabel 1.** Dosis penggunaan minyak atsiri pada pakan sapi perah

<i>Study</i>	dosis (g/Kg BK)	Periode (hari)	PK%	NEI MJ/Kg	H:K	Pakan	Penambahan ke dalam pakan
Benchaar (2020)	0,5	28	17,9	1,60	60:40	TMR	<i>Oregano oil</i>
Silva et al. (2020)		56	16,6		50:50	TMR	<i>Carvacrol, cinnamaldehyde, eugenol, dan capsaicin</i>
Kholif et al. (2020)	3	57	16,1	1,60	50:50	TMR	<i>Linalool</i>
Hart et al. (2019)	1	154	18,2	1,65	80:20	TMR	<i>Coriander seed oil, geranyl acetate, eugenol</i>
Joch et al. (2019)	1,2	105	19,0	1,68	60:40	TMR	<i>Cresol, thymol, limonene</i>
Elcoso et al. (2019)	1	56	15,3	1,58	45:55	TMR	<i>Eugenol, geranyl acetate, coriander oil</i>
Braun et al. (2019)	1,2	40	15,3	1,65	70:30	TMR	<i>Menthol, eugenol, anethol</i>
Oh et al. (2019)	3,5	28	15,5	1,56	60:40	TMR	<i>Carvacol, eugenol, thymol</i>
Silva et al. (2018)	0,4	21	16,0	1,73	40:60	TMR	<i>Thymol, eugenol, vanillin, limonene</i>
Oh et al. (2017)	0,5	28	16,1	1,67	60:40	TMR	<i>Capsicum</i>
Blanch et al. (2016)	0,3	28	16,1	1,67	70:30	TMR	<i>Cinnamaldehyd, garlic oil</i>
Drong et al. (2016)	1	56	19,7	9,2	50:50	TMR	<i>Thymol, guaiacol eugenol, vanillin salicylaldehyde dan limonene (CRINA)</i>
Shwerab et al. (2014)	0,5	22	16,1			silage	<i>Eucalyptus oil</i>
Flores et al. (2013)	0,2	63	16,2			pasture	<i>Eugenol, cinnamaldehyde</i>
Tekippe et al. (2013)	0,5	40	15,5	1,65	55:45	TMR	<i>Eugenol, cinnamaldehyde</i>

H:Kn= Hijauan:Konsentrat

**Tabel 2.** Minyak atsiri terhadap produksi dan komposisi susu sapi perah

Study	Kontrol				Minyak atsiri			
	Prod susu (kg/hari)	Lemak (kg/hari)	Protein (kg/hari)	Laktosa (kg/hari)	Prod susu (kg/hari)	Lemak (kg/hari)	Protein (kg/hari)	Laktosa (kg/hari)
Benchaar. (2020)	34,3	1,27	1,12	1,59	34,6	1,29	1,11	1,61
Silva et al. (2020)	30,1	0,94	0,96	1,39	30,8	0,95	0,98	1,40
Kholif et al. (2020)	13,4	0,41	0,41	0,48	14,2	0,46	0,46	0,51
Hart et al. (2019)	28,3	1,32	0,96	1,34	31,2	1,42	1,05	1,47
Joch et al.(2019)	41,9	1,76	1,34	2,78	37,4	1,39	1,20	1,83
Elcoso et al. (2019)	31,8	1,23	0,98	td	32,9	1,28	1,02	td
Braun et al. (2019)	31,8	1,15	1,06	td	33,0	1,23	1,11	td
Oh et al.(2019)	28,4	1,48	1,20	1,86	26,9	1,49	1,18	1,82
Silva et al. (2018)	31,5	1,11	0,99	1,48	31,1	1,07	0,93	1,41
Oh et al. (2017)	34	1,11	0,94	1,27	37,4	1,06	0,90	1,28
Blanch et al. (2016)	29,4	1,07	0,98	1,43	30,0	1,07	0,99	1,47
Drong et al. (2016)	27,1	1,60	0,96	1,30	29,9	1,88	0,99	1,37
Shwerab et al.(2014)	13,1	0,44	0,39	0,70	14,0	0,48	0,47	0,76
Flores et al. (2013)	20,2	0,70	0,73	1,02	19,9	0,69	0,75	1,01
Tekippe et al. (2013)	35,9	1,39	1,11	1,72	35,2	1,33	1,09	1,66
Rata-rata	28,68	1,13	0,94	1,41	29,23	1,13	0,94	1,35
Standar deviasi	7,58	0,37	0,25	0,53	7,24	0,36	0,21	0,37

Aktivitas anti mikroba dari minyak atsiri akan berdampak terhadap kemampuan mikroba rumen dalam mendegradasi nutrien, hal ini juga akan berdampak terhadap metabolisme yang terjadi pada sapi perah laktasi sehingga akan mempengaruhi terhadap produksi dan kualitas susu. Pada Tabel 2 dilaporkan bahwa evaluasi minyak atsiri sebagai aditif pakan sapi perah memiliki hasil yang tidak konsisten dengan dosis dan jenis minyak yang berbeda, sehingga perlu adanya penelitian yang lebih banyak untuk mengetahui respon produksi ternak metode secara *in vivo* dengan menggunakan berbagai macam sumber minyak atsiri. Meskipun data yang diperoleh saat ini pada sapi perah laktasi tidak konsisten.

Dalam penelitian Drong et al. (2016) penambahan minyak atsiri dengan produk komersial CRINA dapat meningkatkan 9,36% produksi susu. Diperoleh adanya korelasi kenaikan kadar asam propionat di dalam fermentasi rumen dengan produksi susu. Castillejos et al. (2006) juga menjelaskan bahwa aktivitas anti bakteri oleh komponen bioaktif menyebabkan adanya perubahan mikrobiota rumen, sehingga menyebabkan penurunan komposisi asam asetat dibandingkan asam propionat di dalam komponen VFA. Asam propionat dapat digunakan secara efektif sebagai sumber energi untuk ruminansia, pengaruh ini bisa berdampak secara signifikan dalam produksi susu (Klevenhusen et al. 2012). Tetapi Benchaar (2020) dalam penelitian

menggunakan minyak atsiri oregano dan carvacrol murni juga dilaporkan bahwa tidak ada pengaruh terhadap parameter fermentasi rumen, produksi, dan komposisi susu.

Komposisi susu yang terdiri lemak, protein, dan laktosa ditentukan dari hasil fermentasi nutrien yang terjadi di dalam rumen, kemudian dilanjutkan dalam metabolisme sapi laktasi. Tabel 2 memperlihatkan tidak adanya perubahan rata-rata produksi (kg/hari) lemak, protein, dan laktosa. Silva et al. (2020) melaporkan bahwa campuran minyak atsiri berpengaruh terhadap kenaikan produksi lemak di dalam susu sebesar 0,11% tetapi tidak ada pengaruh terhadap kadar protein dan laktosa. Walaupun ada beberapa publikasi melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri dengan kandungan linalool dapat meningkatkan produksi (kg/hari) lemak, protein, laktosa sebesar 0,11 hingga 0,15%. Namun, beberapa penelitian juga melaporkan bahwa terjadinya penurunan kadar lemak, protein, dan laktosa sebesar 0,10-0,15%.

Mekanisme pengaruh lemak susu masih belum jelas dan membutuhkan penelitian lebih lanjut. Benchaar et al. (2006) melaporkan bahwa minyak atsiri terhadap produksi susu pada suplementasi pakan sapi perah dalam periode tengah-laktasi sebesar 2 g/ekor/hari CRINA hanya menurunkan *fat corrected milk* (FCM) tanpa ada pengaruh terhadap lemak susu. Tassoul & Shaver (2009) melaporkan penelitian

sejenis, dengan tidak ada pengaruh terhadap produksi susu ketika sapi perah disuplementasi dari tiga minggu sebelum *calving* sampai 15 minggu postpartum dengan penambahan dosis minyak atsiri dengan nama komersial (CRINA) 1,2 gram/hari/sapi. Kung et al. (2008) melaporkan bahwa terjadi kenaikan produksi susu tetapi tidak ada pengaruh terhadap lemak susu pada awal sampai tengah laktasi dengan penambahan 1 g/ekor/hari (CRINA). Mekanisme tentang pengaruh minyak atsiri terhadap produksi susu masih berbeda tergantung tahapan laktasi (awal dan tengah laktasi), tetapi ini mungkin dihubungkan dengan perubahan profil mikroba dan kebutuhan nutrisi sebagai sapi transisi hingga periode sapi laktasi. Minyak atsiri telah banyak dibuktikan dalam manipulasi fermentasi rumen secara *in vitro*, tetapi sedikit untuk pengaruh secara *in vivo* karena itu sangat penting terkait ekosistem rumen masih banyak belum dipahami, secara garis besar mekanisme pemanfaatan minyak atsiri sebagai aditif pakan sapi perah tersaji pada Gambar 1.

Pengaruh minyak atsiri terhadap produksi sapi perah selain hubungannya dengan mekanisme antimikroba sebagai modulator rumen juga terkait reseptor minyak atsiri (*transient receptor potential* (TRP) channel A1 dan TRPV3 ditemukan di jaringan epitel pada usus halus (Holzer 2010), pada jaringan sapi dan kambing (Rosendahl et al. 2016). Penelitian Oh et al. (2017) menjelaskan bahwa pengaruh minyak atsiri pada ternak ruminansia terkait dengan status imun, regulasi insulin atau stres oksidatif diindikasikan dari beberapa review penelitian hubungannya terkait TRP channel. Minyak atsiri juga berhubungan dengan jalur ekspresi dari protein transpor di rumen (Mirzaei-Alamouti et al. 2016). Pada sapi perah, penyerapan  $Ca^{2+}$  sangat penting untuk dievaluasi untuk produktivitas sapi perah, hal ini hubungannya dengan kandungan plasma rendah  $Ca^{2+}$  dan menyebabkan penyakit metabolisme (*milk fever*) (Martín-Tereso & Martens 2014). Pada banyak jaringan epitel, transpor kation hubungannya dengan kation divalen yang termasuk dalam kelompok TRP (Wilkens et al. 2009). Menariknya dari penelitian Nilius & Szallasi (2014) minyak atsiri teridentifikasi sebagai stimulator untuk meningkatkan transport  $Ca^{2+}$  dan beberapa kation yang lain, beberapa penelitian juga mengidentifikasi minyak atsiri sebagai stimulator penyerapan  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  dan  $Ca^{2+}$ , hal ini juga berhubungan dengan ekspresi TRPV3 pada jaringan ternak ruminan (Rosendahl et al. 2016).

Hasil-hasil penelitian ini mendukung tentang hipotesis bahwa TRPV3 merupakan mediasi sebagai *transport membrane nutrient* yang dibawa oleh minyak atsiri melewati membrane epitel dari ruminan (Schrapers et al. 2018). Braun et al (2019) juga menjelaskan bahwa pengaruh minyak atsiri terhadap peningkatan absorpsi kation melalui jalur TRP berdampak terhadap penyerapan nutrisi dan mineral

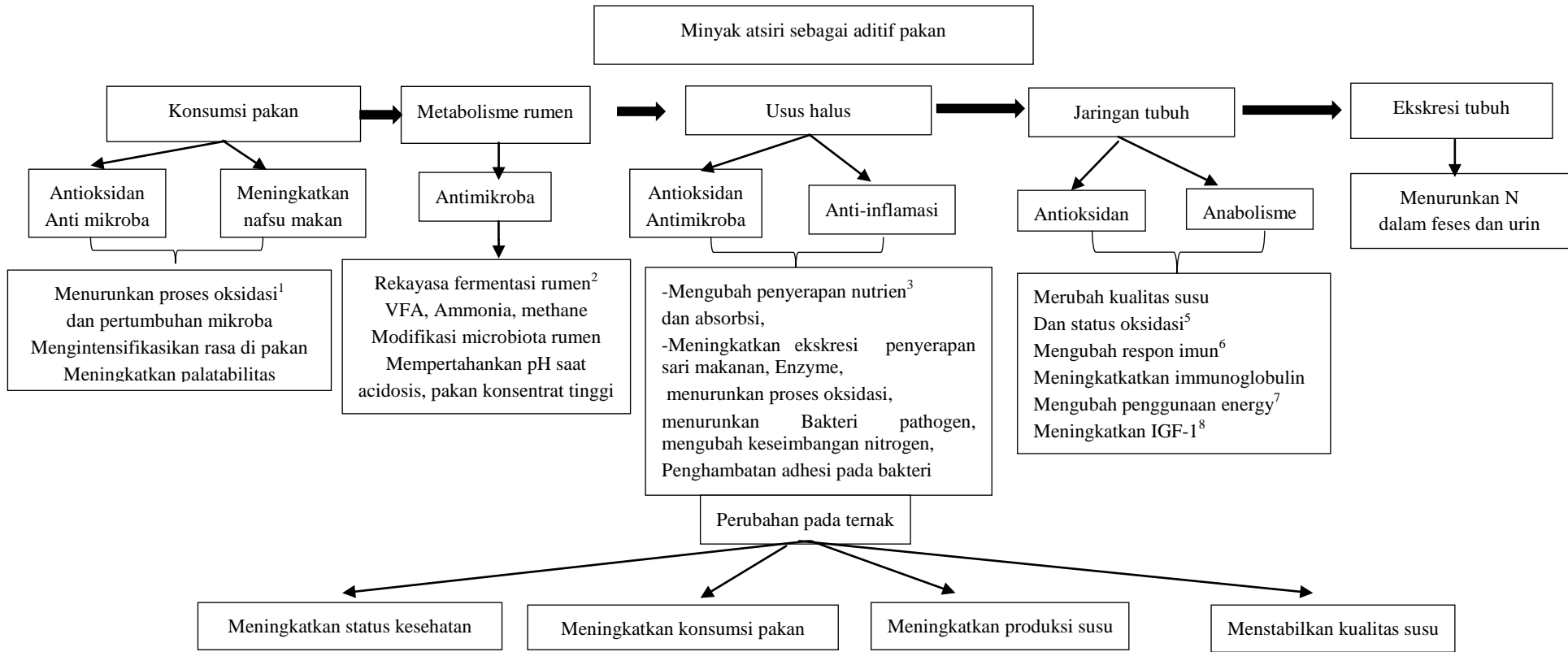
sehingga memberikan pengaruh yang positif untuk produksi dan status kesehatan sapi perah. Campuran minyak atsiri yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari menthol dan sedikit eugenol dan anethol (MEA) yang diberikan sebanyak 1,2 gram/ekor/hari. Pengaruh MEA sebagai aditif pakan dapat meningkatkan produksi susu, lemak susu, dan produksi protein pada konsumsi bahan kering yang tetap. Beberapa penelitian tentang minyak atsiri pada produksi sapi perah memiliki pengaruh yang berbeda tergantung jenis minyak atsiri dan rancangan penelitian yang digunakan (Khiaosa-ard & Zebeli 2013).

Penelitian dari Braun et al. (2019) sangat menarik karena plasma urea signifikan turun, hal ini menjelaskan bahwa rendahnya urea susu selama penambahan minyak atsiri. *Milk urea nitrogen* (MUN) dapat digunakan sebagai prediksi total ekskresi nitrogen di urin. Penelitian lain tentang pengaruh minyak atsiri terhadap MUN dilaporkan oleh Giannenas et al. (2011) bahwa terjadi penurunan level MUN pada pakan sapi perah yang diberi EO komersial. Penelitian penggunaan campuran minyak atsiri yang berasal dari mint, thyme, rosemary dan cengkeh dilaporkan dapat mengeleminasi pengaruh negatif akibat pakan dengan konsentrasi tinggi untuk sapi perah laktasi yaitu terjadinya *subacute ruminal acidosis* (SARA). Penyakit pada rumen ini dapat menurunkan pH dan ketidakseimbangan mikroba rumen, hal ini menyebabkan ternak menjadi stres dan menghasilkan senyawa yang bersifat toksik seperti *Lipopolysaccharides* (LPS) dan *biogenic amine* (BA), akibatnya meningkatkan mukosa rumen selama SARA. Rata-rata kejadian SARA menyebabkan sapi tidak dalam kondisi normal sehingga kekurangan plasma mineral, laminitis, abomasum tidak pada anatominya, lemak hati. Suplementasi minyak atsiri memberikan hasil yang berbeda saat pakan sapi perah diberikan konsentrasi tinggi yaitu menurunkan LPS dan BA, mencegah penurunan pH, menurunkan fermentasi pati, meningkatkan level asam butirat. Secara keseluruhan suplementasi minyak atsiri pada pakan sapi perah dapat mencegah pengaruh negatif akibat pemberian konsentrasi tinggi dan menurunkan konsentrasi molekul toksik di dalam rumen.

#### POTENSI MINYAK ATSIRI DARI TANAMAN AROMATIK DI INDONESIA

Setiap daerah memiliki keunikan lingkungan yang artinya juga memiliki beragam jenis spesifik spesies tanaman. Beberapa spesies tanaman berasal dari satu daerah kemudian berkembang ke beberapa daerah yang ditanam baik secara sengaja atau tidak, tetapi untuk beberapa jenis tanaman masih dibatasi penyebarannya sesuai dengan lokasi geografisnya berasal. Dilaporkan bahwa terdapat 40 jenis minyak atsiri yang berasal dari





**Gambar 1.** Mekanisme penggunaan minyak atsiri terhadap respon produksi sapi perah

Keterangan: (Tager & Krause 2011)<sup>1</sup>, (Benchaar et al. 2008)<sup>2</sup>,(Santos et al. 2010)<sup>3</sup>, (Oh et al. 2017)<sup>4</sup>, (Kotsampasi et al. 2018)<sup>5</sup>, (Schären et al. 2017)<sup>6</sup>, (Castillejos et al. 2006b), (Chapman et al. 2017)<sup>8</sup>

Indonesia dan memiliki manfaatnya berdasarkan komponen bioaktifnya. Potensi produk dari minyak atsiri di Indonesia seperti kayu putih, kunyit, lengkuas, nilam, kayu manis, cengkeh, pala, gaharu, jeruk nipis, cendana, kenanga, kemangi, lada, ketumbar, jahe, kencur, melati, sereh, lemon, sirih, mawar, pinus, dan akar wangi. Indonesia merupakan pengeksportir minyak atsiri terbesar di dunia, terutama minyak nilam hampir 80-90% berasal dari Indonesia dengan volume 1.200-1.500 ton/tahun, (Ministry of Trade 2011).

Kegunaan minyak atsiri sangat banyak tergantung dari jenis tumbuhan yang diambil hasil sulungnya. Minyak atsiri digunakan sebagai bahan baku minyak wangi, kosmetik, obat-obatan, juga sebagai perasa dalam makanan. Penelitian pemanfaatan untuk ternak masih kurang, padahal dari uraian di atas minyak atsiri memiliki fungsi yang baik dalam efisiensi nutrisi pakan, sehingga perlu adanya penelitian-penelitian penggunaan minyak atsiri yang berasal dari tanaman di Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan Negara yang memiliki biodiversitas sumber atsiri, peluang penggunaan minyak atsiri sangat besar untuk digunakan sebagai aditif pakan, Namun demikian, perlu juga adanya evaluasi dalam penggunaannya terhadap kontinuitas produksi dan kualitas dari minyak atsiri.

### KESIMPULAN

Minyak atsiri dapat digunakan sebagai rumen modifier dengan menghambat proses metanogenesis, meningkatkan kadar asam propionat dan efisiensi penggunaan energi. Selain itu, minyak atsiri juga dapat digunakan untuk meningkatkan protein lolos rumen dengan menekan populasi bakteri proteolitik *Prevotella ruminicola*, yang mencerna protein. Lebih lanjut, minyak atsiri dapat meningkatkan produksi asam lemak tidak jenuh dalam susu melalui mekanisme penurunan proses biohidrogenasi. Namun demikian, penggunaan minyak atsiri secara langsung pada pakan sapi perah masih belum konsisten dalam meningkatkan produksi dan kualitas susu, sehingga perlu adanya studi lebih lanjut terkait penggunaan sumber dan level minyak atsiri dan jenis komponen bioaktif yang digunakan terhadap performa sapi perah.

### DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Pertanian. 2019. Outlook komoditas pertanian subsektor peternakan (susu). 1st ed. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.

Benchaar C. 2020. Feeding oregano oil and its main component carvacrol does not affect ruminal fermentation, nutrient utilization, methane emissions,

milk production or milk fatty acid composition of dairy cows. *J Dairy Sci.* 103:1516-1527. doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17230>.

- Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA. 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim Feed Sci Technol.* 145:209-228.
- Benchaar C, Duynisveld JL, Charmley E. 2006. Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Can J Anim Sci.* 86:91-96.
- Benchaar C, Petit HV., Berthiaume R, Ouellet DR, Chiquette J, Chouinard PY. 2007. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. *J Dairy Sci.* 90:886-897.
- Benchaar C, Petit HV., Berthiaume R, Whyte TD, Chouinard PY. 2006. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. *J Dairy Sci.* 89:4352-4364.
- Blanch M, Carro MD, Ranilla MJ, Viso A, Vázquez-Añón M, Bach A. 2016. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 219:313-323.
- Braun HS, Schrapers KT, Mahlkow-Nerge K, Stumpff F, Rosendahl J. 2019. Dietary supplementation of essential oils in dairy cows: Evidence for stimulatory effects on nutrient absorption. *Animal.* 13:518-523.
- Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C. 2005. Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a continuous culture system. *J Dairy Sci.* 88:605-613.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A. 2006a. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J Dairy Sci.* 89:2649-2658.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A. 2006b. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J Dairy Sci.* 89:2649-2658.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Martín-Tereso J, Ter Wijlen H. 2008. In vitro evaluation of effects of ten essential oils at three doses on ruminal fermentation of high concentrate feedlot-type diets. *Anim Feed Sci Technol.* 145:259-270.
- Chamberlain A, JM Wilkinson. 2009. Feeding the dairy cow. 4th ed. United Kingdom: Chalcombe publications.
- Chapman CE, Chester-Jones H, Ziegler D, Clapper JA, Erickson PS. 2017. Effects of cinnamaldehyde or monensin on performance of weaned Holstein dairy heifers. *J Dairy Sci.* 100:1712-1719.

- Dai X, Faciola AP. 2019. Evaluating strategies to reduce ruminal protozoa and their impacts on nutrient utilization and animal performance in ruminants – a meta-analysis. *Front Microbiol.* 10:1-16.
- Drong C, Meyer U, von Soosten D, Frahm J, Rehage J, Breves G, Dänicke S. 2016. Effect of monensin and essential oils on performance and energy metabolism of transition dairy cows. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 100:537-551.
- Elcoso G, Zweifel B, Bach A. 2019. Effects of a blend of essential oils on milk yield and feed efficiency of lactating dairy cows. *Appl Anim Sci.* 35:304-311.
- Faleiro ML. 2011. The mode of antibacterial action of essential oils. *Sci against Microb Pathog Commun Curr Res Technol Adv.* 3:1143-1156.
- Flores AJ, Garcarena AD, Hernández Vieyra JM, Beauchemin KA, Colombatto D. 2013. Effects of specific essential oil compounds on the ruminal environment, milk production and milk composition of lactating dairy cows at pasture. *Anim Feed Sci Technol.* 186:20-26.
- Flour-Paneri P, Giannenas EC and I. 2019. Feed additives (aromatic plants and herbs in animal nutrition and health). 1st ed. 125 London wall. London (UK): Academic Press, Elsevier.
- Friggens NC, Oldham JD, Dewhurst RJ, Horgan G. 1998. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *J Dairy Sci.* 81:1331-1344.
- Giannenas I, Skoufos J, Giannakopoulos C, Wiemann M, Gortzi O, Lalas S, Kyriazakis I. 2011. Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *J Dairy Sci.* 94:5569-5577.
- Günel M, Pinski B, AbuGhazaleh AA. 2017a. Evaluating the effects of essential oils on methane production and fermentation under *in vitro* conditions. *Ital J Anim Sci.* 16:500-506.
- Günel M, Pinski B, Abu Ghazaleh AA. 2017b. Evaluating the effects of essential oils on methane production and fermentation under *in vitro* conditions. *Ital J Anim Sci.* 16:500-506.
- Hart KJ, Jones HG, Waddams KE, Worgan HJ, Zweifel B, Newbold CJ. 2019. An essential oil blend decreases methane emissions and increases milk yield in dairy cows. *Open J Anim Sci.* 9:259-267.
- Holzer P. 2010. TRP Channels in the digestive system. *Curr Pharm Biotechnol.* 12:24-34.
- Jacobs J. 2002. Feeding dairy cows. Victoria (Australia): The State of Victoria, Department of Natural Resources and Environment.
- Joch M, Kudrna V, Hakl J, Božik M, Homolka P, Illek J, Tyrolová Y, Výborná A. 2019. In vitro and in vivo potential of a blend of essential oil compounds to improve rumen fermentation and performance of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 251:176-186.
- Jouany JP, Morgavi DP. 2007. Use of “natural” products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal.* 1:1443-1466.
- Khateri N, Azizi O, Jahani-Azizabadi H. 2017. Effects of a specific blend of essential oils on apparent nutrient digestion, rumen fermentation and rumen microbial populations in sheep fed a 50:50 alfalfa hay: Concentrate diet. *Asian-Australas J Anim Sci.* 30:370-378.
- Khiaosa-ard R, Zebeli Q. 2013. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants 1. 2006:1819-1830.
- Kholif AE, Hassan AA, El Ashry GM, Bakr MH, El-Zaiat HM, Olafadehan OA, Matloup OH, Sallam SMA. 2020. Phytogetic feed additives mixture enhances the lactational performance, feed utilization and ruminal fermentation of Friesian cows. *Anim Biotechnol.* 4:1-11.
- Klevenhusen F, Muro-Reyes A, Khiaosa-ard R, Metzler-Zebeli BU, Zebeli Q. 2012. A meta-analysis of effects of chemical composition of incubated diet and bioactive compounds on *in vitro* ruminal fermentation. *Anim Feed Sci Technol.* 176:61-69.
- Klop G, Dijkstra J, Dieho K, Hendriks WH, Bannink A. 2017. Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. *J Dairy Sci.* 100:3563-3575.
- Kotsampasi B, Tsiplakou E, Christodoulou C, Mavrommatis A, Mitsiopolou C, Karaïskou C, Sossidou E, Fragioudakis N, Kapsomenos I, Bampidis VA, et al. 2018. Effects of dietary orange peel essential oil supplementation on milk yield and composition, and blood and milk antioxidant status of dairy ewes. *Anim Feed Sci Technol.* 245:20-31.
- Kung L, Williams P, Schmidt RJ, Hu W. 2008. A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 91:4793-4800.
- Martín-Tereso J, Martens H. 2014. Calcium and magnesium physiology and nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of macrominerals in preventing disease). *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 30:643–670.
- Matloup OH, Tawab AMA El, Hassan AA, Hadhoud FI, Khatlab MSA, Khalel MS, Sallam SMA, Kholif AE. 2017. Performance of lactating Friesian cows fed a diet supplemented with coriander oil\_ Feed intake, nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood chemistry, and milk production. *Anim Feed Sci Technol.* 226:88-97.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG. 2010. Animal nutrition. 7th ed. Edinburg (UK): Pearson.
- Mcintosh FM, Williams P, Losa R, Wallace RJ, Beever DA, Newbold CJ. 2003. Effects of Essential Oils on Ruminal Microorganisms and Their Protein Metabolism. 69:5011–5014.

- Ministry of Trade RI. 2011. Indonesian essential oils : The scents of natural life. Indones Essent Oil Secents Nat Life. 1:52.
- Mirzaei-Alamouti H, Moradi S, Shahalizadeh Z, Razavian M, Amanlou H, Harkinezhad T, Jafari-Anarkooli I, Deiner C, Aschenbach JR. 2016. Both monensin and plant extract alter ruminal fermentation in sheep but only monensin affects the expression of genes involved in acid-base transport of the ruminal epithelium. *Anim Feed Sci Technol.* 219:132-143.
- Morgavi DP, Martin C, Jouany JP, Ranilla MJ. 2012. Rumen protozoa and methanogenesis: Not a simple cause-effect relationship. *Br J Nutr.* 107:388-397.
- Nilius B, Szallasi A. 2014. Transient receptor potential channels as drug targets: From the science of basic research to the art of medicine. *Pharmacol Rev.* 66:676-814.
- Nooriyan Soroor ME, Rouzbehan Y. 2017. Effect of essential oils of eucalyptus (*Eucalyptus globulus* labill) and angelica (*Heraclium persicum* desf. ex fischer) on *in vitro* ruminal fermentation, protozoal population and methane emission using afshari sheep inoculum. *J Agric Sci Technol.* 19:553-567.
- Oh J, Harper M, Giallongo F, Bravo DM, Wall EH, Hristov AN. 2017. Effects of rumen-protected Capsicum oleoresin on immune responses in dairy cows intravenously challenged with lipopolysaccharide. *J Dairy Sci.* 100:1902-1913.
- Oh J, Harper M, Hristov AN. 2019. Effects of lowering crude protein supply alone or in a combination with essential oils on productivity, rumen function and nutrient utilization in dairy cows. *Animal.* 13:2510-2518.
- Patra AK, Yu Z. 2012. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *Appl Environ Microbiol.* 78:4271-4280.
- Patra AK, Yu Z. 2015. Essential oils affect populations of some rumen bacteria *in vitro* as revealed by microarray (RumenBactArray) analysis. *Front Microbiol.* 6:1-13.
- Rosendahl J, Braun HS, Schrapers KT, Martens H, Stumpff F. 2016. Evidence for the functional involvement of members of the TRP channel family in the uptake of Na<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> by the ruminal epithelium. *Pflugers Arch Eur J Physiol.* 468:1333-1352.
- Santos MB, Robinson PH, Williams P, Losa R. 2010. Effects of addition of an essential oil complex to the diet of lactating dairy cows on whole tract digestion of nutrients and productive performance. *Anim Feed Sci Technol.* 157:64-71.
- Schären M, Drong C, Kiri K, Riede S, Gardener M, Meyer U, Hummel J, Ulrich T, Breves G, Dänicke S. 2017. Differential effects of monensin and a blend of essential oils on rumen microbiota composition of transition dairy cows. *J Dairy Sci.* 100:2765-2783.
- Schrapers KT, Sponder G, Liebe F, Liebe H, Stumpff F. 2018. The bovine TRPV3 as a pathway for the uptake of Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. *PLoS One.* 13:1-28.
- Shaaban HAE, El-Ghorab AH, Shibamoto T. 2012. Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: Review. *J Essent Oil Res.* 24:203-212.
- Shwerab AM, Khalel MS, Hassan AAK. 2014. The act of eucalyptus leaves as source of essential oils on dairy cows performance. *Egypt J Nutr Feed.* 17:207-224.
- Silva GG, Takiya CS, Valle TA Del, Jesus EF De, Grigoletto NTS, Nakadonari B, Cortinhas CS, Acedo TS, Rennó FP. 2018. Nutrient digestibility, ruminal fermentation, and milk yield in dairy cows fed a blend of essential oils and amylase. *J Dairy Sci.* 101:9815-9826.
- Silva RB da, Pereira MN, Araujo RC de, Silva W de R, Pereira RAN. 2020. A blend of essential oils improved feed efficiency and affected ruminal and systemic variables of dairy cows. *Transl Anim Sci.* 4:182-193.
- Soltan MAEK, Shewita RS, Al-Sultan SI. 2009. Influence of essential oils supplementation on digestion, rumen fermentation, rumen microbial populations and productive performance of dairy cows. *Asian J Anim Sci.* 3:1-12.
- Tager LR, Krause KM. 2011. Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 94:2455-2464.
- Tassoul MD, Shaver RD. 2009. Effect of a mixture of supplemental dietary plant essential oils on performance of periparturient and early lactation dairy cows. *J Dairy Sci.* 92:1734-1740.
- Tekippe JA, Tacoma R, Hristov AN, Lee C, Oh J, Heyler KS, Cassidy TW, Varga GA, Bravo D. 2013. Effect of essential oils on ruminal fermentation and lactation performance of dairy cows. *J Dairy Sci.* 96:7892-7903.
- Thomassen MA, Dolman MA, van Calker KJ, de Boer IJM. 2009. Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms. *Ecol Econ.* 68:2278-2284.
- Thormar H. 2011. Lipids and essential oils as antimicrobial agents. West Sussex (UK): John Wiley & Sons, Inc.
- Tsai ML, Wu CT, Lin TF, Lin WC, Huang YC, Yang CH. 2013. Chemical composition and biological properties of essential oils of two mint species. *Trop J Pharm Res.* 12:577-582.
- Vakili AR, Khorrami B, Mesgaran MD, Parand E. 2013. The effects of thyme and cinnamon Essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. *Asian-Australas J Anim Sci.* 26:935-944.
- Wilkens MR, Kunert-Keil C, Brinkmeier H, Schröder B. 2009. Expression of calcium channel TRPV6 in ovine epithelial tissue. *Vet J.* 182:294-300.
- Young G. 2019. Essential oils pocket references. 8th ed. China: Life Science Publishing.
- Young RT. 2014. Essential oil safety - robert tisserand. 2nd ed. Williamson EM, editor. London (UK): Elsevier BV.