

# ADITIF PAKAN RUMINANSIA



**Dr. Ir. Nancy W. H. Tuwaidan, MP**



Penerbit  
**CV. PATRA MEDIA GRAFINDO**  
**BANDUNG**

**E-Book**

# **ADITIF PAKAN RUMINANSIA**

**Dr. Ir. Nancy W. H. Tuwaidan, MP**

**Editor:**  
**Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS**



**Penerbit**  
**CV. PATRA MEDIA GRAFINDO BANDUNG**  
**2023**

# **ADITIF PAKAN RUMINANSIA**

**Penulis: Dr. Ir. Nancy W. H. Tuwaidan, MP**

**Editor: Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS**

**Rancang Sampul : Joel Dennis Gijoh, ST**

Editing & Layou,: Tim Patra Media

Hak Cipta @ pada Penulis Dilindungi (All right reserved)

---

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya, dalam bentuk dan dengan cara apapun juga, baik secara mekanis maupun elektronis, termasuk fotocopy, rekaman dan lain-lain tanpa izin tertulis dari penulis.

---



**Penerbit**  
**CV. PATRA MEDIA GRAFINDO**  
**BANDUNG**

Jl. Jend. Sudirman No. 736 - Bandung  
Telp./Fax: 022-6040938, HP: 081214466604  
e-mail: [luhut68@yahoo.co.id](mailto:luhut68@yahoo.co.id)  
website: [www.patramedia.com](http://www.patramedia.com)

**Anggota IKAPI**

Jenis cetakan : e-book

Tahun publish : Juli 2023

ISBN 978-623-177-095-0 (PDF)



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur dan terima kasih kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karuniaNya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku referensi Aditif Pakan Ruminansia.

Pakan aditif adalah produk yang digunakan dalam nutrisi ternak untuk meningkatkan kualitas pakan dan kualitas makanan asal ternak, atau untuk meningkatkan kinerja dan kesehatan ternak. Buku ini berisikan materi peranan feed aditif untuk meningkatkan kinerja ternak ruminansia.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyempurnaan buku ini.

Juli 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB I ADITIF PAKAN.....	1
1.1. Pendahuluan .....	1
1.2. Potensi Aditif Pakan.....	2
1.3. Jenis dan Peran Aditif Pakan Dalam Nutrisi ternak.....	5
1.3.1. Probiotik .....	7
1.3.2. Prebiotik .....	10
1.3.3. Agen imunostimulan .....	13
1.3.4. Asam organik .....	14
BAB II ADITIF PAKAN MIKROBA.....	16
2.1. Pendahuluan .....	16
2.2. Pra-Ruminansia: Pencegahan Diare.....	17
2.3. Pra-Ruminansia:Percepatan Pengembangan Rumen .....	19
2.4.Penggunaan Aditif Pakan Mikroba Ruminansia Dewasa	22
2.5.Penggunaan Aditif Pakan Jamur Ruminansia Dewasa ...	22
2.6. Respons Produksi Susu dan Daging Terhadap Aditif Jamur .....	23
2.7. Efek Aditif Jamur Pada Konsumsi dan Pencernaan.....	25
BAB III MIKROBIOLOGI RUMEN.....	28

3.1. Pendahuluan .....	28
3.2. Pengaruh Aditif Pakan Mikroba Terhadap Mikrobiologi Rumen .....	28
3.3. Modulasi Mikrobiom Rumen Menggunakan Aditif Pakan Fitogenik .....	31
<b>BAB IV MANIPULASI FERMENTASI RUMEN.....</b>	<b>36</b>
4.1. Pendahuluan .....	36
4.2. Pengaruh Aditif Pakan Jamur Terhadap Fermentasi Rumen .....	38
4.3. Pengaruh Aditif Pakan Pada profil rumen. ....	40
4.4. Pengaruh minyak esensial terhadap fermentasi rumen ...	42
<b>BAB V ADITIF PAKAN MIKROBA BAGI TERNAK RUMINANSIA .....</b>	<b>46</b>
5.1. Pendahuluan .....	46
5.2. Mikroba Sebagai Pakan Aditif .....	47
<b>BAB VI ADITIF PAKAN FITOGENIK.....</b>	<b>51</b>
6.1. Pendahuluan .....	51
6.2. Efek pada sapi .....	57
6.3. Efek komponen tanaman pada metanogen rumen.....	59
6.4. Minyak Esensial .....	67
6.4.1. Kimia dan Komposisi Minyak Esensial .....	67
6.4.2. Sifat biologis dan mekanisme reaksi minyak esensial .....	69
6.4.3. Aktivitas Antimikroba Minyak Esensial .....	73
6.4.4. Minyak esensial dan degradasi protein rumen .....	74

6.4.5. Minyak esensial dalam meningkatkan status kesehatan hewan.....	76
6.5. Timol.....	76
6.6. Eugenol .....	78
6.7. Efek fitogenik pada kinerja reproduksi hewan .....	79
6.7.1. Pengaruh feed additif fitogenik terhadap fungsi reproduksi jantan. ....	82
6.7.2. Pengaruh feed additif fitogenik terhadap fungsi reproduksi betina .....	85
6.8. Aditif pakan fitogenik dan sifat stres anti-panas.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....	88

# DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi mikroorganisme probiotik .....	8
Tabel 2. Zat prebiotik dan aksinya dalam sistem pencernaan ruminansia.....	12
Tabel 3. Aditif pakan herbal, komponen aktif dan fungsinya....	55

# DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Metabolisme karbohidrat di dalam rumen (Hirstov <i>et al.</i> , 2013).....	4
Gambar 2. Zat antibakteri dan bakteriostatik terpilih yang diproduksi oleh mikroorganisme probiotik dan aksinya dalam sistem pencernaan ruminansia (Michalak <i>et al.</i> 2021). ....	9
Gambar 3. Perkembangan lambung depan ruminansia (Wallaceand Newbold, 2007). ....	17
Gambar 4. Modulasi senyawa fitogenik terhadap mikrobiom rumen (Hassan et al. 2020). ....	34
Gambar 5. Dr 3. Jalur metabolisme biosintesis komponen aktif ekstrak tumbuhan utama(Calsamiglia et al., 2007). ....	53
Gambar 6. Komponen utama monoterpenoid (A), seskuiterpenoid (B), dan fenilpropanoid (C) minyak atsiri(Calsamiglia et al., 2007). ....	54
Gambar 7. Deskripsi skematik mekanisme utama aksi dan efek fitokimia diet aditif pakan(Valenzuela-Grijalva, 2017).....	58
Gambar 8. dr 1. Struktur dua senyawa minyak atsiri (Wallace. 2004).....	68
Gambar 9. Dr 6. Mekanisme aksi carvacrol pada membrane sitoplasma (Calsamiglia et al., 2007).....	71
Gambar 10. Skema yang mewakili cara kerja minyak esensial (Wallace, 2004).....	73
Gambar 11. Klasifikasi diusulkan dan beberapa contoh fitokimia yang digunakan sebagai aditif pemacu pertumbuhan.	82
Gambar 12. Efek aditif pakan fitogenik terhadap sistem reproduksi jantan (Swelum, 2021).....	84

Gambar 13. Efek aditif pakan fitogenik pada fungsi reproduksi wanita. Hormon perangsang folikel (FSH); hormon luteinizing (LH)(Swelum, 2021).....	86
Gambar 14. Efek aditif pakan fitogenik pada hewan yang mengalami cekaman panas (Swelum, 2021).....	87



# **BAB I**

## **ADITIF PAKAN**

### **1.1. Pendahuluan**

Rumen-retikulum merupakan organ terpenting dalam sistem pencernaan ternak ruminansia. Protein mikroba rumen, dan sintesis asam-asam lemak volatil (VFA<sup>s</sup>) menyediakan sebagian besar kebutuhan protein dan energi ternak ruminansia. Masalah fungsi rumen dapat menurunkan asupan, pencernaan, dan kesehatan ruminansia, yang berujung pada kematian. Selain itu fungsi rumen yang tidak efisien mengurangi kinerja dan kesehatan ternak serta berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan.

Pakan aditif secara efektif dapat meningkatkan tingkat produksi, efisiensi, dan kesehatan ternak. Pakan aditif adalah sesuai tidak hanya dalam pengelolaan ternak, tetapi juga dalam pengelolaan penggembalaan. Efek utama pakan aditif adalah peningkatan efisiensi pakan dan peningkatan rata-rata perolehan harian. Beberapa aditif pakan juga mengurangi terjadinya bloat, asidosis, atau koksidiosis. Pengaruh lainnya, pakan aditif menekan estrus, mengurangi abses hati, mengendalikan masalah busuk kaki, dan mengendalikan parasit.

Pakan aditif adalah produk yang digunakan dalam nutrisi ternak untuk meningkatkan kualitas pakan dan kualitas makanan asal ternak, atau untuk meningkatkan kinerja dan kesehatan ternak. Aditif pakan dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Aditif teknologi (misalnya pengawet, antioksidan, pengemulsi, zat penstabil, pengatur keasaman, aditif silase).
2. Aditif sensorik (misalnya rasa, pewarna).

3. Aditif gizi (misalnya vitamin, mineral, asam amino).
4. Aditif *Zootechnical* (misalnya peningkat pencernaan, penstabil flora usus).
5. *Coccidiostats* dan *histomonostats* (aditif yang digunakan dalam diet unggas untuk alasan kesehatan).

Dalam beberapa tahun terakhir seperti aditif *zootechnical* telah menunjukkan pertumbuhan pesat di bidang penelitian dan di pasar pakan. Modus tindakan yang disarankan bervariasi, tetapi secara umum, bertujuan untuk memanipulasi lingkungan fermentasi rumen untuk mencapai efisiensi yang lebih besar.

## **1.2. Potensi Aditif Pakan**

Aditif pakan biasanya adalah senyawa atau aditif non-nutrisi yang ditambahkan ke dalam pakan untuk meningkatkan pemanfaatan nutrisi pakan, meningkatkan kinerja, meminimalkan risiko penyakit metabolik, dan membatasi dampak buruk pakan terhadap lingkungan. Secara khusus, aditif pakan yang ideal harus memiliki atribut sebagai berikut:

1. Memodulasi pH rumen dan mengurangi akumulasi laktat.
2. Mengurangi risiko berkembangnya penyakit metabolik seperti diare pada neonatus dan asidosis rumen atau bloat pada ternak yang lebih dewasa.
3. Meningkatkan perkembangan rumen pada ruminansia neonatus.
4. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi rumen dengan mengurangi metanogenesis rumen dan menurunkan rasio asetat terhadap propionat tanpa mengurangi sintesis lemak susu.
5. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen rumen dengan: (i). mengurangi proteolisis, peptidolisis, dan deaminasi asam amino, sehingga meminimalkan

produksi dan kehilangan  $\text{NH}_3$  ke lingkungan; (ii). menghambat aktivitas protozoa rumen yang memfagositosis bakteri yang diinginkan, berkontribusi pada proteolisis dan deaminasi, dan berfungsi sebagai inang bagi metanogen; (iii). meningkatkan sintesis protein mikroba dengan memfasilitasi sinkronisasi pasokan energi rumen dan protein atau dengan cara lain.

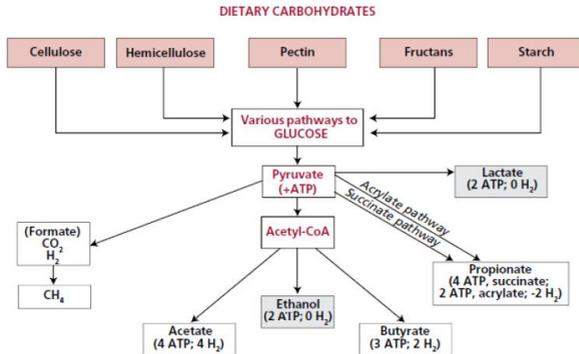
6. Meningkatkan bahan organik rumen dan pencernaan serat.
7. Meningkatkan level dan efisiensi performan ternak.
8. Hemat biaya dan disetujui oleh otoritas legislatif.

Metan ( $\text{CH}_4$ ) adalah produk sampingan dari pemecahan karbohidrat di retikulo-rumen. Produksi metan adalah energi yang tidak efisien, menghabiskan 2% -15% dari energi yang dicerna (Johnson and Johnson, 1995). Manipulasi pakan dapat mengurangi produksi metan sambil meningkatkan produktivitas. Diagram pada Gambar 1. menunjukkan pemecahan karbohidrat (Hristov *et al.*, 2013). Stoikiometri reaksi adalah istilah untuk menggambarkan hubungan antara zat ketika berinteraksi dalam reaksi kimia. Ini digunakan untuk memperkirakan jumlah produk yang terbentuk selama reaksi.

Jika kita dapat memahami bagaimana karbohidrat dipecah (reaksi stoikiometri) dan memiliki pemahaman tentang efek aditif pakan tertentu pada proses, kita dapat memprediksi bagaimana aditif tersebut akan mempengaruhi jumlah produk yang beragam. Secara umum, stoikiometri reaksi untuk pemecahan karbohidrat telah dijelaskan oleh Van Soest (1994) sebagai berikut:

Glukosa + amonia  $\longrightarrow$  mikroba +  $\text{CH}_4$  +  $\text{CO}_2$  + VFA<sup>'s</sup>.

Asam lemak volatil yang terbentuk yaitu: butirrat, format, laktat, propionat, asetat. Dimana arkea metanogenik bersifat anaerobik, oleh karena itu hal ini hanya terjadi pada kondisi anaerobik.



Gambar 1. Metabolisme karbohidrat di dalam rumen (Hirstov *et al.*, 2013).

Oleh karena itu, produk utama pemecahan karbohidrat dalam rumen adalah asam-asam lemak volatil (VFA's), CH<sub>4</sub> dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Alkohol dan laktat juga terbentuk. Masalah dasar dalam metabolisme anaerobik adalah penyimpanan oksigen yaitu sebagai karbon dioksida dan pembuangan hidrogen yaitu sebagai CH<sub>4</sub> (Van Soest (1994). Metan berfungsi sebagai penyerap hidrogen (hydrogen sink) untuk menghilangkan hidrogen.

Produksi CH<sub>4</sub> adalah mekanisme dominan untuk pembuangan hidrogen dalam rumen, aktivitas yang diperlukan untuk fungsi rumen yang sehat. Peluang potensial untuk mengurangi produksi CH<sub>4</sub> meliputi: menghambat Arkea metanogenik dan protozoa yang menyertainya, menyediakan mekanisme pembuangan hidrogen alternatif, mendorong rute pembuangan hidrogen alami lainnya, dan memperlambat fermentasi untuk meningkatkan efisiensi fermentasi.

### **1.3. Jenis dan Peran Aditif Pakan Dalam Nutrisi ternak**

Aditif pakan adalah produk yang digunakan dalam nutrisi hewan untuk meningkatkan kualitas pakan dan kualitas makanan asal hewan, atau untuk meningkatkan kinerja dan kesehatan ternak. Aditif pakan ditambahkan dalam jumlah kecil untuk tujuan tertentu. Pakan yang mengandung aditif pakan fungsional meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan ternak, meningkatkan sistem kekebalan mereka, dan mendorong manfaat fisiologis di luar pakan tradisional. Probiotik, prebiotik, zat fitogenik, stimulan kekebalan, enzim, hormon, pengikat mikotoksin, asam organik, dll., adalah aditif pakan fungsional terbaik untuk mengelola dan mengatur kinerja ternak dan meningkatkan keuntungan peternakan.

Produk yang meningkatkan efisiensi pakan sangat penting karena biaya pakan merupakan pengeluaran utama dalam sistem produksi ternak. Aditif pakan non-nutrisi digunakan dalam pakan ternak untuk memastikan konsumsi, pencernaan, dan penyerapan nutrisi makanan. Aditif pakan dapat berupa bahan nutrisi dan non nutrisi dan bekerja dengan metode langsung atau tidak langsung pada sistem ternak. Aditif pakan ditambahkan dalam jumlah kecil terpisah atau dalam kombinasi untuk tujuan tertentu, seperti untuk meningkatkan kualitas ternak sebagai produk akhir, untuk menjaga kualitas fisik dan kimia dari pakan atau untuk mempertahankan kualitas.

Kisaran aditif pakan yang digunakan dalam pakan ternak sangat beragam. Aditif digunakan dalam pakan untuk menjaga karakteristik nutrisi dari diet atau bahan pakan sebelum diberikan misalnya antioksidan dan penghambat jamur, meningkatkan dispersi bahan atau pelet pakan misalnya pengemulsi, penstabil dan pengikat, memfasilitasi pakan konsumsi. Penerimaan konsumen

terhadap produk misalnya stimulan pakan dan mendorong pertumbuhan misalnya promotor pertumbuhan, termasuk probiotik dan hormon. Enzim juga digunakan untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi tertentu misalnya protease, amilase atau untuk menghilangkan keberadaan antinutrien tertentu misalnya fitase.

Saat ini, ada cara yang lebih berkelanjutan untuk memodulasi kesehatan dan performanternak dalam melengkapi pakan dengan pakan fungsional. Pakan fungsional adalah pakan yang mengandung aditif pakan fungsional mendorong pertumbuhan dan kesehatan organisme yang dibudidayakan, meningkatkan sistem kekebalan mereka, dan mendorong manfaat fisiologis di luar pakan tradisional (Bedasso, 2021). Imbuhan pakan dapat dikategorikan menjadi:

1. Imbuhan yang mempengaruhi kinerja dan kesehatan (fungsional imbuhan pakan).
2. Imbuhan yang mempengaruhi kualitas pakan dan kemampuan untuk mengkonsumsi. Ada beberapa pilihan yang tersedia untuk mengelola dan mengatur kinerja dan kesehatan seperti lingkungan usus hewan yang meliputi probiotik, prebiotik, imunostimulan, zat fitogenik, enzim, hormon, pengikat mikotoksin dan asam organik.

Ada juga aditif pakan yang berbeda seperti pengikat pelet, atraktan, antioksidan, agen warna atau pigmentasi dan senyawa antimikroba yang digunakan untuk memaksimalkan pengambilan pakan dan menjaga kualitas pakan dalam budidaya ikan nila.

Fitokimia adalah senyawa yang berasal dari tumbuhan, seperti minyak esensial atau tanin yang mungkin memiliki efek antibakteri dan peningkatan pertumbuhan. Minyak esensial yang berbeda bervariasi dalam mode aksi antibakteri, yang seringkali tidak dikarakterisasi dengan baik.

### 1.3.1. Probiotik

Probiotik adalah kultur mikroorganisme hidup (misalnya, ragi, jamur, dan bakteri) yang ditambahkan ke makanan untuk meningkatkan keseimbangan komunitas mikroba di saluran pencernaan. Probiotik dapat dibedakan sebagai "didefinisikan" dan "tidak ditentukan." Probiotik yang didefinisikan terdiri dari strain tunggal atau campuran mikroorganisme yang dideskripsikan secara komprehensif misalnya, setiap organisme dideskripsikan ke tingkat spesies, komposisi yang tepat dari kultur dideskripsikan secara kuantitatif, dan genom individu organisme dalam campuran mungkin telah diurutkan sepenuhnya untuk memastikan tidak adanya gen resistensi antibiotik. Probiotik yang tidak terdefinisi cenderung terdiri dari campuran mikroba yang tidak dijelaskan secara lengkap. Secara umum, probiotik yang tidak ditentukan cenderung memiliki kemanjuran yang lebih tinggi daripada probiotik yang ditentukan, tetapi keduanya merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk pencegahan penyakit dan, dalam beberapa kasus, pengobatan yang juga dapat menghasilkan kinerja produksi yang lebih baik dan dengan demikian mendorong pertumbuhan.

Karakter Probiotik yang baik (Kiran and Deswal, 2020) yaitu:

- a. Kultur mikroba harus memberikan efek positif pada inang.
- b. Harus gram positif dan tahan asam dan tahan empedu.
- c. Kapasitas perekat harus kuat dan lebih cepat.
- d. Harus meningkatkan pencernaan nutrisi dan membantu meningkatkan pemanfaatan pakan oleh hewan.

Jenis bakteri yang paling umum digunakan dalam probiotik ruminansia adalah: *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, beberapa spesies *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *Megasphaera elsdenii* atau *Prevotella bryantii* (khususnya, Strain B14), serta jamur seperti *Saccharomyces-S. lipolytica* atau *Asperillus* (*A. oryzae*, *A. niger*). Secara umum,

mikroorganisme probiotik diklasifikasikan sebagai bakteri penghasil asam laktat (BAL), asam laktat (LUB) memanfaatkan bakteri, ragi atau mikroorganisme lainnya (Tabel 1).

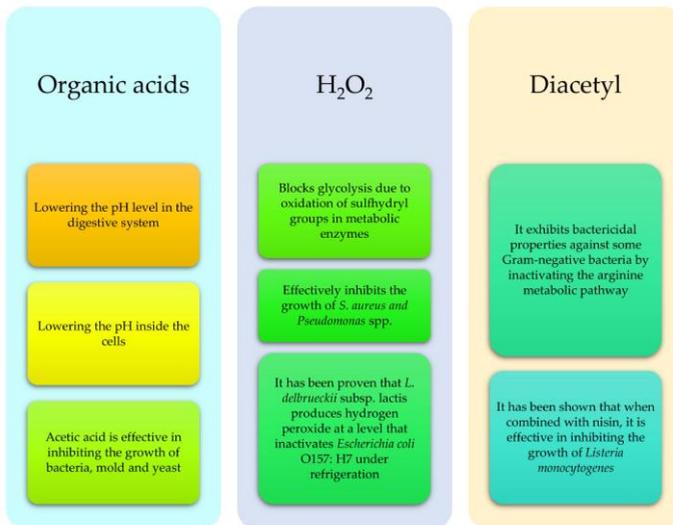
Tabel 1. Klasifikasi mikroorganisme probiotik

Klasifikasi	Contoh
LAB	<i>Lactobacilli</i> <i>Enterococci</i>
LUB	<i>Megasphaera elsdenii</i>
Yeasts	<i>S. cerevisiae</i> <i>Y. lipolytica</i>
Other	<i>A. oryzae</i> <i>A. niger</i>

Keterangan: LAB—Lactic Acid Bacteria; LUB—Lactic Acid Utilizing Bacteria. Sumber: Michalak *et al.*, (2021).

Fungsi utama probiotik antara lain adalah produksi berbagai macam antibakteri dan bakteriostatik zat seperti: asam organik, bakteriosin, diacetyl, antibiotik dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Gambar 2). Probiotik bersaing untuk adhesi atau nutrisi dalam sistem pencernaan. Kemampuan untuk menempel pada epitel, termasuk pembentukan biofilm, memungkinkan probiotik tetap berada di dinding usus, membuatnya lebih tahan terhadap gerakan peristaltik. Selain itu terlibat dalam produksi asam amino atau vitamin, dan juga meningkatkan kumpulan enzim pencernaan seperti *α-galactosidases*, yang meningkatkan pencernaan dan asimilasi nutrisi. Penggunaannya juga ditujukan untuk mengurangi tingkat produk beracun metabolisme dalam saluran pencernaan atau detoksifikasi, yang membantu mengurangi terjadinya diare, misalnya pada anak sapi. Merangsang sistem kekebalan dengan mengaktifkan jaringan limfoid terkait usus, dan memodulasi aktivitas sistem kekebalan dengan mengurangi aktivitas limfosit proalergi Th2 (profilaksis alergi). Beberapa strain seperti

*Propionibacterium thoenii* T159 mengurangi produksi metan hingga 20%, dan juga meningkatkan produksi VFA sebesar 21%. Probiotik telah menunjukkan hasil yang positif untuk pencegahan penyakit pada sapi, serta meningkatkan berbagai parameter produksi, dan probiotik banyak digunakan secara komersial pada sapi. Pengelolaan susu di AS menggunakan 20 persen probiotik untuk mencegah penyakit pada sapi perah, dan untuk meningkatkan kesehatan serta produktivitas pada anak sapi perah. Penggunaan probiotik dapat meningkatkan efisiensi produksi susu (diukur dengan kg produksi susu/kg pakan yang dikonsumsi) pada sapi perah sampai 6 persen. Sementara secara keseluruhan lebih banyak studi ilmiah telah mengevaluasi dampak probiotik pada peningkatan pertumbuhan daripada pencegahan penyakit pada sapi.



Gambar 2. Zat antibakteri dan bakteriostatik terpilih yang diproduksi oleh mikroorganisme probiotik dan aksinya dalam sistem pencernaan ruminansia (Michalak *et al.* 2021).

### **1.3.2. Prebiotik**

Prebiotik didefinisikan sebagai bahan makanan non-pencernaan yang secara menguntungkan mempengaruhi inang dengan secara selektif merangsang pertumbuhan dan aktivitas satu atau sejumlah bakteri di usus besar, dan dengan demikian meningkatkan kesehatan inang. Prebiotik adalah senyawa organik seperti gula tertentu yang ketika ditambahkan ke makanan, tidak dapat dicerna oleh ternak tetapi dipecah oleh mikroorganisme menguntungkan tertentu di usus, yang secara selektif merangsang pertumbuhan mikroorganisme ini dan lainnya.

Prebiotik dengan demikian dapat mendukung keberadaan mikroorganisme menguntungkan di usus. Baik prebiotik maupun probiotik membantu mikroorganisme yang menguntungkan untuk mengalahkan bakteri berbahaya, tetapi mungkin juga memiliki efek lain seperti memodulasi sistem kekebalan tubuh. Namun, berbagai cara produk ini bekerja dan beragam dampak biologis yang dapat ditimbulkannya misalnya, pada sistem kekebalan hewan yang menelannya belum sepenuhnya dipahami.

Secara umum khasiat prebiotik tampaknya ditentukan oleh berbagai faktor, termasuk jenis prebiotik, umur dan spesies ternak, status kesehatan ternak, tipe kandang, dan praktik manajemen, yang semuanya harus dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan apakah akan menggunakan alternatif ini. Pada sapi khasiat prebiotik tampaknya terbatas pada pedet muda. Penambahan beberapa prebiotik pada pengganti susu yaitu pakan cair yang diberikan kepada anak sapi muda yang tidak diasuh oleh induknya, terutama di peternakan sapi perah telah terbukti meningkatkan pertumbuhan dan mencegah penyakit pada anak sapi perah muda. Pertambahan berat badan rata-rata secara signifikan lebih besar ketika diberi diet pengganti susu dengan jenis prebiotik tertentu seperti galaktosil-laktosa dibandingkan ketika diberi diet

pengganti susu tanpa prebiotik. Meskipun relatif sedikit penelitian yang mengevaluasi kemanjuran prebiotik untuk pencegahan penyakit pada anak sapi muda, peningkatan yang signifikan secara statistik dalam kesehatan usus telah dilaporkan. Namun, pedet muda berbeda dengan sapi dewasa karena rumen, bagian dari saluran pencernaan ternak yang membantu memecah bahan tanaman karbohidrat kompleks seperti selulosa, tidak sepenuhnya berkembang sampai pedet mulai menelan bahan tanaman. Prebiotik dengan cepat dicerna dalam rumen yang terbentuk sempurna, dan dengan demikian menjadi tidak efektif.

Prebiotik menghasilkan modulasi spesifik dari mikrobiota usus, khususnya peningkatan jumlah bifidobakteri dan jumlah sel laktobasilus atau penurunan bakteri berbahaya yang potensial dan merupakan kriteria yang cukup untuk promosi kesehatan. Prebiotik yang paling umum digunakan pada ternak adalah karbohidrat seperti inulin, fruktooligosakarida, fruktooligosakarida rantai pendek, oligofruktosa, mannanoligosakarida, transgalactooligosakarida, yang tidak dapat dicerna tetapi dapat difermentasi oleh flora usus.

Mikotoksin adalah metabolit toksik yang diproduksi oleh berbagai kelompok jamur (misalnya *Aspergillus*) yang mencemari tanaman pertanian sebelum panen atau selama penyimpanan pasca panen. Mikotoksin merupakan masalah serius dalam produksi ternak di seluruh dunia. Penelitian lain juga mendapatkan 0,5% dari sodium kalsium aluminosilikat terhidrasi (HSCAS) secara efektif mengurangi toksisitas aflatoksin B1 (AFB1) pada *O. niloticus*. HSCAS mengikat aflatoksin di saluran pencernaan, sehingga mengurangi bioavailabilitas keseluruhan ke aliran darah.

Saat ini probiotik semakin banyak dikombinasikan dengan prebiotik dan sinbiotik. Prebiotik, sebagai komponen sinbiotik, harus memiliki efek menguntungkan pada sistem pencernaan ternak dan bekerja sama dengannya bakteri probiotik. Penggunaan

prebiotik pada sapi, khususnya pada hewan dewasa, terbatas karena kemungkinan degradasi sebagian besar prebiotik dalam rumen. Perbaikan teknologi memungkinkan penggunaan senyawa ini pada sapi potong dan sapi perah. Prebiotik adalah zat yang fermentasi selektifnya menyebabkan perubahan spesifik dalam komposisi atau aktivitas mikroflora gastrointestinal, dengan cara yang menguntungkan. Prebiotik senyawa termasuk protein, peptida, lemak, dan oligo tertentu polisakarida seperti selooligosakarida, inulin, dan laktulosa. Tujuan dari zat ini adalah untuk bertindak sebagai substrat yang bermanfaat bagi kesehatan, strain bakteri alami dalam saluran pencernaan (Tabel 2).

Simbiotik, yaitu kombinasi probiotik dan prebiotik yang disebutkan di atas, didefinisikan sebagai zat bioaktif, atau bahan makanan yang aktif secara fisiologis dengan efek sinergis. Kombinasi ini dimaksudkan untuk menyediakan nutrisi dan pembawa bakteri probiotik. Selain itu, aksi kombinasi semacam itu seharusnya memiliki efek yang lebih kuat pada organisme ternak.

Tabel 2. Zat prebiotik dan aksinya dalam sistem pencernaan ruminansia.

Prebiotik	Efek pada Penyerapan nutrisi	Dampak terhadap Kesehatan
Fructooligo	Meningkatkan efisiensi pakan Efek positif pada sistem saccharides	Meningkatkan hasil kekebalan tubuh pedet dan (FOS) penurunan angka kematian
Galactooligo	Tidak sepenuhnya diketahui	Mungkin efek menguntungkan saccharides hasil penelitian yang berbeda pada LAB disistem pencernaan

Mannanoligo	Terjadi peningkatan panjang Efek positif pada kesehatan saccharides papilla rumen, tinggi vili pedet	Pengurangan intensitas (MOS) jejenum, mungkin terkait diarea peningkatan ketersediaan substratoleh bakteri yang memanfaatkan MOS.
Cellooligo	Percepatan perkembangan usus, Kesehatan dan pengukuran Saccharides	Memperbaiki efisiensi pakan, mikrobiologi tidak berubah (CO) peningkatan pertumbuhan pedet.

Sumber: Michalak et al., (2021).

### 1.3.3. Agen imunostimulan

Imunostimulan terdiri dari sekelompok senyawa biologis dan sintetik yang meningkatkan mekanisme pertahanan seluler dan humoral non-spesifik pada ternak. Zat-zat tersebut seperti kombinasi levamisol dan glukon, peptidoglikon, kitin, kitosan, ragi dan vitamin serta berbagai produk turunan dari tumbuhan dan ternak efektif dalam pencegahan penyakit. Penggunaan kemoterapi dan antibiotik yang mahal untuk mengendalikan penyakit telah banyak dikritik karena dampak negatifnya seperti akumulasi residu dalam jaringan, perkembangan resistensi obat dan immunosupresi, sehingga mengurangi preferensi konsumen terhadap pakan yang diberi antibiotik.

Imunostimulan adalah senyawa alami yang memodulasi sistem kekebalan tubuh dengan meningkatkan daya tahan inang terhadap penyakit yang sebagian besar disebabkan oleh patogen. *O. niloticus* yang diberikan dengan pakan yang mengandung aditif tanaman 0,25% *E. purpurea*, 3% bawang putih (*A. sativum*) atau 3% *Nigella sativa* menunjukkan kelangsungan hidup yang lebih tinggi dalam menanggapi tantangan infeksi dibandingkan dengan tanpa aditif. Dalam praktiknya imunostimulan adalah suplemen

makanan yang menjanjikan untuk membantu pengendalian penyakit beberapa organisme dan meningkatkan resistensi penyakit dengan menyebabkan pengaturan mekanisme pertahanan inang terhadap mikroorganisme patogen oportunistik di lingkungan. Imunostimulan juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan resistensi terhadap infeksi virus, bakteri dan jamur.

#### **1.3.4. Asam organik**

Asam organik, seperti asam sitrat atau asam asetat, juga menjanjikan alternatif untuk promosi pertumbuhan dan pencegahan penyakit.

Serupa dengan alternatif yang telah dibahas sebelumnya, mekanisme dimana asam organik berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan ketika ditambahkan kedalam pakan atau air minum belum dipahami dengan baik. Kemungkinan bahwa kemampuan asam organik untuk membunuh bakteri berkontribusi pada sifat pemacu pertumbuhannya. Selain itu asam organik dapat mempengaruhi mikroflora usus dengan mendukung pertumbuhan bakteri menguntungkan tertentu yang menyukai asam, dan meningkatkan fungsi fisiologis lambung dengan meningkatkan tingkat keasamannya. Beberapa penelitian pada sapi juga telah menunjukkan efek positif dari asam organik pada kinerja dan pencegahan penyakit pencernaan tertentu seperti asidosis rumen, tetapi diperlukan lebih banyak data lagi.

Suatu penelitian telah mengukur lebih lanjut dampak asam organik pada promosi pertumbuhan dan pencegahan penyakit. Dengan menambahkan asam organik ke dalam makanan telah digambarkan memberikan efek pertumbuhan positif langsung, dengan peningkatan kenaikan berat badan pada ayam broiler dan sapi potong yang diberi makan biji-bijian masing-masing sekitar 17 persen dan lebih dari 8 persen. Hasil yang menjanjikan juga telah

dijelaskan pada babi, meskipun di sini efikasi mungkin berbeda menurut kelas produksi dan penggunaannya mungkin dikontraindikasikan pada kasus tertentu, misalnya pada induk babi karena potensi dampak negatif pada produksi susunya.

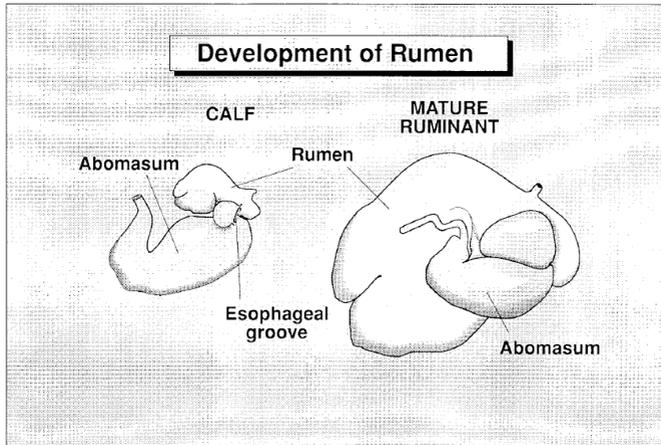
Asam organik dalam pakan juga dapat mengurangi kelangsungan hidup patogen dalam usus. Suplemen asam organik pada anak babi secara signifikan mengurangi kejadian dan keparahan sindrom diare pasca penyapihan dibandingkan dengan babi yang diberi diet tanpa suplemen asam organik.

## **BAB II**

### **ADITIF PAKAN MIKROBA**

#### **2.1. Pendahuluan**

Anatomi dan fisiologi pencernaan ruminansia sangat berbeda dengan ternak nonruminansia, termasuk babi dan manusia. Oleh karena itu aditif pakan mikroba memiliki beberapa tujuan yang sangat berbeda dengan yang digunakan dengan nonruminansia. Selama awal kehidupan, ketika susu merupakan bahan utama makanan, struktur jaringan rumen belum berkembang (Gambar 3.), dan makanan cenderung melewati rumen. Fungsi pertama mikroba aditif pakan selama kehidupan neonatal, pencegahan diare dengan memodifikasi flora usus halus, pada anak sapi dan domba pada dasarnya adalah masalah yang sama seperti pada spesies lain dan aditif pakan mikroba dapat dianggap sebagai probiotik di jalan yang sama. Akan tetapi, pada ruminansia muda, manfaat komersial juga dapat diperoleh dengan meningkatkan laju perkembangan flora dan fauna rumen dan dengan demikian mempercepat permulaan penyapihan.



Gambar 3. Perkembangan lambung depan ruminansia (Wallace and Newbold, 2007).

Aditif mikroba dapat berkontribusi pada perkembangan ini. Terakhir, setelah fermentasi terjadi pada ternak dewasa, pertimbangan berubah sekali lagi. Meningkatkan pemecahan serat dan menstabilkan fermentasi kemudian menjadi yang paling penting. Aditif pakan mikroba dapat menguntungkan ketiga tujuan pada ruminansia, tetapi jenis aditif yang paling cocok untuk situasi produksi akan bergantung pada tujuan yang harus dipenuhi (Wallace and Newbold, 2016).

## 2.2. Pra-Ruminansia: Pencegahan Diare

Diare yang disebabkan oleh bakteri enterotoksigenik yang menyerang usus merupakan kendala ekonomi yang serius pada pemeliharaan ternak muda. Sekitar 6,5% anak sapi mati karena gangguan usus selama bulan pertama kehidupan, sementara kasus infeksi yang lebih ringan mungkin mengurangi penyerapan nutrisi

usus dan kinerja ternak menyatakan bahwa *Escherichia coli* cenderung menyebabkan diareterutama pada hewan muda (<1 minggu) sementara peningkatan jumlah coliform juga terlihat sekitar waktu penyapihan. Untuk menginduksi diare dengan produksi enterotoksin, *Escherichia coli* pertama-tama harus bekerja pada usus. Telah dikemukakan bahwa probiotik dapat digunakan baik untuk menggantikan *Escherichia coli* enterotoksigenik dari dinding usus atau untuk mempromosikan populasi bakteri yang baik kecuali coliform dari usus. *Lactobacillus acidophilus* menurunkan jumlah coliform di usus anak sapi. Strain *Lactobacillus acidophilus* awalnya yang diisolasi dari anak sapi lebih efektif dalam hal ini daripada yang diisolasi dari babi. *Lactobacillus acidophilus* sendiri atau dalam kombinasi dengan *lactobacilli* lainnya telah dilaporkan mengurangi gerusan dan meningkatkan pertambahan bobot hidup pada pedet di beberapa tempat (Wallace dan New Bold, 2016). Campuran *Lactobacillus* juga telah efektif dalam mengurangi kematian pada domba yang mengalami stres penyapihan. *Lactobacilli* hidup lebih efektif daripada sel mati. Bakteri lain juga telah digunakan. *Streptococcus faecium* telah dilaporkan mengurangi gerusan dan meningkatkan penambahan berat badan antara kelahiran dan penyapihan. Campuran *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus faecium* mengurangi kejadian diare hingga hampir 70% dan kematian hingga 99% ketika diberikan kepada pedet antara kelahiran dan usia 5 hari.

*Bacillus acidophilus* dan *Bacillus toyi* keduanya telah dilaporkan mengurangi gerusan pada pedet muda. Walaupun hasil di atas menunjukkan bahwa *lactobacilli* dan *streptococci* dapat mengurangi diare pada ruminansia muda, modus tindakan mereka masih sulit dipahami. Seperti disebutkan di atas *lactobacilli* telah terbukti mencegah coliform kolonisasi usus pada pedet, sedangkan *streptococci* telah terbukti mencegah proliferasi coliform di usus

spesies non-ruminansia. Beberapa penjelasan telah dikemukakan untuk menjelaskan efek *lactobacilli* dan *streptococci* pada *E. coli* di usus. Adhesi ke dinding usus mungkin mencegah kolonisasi oleh coliform. Sebagai alternatif bakteri ini dapat menetralkan enterotoksin dengan cara tertentu. *Lactobacilli* telah terbukti menghasilkan metabolit yang belum teridentifikasi yang mampu menetralkan enterotoksin *E. coli* pada babi. Mikroba tersebut dapat menghasilkan asam organik dan dengan demikian mengurangi pH lambung. Kondisi asam menghambat pertumbuhan *E. coli* secara *in vitro*. Karena banyak strain *lactobacilli* dan *streptococci* menghasilkan asam laktat dalam jumlah besar secara *in vitro*, disarankan bahwa mereka dapat mengurangi pH usus dan dengan demikian mengurangi pertumbuhan berlebih *E. coli*. Strain probiotik mungkin memiliki aktivitas bakterisidal. *Lactobacilli* telah dilaporkan untuk menghasilkan hidrogen peroksida, yang bersifat bakterisidal *in vitro*. *L. lactis* menstimulasi sistem laktoperoksidasetiosianat di usus anak sapi, yang mengurangi kemampuan *E. coli* untuk bertahan hidup di usus. *E. coli* menjajah usus jika zat pereduksi digunakan untuk membalikkan efek laktoperoksidase tiosianat. Newman *et al.* (1990) mengidentifikasi faktor stabil-panas, >5.000 Dari yang diproduksi oleh *Enterococcus faecium* yang mampu menghambat pertumbuhan *E. coli*, *Enterococcus faecalis* dan bakteri terkait lainnya. Namun, pentingnya zat tersebut secara *in vivo* masih belum jelas.

### **2.3. Pra-Ruminansia: Percepatan Pengembangan Rumen**

Pada ruminansia muda, jarak antara ujung kerongkongan dan orifisium retikulo-omasal, tempat makanan meninggalkan rumen, kecil (Gambar 3.). Hewan muda memiliki refleks yang menutup kerongkongan vestigial di antara dua lubang ini, yang

disebut alur esofagus, sehingga makanan mengalir langsung dari kerongkongan ke omasum dan kemudian ke abomasum. Beberapa susu pasti tumpah ke dalam rumen, namun menyediakan substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme. Seperti mamalia muda lainnya ruminansia dilahirkan dengan saluran gastrointestinal yang steril. Namun kolonisasi bakteri cepat dengan *E. coli* terdeteksi di semua area saluran pencernaan domba dan anak sapi 8 jam setelah lahir, dan lactobacilli dan streptococci terdeteksi dari 24 jamseterusnya. Pada ternak yang sehat *lactobacilli* dengan cepat mengkolonisasi usus, menggantikan coliform dan mencapai populasi 10<sup>7</sup>-10<sup>9</sup>/g di seluruh usus pada usia 1 minggu. Banyak buktisekarang ada sebagian besar anaerob yang menjadi dominan dalam rumen dewasa, bahkan metanogen, sudah ada di dalam rumen satu atau dua hari setelah lahir.Oleh karena itu, salah satu tujuan aditif pakan mikroba adalah untuk meningkatkan pertumbuhan organisme ini dan untuk menetapkan sebgaisecepat mungkin fermentasi yang sehat dan mencerna serat dalam rumen.Saat ternak mulai mengkonsumsi pakan padat, populasi mikroba dalam rumen meningkat dan mulai menyerupairuminansia dewasa. Produk akhir fermentasi mikrobamendorong perkembangan dan perluasan sedemikian rupapenyapihan rumen berkembang dengan baik sebagai organ pencernaan dan penyerapan. Perkembangan rumen yang cepat dan transisi yang sukses dari pakan cair ke padat sangat penting dalam profitabilitaspengelolaan peternakan modern, baik dalam hal pengurangan tenaga kerja dan biaya pakan dan karena gangguan pencernaan lebih jarang terjadi pada anak sapi yang disapih dibandingkan dengan anak sapi yang diberi makan cair.

Meskipun ada bukti yang baik bahwa aditif pakan mikroba dapat bermanfaat bagi pedet tanpa harus mempengaruhi prevalensi diare, sedikit mikrobiologi telah dilakukan untuk menentukan cara kerjanya, khususnya dalam hal rumen. *Lactobacillus spp.*

umumnya dianggap tidak sesuai dengan dewasa flora rumen. Mikroba menghasilkan asam laktat, yang bermasalah dalam pemeliharaan pH rumen yang stabil. Aktivitas *Enterococci* melawan patogen dalam rumen dapat terjadi, tetapi tidak didokumentasikan. Kemungkinan besar efek dari genera bakteri ini adalah post-ruminal. Inokula probiotik yang mengandung organisme rumen mungkin berguna dalam mempromosikan perkembangan flora dewasa, tetapi sejauh ini hanya digunakan secara eksperimental. Theodorou *et al.* (1990) melaporkan bahwa probiotik berdasarkan jamur rumen anaerobik *Neocallistix sp.* meningkatkan asupan dan penambahan bobot hidup pada pedet setelah disapih, sementara ekstrak rumen yang distabilkan meningkatkan penambahan bobot hidup dan merangsang perkembangan rumen pada pedet selama penyapihan. Produk berdasarkan ragi atau jamur aerobik digunakan pada ruminansia muda maupun dewasa. Ekstrak *A. oryzae* merangsang asupan bahan kering pada anak sapi dan membiarkan mereka disapih lebih awal. Perkembangan rumen dirangsang oleh *A. oryzae*, dengan jumlah bakteri total, amilolitik, pektinolitik, selulolitik dan hemiselulolitik yang lebih tinggi dari minggu ke-2 kehidupan seterusnya. Ekstrak jamur yang ditambah dengan *Streptococcus bovis* merangsang jumlah bakteri dalam rumen anak sapi selama 30 hari pertama setelah lahir. Persiapan serupa merangsang fermentasi rumen didomba yang baru disapih. Cara kerja ekstrak jamur pada praruminansia hanya bisaperspekulasi saat ini, tetapi masuk akal untuk menyarankan bahwa mereka mungkin melibatkan penghilangan O<sub>2</sub>, yang menghambat anaerob yang ketat, atau bahwa mereka mengandung enzim yang meningkatkan pencernaan serat oleh flora asli, seperti yang terjadi pada ruminansia dewasa.

## **2.4. Penggunaan Aditif Pakan Mikroba Ruminansia Dewasa**

Ragi dan produk sampingan yang mengandung ragi telah digunakan dalam pakan ruminansia selama bertahun-tahun. Pada tahun 1925 Eckles dan Williams menerbitkan sebuah laporan tentang penggunaan ragi sebagai pakan tambahan untuk sapi laktasi dan ragi telah berhasil digunakan sebagai sumber protein dalam pakan ruminansia. Penerapan ragi tingkat rendah (<1% dari diet DM) pada pakan sapi perah pertama kali mendapat perhatian pada tahun 1940-an dan 50-an. Dilaporkan bahwa penambahan 50 g/hari ragi aktif meningkatkan produksi susu sebesar 1,1 kg/hari. Dilaporkan peningkatan 6% dalam perolehan harian sapi jantan yang diberi makan 8 g/hari ragi kering aktif. Namun, hasilnya bervariasi dengan banyak penelitian yang melaporkan sedikit atau tidak ada peningkatan produksi. Penggunaan *A. oryzae* sekali lagi tampaknya ada variabilitas dalam respon (Newbold, 1990). Di mana tanggapan terhadap aditif pakan jamur ini terjadi, mereka tampaknya memperbaiki nutrisi pertumbuhan atau ruminansia dewasa jauh lebih banyak daripada yang diharapkan dari komposisi nutrisi bruto mereka.

## **2.5. Penggunaan Aditif Pakan Jamur Ruminansia Dewasa**

Produk yang paling dikenal adalah Yea-sacc (berdasarkan *S. cerevisiae*; Alltech Inc., Nicholasville, KY 40356, AS), Diamond V Yeast Culture (juga *S. cerevisiae*; Diamond V Mills, Cedar Rapids, IA 52407, USA), dan Amaferm (*A. flavus-oryzae*; BioZyme Enterprises Inc., St. Joseph, MO 65404, USA). Peningkatan jumlah produk menjadi tersedia secara internasional.

Tidak ada alasan untuk menganggap bahwa ini tidak efektif, terutama jika data produksi tersedia.

Tidak semua ragi atau preparat *A. oryzae* menghasilkan efek yang sama pada fermentasi seperti yang lain, dan karena itu tidak semua ragi atau jamur diharapkan memiliki efek nutrisi yang sama. Produk ragi disuplai sebagai campuran sel ragi hidup dan mati bersama dengan elemen media tempat ragi tumbuh, atau bahan terlarut kering penyuling. Karena komponen media diklaim penting dalam aktivitas produk, terminologi yang diterima untuk suplemen adalah "kultur ragi" (YC) bukan hanya ragi. Ekstrak fermentasi *A. oryzae* (AO), di sisi lain, terdiri dari spora jamur dan miselium yang dikeringkan di atas dasar dedak gandum. Kelangsungan hidup dari Persiapan tampaknya sangat berbeda. Kultur khamir memiliki viabilitas 10<sup>9</sup>-10<sup>10</sup> sel hidup/g atau 2 x 10<sup>7</sup> sel hidup/g tergantung produknya, sedangkan fermentasi *A. oryzae* ekstrak mengandung 1,6 x 10<sup>3</sup> sel hidup/g (Newbold et al., 1991). Aditif pakan jamur dapat digunakan baik lewat ditaburkan pada pakan atau dengan dimasukkan ke dalam pakan majemuk. Eksperimen juga telah dilakukan di mana *A. oryzae* diberikan sebagai inokulan untuk silase.

## **2.6. Respons Produksi Susu dan Daging Terhadap Aditif Jamur**

Produksi ruminansia baik daging atau susu secara umum meningkat setelah menerima aditif pakan jamur. Seperti yang diulas Williams dan Newbold (1990) bahwa 8 percobaan dengan AO menghasilkan rata-rata 4,3% peningkatan produksi susu. Analisis serupa dari 9 percobaan YC menghasilkan peningkatan rata-rata 5,1%. Rata-rata ini dihitung dari kisaran 91,0-112,0% untuk AO dan 96,3-116,7% untuk YC, oleh karena itu dapat dikatakan mempunyai respons yang lebih baik di bawah diet atau nutrisi optimal. Wallace dan Newbold (1993) meringkas hasil dari

18 studi laktasi dengan ragi dan menyimpulkan bahwa respon berkisar dari penurunan 6,8% sampai peningkatan produksi susu sebesar 17,4%. Nilai rata-rata adalah 7,8%. Peningkatan produksi susu total dan koreksi lemak masing-masing sebesar 3,1 dan 9,3% sebagai respons terhadap YC. AO memberikan peningkatan kandungan protein susu sebesar 2% pada suatukawanan susu komersial. Sedikit informasi yang tersedia untuk ruminansia yang sedang tumbuh daripada hewan menyusui. Pertambahan bobot hidup yang lebih baik, seperti produksi susu, telah diamati dalam beberapa penelitian tetapi tidak pada yang lain. Adams et al. (1981) menemukan bahwa sapi jantan mengalami peningkatan berat badan harian sebesar 1,39 kg dengan YC dibandingkan dengan 1,34 kg pada kontrol. Seperti banyak tanggapan sebesar ini, peningkatannya tidak mencapai signifikans secara statistik. Tidak terdapat peningkatan yang signifikan dengan penggunaan YC dalam kenaikan bobot hidup dari 135 kg sampai pematangan, walaupun sekali lagi trennya menguntungkan. Sapi potong dan anak sapi diberi makan padang rumput yang berkualitas rendah dapat meningkatkan pertambahan berat badan dari 0,57 menjadi 0,80 kg/hari dengan AO (Wiedmeier, 1989).

Fitur penting dari keefektifan YC dan AO tampaknya adalah pakan dan kebutuhan nutrisi ternak. Hal ini menunjukkan betapa sensitifnya efek YC terhadap perubahan pola makan yang relatif kecil komposisi. Respons produksi susu 4,1 kg/hari terhadap YC yang ditambahkan kedalam pakan denganimbangan 40:60 jerami: konsentrat turun menjadi nol ketika rasionya 50:50; respon produksi susu terjadi dengan jerami sebagai hijauan tetapi tidak dengan jerami yang diberi amonia. Ditemukan interaksi serupa dengan rasio hijauan: konsentrat untuk AO pada sapi, dan bahwa suplemen AO meningkatkan produksi susu sapi yang diberi pakan hijauan normal tetapi tidak tinggi. Sebaliknya, tanggapan asupan 26% terjadi ketika AO diberikan melalui kanula rumen untuk

mengarahkan rumput musim dingin yang merumput, respon bervariasi sesuai dengan umur rumput. Perlu kajian lagi yang harus dilakukan untuk menggambarkan hubungan ini untuk pakan yang berbeda. Respons terhadap aditif pakan jamur, seperti aditif pakan lainnya seperti suplemen protein, harus bergantung pada persyaratan dan manajemen ternak. Jadi sapi di awal laktasi merespon lebih baik terhadap YC daripada di tahap selanjutnya. Demikian pula dengan tanggapan terhadap AO adalah terbesar di awal dibandingkan dengan pertengahan atau akhir laktasi. Efek nutrisi ini akan mempersulit penyelidikan interaksi pakan, dan itu akan membantu jika mode aksi YC yang tepat dan AO dikenal.

## **2.7. Efek Aditif Jamur Pada Konsumsi dan Pencernaan**

Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa, di mana respons diamati, aditif pakan jamur meningkatkan asupan pakan daripada mengubahefisiensi konversi pakan. Hanya kadang-kadang peningkatan efisiensi pakan merupakan keuntungan. Williams dan Newbold (1990) menghitung bahwa peningkatan asupan sapi perah berhubungan baik dengan efek yang diamati pada produktivitas. Oleh karena itu, efek utama dari aditif pakan jamur dianggap sebagai didorong oleh asupan. Banyak faktor yang diketahui mempengaruhi nafsu makan, tetapi yang telah dipertimbangkan untuk YC dan AO pada ruminansia adalah palatabilitas, laju pencernaan serat sehingga secara langsung mempengaruhi pengisian saluran cerna, laju aliran digesta, dan status protein.

Ekstrak ragi dan produk fermentasi *A. oryzae* banyak digunakan sebagai penguat rasa pada makanan manusia. Efek serupa dari YC dan AO pada penerimaan pakan untuk ruminansia tidak bisa dikesampingkan. Produknya pasti memiliki bau yang

menyenangkan, dan kemampuan ragi untuk memproduksi asam glutamat bisa menguntungkan rasa bahan pakan yang dilengkapi dengan YC. Sementara palatabilitas perbaikan pasti tidak ada salahnya, sekarang ada bukti kuat bahwa aditif pakan jamur memiliki lebih mendasar pada efek metabolisme.

Asupan pakan yang lebih baik diharapkan terjadi jika pencernaan serat dalam rumen ditingkatkan. Yang terakhir kadang-kadang terlihat, tetapi tidak selalu, ketika pengukuran yang dilakukan adalah total pencernaan saluran pencernaan. Peningkatan DM, ADF dan hemiselulosa pencernaan total saluran dengan AO, YC dan kombinasi AO dan YC pada sapi kering yang diberi pakan campuran hijauan dan konsentrat. Dalam tiga percobaan dengan sapi, Gomez-Alarcon *et al.* (1990) mengamati bahwa, dengan pengecualian pakan yang mengandung hijauan tinggi (63% jerami alfalfa), AO menyebabkan peningkatan total DM saluran, pencernaan ADF dan NDF. Tanggapan serupa terhadap AO diamati pada pengembalaan sapi jantan, tetapi hanya pada satu dari tigamusim panas. AO meningkatkan pencernaan DM dalam percobaan di mana tidak ada respons asupan yang signifikan terlihat. Sebaliknya, tidak terdapat peningkatan pencernaan pada cuaca dengan pemberian pakan aditif AO. Tidak ada efek pada sapi yang diberi makan YC. Sebuah produk gabungan AO-YC tidak berpengaruh pada tingkat pencernaan pada sapi dara yang diberi pakan jerami orchardgrass 50% (Firkins *et al.*, 1990). Pencernaan total saluran bagaimanapun dapat menyembunyikan perubahan besar di lokasi atau tingkat degradasi serat di saluran. Jika degradasi serat dalam rumen distimulasi, ini mungkin hanya mengurangi residu bahan yang biasanya dipecah di hindgut, menghasilkan daya cerna keseluruhan yang sama. AO dan SC merangsang pemecahan serat dalam rumen, secara efektif mengalihkan lebih banyak pencernaan ke rumen dari usus bagian bawah. AO merangsang 28% tingkat kerusakan jerami yang

tersuspensi dalam kantong nilon dalam rumen, meskipun tingkat akhir degradasi tidak berubah (Gambar 2.). Pemberi pakan YC pada domba memberikan efek yang sama pada pencernaan jerami dalam penelitian Chademana dan Offer (1990). Tidak ada perubahan yang ditemukan pada OM, NDF atau pencernaan energi bruto dari tiga ransum dengan rasio hijauan-konsentrat yang berbeda, dan degradasi jerami dalam rumen selama 48 jam tidak berubah. Namun, degradasi OM 24 jam meningkat sebesar 11,6, 15,6 dan 12,1% masing-masing pada pakan hijauan rendah, sedang dan tinggi. Pola serupa secara in situ kerusakan diamati dengan AO pada sapi perah non-laktasi yang diberi makan terutama brangkas jagung. Ditingkatkan pencernaan pada 24 tetapi tidak 48 jam juga terjadi dengan AO secara *in vitro* dan di rumen domba.

Faktor penting lain yang dapat mempengaruhi asupan adalah laju keluar digesta dari rumen. Penggunaan aditif pakan jamur yang telah dicampur menghasilkan penurunan laju aliran cairan dan partikel dengan AO dan meningkat dengan laju yang sama dengan YC. Aliran keluar cairan distimulasi oleh YC pada campuran yang tumbuh di bawah kondisi penggemukan, tetapi tidak terpengaruh secara signifikan pada domba yang menerima YC. Domba yang menerima jerami tidak menunjukkan perubahan aliran keluar cairan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa peningkatan asupan yang mendorong respons produksi terhadap aditif pakan jamur kemungkinan besar disebabkan oleh tingkat peningkatan kerusakan bahan makanan dalam rumen. Stimulasi, terutama pencernaan serat, tidak perlu mempengaruhi penguraian akhir rumen atau total pencernaan saluran.

# **BAB III**

## **MIKROBIOLOGI RUMEN**

### **3.1. Pendahuluan**

Rumen adalah perut pertama sapi, kerbau, domba, dan kambing. Semua pencernaan di organ ini dilakukan oleh populasi mikroba yang terdiri dari protozoa ciliata, bakteri anaerob, dan jamur anaerob. Bakteri secara genetik sangat beragam, berasal dari banyak asal yang berbeda, sedangkan protozoa bersifat monofiletik, diduga berevolusi dari protozoa simbiotik yang menetap di dalam rumen 30-40 juta tahun lalu. Jamur memiliki beberapa morfotipe, tetapi ini sangat erat hubungannya satu sama lain. Jamur berasosiasi dengan bahan berserat dalam rumen dan karena itu sulit dilihat pada komunitas campuran. Campuran organisme ini bergabung untuk mencerna pakan, dan merupakan produk pencernaan mikroba yang membentuk nutrisi yang tersedia bagi ternak ruminansia itu sendiri.

### **3.2. Pengaruh Aditif Pakan Mikroba Terhadap Mikrobiologi Rumen**

Ragi dan jamur muncul secara alami dalam komunitas mikroba rumen. Hingga  $1,3 \times 10^5$  ragi/ml tumbuh ketika pengenceran cairan rumen sapi diinkubasi pada  $25^{\circ}\text{C}$ , tetapi hanya  $3,5 \times 10^3$ /ml yang tumbuh pada suhu  $39^{\circ}\text{C}$ , menunjukkan bahwa khamir yang ada biasanya adalah anggota sementara, masuk dengan pakan ternak. Sembilan spesies yang berbeda diidentifikasi, tidak ada yang merupakan *Saccharomyces*. Jumlah ragi serupa pada domba. Populasi ragi alami tidak terdeteksi pada beberapa sapi jantan yang diberi pakan serat kasar, dan ragi juga tidak terdeteksi

ketika cairan rumen digunakan dalam kultur kontinyu *in vitro*. Jadi ragi khususnya *S. cerevisiae*, biasanya bukan merupakan anggota yang signifikan dari komunitas mikroba rumen. Suhu normal cairan rumen 39°C dan komposisi kimia cairan rumen cenderung menghambat pertumbuhan *S. cerevisiae* secara *in vitro*. Jumlah jamur aerob dalam rumen domba yang diberi pakan jerami adalah  $4,2 \times 10^5$ /ml pada ternak kontrol dan  $5,8 \times 10^5$ /ml pada hewan yang menerima AO. Populasi jamur aerobik lebih kecil pada sapi yang diberi diet campuran ( $1,7 \times 10^3$ /ml), dan tidak ada peningkatan signifikan yang terjadi sebagai respons terhadap peningkatan jumlah AO.

Peningkatan substansial dalam jumlah total bakteri anaerob (TVC) yang layak dalam rumen ketika ruminansia diberi pakan aditif jamur pertama kali diamati secara *in vivo* dengan AO (14%) dan YC (30%) oleh Wiedmeier *et al.* (1987). Peningkatan 58% pada TVC dengan YC, dan peningkatan TVC hampir lima kali lipat ketika sapi jantan diberi makan YC. Peningkatan besar juga diamati secara *in vitro*. Frumholtz *et al.* (1989) menemukan peningkatan 79% pada TVC dengan AO, dan peningkatan substansial ditemukan dalam penelitian selanjutnya dengan AO (Newbold *et al.*, 1992), dan peningkatan lebih dari sepuluh kali lipat terjadi sebagai respons terhadap YC dalam kultur kontinu. Wallace dan Newbold (1993) merangkum data yang tersedia untuk ragi; stimulasi rata-rata di semua studi adalah 52%. Jelas peningkatan besar pada TVC tidak mencerminkan perubahan total bakteri protein hadir, mengingat kecil atau tidak ada efek pada hasil mikroba. Beberapa penjelasan yang mungkin, seperti kemungkinan bahwa ukuran sel rata-rata berkurang dengan aditif pakan jamur, atau rumpun sel berdisosiasi untuk membentuk lebih banyak unit pembentuk koloni tidak mungkin. Kemungkinan besar lebih banyak bakteri yang hidup, yaitu lebih sedikit yang mati, ketika aditif pakan jamur digunakan. Jadi YC dan AO harus masuk beberapa cara memperbaiki kondisi

untuk pertumbuhan bakteri rumen. Pertumbuhan bakteri selulolitik juga dirangsang oleh aditif pakan jamur. Ukuran populasi secara *in vivo* cenderung meningkat secara proporsional sedikit lebih banyak dari pada peningkatan total populasi. Secara *in vitro* efek pada bakteri selulolitik kadang-kadang jauh lebih besar dari pada total populasi.

Protozoa ciliate terdiri hingga setengah dari total biomassa mikroba dalam rumen (Williams dan Coleman, 1988) dan terutama bertanggung jawab atas kerusakan dan resintesis protein bakteri yang boros yang mengurangi hasil mikroba. Mereka juga berkontribusi pada selulolisis. Namun meskipun penting beberapa jumlah protozoa tampaknya telah dilaporkan pada ruminansia yang diberi pakan aditif jamur. Jumlah protozoa berkurang hampir setengahnya pada penelitian metode Rusitec ketika AO ditambahkan, tetapi jumlahnya tidak terpengaruh pada domba (Newbold *et al.*, 1992) dan cenderung meningkat dengan AO pada sapi. AO tidak berpengaruh pada aktivitas predator protozoa pada bakteri secara *in vitro*. Kategori utama ketiga mikroorganisme rumen, yaitu jamur anaerobik, yang sangat selulolitik, juga mendapat sedikit perhatian sehubungan dengan aditif pakan jamur. AO cenderung meningkatkan jumlah jamur dalam rumen digesta sapi yang menerima AO. Jamur kedua, tidak teridentifikasi, hadir dengan *Aspergillus* menempel pada partikel serat di duodenum sapi yang menerima AO. Jamur anaerobik jumlahnya lebih sedikit daripada jamur aerobik dirumen sapi dan tidak ditingkatkan oleh AO. Ketika AO ditambahkan langsung ke kultur murni dari *Neocallimastix frontalis*, *Neocallimastix patriciarum* dan *Sphaeromonas communis*, tidak berpengaruh pada produksi gas oleh spesies utama jamur anaerob rumen. Jadi sebagian besar bukti yang tersedia menunjukkan bahwa aditif pakan jamur memiliki sedikit efek pada populasi alami jamur anaerob yang tumbuh di rumen (Newbold *et al.*, 1992).

### 3.3. Modulasi Mikrobiom Rumen Menggunakan Aditif Pakan Fitogenik

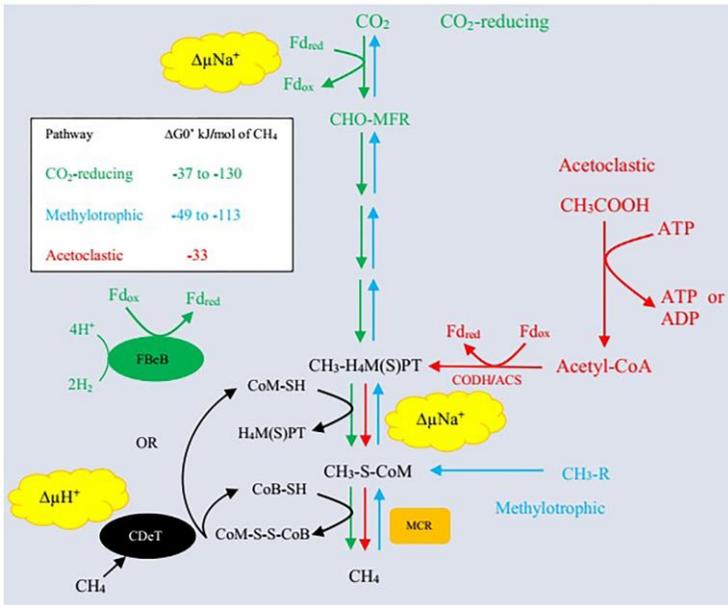
Ruminansia dapat mengubah bahan tanaman berserat dan tidak berserat menjadi produk berharga seperti daging dan susu dengan bantuan mikroba rumen. Rumen didiami berbagai mikroba seperti bakteri, protozoa, jamur, archaea, dan bakteriofag. Suatu hubungan simbiosis ada antara mikroba rumen dan hewan inang di mana keduanya memberikan zat yang didambakan masing-masing lainnya terutama dalam tiga cara: (1). mastikasi dan ruminasi memperluas luas permukaan partikel umpan untuk perlekatan mikroba dan pencernaan, dan akibatnya, mikroba mengeluarkan enzim fibrolitik untuk degradasi selulosa, dan hemiselulosa; (2). membawa gerakan rumen (peristaltik dan antiperistaltik). mikroba dalam kontak dengan substrat segar dengan pencampuran digesta dan akibatnya menghasilkan produk fermentasi, khususnya VFA; dan (3). eliminasi produk fermentasi dengan eruktasi dan penyerapan sangat penting untuk menjaga kondisi ideal pH untuk pengembangan mikroba dan pemanfaatan non-protein nitrogen. Bakteri ruminal adalah mikrobioma yang paling umum, dan populasinya diukur dengan hitungan langsung biasanya 10<sup>11</sup> sel per gram isi rumen (4). berjumlah lebih dari 200 spesies. Bakteri berkoloni di dalam rumen dan memiliki peran mayor dalam metabolisme karbohidrat dan nitrogen pakan dan memanfaatkan serat, pati, protein, dan gula. Umumnya rumen bakteri menggunakan quorum sensing berbasis lakton homoserin berkomunikasi satu sama lain. Genera bakteri ruminal yang paling penting adalah *Butyrivibrio*, *Prevotella*, *Ruminococcus*, dan *Pseudobutyrvibrio*. Terutama emisi CH<sub>4</sub> tergantung pada kelimpahan bakteri penghasil H<sub>2</sub> dalam rumen. Jamur ruminal terdiri dari 5%-20% dari total mikrobiota di rumen. Jamur anaerobik dikenal sebagai pemain kunci untuk

pemecahan serat lignoselulosa. Jamur anaerobic dianggap sebagai salah satu agen pendegradasi serat yang paling kuat, karena kumpulan enzim mereka yang aktif dan ekstensif untuk merusak polimer tanaman. Jamur menghasilkan enzim penting untuk pencernaan bahan tanaman, termasuk *selulase*, *xilanase*, *mannanase*, *esterase*, *glukosidase*, dan *glukanase*. Jamur rumen juga memiliki amilolitik dan kegiatan proteolitik. Tindakan jamur anaerob dipromosikan oleh archaea metanogenik. Namun pemahaman saat ini fungsi eukariota rumen jauh lebih sedikit daripada fungsi rumen bakteri, terutama karena anotasi terbatas dari transkriptom dan ketersediaan urutan multi-genom. Kombinasi anaerobic jamur (*Caecomyces*) dan *Methanobrevibacter* yang mempunyai kemampuan lebih besar untuk mendegradasi lignoselulosa dan menghasilkan metan dibandingkan dengan kombinasi bakteri dan metanogen, dan pengayaan isi rumen utuh. Protozoa ruminal mewakili sekitar 20%-50% dari total biomassa mikroba dan umumnya dikelompokkan menjadi flagelata dan ciliate. Proporsi flagelata untuk keseluruhan fermentasi rumen diabaikan. Namun, protozoa ciliate memiliki dasar berfungsi dalam fermentasi rumen karena menelan yang dapat mengfermentasi karbohidrat dan mencegah fermentasi bakteri alternatif yang sebaliknya akan menurunkan pH dan meningkatkan timbulnya asidosis asam laktat. Ada korelasi positif antar protozoa rumen dan produksi asam lemak volatil dan CH<sub>4</sub>. Protozoa ciliate dapat meningkatkan hasil metabolisme rumen mikrobioma; misalnya, asetat, butirir, iso-butirir, dan isovalerat konsentrasi ditingkatkan dalam mikrokosmos diinkubasi dengan populasi protozoa. Hidrogenosom dari protozoa rumen terlibat dalam produksi H<sub>2</sub>, yang kemudian diubah menjadi CH<sub>4</sub> oleh metanogen melalui jalur hidrogenotrofik. Sekitar 11% pengurangan output CH<sub>4</sub> telah diamati karena defaunasi protozoa.

Archaea mewakili domain utama ketiga dari mikroba rumen yang merupakan sekitar 21% dari mikrobioma rumen. Archaea metanogenik termasuk dalam filum Euryarchaeota dan di mana-mana terlibat dalam metanogenesis. Methanogen rumen memiliki hubungan sinergis dengan bakteri dan hubungan simbiosis dengan protozoa sebagai <1% dari total populasi mikroba. Substrat yang berbeda digunakan selama metanogenesis termasuk format, atau asetat, metanol, H<sub>2</sub>, metilamina, dan CO<sub>2</sub>. Metan diproduksi terutama melalui tiga jalur: (i). terutama oleh pengurangan CO<sub>2</sub> melalui jalur hidrogenotropik, (ii). lebih sedikit dari penggunaan gugus metil melalui jalur methylotrophic, dan (iii). bahkan lebih sedikit melalui asetat (jalur acetoclastic) produksi (Gambar 1). Jalur metanogenik terdiri dari tiga tahap: pertukaran set metil ke koenzim M (CoM-SH), reduksi metil-koenzim M dengan koenzim B (CoB-SH), dan penggunaan kembali heterodisulfida CoM-S-S-CoB.

Komunitas bakteri ofag juga merupakan suatu komponen penting dari ekosistem mikroba rumen. Suatu studi dilaporkan suatu temuan jumlah bakteriofag yang tidak konsisten dari >10<sup>9</sup> partikel fag menjadi antara 3 × 10<sup>9</sup> dan 1,6 × 10<sup>10</sup> partikel per ml isi rumen. Bakteri ofag memiliki kemampuan lisogenik spesifik terhadap bakteri yang berbedayang membantu dalam pergantian massa bakteri dalam rumen. Karena kurangnya informasi mengenai mekanisme interaksi rumen fag-host dan faktor lingkungan yang mempengaruhi proporsi relatif dan dinamika populasi fag dalam rumen, tidak mungkin untuk menentukan secara pasti apakah keberadaan fag dalam rumen tidak menguntungkan atau menguntungkan. Namun, kemungkinan konsekuensi fungsional dari fag rumen telah diusulkan sebagai (1). konsekuensi nutrisi negative dari lisis bakteri yang diinduksi fag yang mengakibatkan daur ulang nutrisi dalam rumen, (2). efek positif

darimemjaga keragaman populasi bakteri dan memfasilitasi transfer gen, dan (3). konsekuensi negatif dari fag-mediated transfer gen.



Gambar 4. Modulasi senyawa fitogenik terhadap mikrobiom rumen (Hassan et al. 2020).

Tetap melihat peran penting mereka dalam fisiologi pencernaan dan metabolisme nutrisi, modulasi mikrobioma rumen dapat dimungkinkan sebagai strategi praktis untuk memediasi kinetika fermentasi dan metanogenesis. Modulasi mikrobioma rumen dapat dimungkinkan melalui intervensi pakan yang berbeda. Namun, dalam hal ini metabolit sekunder tumbuhan memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan dengan antibiotik untuk memodulasi mikrobiom rumen dan memitigasi emisi CH<sub>4</sub> melalui berbagai mekanisme antimikroba seperti gangguan membran sel, modulasi sinyal jalur transduksi atau ekspresi gen, penghambatan enzim, dan penghambatan kolonisasi bakteri. Metabolit sekunder tanaman biasanya meningkatkan permeabilitas dan fluiditas membran sel,

selanjutnya menyebabkan penghabisan metabolit dan ion dan akhirnya menyebabkan kebocoran sel dan kematian mikroba. Selain itu mereka juga dapat memanipulasi metabolisme rumen dengan meningkatkan permeabilitas membran sel beberapa spesifik bakteri rumen. Mekanisme diduga tindakan terutama meliputi gangguan sitoplasma membran, gangguan gaya gerak proton, aliran elektron, mekanisme transpor aktif, dan koagulasi komposisi sel (Hassan *et al.*, 2020).

# **BAB IV**

## **MANIPULASI FERMENTASI RUMEN**

### **4.1. Pendahuluan**

Tujuan umum memanipulasi fermentasi rumen. Apa yang ingin kita ubah tentang fermentasi di dalam rumen. Serat dicerna tidak sempurna; meningkatkan pencernaannya akan meningkatkan produktivitas. Proteolisis menghancurkan protein berkualitas tinggi dalam pakan dan harus diperlambat. Aktivitas protozoa merusak efisiensi sintesis protein mikroba: aktivitas ini harus ditekan. Bloat dan asidosis adalah gangguan yang menyusahakan akibat tidak berfungsinya dengan baik pencernaan mikroba di dalam rumen. Metangas rumah kaca yang kuat, dan amonia, yang membentuk urea urin, muncul dari fermentasi rumen normal. Gas masing-masing yang dihasilkan tersebut menyebabkan polusi di atmosfer dan air tanah.

Sejumlah strategi telah digunakan untuk meningkatkan fermentasi rumen. Antibiotik dan ionofor telah efektif tetapi dilarang di EC pada awal tahun 2006 untuk alasan keamanan. Aditif biologis termasuk mikroorganisme, enzim dan produk tanaman. Tak satu pun dari aditif yang memanipulasi ini telah diperkenalkan secara rasional sampai sekarang, dalam arti bahwa fungsi target belum teridentifikasi sebelum diperkenalkan. Efeknya baru ditemukan setelahnya manfaat keseluruhan telah diamati. Senyawa tumbuhan alami menawarkan berbagai peluang untuk dikembangkan.

Rumen bisa dibilang merupakan organ terpenting dalam sistem pencernaan ruminansia. Protein mikroba rumen dan sintesis asam lemak volatil (VFA) menyediakan sebagian besar kebutuhan

protein dan energi bagi ruminansia. Masalah fungsi rumen dapat menurunkan asupan, pencernaan, dan kesehatan ruminansia dan berujung pada kematian. Selain itu, fungsi rumen yang tidak efisien mengurangi kinerja dan kesehatan ternak serta berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan.

Aditif pakan biasanya adalah senyawa atau aditif non-nutrisi yang ditambahkan ke dalam pakan untuk meningkatkan pemanfaatan nutrisi pakan, meningkatkan kinerja, meminimalkan risiko penyakit metabolik, dan membatasi dampak buruk pakan terhadap lingkungan. Secara khusus aditif pakan yang ideal harus memiliki atribut berikut:

1. Memodulasi pH rumen dan mengurangi akumulasi laktat.
2. Mengurangi risiko berkembangnya penyakit metabolik seperti diare pada neonatus dan asidosis rumen atau kembung pada ternak yang lebih tua.
3. Meningkatkan perkembangan rumen pada ruminansia neonatus.
4. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi rumen dengan mengurangi metanogenesis rumen dan menurunkan rasio asetat terhadap propionat tanpa mengurangi sintesis lemak susu.
5. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen rumen dengan (i).mengurangi proteolisis, peptidolisis, dan deaminasi asam amino, sehingga meminimalkan produksi dan kehilangan  $\text{NH}_3$  ke lingkungan; (ii).menghambat aktivitas protozoa rumen yang memfagositosis bakteri yang diinginkan, berkontribusi pada proteolisis dan deaminasi, dan berfungsi sebagai inang bagi metanogen; (iii).meningkatkan sintesis protein mikroba dengan memfasilitasi sinkronisasi pasokan energi dan protein rumen atau dengan cara lain.
6. Meningkatkan bahan organik rumen dan pencernaan serat.
7. Meningkatkan level dan efisiensi performan hewan.
8. Hemat biaya dan disetujui oleh otoritas legislatif.

Saat ini pakan adiktif terutama mengandung empat kelas, dan yang satu, mengandung bahan tambahan gizi komposisi seperti bahan mineral, vitamin, asam amino; Kedua, bahan antibiotik untuk mencegah penyakit; Ketiga, bahan pengkondisi pewangi seperti semua jenis esensial untuk memperkuat kelezatan pakan; Yang keempat aditif steroid, zat pengkondisi untuk mempercepat pertumbuhan hewan. Tetapi berbagai aditif yang disebutkan di atas kecuali harganya lebih mahal, dan masalah seperti toksin yang menyebabkan, resistensi terhadap aksi obat serta mengalami dampak yang kuat pada kesehatan manusia, dan metan yang dihasilkan dalam proses fermentasi normal ruminansia adalah sebagai salah satu tambahan masalah yang berdampak pada pemanasan global. Masalah ini juga tidak ada solusi yang efektif saat ini. Diperlukan pengembangan dan penggunaan sejenis aditif pakan fitokimia, saat mengurangi biaya, meningkatkan kualitas produk ternak, mengurangi pelepasan metan ruminansia.

## **4.2. Pengaruh Aditif Pakan Jamur Terhadap Fermentasi Rumen**

Studi nutrisi ruminansia sering disertai dengan perkiraan beberapa parameter yang mudah diukur dalam cairan rumen, termasuk pH, asam-asam lemak volatil (VFA's) dan konsentrasi amonia. Ini sering membantu menjelaskan efek dari manipulasi pakan yang berbeda pada nutrisi hewan inang. Namun, dengan aditif pakan jamur, tren yang dapat dilihat, dengan kemungkinan pengecualian pH rumen, hanya sedikit yang diketahui tentang cara kerja YC dan AO. Efek YC dan AO pada konsentrasi VFA dan amonia dalam cairan rumen selalu kecil dan seringkali tidak signifikan, ketika perbedaan mencapai signifikansi statistik, signifikansi biologisnya rendah. Kemungkinan signifikansi yang jauh lebih besar adalah temuan bahwa YC

merangsang tingkat produksi VFA dari substrat yang berbeda secara *in vitro* dalam cairan rumen yang diambil dari domba yang menerima YC. Produksi metan mewakili kehilangan energi yang cukup besar untuk ruminansia (Hirstov *et al.*, 2013). Hal ini juga terkait erat dengan proporsi relatif VFA yang dihasilkan dan deaminasi asam amino. Dalam studi *in vitro*, peningkatan produksi metan diamati ketika YC ditambahkan ke sistem batch. Penurunan proporsi metan di ruang kepalagas ditemukan ketika AO ditambahkan ke fermentor rumen Rusitec, dan produksi metan menurun pada anak sapi ketika YC dimasukkan dalam pakan. Penelitian *in vivo* lebih jelas diperlukan untuk menentukan seberapa signifikan efek aditif pakan jamur pada produksi metan. pH rumen adalah salah satu penentu fungsi rumen yang paling penting, terutama untuk bakteri selulolitik, yang gagal tumbuh pada pH 6,0 dan di bawahnya. Penurunan pH yang dihasilkan dari peningkatan konsentrat dalam ransum menyebabkan setidaknya sebagian efek asosiatif negatif antara hijauan dan konsentrat: degradabilitas komponen berserat dari makanan dihambat dengan menambahkan konsentrat di atas proporsi tertentu. Aditif pakan jamur biasanya tampak sedikit meningkatkan pH rumen, meskipun hal ini tidak selalu terjadi dan dalam beberapa percobaan YC sebenarnya menyebabkan penurunan pH rumen. Peningkatan pH juga tercatat dalam sistem fermentasi *in vitro*.

Diduga aspek yang paling penting tentang bagaimana aditif pakan jamur mempengaruhi fermentasi rumen sering disembunyikan dalam konsentrasi VFA dan amonia yang diturunkan secara eksperimental dan nilai pH. Variasi konsentrasi amonia dalam cairan rumen dari sapi yang menerima kultur ragi lebih sedikit daripada kontrol, dan jumlah mikroba juga lebih stabil. Fermentasi rumen lebih stabil pada sapi yang menerima suplemen kultur ragi. Puncak pasca-makan dalam konsentrasi laktat dan palung dalam pH menurun secara nyata pada hewan yang

menerima YC. Hasil mikroba merupakan faktor penting dalam nutrisi ruminansia, karena dalam sebagian besar pakan protein mikroba rumen merupakan sumber utama asam amino yang tersedia untuk diserap oleh hewan; sebagian besar protein yang dikonsumsi hewan dihidrolisis oleh bakteri rumen proteolitik.

Pengukuran allantoin urin pada sapi jantan menyiratkan bahwa YC telah meningkatkan hasil mikroba. Peningkatan aliran protein merupakan konsekuensi dari peningkatan protein mikroba dan peningkatan protein makanan yang tidak terdegradasi di dalam digesta di duodenum.

### **4.3. Pengaruh Aditif Pakan Pada profil rumen.**

Asidosis ruminal adalah gangguan nutrisi yang kompleks. Asidosis disebabkan oleh akumulasi asam organik yang dimulaidengan kombinasi konsumsi dalam jumlah besarkarbohidrat yang mudah difermentasi dan tidak mencukupiasupan serat yang efektif secara fisik. Periode berisiko tinggi untuk asidosis terjadi ketika sapi perah diberi makan secara substansial lebih berkonsentrasi dekat dengan partus atau saat sapi pedaging masuk feedlot. Kompleksi dapat terjadi dari suatu bentuk yang relatif ringan di mana gejalanya subklinis akut, mengakibatkan kematian. Tanda-tanda klinis meliputi penurunan kinerja produksi, diare, dehidrasi, ketimpangan, dan penurunan nafsu makan. Definisi klinis asidosis, sebagian besar didasarkan pada pH rumen, tidak konsisten dan dapat membuat ketidakaturan, menyebabkan diagnosis yang tidak akurat terhadap asidosis. Sebenarnya acidosis bukanlah satu penyakit, melainkan derajat keasaman ruminal. Pencantuman aditif pakan adalah salah satu praktik dari beberapa yang digunakan untuk mengurangi risiko asidosis pada industri susu dan sapi daging. Ada bukti substansial tentang hal itu

mendukung penggunaan aditif pakan pada sapi. Namun, relatif sedikit makalah yang ada yang meneliti efek dari kombinasi ini pada profil rumen *in vivo* di produk sususapi. Evaluasi ilmiah efek aditif pakan akan memungkinkan produsen, ahli gizi, dan dokter hewan untuk membuat keputusan manajemen yang diinformasikan ketika mempertimbangkan menggunakan dan membantu dalam pengembangan yang paling bijaksana menggunakan strategi untuk antimikroba dan agen lain yang memodifikasi fungsi rumen.

Penggunaan senyawa aktif tanaman dapat memanipulasi profil fermentasi rumen untuk meningkatkan produktivitas dan status kesehatan hewan. Kegiatan mikroba rumen, termasuk pencernaan dan sintesis protein, pencernaan karbohidrat dan sintesis vitamin, adalah penting untuk mendapatkan profil produksi yang memadai untuk asam lemak volatil (propionat, asetat dan butirat). Terutama propionat, karena sebagian besar pemeliharaan energi dan kinerja pertumbuhan terkait dengan hal itu. Dalam hal ini sifat fitokimia terutama pengujian dalam minyak esensial yang telah dikenal adalah kapasitas anti mikrobanya. Berdasarkan pada aktivitas biologis ini, beberapa peneliti telah mengusulkan penggunaan senyawa tersebut sebagai pengganti modulator antibiotik pemacu populasi pertumbuhan mikroba rumen. Ada empat cara tindakan yang diakui yang menjelaskan bagaimana aditif pakan fitokimia mengerahkan antibakterinya terhadap efek dan perubahan yang terjadi pada mikroba rumen: 1). penghambatan sintesis dinding sel, 2). gangguan struktur dinding sel (mengubah permeabilitas sitoplasma membran), 3). penghambatan sintesis asam nukleat, 4). penghambatan sintesis protein dan penghambatan suatu jalur metabolisme bakteri yang unik. Tindakan ini mengarah runtuhnya aktivitas seluler inti dan akibatnya, mengakibatkan kematian bakteri. Perubahan pada populasi mikroba rumen akibat penggunaan antibiotik promotor pertumbuhan dapat dihasilkan dari perubahan dalam fermentasi rumen, yang mengurangi produksi

metan dan meningkatkan jumlah asam-asam lemak volatil, terutama asam lemak seperti asam propionat. Secara keseluruhan perubahan ini meningkatkan efisiensi pakan. Dalam kebanyakan kasus, efek positif dari minyak esensial, seperti sebagai peningkatan propionat dan penurunan asetat, metan dan produksi amonia nitrogen, tanpa mengurangi total produksi asam lemak volatil. propionat. Secara keseluruhan, perubahan ini meningkatkan efisiensi pakan. Dalam kebanyakan kasus, efek positif dari minyak atsiri, seperti sebagai peningkatan propionat dan penurunan asetat, metan dan produksi ammonia.

Selain itu beberapa penelitian menunjukkan perubahan yang menguntungkan pada fermentasi rumen dan menemukan penurunan rasio asetat: propionat. Efek penambahan ekstrak lucerne, ekstrak *Artemisiae annuae* dan herbal campuran obat untuk pakan kambing yang berbeda pada fermentasi *in vitro* dan produksi metan. Penggunaan fitokimia ini mengurangi produksi metan, meningkatkan konsentrasi propionat dan penurunan jumlah protozoa. Demikian juga penggunaan fitokimia ekstrak jahe merah dapat mengurangi produksi gas metan dan penurunan jumlah protozoa (Tuwaidan, 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa phytochemical mencegah degradasi protein sebagai akibat dari penurunan konsentrasi nitrogen amonia.

#### **4.4. Pengaruh minyak esensial terhadap fermentasi rumen**

Minyak esensial tampaknya menjadi alternatif alami untuk penggunaan aditif antibiotik promotor pertumbuhan pada pakan ternak. Bahkan beberapa percobaan telah menunjukkan bahwa penggunaan beberapa ekstrak tumbuhan pada babi dan unggas meningkatkan penambahan berat badan harian mirip dengan hasil

aditif antibiotik. Namun, penelitian dengan bukti ilmiah tentang efeknya minyak esensial pada fermentasi mikroba rumen adalah terbatas. Borchers (1965) adalah orang pertama yang melaporkan potensi tersebut manfaat minyak esensial pada fermentasi mikroba rumen. Borchers mengamati bahwa penambahan timol senyawa aktif timi dan oregano dalam cairan rumen *in vitro* menghasilkan akumulasi AA N dan pengurangan konsentrasi amonia N, menunjukkan bahwa timol menghambat deaminasi.

Palatabilitas rendah dari beberapa tanaman untuk ruminansia bisa disebabkan tidak hanya untuk efek organoleptik, tetapi juga untuk efek negatif dari minyak esensial pada fermentasi mikroba rumen dan pencernaan nutrisi. Aktivitas antimikroba dari minyak esensial dari *Pseudostuga menziesii* secara *in vitro* cairan rumen rusa dan domba menunjukkan hasil tingkat inklusi yang rendah tidak berpengaruh pada fermentasi mikroba rumen, tetapi mengurangi tingkat produksi gas selama fermentasi. Ketika senyawa utama diisolasi dari minyak esensial digunakan pada dosis yang sama (3 mL/L cair), siklik hidrokarbon (*limonene*, *pinene*) tidak memodifikasi atau terkadang merangsang aktivitas mikroba, tetapi hidrokarbon siklik teroksidasi dengan alkohol tertentu (*terpinen-4-ol*, *α-terpineol*) menghambat fermentasi mikroba. Dalam studi kedua, Oh et al. (1968) mengevaluasi aktivitas antimikroba minyak esensial dari tanaman yang relatif tidak enak, dan meskipun semuanya memiliki beberapa tingkat aktivitas antimikroba, yang paling aktif (penurunan signifikan dalam produksi gas dan VFA selama fermentasi) adalah mereka dengan kandungan oksigen yang tinggi hidrokarbon siklik. Evaluasi sensitivitas mikroorganisme rumen pada minyak esensial *Artemisia tridentate* (utama senyawa 1,8-cineole), karena beberapa bukti menunjukkan asupan tinggi pada tanaman ini mengakibatkan masalah pencernaan pada rusa liar. Secara umum, minyak esensial dosis tinggi, ditambahkan ke kultur *in vitro* bakteri rumen dari rusa, mengurangi jumlah total bakteri

yang hidup, dan padadosis maksimum (1,6 hingga 2 mg/L media biakan), hanya spesies yang masih hidup yang merupakan mikroorganisme gram negatif kecil. Namun pada awal tahun 1970-an, otorisasi penggunaan antibiotik ionofor sebagai promotor pertumbuhan menghentikan penelitian tentang penggunaan minyak esensial dalam pakan ternak, dan beberapa penelitian dilakukan dalam 30 tahun berikutnya. Sejak pengumuman larangan antibiotik sebagai aditif pakan di Uni Eropa, telah ada minat baru dalam mempelajari efek dan mekanisme aksi minyak esensial pada fermentasi mikroba rumen. Penelitian telah dipublikasikan lebih dari 25 tanaman pada efek yang berbeda ekstrak (*Achillea millefolium*, *Arnica chamissonis*, *Betula alba*, *Dactylis glomerata*, *Eucalyptus globulus*, *Ginkgo biloba*, *Lavandula officinalis*, *Lespedeza capitata*, *Hypericum perforatum*, *Solidago virgaurea*, *Fagopyrum esculentum*, *Equisetum arvense*, *Salvia officinalis*, *Pimpinella anisum*, *Juniperus oxycedrus*, *Capsicum tahun*, *Cinnamomum cassia*, *Syzygium aromaticum*, *Anethum graveolens*, *Trigonella foenum graecum*, *Allium sativum*, *Zingiber officinale*, *Origanum vulgare*, *Melaleuca alternifolia*, dan *Armoracia rusticana*) pada fermentasi mikroba rumen *in vitro*. Di antaranya, *L. officinalis*, *S. virgaurea*, dan *A. millefolium* merangsang fermentasi rumen dan *E. arvense*, *A. rusticana*, dan *S. officinalis* menghambat metanogenesis. *C. cassia*, *A. sativum*, dan *S. aromaticum* memodifikasi produksi dan profil VFA, Metabolisme N, atau keduanya. Berbagai macam variasi kandungan senyawa aktif di dalam ekstrak karena variasi pada tanaman yang dibudidayakan antara lain faktor pertumbuhan pada kondisi yang berbeda dan metode pengolahan. Misalnya konsentrasi thymol dan carvacrol (aktif senyawa oregano) berkisar 0,44-31,8% dan 0,43 hingga 79,6%, masing-masing (Tabel 2), tergantung pada budidaya dan cara pengolahan. Variasi besar pada konsentrasi komponen aktif dalam minyak rosemary (*Rosmarinus officinalis*; 2% sampai

25% dari  $\alpha$ -pinene, dan 3% sampai 89% dari 1,8-cineole). Variabilitas menghasilkan perbedaan karena efeknya bisa bertentangan, sesuai dengan isi dari komponen aktif dalam ekstrak dan dosis yang digunakan. Karena itu perlu untuk melaporkan konsentrasi senyawa aktif ini dalam ekstrak tanaman yang digunakan dalam penelitian, yang menggunakan produk murni untuk mendefinisikan kegiatan, dosis, dan membentuk mekanisme aksi secara tegas.

Efek murni yang dimiliki oleh komponen aktif minyak esensial pada fermentasi mikroba rumen telah dipelajari. Tantangan pertama adalah efek menentukan potensi yang mana untuk diperiksa, dan ini mungkin berbeda tergantung pada pakan, ternak, dan sistem produksi. Namun masuk akal untuk memulai dengan mengidentifikasi aditif yang meningkatkan produksi propionat dan menurunkan produksi asetat dan metan tanpa mengurangi total produksi VFA dan aditif yang mengurangi proteolisis, peptidolisis, deaminasi, atau kombinasinya. Studi fermentasi *in vitro* telah banyak dilakukan untuk menyaring ekstrak yang berpotensi digunakan. Seperti pada beberapa tanaman menunjukkan bahwa minyak bawang putih, cinnamaldehyde (bahan aktif utama komponen minyak kayu manis), eugenol (zat aktif komponen dari kuncup cengkeh), capsaicin (komponen aktif dari cabai), dan anethol (komponen aktif minyak anise) meningkatkan profil fermentasi didalam kultur kontinu mikroorganisme rumen dan telah dipelajari secara mendalam secara *in vitro* dan dalam beberapa kasus secara *in vivo*. Efeknya disajikan terpisah oleh komponen aktifnya (Calsamiglia *et al.*, 2007).

# BAB V

## ADITIF PAKAN MIKROBA BAGI TERNAK RUMINANSIA

### 5.1. Pendahuluan

Aditif pakan mikroba digunakan dalam pakan ruminansia untuk tujuan yang berbeda. Pertama adalah untuk alasan yang sama bahwa probiotik digunakan pada non-ruminansia, yaitu untuk stabilisasi flora usus; ini berlaku hanya pada hewan muda, pra-ruminansia, di mana *lactobacilli*, *enterococci* dan ragi telah dilaporkan membantu dalam pencegahan diare dan dalam meningkatkan pertambahan berat badan hidup pada anak sapi dan domba. Kedua pada hewan muda untuk meningkatkan perkembangan mikroflora rumen dewasa, karena dapat merangsang perkembangan struktur rumen dan mempercepat penyapihan. Organisme yang sama dan ekstrak fermentasi *Aspergillus oryzae* tampaknya mencapai tujuan ini, dan inokulasi dengan mikroorganisme rumen juga terbukti efektif secara eksperimental. Pada ruminansia dewasa, hanya kultur ragi dan jamur yang dilaporkan efektif. Pada produksi daging dan susu sangat bervariasi dengan tanggapan rata-rata 7% sampai 8% dalam setiap kasus untuk kedua produk tersebut. Asupan pakan yang meningkat biasanya muncul untuk mendorong respons. Pada gilirannya, peningkatan asupan terjadi karena penguraian serat yang lebih cepat dalam rumen, dan peningkatan aliran protein mikroba dari rumen. Ragi berfungsi untuk menghilangkan jejak oksigen yang mungkin beracun bagi bakteri rumen dimana ragi non-respirasi tidak menstimulasi.

## 5.2. Mikroba Sebagai Pakan Aditif

Perubahan morfologis pada saluran pencernaan sapi lebih kompleks daripada mamalia atau unggas lain dan dengan demikian potensi manfaat suplementasi probiotik juga lebih besar. Sementara preparat probiotik bakteri diberikan kepada anak sapi pra ruminansia, probiotik jamur seperti *Aspergillus oryzae* atau *S. cerevisiae* dipertimbangkan untuk sapi dewasa terutama untuk memodifikasi fermentasi rumen.

Pencegahan diare merupakan faktor penting bagi pedet muda. Efek pemberian probiotik pada anak sapi muda, di samping asupan pakan yang lebih besar dan peningkatan berat badan, pengurangan diare adalah salah satu hasil yang paling sering diamati. Sebagian besar penelitian dengan sapi dewasa menunjukkan bahwa probiotik jamur meningkatkan asupan pakan, tetapi tidak pada konversi pakan. Oleh karena itu, efek utama dari probiotik jamur dianggap sebagai asupan-driven (Wallace dan Newbold (1992).

Dalam nutrisi ternak, probiotik adalah mikroba hidup yang digunakan sebagai suplemen pakan, yang memberikan efek menguntungkan bagi hewan inang. Untuk sebagian besar spesies, kecenderungan peningkatan kinerja telah dilaporkan karena penggunaan probiotik, tetapi peningkatan berat badan dan konversi pakan yang signifikan secara statistik jarang terjadi, terutama karena variasi dalam reaksi individu ternak. Namun pengurangan kejadian diare signifikan pada sebagian besar penelitian dengan anak babi dan anak sapi. Berbeda dengan nutrisi manusia, di mana spesies *Lactobacillus* merupakan produk probiotik yang umum, pada nutrisi ternak *Enterococcus spp.*, ragi *Saccharomyces*, dan pembentuk spora *Bacillus spp.* yang paling sering digunakan sebagai mikroba probiotik. Selain itu efek jangka panjang nutrisi manusia untuk peningkatan kesehatan dan umur panjang dicari,

tetapi tujuan suplementasi probiotik dalam produksi ternak modern adalah efek cepat seperti peningkatan berat badan dan konversi pakan. Dengan demikian hasil penelitian probiotik di bidang nutrisi manusia tidak sepenuhnya valid untuk nutrisi ternak.

Meskipun persiapan probiotik telah menerima persetujuan sementara di Uni Eropa, cara kerjanya, yang menghasilkan efek menguntungkan, hanya sebagian yang diketahui. Sangat mungkin bahwa dampak probiotik pada bakteri patogen usus dan nonpatogen sangat penting. Namun modifikasi struktur mikro dan fungsi penghalang jaringan usus serta reaksi sistem kekebalan tampaknya terlibat dalam efek keseluruhan, secara langsung atau sebagai konsekuensi dari populasi bakteri yang dimodifikasi. Secara khusus meningkatkan probiotik dan penerapannya dalam indikasi yang ditentukan, diperlukan lebih banyak penelitian untuk menentukan mekanisme yang mendasarinya.

Konsep probiotik pertama kali dikembangkan oleh Elie Metschnikoff, yang mencoba menjelaskan tingginya harapan hidup penduduk perdesaan di beberapa bagian Bulgaria. Metschnikoff mencatat bahwa orang-orang ini mengonsumsi produk susu fermentasi (kefir) dalam jumlah besar dan pada tahun 1907 ia mengajukan hipotesis bahwa bakteri dalam jenis yogurt khusus ini mungkin mampu mengendalikan proses fermentasi bakteri di usus dan mencegah arteriosklerosis. Metschnikoff menemukan sejumlah besar bakteri *Bacillus bulgaricus* dalam kefir dan mengusulkannya sebagai agen yang bertanggung jawab atas efek menguntungkan yang diamati. Sekarang kita tahu bahwa *Bacillus bulgaricus* sebenarnya adalah *Lactobacillus acidophilus*. Bakteri ini dan spesies lain dari genus *Lactobacillus* dianggap sebagai bakteri probiotik dengan efek peningkatan kesehatan bagi manusia.

Dalam dua dekade terakhir konsep probiotik juga telah diterapkan pada nutrisi ternak. Dalam nutrisi ternak definisi probiotik oleh Fuller (1998) diterima secara umum. Dia

menyatakan bahwa probiotik adalah mikroba, yang digunakan sebagai aditif pakan dan memberikan efek menguntungkan bagi hewan inang karena "peningkatan keseimbangan mikroba usus". Gambaran tentang cara kerja probiotik ini menunjukkan bahwa masih belum ada data yang kuat untuk secara tepat menjelaskan hasil positif yang diamati. Selanjutnya, penelitian tentang probiotik terutama berkonsentrasi pada genus *Lactobacillus*, yang memainkan peran penting dalam nutrisi manusia, tetapi kecuali beberapa produk, tidak digunakan sebagai aditif pakan untuk ternak. Bahkan ada lebih banyak perbedaan antara nutrisi manusia dan ternak. Makanan probiotik manusia seperti yogurt tidak dikonsumsi secara teratur dan kebanyakan dalam jumlah yang relatif rendah, sedangkan bahan pakan hewani selalu dilengkapi dengan produk probiotik. Dengan demikian, ternak mengkonsumsi aditif probiotik pada setiap makanan dalam konsentrasi yang sama 10<sup>9</sup> bakteri hidup/kg pakan, yang mengarah pada pasokan konstan strain probiotik ke ternak.

Cara kerja probiotik pada umumnya tidak dikarakterisasi dengan baik, tetapi ada kekurangan pengetahuan terutama tentang probiotik yang digunakan sebagai aditif pakan, terutama karena penelitian di bidang ini diarahkan pada bakteri untuk nutrisi manusia. Namun, karena penurunan rasio konversi pakan yang diamati, mekanisme probiotik lain yang mengubah konversi nutrisi juga perlu didiskusikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi konversi pakan dapat ditemukan pada morfologi dan histologi usus yang dimodifikasi, kinetika transportasi nutrisi melalui epitel usus, serta pergantian nutrisi yang dimodifikasi oleh bakteri usus. Ada juga indikasi efek menguntungkan pada sistem kekebalan usus dan peningkatan pertahanan usus terhadap infeksi virus.

Asal mikroorganisme probiotik yang sangat berbeda. Mikroorganisme yang bukan penghuni usus yang sebenarnya *Bacillus spp.*, *Saccharomyces spp.* mode aksi yang berbeda dapat

diusulkan daripada untuk bakteri usus. Misalnya efek spesifik dapat mencakup pelepasan asam dipikolinat oleh *Bacillus spp.* setelah perkecambahan, reseptor untuk *E. coli* fimbriae pada dinding sel ragi, atau pelepasan sejumlah besar asam laktat oleh bakteri usus (*Enterococcus spp.*, *Pediococcus spp.*). Dengan demikian, mode tindakan berikut mungkin tidak relevan untuk semua bakteri probiotik pada tingkat yang sama.

# **BAB VI**

## **ADITIF PAKAN FITOGENIK**

### **6.1. Pendahuluan**

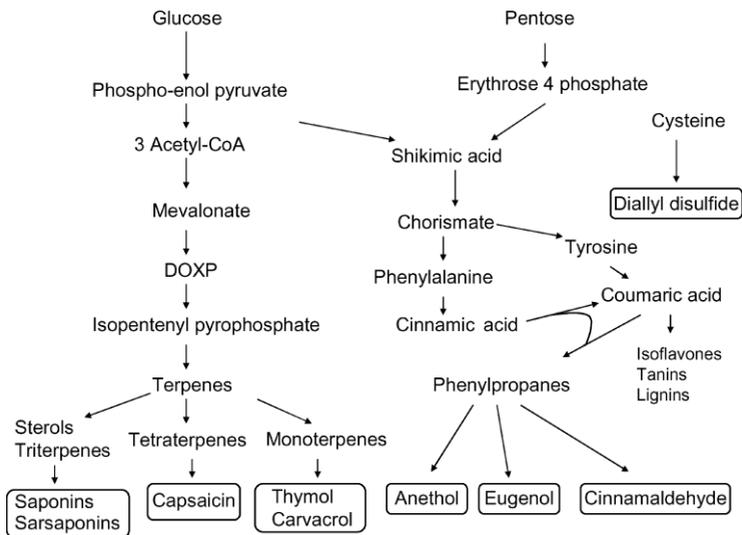
Tumbuhan telah mengembangkan berbagai macam metabolit sekunder dengan berat molekul rendah. Umumnya senyawa ini memungkinkan tanaman untuk berinteraksi dengan lingkungan dan dapat bertindak dalam sistem pertahanan terhadap stres fisiologis dan lingkungan serta predator atau patogen. Selain senyawa dengan racun beberapa metabolit tanaman sekunder ini telah dilaporkan menunjukkan efek menguntungkan pada produk pakan dan juga metabolisme ternak. Sebagian besar metabolit tanaman sekunder aktif ini termasuk dalam kelas turunan isoprena, flavonoid dan glukosinolat, dan sejumlah besar senyawa ini telah disarankan untuk bertindak sebagai antibiotik atau sebagai antioksidan (Kumar et al., 2014).

Dimasukkannya fitogenik dalam pakan ternak dapat meningkatkan kinerja ternak dan meningkatkan efisiensi reproduksi. Efek fitogenik antioksidan seperti tumbuh-tumbuhan dan ekstraknya didalam pakan ruminansia sebagai fotobiotik, aktivitas biologis lainnya cukup mendapat perhatian yang besar. Laporan memberikan bukti bahwa kemampuan fitogenik untuk menetralkan oksidasi, dan sangat penting untuk mengurangi beberapa dampak lingkungan. Selain itu, sifat antioksidan fitogenik adalah berdasarkan kemampuan mereka untuk menyediakan elektron atau ion hidrogen dan mendelokalisasi elektron yang tidak berpasangan di dalam cincin aroma fenolik strukturnya dan merupakan mekanisme sentral pertahanan biologis molekuler melawan oksidasi. Meskipun demikian, data yang dipublikasikan tentang dampak tersebut sangat terbatas menggunakan fitogenik

sebagai aditif pakan untuk meningkatkan reproduksi kinerja ternak ruminansia.

Aditif pakan fitogenik seperti herbal dan ekstraknya, yang memiliki efek antioksidan potensial, terutama produk yang berasal dari jahe, ekstrak Echinacea, hijau teah, ekstrak krokot, Moringa oleifera, honey bell, rosemary, dan yucca, karena senyawa fenoliknya. Beberapa senyawa aktif telah diisolasi dari tumbuhan ini, seperti quercetin, carvacrol, mentol, timol, asam rosmarinic, eugenol, rosmarol, dan propolis, yang memiliki antioksidan kuat, efek anti-inflamasi, dan antibakteri.

Tanaman yang mengandung fitogenik memberikan cita rasa tertentu pada ternak oleh karena itu dapat mempengaruhi pola makan, sekresi cairan pencernaan dan asupan total pakan. Fitokimia bisa mempengaruhi mikroorganisme secara selektif dengan aktivitas antimikroba atau dengan stimulasi yang menguntungkan eubiosis mikroflora. Mekanisme yang digunakan oleh sebagian besar aditif pakan fitogenik memiliki efek antibakteri adalah dengan bertindak pada struktur dinding sel bakteri, mendenaturasi dan mengkoagulasi protein. Minyak esensial mengubah permeabilitas membran sitoplasma menjadi ion  $H^+$  dan  $K^+$ . Perubahan ini menyebabkan terganggunya proses seluler esensial seperti transpor elektron, translokasi protein, fosforilasi oksidatif dan reaksi lain yang bergantung pada enzim, mengakibatkan hilangnya kemiosmotik kontrol dan mengakibatkan kematian bakteri (Kumar et al., 2014).



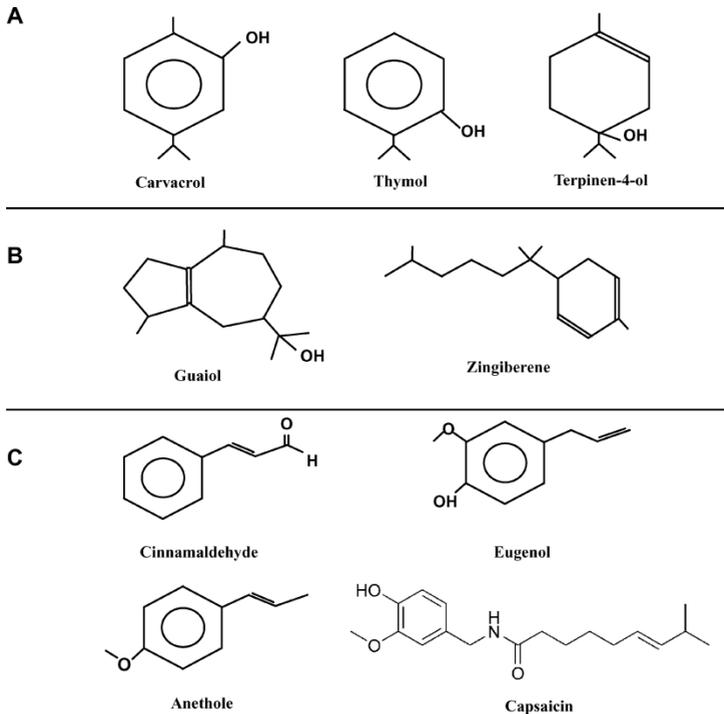
Gambar 5. Dr 3. Jalur metabolisme biosintesis komponen aktif ekstrak tumbuhan utama(Calsamiglia et al., 2007).

Gangguan membran sitoplasma bakteri disebabkan oleh sifat lipofilik minyak esensial yang menumpuk di membran. Tindakan lain diduga terkait dengan penghambatan penyerapan nutrisi, penghambatan enzimatik, sintesis DNA, RNA dan sintesis protein oleh sel bakteri. Aktivitas antioksidan minyak esensial adalah terkait terutama dengan adanya senyawa fenolik, flavonoid dan terpenoid melindungi makanan, jaringan dan sel terhadap efek merusak dari reaksi autoksidasi.

Minyak esensial adalah campuran metabolit sekunder diperoleh dari fraksi volatil tanaman dengan distilasi uap. Istilah “esensial” berasal dari “esensi” yang berarti bau ataursasa, dan berhubungan dengan sifat zat inimenyediakan rasa dan bau tertentu untuk banyak tanaman. Minyak esensial dicirikan memiliki komposisi yang sangat beragam dan aktivitasnya. Senyanya aktif yang paling penting termasuk dalam 2 kelompok kimia: terpenoid (monoterpenoid dan seskuioterpenoid) dan

fenilpropanoid. Kelompok kedua ini berasal dari precursor berbeda pada metabolisme primer dan disintesis melalui jalur metabolisme yang terpisah Gambar 3. Calsamiglia *et al.* (2007).

Terpenoid lebih banyak dan beragam kelompok metabolit sekunder tumbuhan, dan sekitar 15.000 senyawa berbeda telah dijelaskan dalam literatur. Senyawa ini dicirikan sebagai turunan dari struktur dasar 5 karbon ( $C_5H_8$ ), umumnya disebut unit isoprena, dan diklasifikasikan tergantung pada jumlah unit-unit ini dalam kerangkanya. Di dalam terpenoid, komponen yang paling penting dari minyak esensial dari sebagian besar tanaman termasuk dalam monoterpenoid dan keluarga seskuiterpenoid.



Gambar 6. Komponen utama monoterpenoid (A), seskuiterpenoid (B), dan fenilpropanoid (C) minyak atsiri (Calsamiglia *et al.*, 2007).

Tabel 3. Aditif pakan herbal, komponen aktif dan fungsinya

Tanaman	Bagian yang digunakan	Komponen Aktif	Fungsi
Nutmeg ( <i>Myristica fragrans</i> )	Biji	Sabinene	Stimulan pencernaan, antidiare
Cinnamon ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> )	Kulit pohon	Cimetaldehida	Penambah nafsu makan dan pencernaan, antiseptik
Cloves ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	Cengkeh	Eugenol	Penambah nafsu makan dan pencernaan, antiseptik
Cardmom ( <i>Amomum subulatum</i> )	Biji	Cineol	Penambah nafsu makan dan pencernaan
Coriander ( <i>Coriandrum sativum</i> )	Daun-daun dan benih	Linalol	Stimulan Pencernaan
Cumin ( <i>Cuminum cyminum</i> )	Benih	Cuminaldehida	Pencernaan, karminatif, galaktogogue
Anise ( <i>Pimpinella anisum</i> )	Buah	Anetol	Stimulan pencernaan, galaktogogue
Celery ( <i>Apium graveolens</i> )	Buah, daun-daun	Phtalides	Penambah nafsu makan dan pencernaan
Parsley ( <i>Petroselinum crispum</i> )	Daun-daun	Apiol	Penambah nafsu makan dan pencernaan, antiseptik
Fenugreek ( <i>Trigonella foenum-graecum</i> )	Benih	Trigonelline	Stimulan nafsu makan
Capsicum ( <i>Capsicum annuum</i> )	Buah	Capsaicin	Stimulan pencernaan
Pepper ( <i>Piper nigrum</i> )	Buah	Piperine	Stimulan pencernaan
Horsradish	Akar	Allyl	Stimulan nafsu

( <i>Armoracia rusticana</i> )		izotiocianat	makan
Mustard ( <i>Brassica Nigra</i> )	Benih	Allyl izotiocianat	Stimulan pencernaan
Ginger ( <i>Zingiber officinale</i> )	Rizom	Zingerone	Stimulan lambung
Garlic ( <i>Allium sativum</i> )	Umbi	Alkin	Stimulan pencernaan, antiseptik
Rosemary <i>Rosmarinus officinalis</i>	Daun-daun	Cineol	Stimulan pencernaan, antiseptik
Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	Seluruh tanaman	Timol	Stimulan pencernaan, antiseptik, antioksidan
Mint ( <i>Mentha piperita</i> )	daun-daun	Menthol	Penambah nafsu makan dan pencernaan, antiseptik
Shatavari ( <i>Asparagus racemosus</i> )	Akar	Sapogenin, flavonoid dan saponin	Pencegahan dan pengobatan lambung, dispepsia
Jivanti ( <i>Leptadenia reticulata</i> )	Daun-daun dan ranting	Stigmasterol, $\beta$ - itosterol, flavonoids, pregnane glycosides	Galactagogue, antimikroba dan aktivitas anti inflamasi
Shatavari ( <i>Asparagus racemosus</i> )	Akar	Shatavarin-I-IV, quercetin, rutin, hyperoside	Galactagogue

Sumber: Kumar *et al.*, (2014).

Fenilpropanoid bukanlah senyawa minyak esensial yang paling umum, tetapi beberapa tanaman memilikinyadalam proporsi yang signifikan.Istilah "fenilpropanoid"mengacu pada senyawa dengan rantai 3 karbon terikatke cincin aromatik dari 6 karbon.Fenilpropanoid (Gambar 5. dan gambar 6.) terutama berasal dari fenilalanin (anaromatik AA) disintesis oleh jalur metabolisme

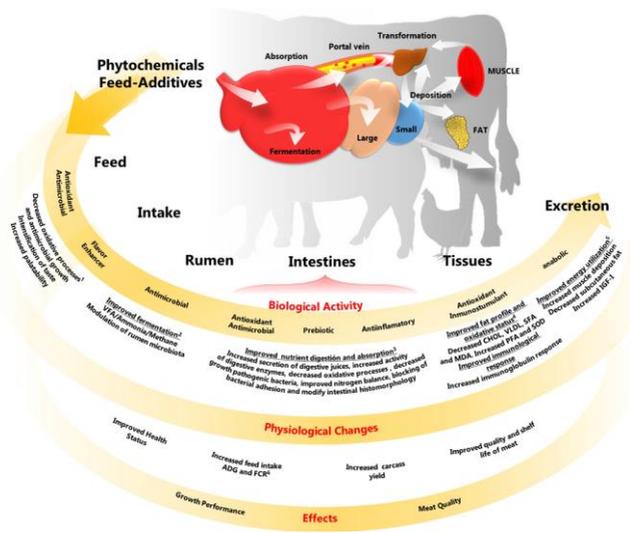
shikimate, yang hanya fungsional dalam mikroorganismadan tumbuhan.

## 6.2. Efek pada sapi

Penelitian yang melibatkan ruminansia terutama difokuskan menginduksi perubahan populasi mikroba rumen dan efek selanjutnya pada fermentasi rumen. Penelitian *in vitro* telah dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan produksi energi dan metabolit untuk meningkatkan jaringan otot. Namun, bertentangan dengan laporan yang melibatkan unggas dan babi, ada beberapa studi *in vivo* yang mengevaluasi efek suplemen makanan dengan fitokimia pada sapi potong dan telur.

Kebanyakan studi pada sapi telah mengevaluasi efek penambahan minyak esensial dalam fase pertumbuhan dan finishing; eugenol, asam hidroksisinamat, cinnamaldehyde dan asam ferulat adalah fitokimia sederhana yang dimiliki telah dievaluasi dalam spesies ini. Berbeda dengan efeknya diamati pada parameter produktif pada unggas dan babi, parameter ini tidak dimodifikasi atau hanya sedikit dimodifikasi pada sapi. Yang *et al.* melaporkan efek negatif yang dihasilkan dari tingkat inklusi tinggi (1600 mg/hari) eugenol selama fase finishing. Dua percobaan dengan dosis yang berbeda (0 sampai 500 mg / l) eugenol, carvacrol, citral dan cinnamaldehyde dan mengamati penurunan produksi metan, protozoa, jamur, *Ruminococcus fibrisolvans* dan *Fibrobacter succinogenes* pada dosis yang lebih tinggi telah dilakukan. Namun, konsentrasi fitokimia yang tinggi menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan fermentasi rumen, yang merupakan kegiatan penting untuk konversi nutrisi dalam jaringan otot. Selain itu, penelitian terbaru telah menyarankan suplementasi pakan dengan asam ferulic, anggota dari keluarga asam hidroksisinamat yang dapat diisolasi dari produk sampingan

agroindustri, sebagai alternative agonis  $\beta$ -adrenergik yang digunakan di final fase penggemukan sapi potong secara intensif. Mirip dengan efek yang diamati dengan pengobatan agonis  $\beta$ -adrenergik komersial, terjadi peningkatan 12% dalam efisiensi pakan dan parameter produktif. Karena sifat kimianya asam ferulic, dapat diasumsikan bahwa turunan lainnya fitokimia asam hidroksisinamat akan mengerahkan efek serupa.



Gambar 7. Deskripsi skematik mekanisme utama aksi dan efek fitokimia diet aditif pakan (Valenzuela-Grijalva, 2017).

### 6.3. Efek komponen tanaman pada metanogen rumen

Efek antimikroba dari fitogenik menunjukkan relevansinya sebagai aditif pakan antimetanogenik tetapi tantangannya adalah mempertahankan pencernaan pakan. Diindikasikan bahwa senyawa fitogenik mengurangi produksi metan baik dengan menghambat metanogenik archaea, perubahan dalam distribusi filogenetik populasi archea atau aktivitas gen penghasil metan.

Komponen tanaman misalnya saponin, tanin, minyak esensial, dapat mempengaruhi metanogenesis dengan menghambat pertumbuhan, perkembangandan aktivitas populasi metanogen, keduanya secara tidak langsung dengan mengurangi jumlah protozoa yang terkait dengan metanogen dan secara langsung dengan mempengaruhi metanogen. Selain itu komponen tanaman juga dapat mengalami pergeseran produksi propionat, yang mempengaruhi metanogenesis melalui kompetisi mengurangi hidrogen.

Meskipun saponin telah mengurangi jumlah enterik produksi metan hingga 50% dalam beberapa penelitian, efek ini perlu dikonfirmasi lebih lanjut pada studi *in vivo*. Ada beberapa literatur mengenai mekanisme kerja saponin untuk mereduksi metanogen dan metanogenesis yang dirangkum oleh (Cieslak et al., 2013). Mitigasi metanogenesis menggunakan saponin hasil dari penurunan aktivitas gen *mcrA* indikator aktivitas metanogen dari populasi metanogen, tanpa mengubah total jumlah metanogen. Efek ini dicatat saat menggunakan rumen campuran kultur untuk studi *in vitro*, tetapi tidak untuk kultur murni *M. ruminantium* diuji. Peneliti lain menggunakan 3 g/hari saponin teh dalam diet domba dan menyimpulkan bahwa ada tidak berpengaruh pada populasi metanogen. Penelitian *in vitro* sebelumnya telah menyarankan mitigasi proses metanogenesis tanpa pengurangan jumlah metanogen dengan penggunaan saponin dari

*Sapindus saponaria* atau teh saponin. Sepertinya pengurangan metanogenesis terkait dengan pengurangan pada Archaea terkait dengan protozoa sebagai akibat defaunasi parsial. Penurunan populasi protozoa menurunkan jumlah hidrogen yang tersedia dalam rumen pada proses metanogenesis. Saponin, karena strukturnya (sapogenin hidrofobik, misalnya aglikon, dan bagian gula hidrofilik - glikon, yang mungkin terdiri dari glukosa, arabinosa, xilosa, galaktosa) dapat berinteraksi dengan kolesterol hadir dalam membran sel eukariotik sehingga menyebabkan kerusakan jenis sel ini. Ini mungkin juga menjelaskan kurangnya efek langsung saponin pada sel metanogen. Penggunaan dosis rendah (1 mg/ml) ekstrak metanol *Sapindus rarak* yang mengandung saponin, digunakan dalam penelitian *in vitro*, tidak mengurangi konsentrasi RNA metanogen. Konsentrasi saponin rendah secara tidak langsung mempengaruhi produksi metan dalam rumen karena penurunan jumlah protozoa, sedangkan saponin yang lebih tinggi konsentrasi memiliki efek negatif langsung pada metanogen.

Karena rumen merupakan ekosistem yang sangat dinamis, pemeriksaan pengaruh fitofaktor pada mikroorganisme yang terlibat dalam proses metanogenesis harus diperhitungkan faktor yang dapat menonaktifkan sifat biologis saponin, termasuk degradasi, hidrolisis, deglikosilasi, detoksifikasi saponin. Durasi pemberian saponin dan perbandingan hijauan dengan konsentrat mungkin memiliki pengaruh yang signifikan.

Penelitian *in vitro* tentang efek tanin pada populasi metanogen telah banyak dilakukan. Kisaran mitigasi dari produksi metan dengan menggunakan tanin cukup luas, dari 2% sampai 58% dibandingkan dengan kelompok kontrol yang dianalisis. Faktor penyebab mitigasinya bermacam-macam, misalnya jenis tanin, tumbuhansumber. Penghambatan pertumbuhan metanogen adalah karena bakteriostatik dan bakterisidal efek tanin terkondensasi

(CT). Penonaktifan metanogen (*M.ruminantium*), terkait dengan pengurangan metan yang dihasilkan. Peneliti lain menganalisis enam sumber komersial tanin yang mengandung tanin terhidrolisis (HT) atau HT dan CT, dan menunjukkan potensi yang lebih besar untuk mitigasi metanogenesis setelah menggunakan campuran HT dan CT. Campuran HT dan CT menekan metanogenesis dengan mengurangi populasi metanogenik dalam rumen baik secara langsung maupun secara langsung mengurangi populasi protozoa, sehingga mengurangi metanogen bersimbiosis dengan populasi protozoa. Hidrolisis tanin menyebabkan pengurangan yang lebih besar dalam populasi metanogen atau mikroorganisme yang memberi mereka H<sub>2</sub> daripada CT. Tidak hanya efek tanin langsung pada metanogen tetapi juga pengaruh langsung pada protozoa yang terkait dengan itu. Penelitian pada sapi perah menunjukkan bahwa penambahan CT dari *Vaccinium vitis* terutama untuk DM pakan 2 g/kg menyebabkan mitigasi metanogenesis dihasilkan dari pengurangan jumlah protozoa tanpa suatu efek negatif pada pencernaan bahan organik dan VFA produksi. CT diekstrak dari *Leucaena leucocephala* menyebabkan pengurangan total metanogen secara linear hingga 99% dan total protozoa hingga 83% dengan peningkatan level dari 20 hingga 60 mg/g DM of substrat CT dalam studi *in vitro*. Namun, pengurangan populasi protozoa tidak selalu proporsional terkait dengan penurunan populasi metanogen. Ditegaskan bahwa efek tanin pada populasi protozoa bervariasi, mungkin karena beberapa tannin memiliki efek langsung pada metanogen, yang tidak terkait dengan protozoa. Penurunan populasi metanogen yang terkait dengan protozoa, misalnya dari spesies *Methanobacteriaceae*, dan peningkatan jumlah secara simultan dari *Methanobacteriales* yang hidup bebas, setelah penghambatan protozoa. Penurunan jumlah protozoa tidak selalu disertai dengan pengurangan jumlah metanogen. Pembatasan populasi satu

metanogendapat menyebabkan peningkatan populasi yang lain. Sebagai faktor dapat meningkatkan populasi beberapa mikroorganismedengan menurunkan yang lain, analisis mikroorganismes harus mencakup juga analisis kuantitatif dan kualitatif organisme lain di dalam rumen. Interpretasi hasil dengan ekstrak yang mengandung satu faktor bioaktif, bahkan dalam konsentrasi dominan, adalah sulit karena kompleksitas struktur, serta kemungkinan interaksi antara komponen ekstrak bioaktif individu atau komponen ekstrak bioaktif dan komponen pakan. Potensi tersebut, sifat metanogenik pakan yang mengandung tanin mungkin tidak hanya terkait dengan kandungan tanin, tetapi juga dengan faktor lainnya. Penyebab lain kurangnya efek aditif pakan yang mengandung tanin terhadap jumlah metanogen dalam cairan rumen di bawah kondisi *in vitro* mungkin penggunaan konsentrasi tannin terlalu rendah dalam suplemen. Jayanegara *et al.* (2012) menekankan bahwa metanogen menurun ketika tanin makanan meningkat, bagaimanapun, ketika jumlahnya tanin (dalam sistem kultur batch) terlalu tinggi (lebih dari 100 g tannin/kg DM) akurasi perkiraan dampak tanin pada metanogenesis menurun.

Evaluasi efek tanin pada metanogenesis rumen juga harus mencakup tanggapan lain yang modulasi secara tidak langsung dapat menyebabkan mitigasi. Misalnya penggunaan ekstrak atau pakan yang mengandung banyak tannin dapat membatasi asupan pakan atau mengurangi pencernaan bahan organik, dan karena itu mengurangi jumlah produksi metan.

Ada sedikit informasi tentang efek langsung dari tanin pada metanogen. Smith *et al.* (2005) menunjukkan sejumlah mekanisme yang meningkatkan toleransi bakteri terhadap lingkungan yang tidak menguntungkan yang dihasilkan oleh tanin. Ini meliputi modifikasi membran sel, sekresi suatu lapisan pelindung ekso-polisakarida di sekitar sel, dan degradasi atau modifikasi tanin.

Minyak esensial adalah campuran terpenoid, berat molekul rendahhidrokarbon alifatik, asam, alkohol, aldehida, ester asiklik, dan lakton, dan biasanya diekstraksi dari bahan tanaman dengan air atau distilasi uap alkohol berair. Efek antimikroba minyak esensial dimanifestasikan dalam afinitas tinggi untuk membran sel mikroba. Namun efek masing-masing minyak esensial bergantung pada strukturnya, yang dihasilkan dari komposisi kimia dan jenis gugus fungsi, misalnya terpenoid atau fenol yang menyebabkan gangguan transportasi ion (elektron) melalui membran sel, mengurangi translokasi protein, fosforilasi dan reaksi yang bergantung pada enzim berlangsung dalam membran (Jouany dan Morgavi, 2007). Minyak esensial mempengaruhi kelompok mikroorganisme secara berbeda karena perbedaan struktur membran sel, misalnya antara bakteri dan metanogen. Dalam beberapa penelitian, minyak esensial merangsang beberapa spesies protozoa misalnya, *Isotricha spp.* atau *Dasytricha spp.* dan ini menyebabkan peningkatan terkait dengan *Methanobrevibacter smithii*. Namun dalam banyak penelitian menunjukkan penurunan produksi metan rumen sebagai respons terhadap suplemen minyak esensial, tanpa mengubah populasi protozoa. Pengaruh langsung dari minyak esensial pada sel metanogen mungkin terkait dengan struktur dan sifat-sifat minyak yang digunakan atau metabolit tanaman sekunder terkandung di dalamnya. Dalam percobaan yang dilakukan pada minyak bawang putih (*Allium sativum*) digunakan sebagai suplemen. Berbeda dengan minyak esensial yang bersifat aktif saja melawan bakteri Gram-positif, minyak bawang putih aktif melawan Bakteri Gram-negatif dan Gram-positif, jamur, virus dan parasit, dan mekanisme aksi utama terkait dengan kemampuan untuk bereaksi dengan kelompok -SH. Hasil yang sama terjadi penurunan metanogen total diperoleh dengan menggunakan penambahan 7% minyak kelapa dengan 100 g/hari bubuk bawang putih dalam rumen fistula kerbau rawa jantan. Dalam penelitian ini

tidak ada hubungan antara populasi protozoa dan populasi metanogen, mungkin karena metanogen ditemukan dalam kisaran yang luas dalam lingkungan rumen: (i). bebas dalam cairan rumen; (ii). melekat pada bahan partikulat dan protozoa rumen (iii). melekat pada epitel rumen. Penurunan populasi metanogen dapat dikorelasikan dengan penurunan populasi bakteri, misalnya *Ruminococci* yang menghasilkan secara signifikan jumlah hidrogen. Namun efek ini mungkin bergantung pada konsentrasi faktor perlakuan spesifik yang digunakan dan metanogen rumen tampaknya terpengaruh hanya pada konsentrasi minyak esensial yang tinggi. Dalam percobaan itu campuran EO (mengandung timol, eugenol, vanilin dan limonena) dengan konsentrasi hingga 160 ppm tidak mengubah populasi *M. smithii*, yang hanya dihambat pada konsentrasi 1000 ppm.

Minyak esensial dapat memodulasi populasi metanogen rumen atau aktivitas metanogen dan hal ini tidak selalu mempengaruhi jumlah total metanogen yang menghuni rumen, malah mempengaruhi distribusi di antara jenis metanogen. Terjadi peningkatan keanekaragaman Archaea metanogenik *Methanosphaera stadtmanae*, *M. smithii* dan beberapa kelompok yang diamati, merespon terhadap pengobatan dengan cinnamaldehyde, bawang putih dan minyak juniper berry, tanpa perubahan total kapasitas rumen metanogenik. Oleh karena itu penghambatan proses produksi metana dalam rumen tidak selalu disertai dengan perubahan keanekaragaman metanogen atau penurunan populasi mereka. Peningkatan dua kali lipat jumlah metanogen rumen yang dihasilkan dari penggunaan penambahan 0,33 ml minyak peppermint per ml media inkubasi *in vitro* diikuti oleh 20% penurunan produksi metana, sementara menggunakan konsentrasi yang lebih tinggi minyak peppermint (1 atau 2 ml/ml) menurunkan populasi metanogen rata-rata sebesar 82% dan metanogenesis sebesar 61%. Efek serupa diamati dalam percobaan

*in vitro* di mana penggunaan limonene, komponen utama minyak cemara (*Abies alba*), pada 40 atau 400 mg/l (Cieslak et al., 2009). Penambahan limonene dalam jumlah yang lebih besar menyebabkan berkurangnya populasi metanogen rata-rata sebesar 25% dengan simultan mitigasi proses metanogenesis atarata sebesar 28%. Tingkat yang lebih rendah tidak memiliki pengaruh terhadap jumlah metanogen atau produksi metan. Pengamatan sebelumnya bahwa tinggi rendahnya konsentrasi minyak esensial dapat mempengaruhi jumlah metanogen. Penambahan limonene secara tidak langsung mengurangi jumlah mikroorganisme yang menyediakan substrat metanogen berupa H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>, dapat mereduksi jumlah metan yang dihasilkan dalam rumen. Kemungkinan mekanisme aksi minyak esensial pada produksi metan dalam rumen mungkin merupakan hasil langsung penghambatan metanogen. Minyak esensial dapat mempengaruhi struktur membran sel metanogen yang unik (unit isoprenoid) yang menyebabkan kerusakan sel. Studi dengan minyak esensial belum mempertimbangkan kemungkinan spesies metanogen dapat berubah sebagai respons terhadap perawatan respon adaptif. Ini akan mempersulit upaya yang ditargetkan untuk meminimalkan produksi metan. Selain studi tentang efek minyak esensial pada metanogen, sejumlah penelitian lain tidak langsung membuat pengamatan berdasarkan pengukuran produksi VFA dan proporsi VFA.

Beberapa penelitian telah menyelidiki efek saponin, tanin dan minyak esensial pada fermentasi rumen, antara lain produksi metan, tetapi hanya sedikit yang ditentukan secara khusus pengaruhnya terhadap populasi metanogen.

Penghambatan metan (0,93 % -89%) produksi inkubasi pakan berbasis jagung-kedelai dan jerami dengan dosis cinnamaldehyde bertingkat (1-5mM), namun, penguraian pakan juga berkurang pada dosis yang lebih tinggi. Penurunan linier

produksi metan dengan peningkatan dosis minyak kayu putih (ECO) dengan penurunan produksi metan (82,60% menjadi 85,30%) dengan dosis ECO pada 2-3 ml/l. Penurunan produksi metan dilaporkan oleh Kumar (2017), pada inkubasi jerami gandum dengan ekstrak petroleum eter (1 ml 30 ml/l) daun kayu putih, daun poplar atau kuncup cengkeh. Campuran dari ekstrak ini diamati memiliki efek yang lebih jelas pada pengurangan metan pada dosis yang lebih rendah. Minyak bawang putih mengandung berbagai komponen bioaktif seperti allicin, diallyl sulfide, diallyl disulfide, allyl marcaptan yang dimiliki efek antimikroba langsung ke sekelompok organisme (Busquet et al., 2005). Dalam sebuah penelitian dengan minyak bawang putih suplementasi dosis bertingkat, total produksi gas meningkat dengan suplementasi GOL-1 (33,3 ml l-1) namun, tetap tidak terpengaruh ( $p>0,05$ ) dengan dosis yang lebih tinggi (GOL-2 dan GOL-3, 83.33 dan 166.66  $\mu$ l l-1, masing-masing dari suplementasi. Konsentrasi metan di ruang kepala gas berkurang dan dengan demikian, total produksi metan berkurang secara signifikan dengan peningkatan dosis minyak bawang putih (Gambar 1). Senyawa organosulfur yang ada dalam minyak bawang putih bersifat langsung efek penghambatan pada archaea metanogenik dengan menghambat HMGCoA enzim reduktase yang diperlukan untuk sintesis membran lipid dari komunitas archaea. Wanapat et al. (2008) menambahkan bubuk serai di 100g/hari untuk sapi potong dan ditemukan daya cerna nutrisi yang lebih baik, populasi mikroba rumen, dan efisiensi sintesis protein mikroba. Penurunan linier dalam produksi metan dilaporkan oleh Singh et al. (2016) dengan inkubasi in vitro jerami gandum atau pakan campuran dengan dosis bertahap (10-120  $\mu$ l 40 ml/l) minyak serai (*Cymbopogon citrates*). Namun, pencernaan pakan dan produksi asam lemak volatil berkurang pada dosis yang lebih tinggi, menunjukkan efek penghambatan umum pada rumen mikroba. Komponen minyak esensial (sitral, limonene, sitronelal,

geraniol) yang ada dalam minyak serai kuncinya adalah faktor penghambat metanogenesis. Oleh karena itu minyak esensial dapat digunakan sebagai aditif pakan antimethanogenic untuk mengurangi emisi metan enterik dari ternak. Bagaimanapun jangka panjang percobaan *in vivo* dengan bahan pakan yang berbeda perlu dilakukan sebelum digunakan dalam ransum ternak.

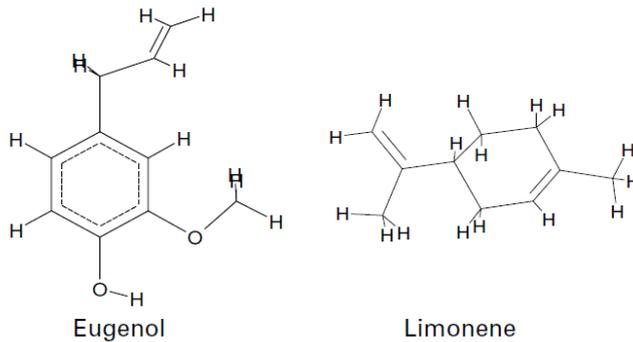
## **6.4. Minyak Esensial**

Minyak esensial adalah ekstrak tanaman yang mudah menguap atau pelarut organik, yang digunakan secara tradisional oleh manusia selama berabad-abad untuk aroma yang menyenangkan dari esensi, rasanya, untuk sifat antiseptik atau pengawetnya. Penggunaannya telah diselidiki sebagai aditif pakan untuk ruminansia. Dimasukkannya campuran komersial minyak esensial secara signifikan menyebabkan penurunan produksi  $\text{NH}_3$  dari asam amino secara signifikan dalam cairan rumen yang diambil dari domba dan sapi. Efek ini dimediasi sebagian oleh efek pada bakteri penghasil hiper-amonia (HAP) dan pada bakteri rumen fermentasi protein dan pati seperti bakteri *Ruminobacter amylophilus*. Dengan demikian, minyak esensial adalah contoh senyawa sekunder tumbuhan alami yang dapat digunakan untuk memanipulasi fermentasi rumen dengan cara tertentu yang dapat bermanfaat bagi produksi hewan.

### **6.4.1. Kimia dan Komposisi Minyak Esensial**

Minyak esensial secara struktural dapat diklasifikasikan sebagai alkohol, ester atau turunan aldehida dari terpenoid dan fenilpropanoid. Terpenoid (monoterpen dan seskuiterpen) lebih banyak kelompok diversifikasi senyawa bioaktif tanaman secara melimpah tersedia di banyak tanaman dan berasal dari asetil-KoA melalui baik jalur deoxy-xylulose atau melavonate (Hart *et al.*,

2008). Senyawa ini berasal dari struktur dasar dari 5 karbon (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>), biasa disebut unit isoprena, dan diklasifikasikan tergantung pada jumlah unit-unit ini di dalamnya kerangka. Fenilpropanoid berasal dari asam amino aromatik fenilalanin melalui jalur shikimate dan kurang melimpah keluarga minyak esensial (EO) dibandingkan dengan terpenoid (Gershenzon et al., 2000)(Tabel1).



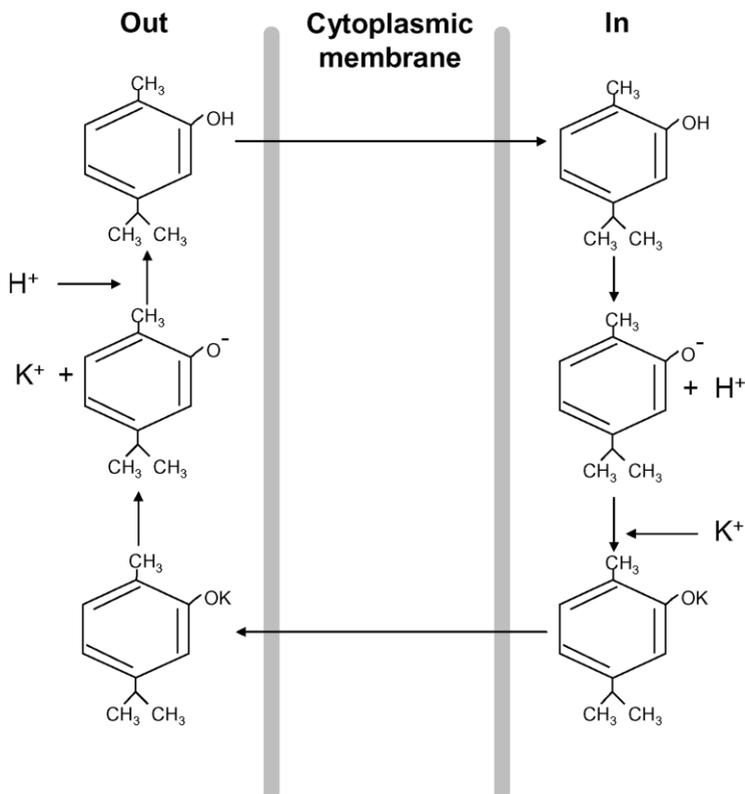
Gambar 8. dr 1. Struktur dua senyawa minyak atsiri (Wallace. 2004)

Minyak esensial (EO) dapat diekstraksi dari banyak bagian tumbuhan, termasuk daun, bunga, batang, biji, akar dan kulit kayu. Komposisi minyak esensial bervariasi di antara berbagai bagian tanaman yang sama. EO adalah campuran alami yang sangat kompleks yang dapat mengandung sekitar 20-60 komponen pada konsentrasi yang sangat berbeda dan dicirikan oleh dua atau tiga komponen utama secara wajar konsentrasi tinggi (20 % -70%) dibandingkan dengan yang lain dalam jumlah jejak. Komponen utama ini menentukan aktivitas biologis.

## **6.4.2. Sifat biologis dan mekanisme reaksi minyak esensial**

Minyak esensial memiliki berbagai macam efek pada kesehatan, termasuk efek positif pada penyakit kardiovaskular, beberapa tumor, proses inflamasi, dan secara umum, penyakit di mana perkembangbiakan yang tidak terkendali dari radikal bebas yang sangat merusak. Sifat ini tergantung pada kemampuan EO untuk menghambat radikal bebas, menghambat peroksidasi lipid membran, kelat logam, dan merangsang aktivitas enzim antioksidan. Namun, kegiatan yang paling penting dari senyawa ini adalah sebagai antiseptik dan antimikroba. Sifat antiseptik banyak tanaman telah dikenal sejak jaman dahulu. Orang Cina mulai menggunakan tumbuhan dalam terapi pengobatan 5.000 tahun yang lalu, dan pada tahun 1550 SM, orang Mesir menggunakan tumbuhan untuk pengawetan makanan dan dalam upacara mumifikasi. Terpenoid dan fenilpropanoid mengembangkan aksinya melawan bakteri melalui interaksi dengan sel membran. Setidaknya sebagian dari aktivitas ini disebabkan oleh sifat hidrofobik dari siklik hidrokarbon, yang memungkinkan mereka untuk berinteraksi dengan sel membran dan terakumulasi dalam lapisan ganda lipid bakteri, menempati ruang antara rantai asam lemak. Interaksi ini menyebabkan perubahan konformasi pada struktur membran, menghasilkan fluidifikasi dan ekspansi. Hilangnya membran hasil stabilitas dalam kebocoran ion melintasi sel membran, yang menyebabkan penurunan gradien ionik transmembran. Dalam kebanyakan kasus bakteri dapat mengimbangi efek ini dengan menggunakan pompa ion dan sel kematian tidak terjadi, tetapi sejumlah besar energi terjadi dialihkan ke fungsi ini sehingga pertumbuhan bakteri terhambat. Dalam konteks aliran kontinu dalam rumen perubahan tingkat pertumbuhan mengakibatkan perubahan proporsi populasi bakteri

rumen, mengakibatkan perubahan profil fermentasi. Secara umum aktivitas antimikrobat tertinggi dalam hidrokarbon siklik teroksidasi, dan khususnya dalam struktur fenolik seperti timol dan carvacrol, di mana kelompok hidroksil dan elektron terkilir memungkinkan untuk interaksi dengan air melalui jembatan hidrogen sebagai situs aktif yang utama, membuat mereka sangat aktif melawan mikroorganisme. Mekanisme alternatif di mana gugus hidroksil fenol bertindak sebagai pembawa kation monovalen dan proton trans membran, seperti antibiotik ionofor Gambar 6. Ultee *et al.* (2002) juga mengamati bahwa hipotesis ini benar-benar pada gugus hidroksil dari senyawa aromatik, karena senyawa seperti mentol (persis sama dengan carvacrol tapi tidak aromatik) tidak menghasilkan hal yang sama pada efek penghambatan. Ini mungkin karena kehadirannya dari sistem elektron terkilir dan keasaman tinggi fenol dan, akibatnya, dengan kemampuan hidroksil tersebut kelompok melepaskan protonnya. Mekanisme aksi ini harus lebih efektif terhadap bakteri gram positif, dimana membran selnya dapat berinteraksi langsung dengan senyawa hidrofobik minyak esensial. Sebaliknya, dinding sel eksternal di sekitar membran sel bakteri gram negatif bersifat hidrofilik dan tidak memungkinkan masuknya zat lipofilik. Seperti monensin, sebagian besar senyawa minyak atsiri bersifat lipofilik dan tidak dapat menembus membran bakteri gram negatif.



Gambar 9. Dr 6. Mekanisme aksi carvacrol pada membrane sitoplasma (Calsamiglia *et al.*, 2007).

Namun, membran luar bakteri gram negative tidak sepenuhnya kedap terhadap zathidrofobik, dan molekul dengan berat molekul rendah dapat berinteraksi dengan air elalui jembatan hidrogen, seberangi dinding sel secara perlahan dengan difusi melalui lapisan lipopolisakarida atau melalui protein membran, dan berinteraksi dengan lipid bilayer sel. Ini adalah kasus untuk beberapa hidrokarbon aromatik seperti carvacrol dan thymol (Helander *et al.*, 1998). Di sisi lain, dilaporkan juga kapasitas timoldan carvacrol untuk menghancurkan membran luar bakteri gram negatif, dan

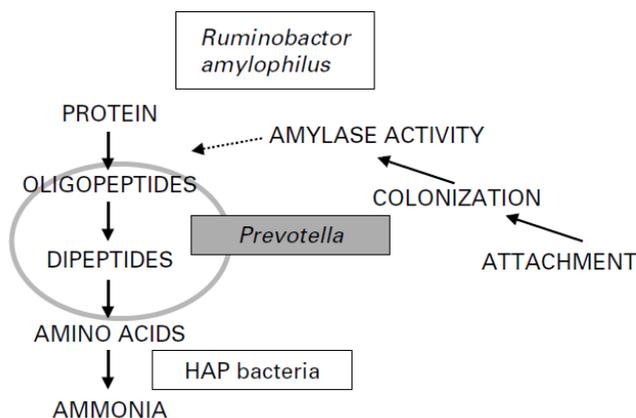
mengamati pelepasanl ipopolisakarida membran dan peningkatan permeabilitas dari membran sitoplasma. Oleh karena itu berat molekul kecil dari senyawa ini memungkinkanmereka untuk menjadi aktif dalam bakteri gram positif dan gram negative. ayangnya, properti ini mengurangi selektivitas enyawa ini terhadap populasi tertentu, membuat modulasi fermentasi mikroba rumen lebih sulit. Padahal aksi utama minyak esensial sebagai antimikroba tampaknya berpusat pada aktivitasnya pada selmembran, ini bukan satu-satunya mekanisme aksi. Potensi minyak esensial untuk membekukan beberapa konstituen sel, mungkindengan denaturasi protein.Sejumlah penelitian juga dilaporkan bahwa kapasitas beberapa fenolik dan nonfenoliksenyawa minyak esensial untuk berinteraksi dengan bahan kimiakelompok protein dan molekul biologis aktif lainnya,seperti enzim.Secara umumfenol berinteraksi dengan protein melalui jembatan hidrogen dan interaksi ionik atau hidrofobik (Prescott *et al.*, 2004), sedangkan senyawa nonfenol berinteraksimelalui kelompok fungsional lain, seperti karbonil kelompok cinnamaldehyde. Senyawa aldehida lainnya juga dapat berinteraksi dengan asam nukleatdan protein, mengakibatkan inaktivasi mereka, mungkin menggunakan jembatan silang atau dengan alkilasi. Komponen minyak esensial kayu manis dan cengkeh bisa mengikat proteindan menghambat aktivitas enzimatik *Enterobacter aerogenes*.

Minyak esensial bawang putih adalah kasus khusus, karenabanyak senyawa ini tidak ada di seluruh tanaman, seperti kebanyakan minyak esensial lainnya, tetapi diproduksi dari tiosulfat tanaman. Senyawa aktif ini sangat aktif melawan berbagai bakteri gram positif dan gram negatif, jamur, parasit, dan virus. Beberapa mekanisme aksi telah disarankan untukmenjelaskan aktivitas antimikroba, termasuk penghambatan sintesis RNA, DNA, dan protein sel. Namun mekanisme antimikroba utama

tampaknya terkait dengan kapasitasnya untuk berinteraksi dengan gugus sulfhidril (-SH) dari zat aktif senyawa lainnya. Bahkan banyak peneliti telah melaporkan bahwa aktivitas antimikroba alil senyawa belerang dari minyak bawang putih meningkat pada setiap penambahan atom S, dan bahwa aktivitas antimikroba dari minyak bawang putih lebih kuat dari aktivitas utamanya senyawa secara individual (Calsamiglia et al., 2007).

### 6.4.3. Aktivitas Antimikroba Minyak Esensial

Aktivitas antimikroba minyak esensial (EO) telah dibuktikan terhadap berbagai mikroba, termasuk Gram positif dan bakteri gram negatif. Jumlah senyawa terpenoid dan fenolik, serta konstituen bahan kimianya dan gugus fungsi yang terkandung dalam EO serta interaksi di antara mereka menentukan properti antimikroba. Efek antagonis dan sinergis juga telah diamati antara komponen EO.



Gambar 10. Skema yang mewakili cara kerja minyak esensial (Wallace, 2004)

Minyak esensial berinteraksi dengan sel mikroba yang melibatkan beberapa target selular komponen dan memodulasi respons

komponen target ini. Sebagian besar EO mengerahkan aktivitas antimikroba mereka dengan berinteraksi dengan proses yang terkait dengan sel membran bakteri, termasuk transpor elektron, ion gradien, protein translokasi, fosforilasi, dan lainnya yang bergantung pada reaksi enzim. Minyak esensial karena sifat hidrofobiknya memiliki afinitas tinggi untuk lipid membran sel bakteri dan menumpuk di lapisan ganda lipid bakteri, menempati ruang antara rantai asam lemak. Efisiensi untuk menghancurkan bakteri sangat tergantung pada konstituen EO dan gugus fungsinya. Perubahan konformasi dalam struktur membran akibat akumulasi cairan dan ekspansi mengakibatkan hilangnya stabilitas membran sel bakteri. Penurunan ion gradien trans-membran karena kebocoran ion melintasi membran sel menempatkan tekanan pada bakteri untuk mempertahankan integritas sel yang menyebabkan laju pertumbuhan berkurang atau kematian sel. Aktivitas antimikroba lebih tinggi pada minyak esensial yang memiliki struktur fenolik (yaitu timol, carvacrol) karena pembentukan jembatan hidrogen dalam berinteraksi dengan air atau transportasi trans-membran kation monovalen dan proton oleh gugus hidroksil fenol sebagai caranya antibiotik ionofor. Bakteri gram positif lebih banyak rentan, karena interaksi langsung dari membran sel untuk senyawa hidrofobik dari senyawa-senyawa minyak esensial.

#### **6.4.4. Minyak esensial dan degradasi protein rumen**

Senyawa bioaktif tanaman memiliki kemampuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan protein dengan mengurangi degradasi protein dalam rumen. Minyak esensial juga memiliki efek penghambatan pada degradasi protein rumen, yang dihasilkan produksi amonia lebih rendah. Wallace et al., (2002) menyarankan bahwa hanya tahap akhir dari degradasi protein, deaminasi asam amino menjadi amonia mungkin direduksi oleh minyak esensial

karena penghambatan bakteri penghasil hiper-amonia (HAP) *Clostridium sticklandii*, *Peptostreptococcus anaerobius* di rumen. Bakteri penghasil hiper-amonia hadir rendah didalam rumen (<0,01 dari populasi bakteri rumen), tetapi mereka memiliki aktivitas deaminasi yang sangat tinggi. Minyak esensial juga mengubah keterikatan dan kolonisasi bahan tanaman memasuki rumen tanpa mempengaruhi pencernaan serat. Penghambatan fermentasi dengan suplementasi konsentrasi yang tinggi minyak esensial ke dalam rumen terjadi pergeseran dari efek selektif pada populasi mikroba rumen ke penghambatan yang lebih umum jika minyak esensial ditambahkan secara berlebihan. Penambahan (1  $\mu$ l ml<sup>-1</sup>) minyak kayu putih (ECO) secara *in vitro* media fermentasi, mengurangi konsentrasi amonia-N, namun pada dosis terendah (0,5  $\mu$ l ml<sup>-1</sup>) terbukti tidak berpengaruh pada amonia-N. Begitu pula dengan minyak esensial serai (LGO) juga ditemukan untuk mengurangi konsentrasi amonia-N dengan cara yang tergantung dosis, reduksi dengan dosis 0,5  $\mu$ l ml<sup>-1</sup> dalam kondisi *in vitro*. Kumar (2017) mengamati signifikansi penurunan konsentrasi amonia-N selama fermentasi jerami gandum ditambah dengan ekstrak penting daun minyak kayu putih, daun poplar atau kuncup cengkeh, menunjukkan efek penghambatan pada bakteri HAP. Konsentrasi NH<sub>3</sub>-N di dalam kultur fermentasi *in vitro* menurun secara linier pada peningkatan dosis 1  $\mu$ l 30 ml<sup>-1</sup> dan seterusnya minyak kayu putih dengan pengurangan pencernaan pakan pada dosis yang lebih tinggi. Studi-studi ini menunjukkan peran minyak esensial dalam mengurangi proses deaminasi dan potensi aplikasinya dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan protein oleh ruminansia, sehingga mengurangi polusi lingkungan dengan menurunkan emisi amonia.

### **6.4.5. Minyak esensial dalam meningkatkan status kesehatan hewan**

Minyak esensial dianggap mempunyai efek positif pada kesehatan dengan mengurangi risiko penyakit kardiovaskular, proses inflamasi, dan produksi radikal bebas yang berlebihan dalam sel. Suplementasi (0,05%) minyak esensial dari *Salvia officinalis* yang terutama mengandung asam rosmarinic, diterpene fenolat karnosol dan asam karnosat pada ayam broiler meningkat status antioksidan, peningkatan glutathion peroksidase enzim dengan peroksidasi lipid berkurang. Penelitian dengan suplementasi campuran tanaman obat (1,5%) untuk pedet Holstein terjadi peningkatan aktivitas total antioksidan dengan berkurangnya usia penyapihan. Kumar (2017) menunjukkan peningkatan status antioksi dan anak kerbau yang disuplementasi dengan suatu campuran poplar kaya minyak esensial dan daun kayu putih. Peningkatan konsentrasi enzim antioksidan utama (glutathione tereduksi, katalase, superoksida dismutase) dan mengurangi peroksidasi lipid yang diukur dengan pembentukan MDA dalam eritrosit.

### **6.5. Timol**

Timol adalah monoterpena [5-metil-2-(1-metiletil) fenol; C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O] dengan aktivitas antimikroba yang kuartterhadap berbagai bakteri gram positif dan negatif, dan merupakan salah satu yang paling aktif banyak diteliti komponen minyak esensial Gambar 3. dan Gambar 4. Thyme (*Thymus* spp.) dan oregano (*Origanum* spp.) mengandung minyak timol dalam jumlah besar. Inkubasi *in vitro* dari kasein dalam cairan rumen dengan kandungan timol (1.000 mg/L) dalam akumulasi AA dan pengurangan konsentrasi ammonia - N, menunjukkan bahwa deaminasi terhambat. Evans dan Martin (2000) melaporkan bahwa

timol mempengaruhi metabolisme energi dari 2 bakteri rumen yang relevan ditumbuhkan dalam biakan murni: *Streptococcus bovis* dan *Selenomonas ruminantium*. Mikroba ini mengurangi konsentrasi metan dan laktat, meskipun pada dosis yang lebih tinggi juga mengurangi pencernaan nutrisi secara keseluruhan dan total produksi VFA, indikasi yang jelas bahwa metabolisme mikroba terhambat. Efek ini disebabkan oleh hilangnya integritas membran sel dan penurunan penyerapan glukosa. Pada dosis 100 sampai 400 mg/L menghasilkan peningkatan dalam rasio asetat-ke-propionat. Sangat menarik untuk menunjukkan bahwa *S. ruminantium* lebih sensitif terhadap timol daripada *S. bovis*. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan akumulasi asam laktat, karena produksi laktat oleh *S. bovis* sebagai produsen utama asam laktat mungkin tidak dapat dimetabolisme cukup cepat oleh *S. ruminantium* (pengguna asam laktat utama), dan tujuan memodifikasi fermentasi rumen kemungkinan akan sebaliknya: untuk mengurangi *S. bovis* dan meningkatkan *S. ruminantium* untuk dicoba untuk mengontrol konsentrasi asam laktat dalam rumen. Castillejos *et al.* (2006) melaporkan bahwa dosis rendah timol (50 mg/L) tidak berpengaruh pada fermentasi mikroba rumen secara *in vitro*, tetapi pada dosis yang lebih tinggi (500 mg/L) konsentrasi total VFA dan amonia N menurun, dan rasio asetat-ke-propionat meningkat. Meskipun Castillejos *et al.* (2006) melaporkan bahwa timol meningkatkan jerami: pakan konsentrat pada pH tinggi (6,4), Cardozo *et al.* (2005) mengamati perubahan dalam arah yang berlawanan (pengurangan rasio asetat-ke-propionat) ketika timol diinkubasi dalam cairan rumen dari sapi yang diberi makan 10:90 jerami:konsentrat (berdasarkan jagung, jelai, dan kedelaimakan) diet pada pH 5,5. Efek antimikroba dari minyak esensial thyme meningkat saat pH menurun dari 6,5 menjadi 5,5. Kemungkinan pada pH yang lebih rendah, gugus hidroksil mungkin menjadi tidak terdisosiasi dan menjadi lebih

hidrofobik, memungkinkan integrasi molekul yang lebih mudah dengan lipid bilayer membran sel. Karena itu, hal ini penting untuk menentukan kondisi di mana aditif ini digunakan untuk memodifikasi fermentasi mikroba rumen ke arah yang diinginkan.

Senyawa dengan struktur fenolik seperti timol, lebih efektif sebagai anti mikroba dibandingkan dengan metabolit tanaman sekunder nonfenolik lainnya karena keberadaan gugus hidroksil dalam fenolik struktur. Selanjutnya, berat molekul timol kecil memungkinkan untuk mendapatkan akses ke membran sel melalui pori-pori dinding luar. Spektrum yang kuat dan luas aktivitas melawan gram positif dan gram negative bakteri, margin sempit keamanan antar dosis optimal dan toksik.

## 6.6. Eugenol

Eugenol (4-alil-2-metoksifenol;  $C_{10}H_{12}O_2$ ) adalah senyawa fenolik Gambar 3. dan Gambar 4. dengan spektrum luas aktivitas antimikroba terhadap gram positif dan bakteri gram negatif, dan itu adalah salah satu komponen aktif utama dalam kuncup cengkeh (*Eugenia caryophyllus* atau *S. aromaticum*) dan minyak kayu manis (*C. cassia*). Minyak cengkeh mempengaruhi metabolisme N, meningkatkan peptida N dan menurun secara numerik konsentrasi AA N, menunjukkan bahwa aktivitas peptidolitik dalam rumen menurun. Busquet *et al.* (2006) menegaskan bahwa minyak pucuk cengkeh mempengaruhi fermentasi rumen, mengurangi konsentrasi total VFA dan amonia N dan menunjukkan peningkatan linier pada proporsi molar propionat dan efek kuadrat pada proporsi molar asetat dan butirat. Secara umum istilah efek eugenol mirip dengan yang dilaporkan untuk minyak cengkeh. Profil fermentasi diamati menunjukkan bahwa, bila digunakan pada dosis optimal, efisiensi penggunaan energi dan protein dalam rumen dapat ditingkatkan. Potensi

manfaat eugenol pada fermentasi mikroba rumen diuji lebih lanjut secara *in vitro* oleh Castillejos *et al.* (2006) dengan 2 jenis diet yang berbeda. Dataimbangan hijauan dan konsentrat 60:40: pakan ternak berdasarkan jerami alfalfa, biji jagung, biji barley, dan bungkil kedelai, eugenol mereduksi amonia N dan Konsentrasi BCVFA, menunjukkan deaminasi ituterhambat. Efek pada produksi dan proporsi VFA lebih bervariasi. Sebaliknya, dalam pakan 10:90 sapi daging berdasarkan jerami, biji jagung, biji barley, dan bungkil kedelai, eugenol mengurangi konsentrasi VFA total dan proporsi propionat, dan meningkat proporsi asetat dan perbandingan asetat-ke-propionat. Profil fermentasi ini mungkin tidak diinginkan untuk produksi sapi daging. Oleh karena itu terlihat bahwa eugenol dapat meningkatkan produksi VFA dan profil VFAserta pemanfaatan N dalam rumen hewan menyusui, tetapi profil fermentasi tidak mendukung rekomendasinya untuk pakan ternak sapi.

## **6.7. Efek fitogenik pada kinerja reproduksi hewan**

Promotor pertumbuhan telah digunakan pada produksi daging selama beberapa dekade, untuk meningkatkan parameter tersebut sebagai pertambahan berat badan harian dan efisiensi pakan. Efek positif dari promotor pertumbuhan memenuhi kebutuhan sektor primer dan mempengaruhi sektor industri dan pengguna akhir produksi daging, seperti konsumen. Dalam konteks ini, ada beberapa manfaat, termasuk peningkatan hasil pemotongan dan penurunan deposisi intramuscular lemak, yang menghasilkan potongan ramping yang memenuhi tuntutan konsumen modern.

Karena pembatasan di beberapa negara pada penggunaan promotor pertumbuhan antibiotik dalam produksi daging (unggas, daging sapi dan babi), menggantikan senyawa ini sangat menarik. Dengan demikian, berbagai alternatif termasuk suplemen makanan

dengan metabolit sekunder tanaman, disebut sebagai pakan fitokimia aditif, aditif pakan fitogenik, fitobiotik, atau senyawa herbal dan botani, telah digunakan.

Saat ini fitokimia tidak hanya diusulkan sebagai pengganti promotor pertumbuhan antibiotik tetapi juga untuk senyawa anabolik lain yang digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan hewan. Senyawa ini diganti karena tren saat ini menunjukkan bahwa konsumen semakin menolak penggunaan zat sintetis dalam produksi pangan. Oleh karena itu senyawa yang berasal dari tumbuhan dengan aktivitas pemacu pertumbuhan, juga dikenal sebagai senyawa fitogenik, yang mendapatkan kehadiran di pasar aditif pakan.

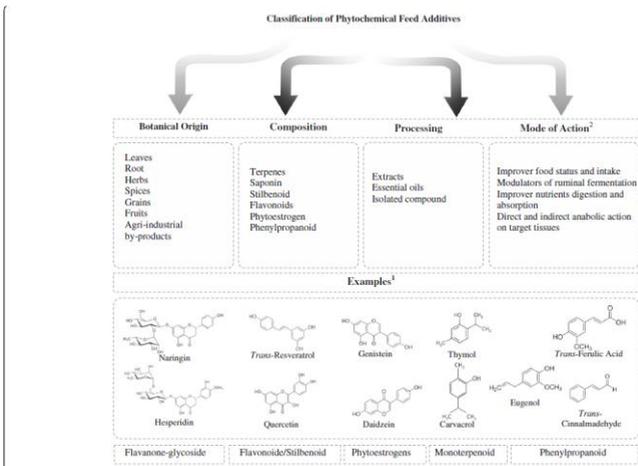
Aditif pakan fitogenik telah digunakan untuk meningkatkan kinerja reproduksi peternakan hewan, dan telah tumbuh minat dalam penggunaan phytochemicals untuk meningkatkan efisiensi reproduksi ternak karena sifat antioksidan, anti-inflamasi dan lebih rendah toksisitas dibandingkan antioksidan sintetis. Studi telah menunjukkan bahwa ekstrak dari tumbuh-tumbuhan atau senyawa fitokimia memiliki efek menguntungkan pada sememangar dan semen pasca/cair. Namun efeknya pada kinerja reproduksi memerlukan penyelidikan lebih lanjut untuk mencapai potensi perbaikan dan mengurangi risiko berbahaya. Penggunaan aditif pakan fitogenik dengan antioksidan untuk meningkatkan hasil fertilisasi *in vitro* telah dilakukan secara ekstensif didokumentasikan pada spesies yang berbeda untuk mengurangi stres oksidatif. Selain itu karena kinerja reproduksi dianggap ukuran keberhasilan yang utama sistem produksi ternak, penambahan beberapa fitogenik pada pakan ruminansia dapat meningkatkan efisiensi reproduksi Swelum *et al.* (2021).

Dimasukkannya fitogenik dalam pakan ternak dapat meningkatkan kinerja ternak dan meningkatkan efisiensi reproduksi. Efek antioksidan fitogenik seperti tumbuh-tumbuhan

dan ekstrak dalam pakan ruminansia memberikan bukti kemampuan fitogenik untuk menetralkan oksidasi, dan sangat penting untuk mengurangi beberapa dampak lingkungan. Selain itu, sifat antioksidan fitogenik adalah berdasarkan kemampuannya untuk menyediakan elektron atau ion hidrogen dan mendelokalisisasi elektron yang tidak berpasangan di dalam cincin aroma fenolik struktur mereka dan merupakan mekanisme sentral pertahanan biologis molekul melawan oksidasi. Meskipun demikian data yang dipublikasikan tentang dampak tersebut sangat terbatas menggunakan fitogenik sebagai aditif pakan untuk meningkatkan reproduksi kinerja ternak ruminansia. Aditif pakan fitogenik, seperti herbal dan ekstraknya, yang memiliki efek antioksidan potensial, terutama produk yang berasal dari jahe, ekstrak Echinacea, the hijau, ekstrak krokot, Moringa oleifera, honey bell, rosemary, dan yucca, karena senyawa fenoliknya. Beberapa senyawa aktif telah diisolasi dari tumbuh-tumbuhan ini, seperti quercetin, carvacrol, mentol, timol, asam rosmarinic, eugenol, rosmarol, dan propolis, yang memiliki antioksidan, efek anti-inflamasi, dan antibakteri.

Fitokimia menyajikan beberapa proprietiologi yang membuatnya menarik untuk digunakan sebagai promotor pertumbuhan dalam produksi ternak, termasuk anti-mikroba, anti-oksidas, anti-stres, dan efek nutrigenomik pada pengembangan kekebalan. Oleh karena itu senyawa ini merupakan sumber signifikan dari berbagai senyawa dengan aktivitas biologis yang berbeda yang memiliki potensi untuk mendorong pertumbuhan produksi hewan.

Klasifikasi beberapa contoh fitokimia yang digunakan sebagai aditif pemacu pertumbuhan disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Klasifikasi diusulkan dan beberapa contoh fitokimia yang digunakan sebagai aditif pemacu pertumbuhan.

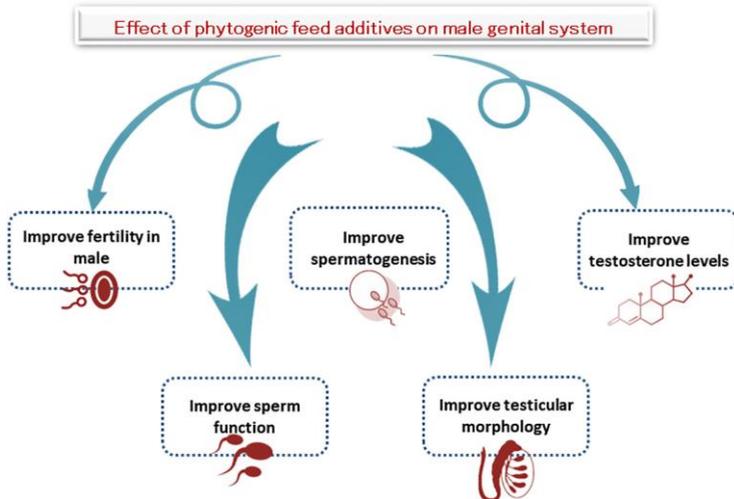
Beberapa aditif fitokimia meningkatkan rasa dan palatabilitas pakan, yang meningkatkan asupan pakan dan kinerja produktif. Hasil ini mungkin terkait untuk beberapa aktivitas biologis, seperti antioksidan, antimikroba dan efek penambah rasa. Yang diusulkan model tindakan adalah sebagai berikut: 1). Peningkatan status antioksidan pakan 2). Penurunan antimikroba kolonisasi 3). Peningkatan rangsangan nafsu makan. Beberapa fitokimia dapat merangsang penciuman saraf dan selera. Semua efek ini bisa menyebabkan hasil positif seperti konsumsi pakan yang lebih tinggi dan penambahan berat badan.

### 6.7.1. Pengaruh feed aditif fitogenik terhadap fungsi reproduksi jantan.

Fitogenik telah banyak digunakan untuk promosi kesuburan dengan meningkatkan aktivitas seksual melalui peningkatan sintesis steroidogenesis. Pemberian propolis dalam pakan (150

mg/kg) menghasilkan peningkatan spesifik dalam aktivitas seksual, spermatogenesis, dan status antioksidan dan kelinci selama kondisi musim panas. Bagian dari efek ini dikaitkan dengan tingkat densitas lipoprotein yang tinggi, yang mempunyai beberapa peran biologis penting dengan memungkinkan pengangkutan molekul lipid hidrofobik, seperti trigliserida dan kolesterol, dalam aliran darah, mengangkut kolesterol ke dalam jaringan steroidogenik, seperti testis, ovarium dan kelenjar adrenal. Menghilangkan kelebihan molekul low-density lipoprotein melalui hati. Pemberian oral ekstrak daun *M. oleifera* (40 mg/kg berat badan) pada domba jantan meningkatkan volume semen, konsentrasi sperma, motilitas sperma, indeks viabilitas, integritas membran, aktivitas katalase plasma semen, superoksida dismutase, glutathione reduktase dan peroksidase, kapasitas antioksidan, asam askorbat, dan beberapa enzim metabolit, seperti alkaline fosfatase dan asam fosfatase. *M. oleifera* memiliki berbagai polifenol antioksidan dan anti-inflamasi yang dapat meningkatkan keberhasilan peristiwa reproduksi. Pamungkas *et al.* (2019) melaporkan bahwa sapi jantan diberi makan dengan herbal untuk 3 bulan menunjukkan peningkatan volume, konsentrasi, viabilitas, dan motilitas sperma. Semakin tinggi kadar testosterone terdeteksi pada kelompok yang diberi perlakuan jahe bisa jadi karena penurunan dalam jumlah stres oksidatif, yang menghambat steroidogenik enzim untuk sintesis testosterone. Ekstrak jahe bisa langsung mempengaruhi Leydig sel untuk merangsang sintesis testosterone. Peningkatan sekresi testosterone disebabkan oleh senyawa bioaktif jahe, seperti ginsenosides, yang mengkatalisasi biosintesis androgen di testis. El-Azrak *et al.* (2017) melaporkan bahwa domba jantan yang menerima 1,5 ml minyak kayu manis secara oral selama 8 minggu memiliki peningkatan libido dan peningkatan kualitas semen. Selain itu, suplementasi ekstrak teh hijau, yang kaya akan katekin, dengan dosis dari 1% secara signifikan meningkatkan tingkat

kesuburan *in vivo* spermatozoa kerbau sebesar 34,21% dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Ahmed *et al.*, 2020). Aditif pakan fitogenik termasuk dalam semen extender meningkatkan tingkat pembelahan dan pembentukan morula dan blastokista pada hewan pengerat setelah fertilisasi *in vitro* (IVF) dan tingkat kesuburan *in vivo* pada kerbau (Ahmed *et al.*, 2019). Penambahan 150 atau 200 mM quercetin terhadap pemanjang semen sebelum pembekuan juga terbukti bermanfaat pada kerbau, dengan keberhasilan fertilitas *in vivo* 31,8% dan 39% lebih tinggi, masing-masing dibandingkan perlakuan kontrol. Secara keseluruhan, terbukti bahwa senyawa fitogenik dengan antioksidan aktivitas dapat mendorong perbaikan substansial dalam reproduksi kinerja jantan bila digunakan pada dosis optimal. Efek aditif pakan fitogenik pada reproduksi jantan diilustrasikan pada Gambar.8.



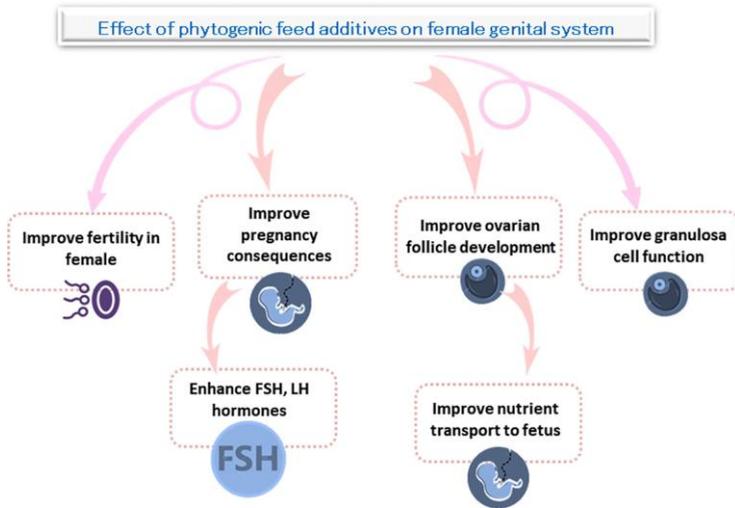
Gambar 12. Efek aditif pakan fitogenik terhadap sistem reproduksi jantan (Swelum, 2021).

### **6.7.2. Pengaruh feed additif fitogenik terhadap fungsi reproduksi betina**

Swelum *et al.* (2021) melaporkan bahwa regulator penting aktivitas ovarium adalah hormon steroid betina, termasuk hormon progesteron, P4, estradiol-17b, dan E2, yang berperan penting dalam pembangunan dan diferensiasi organ reproduksi, perilaku seksual, dan fertilitas. Induk betina bunting diberi pakan basal 5 g propolis menunjukkan peningkatan leukosit yang signifikan dan penurunan eritrosit, bersama dengan sel darah rata-rata hemoglobin. Selain itu juga mendeteksi peningkatan pada imunoglobulin A plasma sebagai respons terhadap suplementasi propolis. Secara bersamaan, oksida nitrat, hidrogen peroksida, dan superoksida dismutase menurun pada domba yang menerima propolis. Penambahan tepung daun *M.oleifera* pada pakan basal sapi perah menyusui sebesar 60 g *M. oleifera*/ekor/hari secara signifikan meningkatkan kapasitas serum antioksidan, protein, dan IgG serta mengurangi kadar asam lemak non esterifikasi. Pemberian yucca dalam pakan ternak kambing perah meningkatkan tingkat konsepsi, memperpendek siklus estrus, dan meningkatkan fertilitas ternak kambing. Yucca memiliki kadar senyawa fenolik dan mineral yang tinggi, seperti kalsium, dan setelah konsumsi, dapat mengurangi kadar urea plasma pada kambing.

Endometritis subklinis adalah penyebab umum subfertilitas dan infertilitas sapi perah produktif, dan menunda timbulnya aktivitas siklik ovarium setelah partus, memperpanjang tahap luteal dan mengurangi tingkat kesuburan. Khasiat ekstrak herbal dalam pengobatan gangguan endometritis subklinis pada sapi secara intra uterine dengan pemberian 25 ml ekstrak hidrometanol *Azadirachta indica* steril atau 20 ml (10 mg/ml) daun hidrometanol steril ekstrak *Achyranthes aspera* (200 mg) selama 3 hari berturut-turut. Hal ini menunjukkan bahwa khasiat kuratif *A. aspera* lebih

besar dari *A. indica*, diikuti tanpa pengobatan. Tingkat konsepsi adalah 50% dan 40% untuk *A. indica* dan *A. aspera*, masing-masing, dibandingkan dengan 20% untuk perlakuan control. Efek aditif pakan fitogenik pada reproduksi betina diilustrasikan pada Gambar.9.

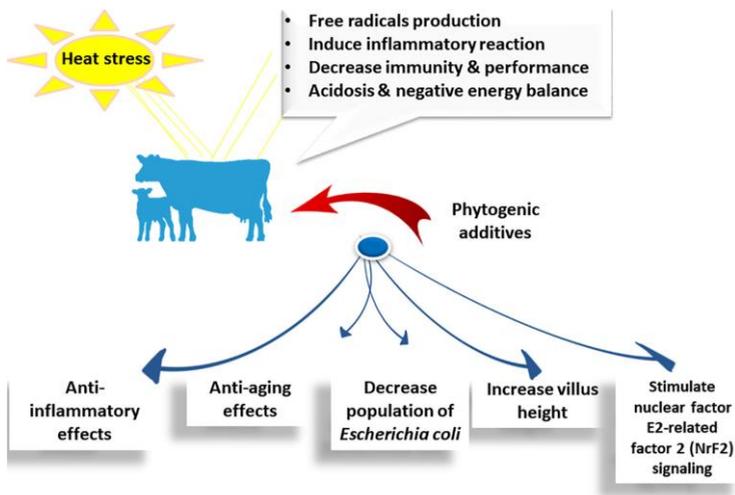


Gambar 13. Efek aditif pakan fitogenik pada fungsi reproduksi wanita. Hormon perangsang folikel (FSH); hormon luteinizing (LH)(Swelum, 2021).

### 6.8. Aditif pakan fitogenik dan sifat stres anti-panas

Faktor iklim dominan mempengaruhi produksi ternak termasuk kelembaban relatif, suhu lingkungan, radiasi matahari, kecepatan angin, dan tekanan atmosfer. Di antara masalah ini, stress panas adalah pengganggu kritis. Stres panas memiliki efek negatif pada kinerja reproduksi dari semua hewan

ternak. Pengamatan pada sapi perah dan kerbau menunjukkan kecenderungan peningkatan terjadinya silent heat, disfungsi corpus luteum, inseminasi berulang, dan hilangnya embrio, menyebabkan kegagalan reproduksi setelah terpapar tekanan panas (Sigdel *et al.*, 2020). Stres panas juga mempengaruhi kinerja reproduksi jantan karena dapat menurunkan libido, kualitas semen, dan fungsi testis.



Gambar 14. Efek aditif pakan fitogenik pada hewan yang mengalami cekaman panas (Swelum, 2021).

Intervensi aditif pakan fitogenik dapat mengurangi pengaruh negatif dari stres panas pada ternak. Aditif pakan fitogenik telah diberikan secara substansial karena keterjangkauan, ketersediaan, keamanan, dan sifat antioksidan potensial terhadap stres panas. Penggunaan *M. oleifera* (240g/hari/pejantan). meningkatkan kualitas semen kerbau jantan di bawah kondisi stress panas. Efek aditif pakan fitogenik pada hewan yang mengalami cekaman panas diilustrasikan pada Gambar 10.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adesogan. A. T. Using Dietary Additives to Manipulate Rumen Fermentation and Improve Nutrient Utilization and Animal Performance University of Florida
- Avijit. D., S. S. Misra, S. S. Dahiya, A. K. Balhara, Krishan Kumar, A. K. Das, R. K. Singh, Kiran Attri and Jose A Imaz. 2017. Essential Oils as Phytoenic Feed Additive: Potential Benefits on Environment, Livestock Health and Production. International Journal of Economic Plants 2017, 04(04):177-181
- Bedasso. G. T. 2021. The Functional Feed Additives in Animal Nutrition: The Substitute to Antibiotics. Quest Journals Journal of Research in Agriculture and Animal Science Volume 8 ~ Issue 6 (2021) pp: 18-23 ISSN(Online) : 2321-9459 [www.questjournals.org](http://www.questjournals.org)
- Calsamiglia. S., M. Busquet., P. W. Cardozo., L. Castillejos, and A. Ferret. 2007. *Invited Review*: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. J. Dairy Sci. 90:2580–2595.
- Cieslak, A., M. Szumacher-Strabell., A. Stochmal and W. Oleszek. 2013. Plant components with specific activities against rumen Methanogens. Animal (2013), 7:s2, pp 253–265
- Golder. H. M.; P. Celi; A. R. Rabiee and I. J. Lean. 2014. Effects of feed additives on rumen and blood profiles during a starch and fructose challenge. J. Dairy Sci. 97 :985–1004

- Gunal. M; A. Ishlak; A.A. AbuGhazaleh; W. Khattab. 2014. Essential oils effect on rumen fermentation and biohydrogenation under in vitro conditions. *Czech J. Anim. Sci.*, 59, 2014 (10): 450–459.
- Hassan F., M. A. Arshad., H. M. Ebeid., M. S. Rehman., M.S. Khan., S. Shahid and C. Yang. 2020. Phyto-genic Additives Can Modulate Rumen Microbiome to Mediate Fermentation Kinetics and Methanogenesis Through Exploiting Diet–Microbe Interaction. *Front. Vet. Sci.* 7:575801. doi: 10.3389/fvets.2020.575801.
- Houda. H. 2021. Effect of essential oils on ruminal fermentation: A review. Vol-7 Issue-3 2021. *IJARIE-ISSN(O)-2395-4396*.
- Jayanegara A, F. Leiber and M. Kreuzer. 2012. Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96. 365–375
- Johnson, K. A and D. E. Johnson. 1995. Methane Emissions from Cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 2483 – 2492.
- Kiran and S. Deswal. 2020. Role of feed additives in ruminant's production: A review. *The Pharma Innovation Journal* 2020; 9(2): 394-397
- Kumar, M.; V. Kumar; D. Roy; R. Kushwaha; S. Vaiswani. 2014. Application of Herbal Feed Additives in Animal Nutrition -

Michalak, M., K. Wojnarowski.,P. Cholewińska., N. Szeligowska.,  
M. Bawej. J. Pacoń. 2021. Selected Alternative Feed  
AdditivesUsed to Manipulate the RumenMicrobiome.  
Animals 2021, 11,  
1542.<https://doi.org/10.3390/ani11061542>.

Pandey, A. K.; P. Kumar and M. J. Saxena. 2019. Feed additive in  
animal health. In Nutraceuticals in Veterinary Medicine. R.  
C. Gupta et al. (eds.)# Springer Nature Switzerland AG  
2019[https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23)

Simon. O; A. Jadamus and W. Vahjen. 2001. Probiotic feed  
additives-effectiveness and expected modes of action.  
Journal of Animal and Feed Sciences, 10, Suppl. 1, 2001,  
51 – 67.

Singh, P. K. 2015. An Overview of Feed Additives.In Animal Feed  
Additives.Singh, P. K.; Chandramoni; K. Kumar and S.  
Kumar (Ed.)New India Publishing Agency, New Delhi -  
110034, India p. 1- 13.

Swelum A. A., N. M. Hashem, S. A. Abdelnour, A.E. Taha, H.  
Ohran,A. F. Khafaga, K. A. El-Tarabily, M. E. Abd El-  
Hack. 2021. Effects of phytogenic feed additives. Saudi  
Journal of Biological Sciences 28 (2021) 5816–5822.

Tuwaidan, N. W. H. 2020. Evaluasi Efektivitas Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale* (L.) *Rosc.*) untuk Menekan Gas Metan dalam Rumen Secara *In Vitro*. Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.

Valenzuela-Grijalva N. V., A. Pinelli-Saavedra, A. Muhlia-Almazan, D. Domínguez-Díaz and H. González-Ríos. 2017. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of Animal Science and Technology* (2017) 59:8. 365–375.

Wallace. R. J., and C. J. Newbold. 2007. Microbial Feed Additives for Ruminants. Chapter · December 2007 DOI: 10.1002/9783527615353.ch13. <https://www.researchgate.net/publication/229646224>.

Wallace. R. J. 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. Symposium on ‘Plants as animal foods: a case of catch 22?’. *Proceedings of the Nutrition Society* (2004), 63, 621–629 DOI:10.1079/PNS2004393.

## TENTANG PENULIS



Dr. Ir. Nancy W. H. Tuwaidan, MP. Lahir di Kaima, Minahasa Utara tanggal 11 Maret 1964. Menyelesaikan Sarjana (S1) pada tahun 1988 di Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi. Memperoleh Gelar Magister (MP) pada tahun 2000 di Program Ilmu Ternak Pasca-sarjana Universitas Gadjah Mada. Pada tahun 2020 meraih gelar Doktor Program Studi Ilmu Ternak Pasca-sarjana Universitas Brawijaya. Bekerja sebagai Dosen Nutrisi dan Makanan Ternak FAPET UNSRAT sejak 1989-sekarang. Selama ini mengampu mata kuliah Ilmu Nutrisi Ruminansia, Kimia, Biokimia, Fisiologi Nutrisi, dan Sistem Peternakan Terpadu. Penulis buku Aspek Lingkungan dalam Sistem Peternakan Terpadu.

ISBN 978-623-177-095-0 (PDF)



Penerbit  
**CV. PATRA MEDIA GRAFINDO  
BANDUNG**

Jl. Sekeloa Selatan 1 No. 11 Bandung  
Telp. (022) 2534911 Fax. (022) 2534912  
www.pmgbandung.com