

BAHAN AJAR

RUMINOLOGI



Disusun Oleh:

I GUSTI LANANG OKA CAKRA



**FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS UDAYANA
DENPASAR
2016**

PRAKATA

Bahan ajar yang berjudul RUMINOLOGI ini merupakan bahan ajar/penuntun paraktikum/silabus/SAP/kontrak perkuliahan yang dibuat untuk menunjang mata kuliah pilihan Ruminologi semester VII . Adapun bahan ajar ini dibuat bertujuan agar para lulusan dapat berpikir rasional, sistematis, kritis, dan berwawasan luas dalam bidang rumen. Bersikap profesional, dinamis, mampu mengenali berbagai masalah aktual serta mampu mengambil keputusan dan bertanggung jawab dalam memilih pakan untuk ternak ruminansia serta berjiwa besar dan mampu menghadapi kegagalan serta mempunyai rasa tanggung jawab dalam melaksanakan pengelolaan produksi ternak ruminansia berdasarkan pengetahuan dan teknologi ruminologi.

Dalam bahan ini banyak dibahas tentang rumen dan bagian bagiannya, ekosistem rumen, metabolisme dalam rumen, mikroba Rumen serta kelainan-kelainan yang terjadi dalam rumen. Ternak ruminansia yang memiliki rangkaian proses pencernaan lebih kompleks dibandingkan dengan proses pencernaan pada jenis ternak lainnya. Perut ternak ruminansia dibagi menjadi 4 bagian, yaitu retikulum (perut jala), rumen (perut beludru), omasum (perut bulu), dan abomasum (perut sejati). Dalam studi fisiologi ternak ruminansia, rumen dan retikulum sering dipandang sebagai organ tunggal dengan sebutan retikulorumen. Proses pencernaan pada ternak ruminansia dapat terjadi secara mekanis di mulut, fermentatif oleh mikroba rumen dan secara hidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan. Namun pencernaan ternak ruminansia lebih banyak ditentukan oleh pencernaan fermentatif didalam rumen. Karena, selain kapasitas rumen paling tinggi yakni kurang lebih 70% dari kapasitas saluran pencernaan secara keseluruhan juga ekosistem dalam rumen itu sendiri.

Buku ini sangat jauh dari harapan pembaca, untuk itu saran dari pembaca sangat kami harapkan untuk dapat memperbaiki tulisan ini. Penulis berharap semoga buku ini dapat menambah wawasan pembaca terutama dalam bidang ruminologi maupun ruminansia umumnya.

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| KATA PENGANTAR..... | i |
| DAFTAR ISI..... | ii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| II. RUMEN SEBAGAI ALAT PENCERNAAN FERMENTATIF | 3 |
| III. PERKEMBANGAN RUMEN | 5 |
| IV. BAGIAN-BAGIAN DALAM RUMEN..... | 13 |
| V. FERMENTASI DALAM RUMEN..... | 15 |
| VI. MIKROBA RUMEN | 18 |
| 1. Bakteri | 19 |
| 2. Protozoa | 21 |
| 3. Fungi | 24 |
| VII. FUNGSI MIKROORGANISME RUMEN..... | 25 |
| 1. Fermentasi Karbohidrat..... | 25 |
| 2. Perubahan Unsur Nitrogen di dalam Rumen | 27 |
| 3. Sintesis Protein oleh Mikroba..... | 28 |
| VIII. METABOLISME PROTEIN DALAM RUMEN | 31 |
| IX. METABOLISME KARBOHIDRAT DALAM RUMEN | 36 |
| X. PRODUK AKHIR FERMENTASI..... | 42 |
| 1. Volatile Fatty Acids | 42 |
| 2. Asam Laktat | 44 |

| | |
|---|----|
| 3. Gas | 44 |
| 4. Amonia | 45 |
| 5. Produk Akhir Lainnya..... | 45 |
| XI. MANIPULASI RUMEN | 46 |
| 1. Ekosistem Tanpa Cilia | 46 |
| 2. Suplementasi Probiotik atau Ionophores pada Ruminansia | 53 |
| XII. KELAINAN PROSES DALAM RUMEN | 60 |
| 1. Asidosis..... | 60 |
| 2. Parakeratosis | 61 |
| 3. Atony Rumen..... | 61 |
| 4. Bloat..... | 61 |

I. PENDAHULUAN

Tujuan dari mata kuliah “RUMINOLOGI” adalah agar para lulusan diharapkan dapat berpikir rasional, sistematis, kritis, dan berwawasan luas dalam bidang rumen. Bersikap profesional, dinamis, mampu mengenali berbagai masalah aktual serta mampu mengambil keputusan dan bertanggung jawab dalam memilih pakan untuk ternak ruminansia serta berjiwa besar dan mampu menghadapi kegagalan serta mempunyai rasa tanggung jawab dalam melaksanakan pengelolaan produksi ternak ruminansia berdasarkan pengetahuan dan teknologi ruminologi.

Ternak ruminansia memiliki rangkaian proses pencernaan yang kompleks dibandingkan proses pencernaan pada jenis ternak lainnya. Perut ternak ruminansia dibagi menjadi 4 bagian, yaitu retikulum (perut jala), rumen (perut beludru), omasum (perut bulu), dan abomasum (perut sejati). Dalam studi fisiologi ternak ruminansia, rumen dan retikulum sering dipandang sebagai organ tunggal dengan sebutan retikulerumen. Omasum disebut sebagai perut buku karena tersusun dari lipatan sebanyak sekitar 100 lembar. Fungsi omasum belum terungkap dengan jelas, tetapi pada organ tersebut terjadi penyerapan air, amonia, asam lemak terbang dan elektrolit. Pada organ ini dilaporkan juga menghasilkan amonia dan mungkin asam lemak terbang (Frances dan Siddon, 1993). Termasuk organ pencernaan bagian belakang lambung adalah sekum, kolon dan rektum. Pada pencernaan bagian belakang tersebut juga terjadi aktivitas fermentasi. Namun belum banyak informasi yang terungkap tentang peranan fermentasi pada organ tersebut, yang terletak setelah organ penyerapan utama.

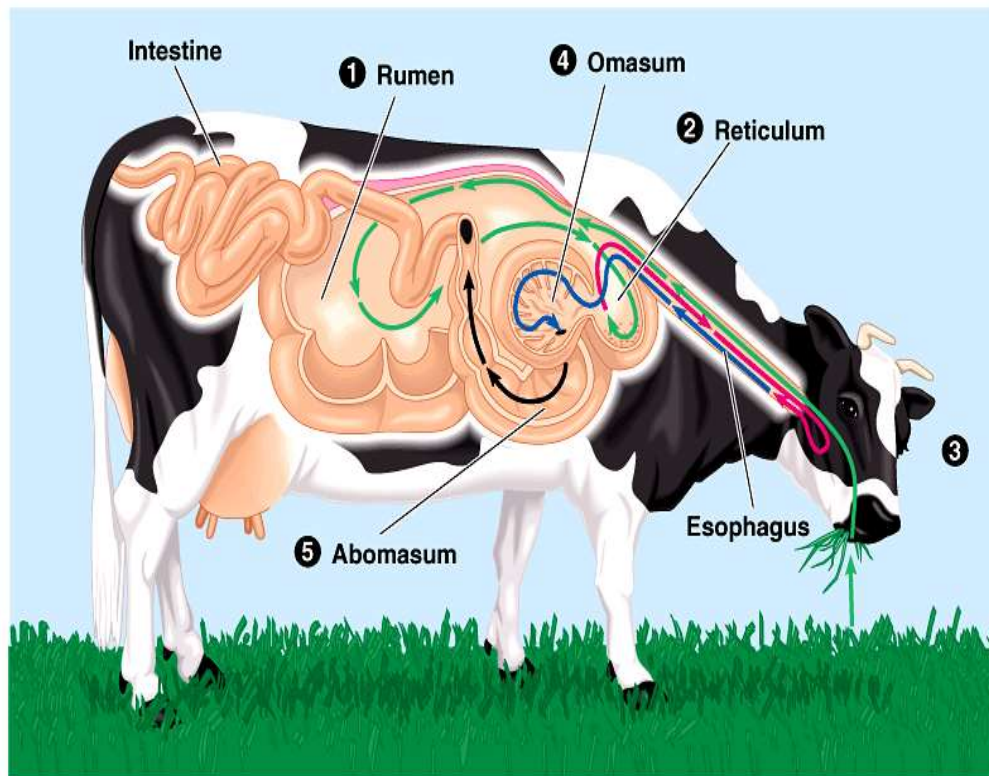
Proses pencernaan pada ternak ruminansia dapat terjadi secara mekanis di mulut, fermentatif oleh mikroba rumen dan secara hidrolis oleh enzim-enzim pencernaan. Namun pencernaan ternak ruminansia lebih banyak ditentukan oleh pencernaan fermentatif didalam rumen. Karena, selain kapasitas rumen paling tinggi yakni kurang lebih 70% dari kapasitas saluran pencernaan secara keseluruhan juga ekosistem dalam rumen itu sendiri (*Orskov dan Ryle, 1990*). Dalam hal ini pencernaan pakan secara fermentatif, baik bahan kering (BK) ataupun bahan organik (BO) yang terdegradasi semakin tinggi sejalan dengan

lamanya proses fermentasi berlangsung. Kondisi fisiologis ini memberi makna bahwa pada waktu yang bersamaan aktivitas mikroba rumen mendegradasi pakan semakin meningkat, sehingga produk fermentasi juga diharapkan juga semakin tinggi. Pada dasarnya mikroba rumen dapat dibagi dalam tiga grup utama yaitu bakteri, protozoa dan fungi (Czerkawski, 1986). Salah satu produk fermentasi yang dihasilkan adalah VFA (Volatile Fat Acid) atau asam lemak terbang yang merupakan sumber energi bagi ternak ruminansia. VFA dihasilkan melalui proses fermentasi karbohidrat, disamping itu fermentasi protein juga menghasilkan sedikit VFA. Nilai VFA sangat penting artinya bagi kehidupan ternak ruminansia dan mikroba yang ada didalamnya.

Dengan demikian, pada mata kuliah “RUMINOLOGI” dibicarakan tentang hewan atau ternak yang mempunyai rumen, dimana ruang lingkup dalam pembahasannya adalah membicarakan aktivitas biokimia, fisiologi, dan mikrobiologi yang terjadi dalam rumen serta fungsi rumen dalam hubungannya dengan produksi ternak.

II. ANATOMI DAN FUNGSI RUMEN.

Keunggulan ternak ruminansia dari non ruminansia adalah dengan adanya tempat pencernaan yang komptek pada ternak ruminansia yang disebut rumen. Rumen adalah suatu ekosistim yang komplek yang dihuni oeh beraneka ragam mikroba yang anaerob yang keberadaannya sangat banyak tergantung pada pakan (Preston dan Leng, 1987). Rumen mempunyai empat ruangan, yaitu Rumen, Retikulum, Omasum dan Abomasum. Rumen dan retikulum dihubungkan dengan lapisan dari jaringan yang disebut *reticulo-rumen fold* yang memungkinkan ingesta dapat berpindah dengan leluasa dari rumen (perut besar) ke retikulum (perut jala) ataupun sebaliknya.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

2.1. Rumen.

- Letak : rumen terletak di sebelah kiri rongga perut
- Anatomi : permukaannya dilapisi oleh papilai untuk memperluas permukaan sehingga dapat meningkatkan penyerapan (Absorpsi)
- Terdiri dari 4 kantong (saccus)

d. Terbagi menjadi 4 zona.

e. Kondisi :

- Kandungan Bahan Kering Isi Rumen 10-15%,
- pH 6.0 – 7,0.
- Suhu 38 – 42 °C
- Berat Jenis/BJ 1,022 – 1,055.
- Gas CO₂, H₂, CH₄, N₂, O₂, H₂S.
- Mikroba (Bakteri, Protozoa, Fungi)
- An aerob.

f. Fungsi Rumen :

- Tempat fermentasi oleh mikroba rumen
- Tempat Absorpsi VFA dan Amonia
- Tempat pencampuran



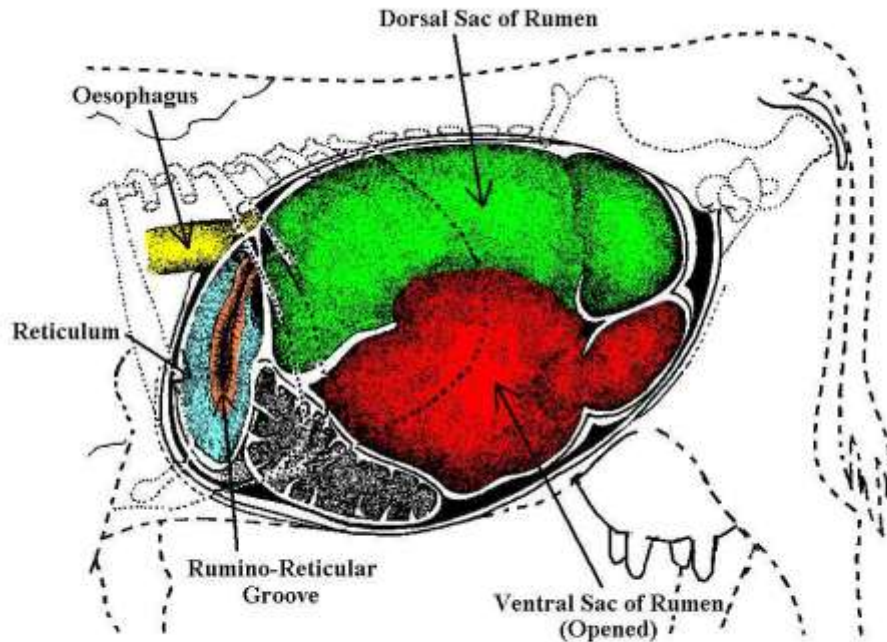
Gambar 2. Penampang Ruman

Bagian dalam dari reticulo-rumen dibagi dalam bentuk kantong-kantong (*sacs*) oleh *reticulo-ruminal fold* (sekat) dan oleh *pillars* (tonjolan) yang dibagi menjadi 5 *sacs* (kantong), yaitu :

1. Dorsal sac (terbesar)
2. Ventral sac
3. Eramil ventral sac

4. Ventral caudal blind sac

5. Dorsal caudal blind sac



Pillar adalah jaringan otot yang dapat berkontraksi, yang dapat menyebabkan perpindahan isi reticulo-rumen dari atas ke bawah atau sebaliknya. Selain jaringan otot, juga dalam pillar terdapat pembuluh darah dan jaringan pengikat. Permukaan dalam rumen sendiri tidak halus, tetapi strukturnya ada tonjolan halus, yang lazim disebut *papillae*, yang telah banyak dibahas pada bab sebelumnya. Disepanjang pillar makin jarang terdapat *papillae*, karena fungsinya berkontraksi sehingga jika banyak *papillae*, maka pillar sulit untuk berkontraksi. Selain itu, isi rumen dibagi dalam 4 zone/phase yaitu :

1. Gas zone : CO_2 , CH_4 , bila lebih besar dari gas akan terjadi bloat, tetapi tergantung rumen ekologi dan keseimbangan fermentasi, umumnya $\text{CO}_2 : 2 - 3 \times \text{CH}_4$.
2. Pad zone : daerah dimana ingesta mengandung kurang cairan, disebut juga floating fiber.
3. Fluid phase : sangat penting, papillae panjang/banyak, bakteri mengandung cellulase yang menimbulkan gas.

4. High density phase : daerah dimana umumnya terkumpul benda-benda yang berat seperti metal (paku), rock (batu-batuan), kawat dan lain-lain. Terkadang daerah ini bertambah luas tergantung jenis pakan yang diberikan.

2.2. Retikulum.

- a. Secara fisik tidak terpisahkan dari rumen
- b. Terdapat lipatan-lipatan oesofagus yang merupakan lipatan jaringan yang langsung dari oesophagus ke omasum.
- c. Permukaan dalam : terdaoat papilai menyerupai bentuk sarang lebah (honey comb) atau jala sehingga disebut perut jala.
- d. Fungsi:
 - Tempat fermentasi.
 - Membantu proses fermentasi.
 - Menyebarkan pakan ke rumen untuk dicerna (hijauan dan konsentrat) ke omasum (cairan dan pakan yang telah dicerna)
 - Absorpsi hasil-hasil fermentasi (VFA, Amonia, Air dan lainnya).
 - Tempat berkumpulnya benda-benda asing.
 - Membantu proses ruminasi (regurgitasi)



Gambar 3 Penampang Retikulum

2.3. Omasum

- a. Dinding terdiri dari laminae berbentuk lipatan-lipatan longitudinal, seperti lembaran buku sehingga disebut perur buku.
- b. Fungsinya:
 - Lokasi fermentasi
 - Mengatur arus ingesta ke abomasum lewat omasal-abomasal orifice.
 - Filtering: terutama menyaring partikel yang besar.
 - Grinding/digerus dengan laminaenya.



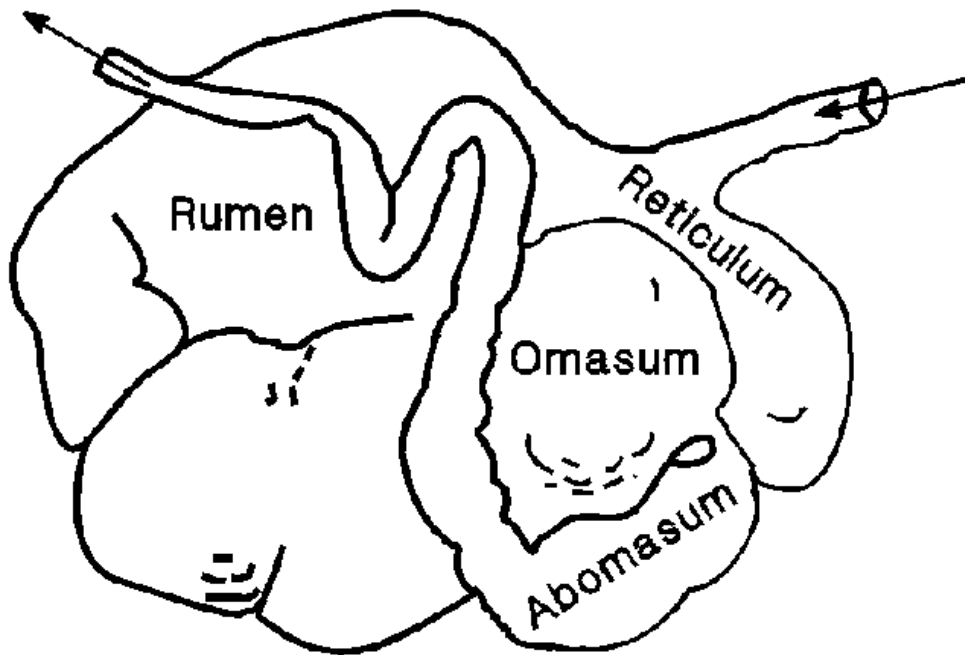
Gambar 4. Penampang Omasum

2.4. Abomasum.

- a. Letak : terletak di dasar perut kanan bawah
- b. Bentuknya memanjang
- c. Terdapat tonjolan/fold pada bagian dalam.
- d. Terbagi menjadi 3 bagian :
 - Kardia : sekresi mukus.
 - Fundika: sekresi pepsinogen, renin, dan mukus.
 - Filorika: sekresi mukus.
- e. Fungsi:
 - Tempat permulaan pencernaan enzimatis (perut sejati) yaitu pencernaan protein.
 - Mengatur arus digesta dari abomasum ke duodenum



Gambar 5. Penampang Abomasum

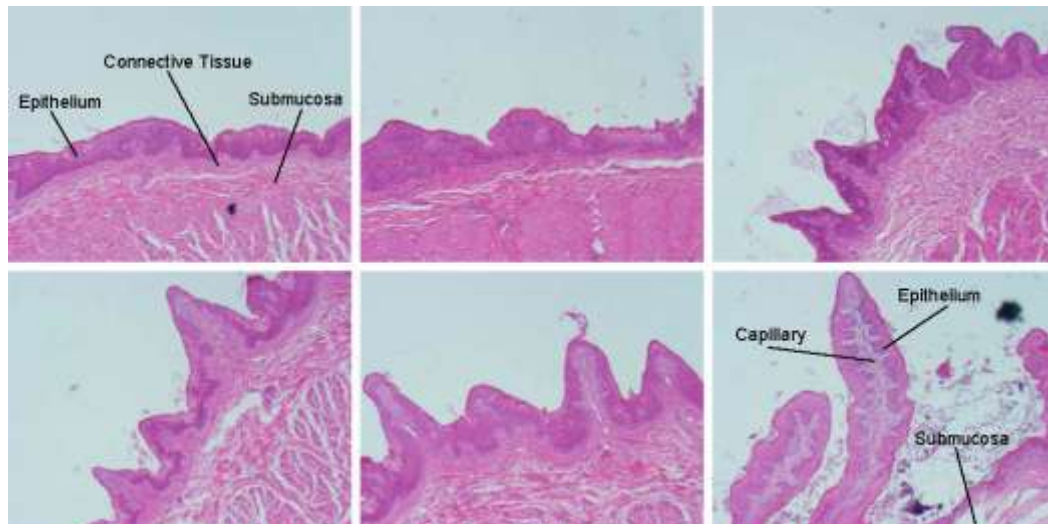


Gambar 6. rumen dan bagian-bagiannya

III. PERKEMBANGAN RUMEN

Foetus ternak ruminansia sama halnya dengan foetus ternak non ruminansia, dimana hanya memiliki perut tunggal dan menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi utama. Selama dalam kandungan, glukosa, fruktosa, dan asam-asam amino dipergunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan foetus. Ekspresi gen pada periode ini selanjutnya terkait dengan perkembangan sistem endokrin (hormon) foetus itu sendiri. Sistem endokrin tersebut mengekskresikan hormon-hormon yang diperlukan untuk perkembangan normal berbagai jaringan sehingga ternak ruminansia memiliki empat lambung, namun belum berkembang secara optimal. Ketika lahir, pedet memiliki instink untuk menyusui dan mulai menghisap cairan amniotik. Cairan amniotik bergerak melalui *reticular groove* dari esophagus dan saluran omasal menuju omasum (Bradley dan Misretta, 1973 dalam Arora, 1995) dan melewati rumen. Volume abomasum pada saat pedet baru lahir kira-kira 70 % dari keseluruhan volume lambung. Pertumbuhan *pappilae*, perkembangan otot-otot rumen dan permukaan rumen belum terlihat jelas, dinding rumen tipis, tampak transparan, dan volume rumen masih sedikit ketika pedet baru lahir. Ternak ruminansia membutuhkan perkembangan rumen secara fisik dan fungsional untuk dapat mengkonsumsi pakan berserat guna memenuhi kebutuhannya. Sehingga pertumbuhan dan perkembangan rumen sangat penting bagi ternak ruminansia, rumen tidak akan berkembang dengan baik jika kebutuhan pakan untuk perkembangannya tidak tersedia.

Sesudah lahir, rumen, retikulum, dan omasum terus berkembang sampai benar-benar berfungsi. Pada anak domba, tahap transisi dimulai pada umur 3 minggu dan berakhir sekitar umur 9 minggu (Edwards, 1970 dalam Arora, 1995). Pada anak sapi, fase ini mulai pada umur 5 minggu dan berakhir pada umur 12 minggu. Perkembangan rumen tidak terlepas dari perubahan ukuran dan jumlah sel epitel pada rumen yang mengakibatkan peningkatan panjang *pappilae*, lebar *pappilae*, dan ketebalan dinding dalam rumen. Pada gambar 2 ditampilkan perbedaan perkembangan dan pertumbuhan sel-sel epitel yang terjadi selama minggu pertama pada perut depan (rumen) pedet.



Gambar 7. Perkembangan dan Pertumbuhan Sel-sel Epitel pada Minggu Pertama

Sebelum perubahan atau transisi dari pre-rumen ke rumen, perkembangan dan pertumbuhan luas permukaan penyerapan rumen (*papillae*) diperlukan dalam menyerap dan memanfaatkan hasil pencernaan fermentasi oleh mikroba rumen (Volatile Fatty Acid). Adanya penyerapan VFA didalam rumen diidkasikan untuk merangsang metabolisme epitel rumen dan mungkin menjadi kunci awal perkembangan epitel rumen (Baldwin and McLeod, 2000). Mencerna pakan kering dan hasil produk fermentasi mikroba cukup merangsang perkembangan epitel rumen (Greenwood *et al.*, 1997; Nocek *et al.*, 1984). Namun, pengaruh asam lemak terbang yang dihasilkan dari fermentasi tidaklah sama, butirrat lebih berpengaruh terhadap perkembangan epitel rumen, selanjutnya propionat. Metabolisme butirrat oleh epitel rumen tampak mengalami peningkatan seiring dengan penurunan pH rumen dan meningkatnya kosentrasi butirrat (Baldwin dan McLeod, 2000). Selanjutnya kehadiran VFA dapat mempertahankan pertumbuhan *papillae*, ukuran dan fungsinya (Warner *et al.*, 1956). Oleh karena itu, kemungkinan pakan yang terdiri dari susu, konsentrat atau hijauan mempengaruhi tingkat perbedaan pertumbuhan epitel rumen.

Beberapa peneliti telah melakukan evaluasi terhadap pengaruh berbagai materi terhadap perkembangan jaringan epitel rumen, yang berhubungan dengan ukuran dan jumlah *papillae*, serta kemampuan untuk menyerap VFA dan metabolisme VFA. Hasilnya menunjukkan bahwa, rangsangan utama untuk perkembangan jaringan epitel rumen adalah VFA, terutama propionat dan butirrat (Jim Quigley,

2001). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Warner *et al.*, 1956. Sehingga untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangan rumen, pedet sebaiknya diberikan pakan dimana ketika didegradasi oleh mikroba rumen lebih banyak menghasilkan butirrat ataupun propionat.

Butirat dan propionat merupakan hasil akhir fermentasi pakan yang berupa biji-bijian (konsentrat) oleh mikroba rumen dan bukan merupakan hasil akhir dari pencernaan hijauan pakan ternak seperti jerami ataupun hijauan kering (hay) yang biasanya diberikan kepada pedet. Pemberian jerami atau hay dianggap dapat merangsang perkembangan rumen pedet, sehingga hal tersebut merupakan suatu kekeliruan. Pada gambar dibawah ini dapat dilihat perbedaan perkembangan rumen pedet yang diberikan pakan yang berbeda saat umur 4 minggu, 6 minggu, 8 minggu dan 12 minggu.

Gambar 8. Perkembangan rumen pada pedet umur 4 minggu



Pakan : susu, bebijian dan hay



Pakan : susu dan hay

Gambar diatas menunjukkan pedet yang diberi pakan konsentrat atau pakan dari biji-bijian sebagai pakan tambahan terhadap rumput kering dan susu dimana rumen tampak besar dan perkembangan rumen lebih baik serta terdapat papilae yang cukup banyak pada rumen dibandingkan dengan pedet yang diberikan pakan hay dan susu saja.

Gambar 9. Perkembangan rumen pada pedet umur 6 minggu



Pakan : susu, bebijian dan hay



Pakan : susu dan hay

Rumen pedet yang diberi pakan susu saja terlihat lebih kecil dibanding pedet yang diberikan susu dan konsentrat (biji-bijian). Sebagai tambahan, pakan konsentrat memberikan dampak terhadap rumen menjadi lebih gelap dan papilae berkembang dengan baik dibandingkan pedet yang hanya memperoleh susu. Sehingga pemberian konsentrat sangat baik bagi pertumbuhan dan perkembangan rumen.

Perkembangan rumen yang sehat merupakan suatu hal yang penting bagi transisi atau perubahan dari sebelum pemamah biak (pre-ruminant) hingga menjadi hewan pemamah biak (ruminant).

Gambar 10. Epolusi dinding rumen sesuai dengan pakan



Pakan: susu saja

Pakan: susu dan hay

Pakan :susu dan bebijian

Gambar diatas menunjukkan perkembangan rumen dari waktu ke waktu ketika pedet diberi pakan berbagai campuran antara susu, konsentrat, dan rumput kering. Rumen yang sehat mempunyai warna yang gelap, yang disebabkan oleh jumlah jaringan yang meningkat dan pembuluh darah yang besar (vascularisasi) serta papilae dalam jumlah yang banyak dan terlihat jelas.

Gambar 11. Perkembangan rumen pada pedet umur 8 minggu



Pakan :susu dan bebijian



Pakan : bebijian dan hay

Kedua gambar tersebut menampilkan rumen dan retikulum dengan warna yang gelap, tetapi jika diperhatikan rumen pada pedet yang diberi pakan hay (hijauan kering) mempunyai sedikit papillae, papillaenya pendek dan jarang serta dinding rumennya tipis. Walaupun pedet diberikan konsentrat, namun perkembangan rumennya tidak baik sebab pemberian hay dapat memenuhi ruang (bulky) rumen pedet yang ukurannya masih relatif kecil pada umur 8 minggu sehingga konsentrat yang dapat diberikan terbatas.

Gambar 12. Perkembangan rumen pada pedet umur 12 minggu



Pakan susu, hay, bebijian



Pakan susu Dan hay

Kedua gambar rumen diatas memiliki ukuran yang sama besar, tetapi perkembangan rumen tidak hanya terbatas pada ukurannya saja. Perhatikan perbedaan yang jelas pada banyaknya papillae dan panjang papillae diantara kedua rumen tersebut. Perbedaan juga terlihat pada warna rumen, rumen yang sehat memiliki warna yang gelap. Sehingga pedet yang diberi susu dan rumput kering perkembangan rumen yang kurang baik, dengan warna yang terang dan pertumbuhan papillae sangat kecil

Pentingnya pemberian konsentrat didalam perkembangan rumen akan terlihat nyata pada gambar di bawah ini. Rumen terlihat lebih berkembang pada

pedet berumur 4 minggu dibandingkan pedet berumur 12 minggu tanpa diberikan konsentrat.

Gambar 13. Perbandingan rumen umur 4 dengan 6 minggu tanpa konsentrat



Umur 4minggu pakan susu Dan bebijian

Umur 12 minggu pakan susu dan hay



Umur 6inggu pakan susu Dan bebijian

Umur 8minggu pakan susu dan bebijian

Jika pemberian dilanjutkan sampai 6 atau 8 minggu, maka pertumbuhan dan perkembangan papillae akan lebih baik. Karena pemberian konsentrat erat kaitannya dengan perkembangan rumen dan karena secara normal bagian dalam rumen pedet tidak bisa dilihat, maka pemberian konsentrat dapat digunakan untuk memperkirakan perkembangan rumen dan sebagai tolak ukur untuk menyapih pedet.

Rumen dikatakan sudah berfungsi, jika pedet sudah mampu dan efisien memanfaatkan pakan berupa biji-bijian ataupun hijauan untuk memperoleh protein dan energi yang cukup untuk pertumbuhannya. Pedet tanpa fungsi rumen

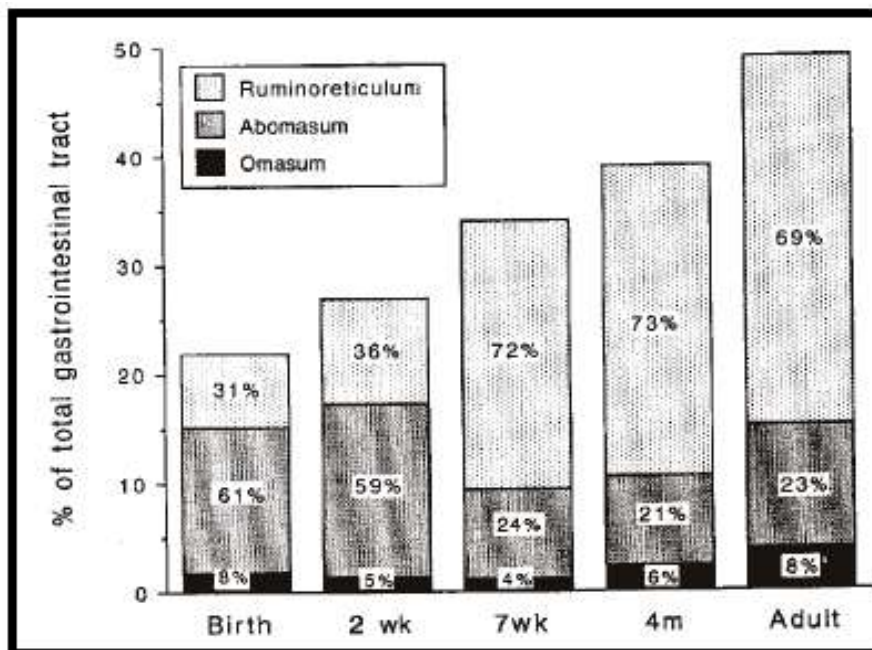
yang cukup, pertumbuhannya akan terhambat selama sebulan atau lebih setelah disapih.

Panampang melintang rumen terdiri dari tiga lapisan utama:

1. Lapisan mucosal, adalah lapisan bagian dalam rumen, perhatikan gambar penampang rumen.
2. Lapisan otot, berfungsi untuk kontraksi rumen sehingga pakan dapat bercampur (dikocok). Hal tersebut penting dilakukan untuk menjaga partikel-partikel makanan dalam suspensi, membuang gas yang dihasilkan selama pencernaan dan untuk memindahkan bahan pakan yang telah dicerna ke dalam abomasum.
3. Lapisan bagian luar yang berserat, berfungsi untuk melindungi keseluruhan organ/ bagian.

Dalam ternak ruminansia, perkembangan saluran pencernaan dibagi menjadi empat tahap (Swenson & Reece, ed. 1993), 1) the new born phase (0 – 24 jam), 2) the preruminat phase (1 hari – 3 minggu), 3) the transitional phase (3 – 8 minggu), dan 4) preweaning and post weaning phase (8 minggu sampai dewasa).

Gambar 14. Grafik perubahan proporsi dari lambung ruminansia (Wardrop dan Combe, 1960).



IV. AKTIFITAS YANG BERHUBUNGAN DENGAN RUMEN

1. Prehensi.

Prehensi adalah gerakan mendapatkan/pengambilan pakan untuk dimasukkan ke mulut. Pada gerakan ini memerlukan batuan gigi dan lidah. Untuk ternak kuda menggunakan bibir dan sapi menggunakan lidah. Domba lebih selektif dari pada sapi.

2. Mastikasi.

Mastikasi (chewing) adalah gerakan memperkecil ukuran partikel pakan yang terjadi di mulut. Hal ini merupakan gerakan mengunyah yang pertama kali dan ada kaitannya dengan produksi air liur (saliva)

3. Ensalivasi.

Ensalivasi adalah proses keluarnya saliva dari kelenjar ludah yang berhubungan dengan jenis makanan yang ada dalam mulut misalnya pakan hijauan akan mengeluarkan saliva lebih banyak dibandingkan dengan pakan konsentrat.

Fungsi saliva:

1. Sebagai pembersih/lubrikan
2. Penetrasi cepat
3. Sebagai pelumas terutama pada pakan serat.
4. Sebagai buffer yang kuat 8.4 - 8.5
5. Sebagai suplai zat makanan bagi mikroba di retikulo-rumen

4. Deglutisi.

Deglutisi adalah aksi menelan dengan gerakan reflek

5. Eruktasai.

Eruktasi/belching adalah proses keluarnya gas dari rumen ke oesophagus terus ke mulut. Fermentasi dalam rumen menghasilkan gas (CO_2 dan CH_4) yang harus dikeluarkan dari rumen sebab kalau tidak dapat keluar dari rumen dapat menyebabkan **bloat**.

6. Ruminasi.

Ruminasi adalah suatu proses mengunyah kembali atau memamahbiak .

Ada beberapa proses yang berhubungan dengan ruminasi yaitu:

1. Regurgitasi yaitu proses kembalinya ingesta atau bolus dari rumen ke mulut. Hal ini dapat terjadi karena adanya gerakan deglutasi/pristaltik. Terjadinya proses regurgitasi : mula-mula 2 sphinter tertutup lalu ada false inspiration karena oesophagus elastis, maka akan terjadi distensi oesophagus , menjadi balance, sehingga tekanan di oesophagus lebih rendah dibanding dengan di rumen, pada puncak false inspiration caecum terbuka, menyebabkan bolus terisap untuk masuk ke oesophagus, lalu reverse pristaltik ke mulut, pharyngeal sphinter bterbuka, sehingga bolus masuk ke mulut.
2. Remastikasi. Pada saat ruminasi remastikasi lebih lambat dibandingkan dengan mastikasi pada saat makan (Remastikasi 55kali/min sedang mastikasi 94kali/min. Sapi melakukan ruminasi 8 jam/hari. Fungsi remastikasi untuk mengurangi ukuran partikel dan meningkatkan produksi saliva.
3. Reensalivasi adalah salivasi kembali, produksi saliva lebih banyak pada remastikasi dibandingkan dengan mastikasi.
4. Redeglutisi yaitu menelan kembali bolus yang sudah di remastikasi untuk dikirim kembali ke rumen.

V. RUMEN SEBAGAI ALAT PENCERNAAN FERMENTATIF

Permukaan luar rumen ditandai dengan adanya celah yang sesuai dengan batas yang menonjol di permukaan sebelah dalam rumen yang disebut *pillar*, sehingga rumen seolah-olah dibagi menjadi kantong-kantong. Selain itu permukaan dalam rumen juga tidak halus, tetapi terdiri dari tonjolan halus yang disebut *papillae*, yang berfungsi untuk memperbesar luas permukaan dinding rumen sehingga absorpsi produk fermentasi (VFA, NH₃, CH₄, CO₂) akan menjadi lebih besar.

Secara anatomis-fisiologis, rumen diciptakan sedemikian rupa untuk dapat menampung bahan pakan yang berasal dari tanaman dalam jumlah yang relatif banyak dan memiliki kondisi yang cocok untuk kehidupan populasi mikroba sehingga mempunyai spesialisasi yang tinggi untuk memproses bahan-bahan pakan dari tanaman yang dikonsumsi ternak ruminansia. Semua reaksi fermentasi terjadi di dalam rumen, karena semua hasil-hasil fermentasi seperti; VFA, NH₃, CH₄ dan CO₂ terbentuk di dalam rumen.

Fungsi rumen antara lain sebagai fermentasi, absorpsi, pencampuran ingesta, membentuk vitamin B kompleks dan K, tempat pembentukan protein mikrobial yang merupakan sumber nutrisi bagi induk semang. Konsentrasi asam laktat dalam rumen adalah tinggi, bila diberi makanan yang banyak mengandung butiran atau yang kaya akan gula. Asam asetat dan asam butirat adalah ketogenik, sedang asam propionat adalah anti ketogenik.

Proses pencernaan pada ternak ruminansia lebih banyak ditentukan oleh pencernaan fermentatif di dalam rumen dalam kondisi anaerob, suhu berkisar antara 38⁰ – 42⁰C dan pH 6 – 7. Kondisi seperti itu dapat memacu pertumbuhan dan perkembangan mikroba rumen, sehingga dapat melakukan aktifitas fisiologinya terutama dalam hubungannya dengan fermentasi rumen. Selain kapasitas rumen paling tinggi yakni kurang lebih 70% dari kapasitas saluran pencernaan secara keseluruhan (*Colin dalam Lewis dan Hill, 1983*) juga ekosistem dalam rumen itu sendiri (*Orskov dan Ryle, 1990*), menyebabkan pencernaan ternak ruminansia lebih banyak ditentukan oleh pencernaan

fermentatif di dalam rumen. Dalam hal ini pencernaan pakan secara fermentatif, baik bahan kering (BK) ataupun bahan organik (BO) yang terdegradasi semakin tinggi sejalan dengan lamanya proses fermentasi berlangsung. Kondisi fisiologis ini memberi makna bahwa pada waktu yang bersamaan aktivitas mikroba rumen mendegradasi pakan semakin meningkat, sehingga produk fermentasi juga diharapkan juga semakin tinggi. Waktu fermentasi (inkubasi) dalam rumen menurut *sutardi (1980)* bahwa 3-4 jam setelah ternak diberi makan dapat dijadikan sebagai patokan dalam menentukan pertumbuhan dan aktivitas mikroba rumen dengan mengukur produksi biomasa sintesis protein mikroba. Lebih lanjut juga ditegaskan bahwa 1 jam setelah ternak diberi makan dapat dijadikan pedoman dalam penentuan produksi asam lemak volatil (VFA) dan amonia (NH₃) sesuai dengan solubelitasnya.

Rumen merupakan tempat terjadinya pencernaan fermentatif oleh mikroba rumen, sebab rumen memiliki kondisi atau lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroba rumen. Fermentasi di dalam rumen memberikan kemampuan ternak untuk dapat memanfaatkan selulosa sebagai sumber energi dan non-protein nitrogen (NPN) sebagai sumber protein mikroba yang nantinya dapat dimanfaatkan oleh induk semang, dimana mikroba tersebut mengandung berbagai asam amino yang penting bagi pertumbuhan induk semang (Hungate, 1966). Namun dalam proses fermentasi dalam rumen juga dihasilkan produk akhir seperti amoniak, metan, dan panas yang terbuang sehingga merupakan kerugian dari fermentasi.

Kondisi di dalam rumen tidak hanya kompleks, tetapi juga bersifat sementara. Jumlah pakan yang masuk ke dalam rumen akan sangat berbeda selama ternak digembalakan atau diberikan pakan langsung. Jumlah saliva yang dikeluarkan oleh kelenjar saliva dan keberlangsungan aktivitas rumen tidaklah tetap, tetapi akan tergantung pada jenis pakan yang diberikan. Walaupun kondisi rumen kompleks dan banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, namun bisa diperkirakan kondisi umumnya yaitu :

1. Temperatur berkisar 38 - 41°C dengan suhu rata-rata 39⁰ C.
2. pH rumen mencapai 7.0 jika diberikan pakan HMT dan bisa mencapai pH yang rendah 4.6 jika diberikan pakan konsentrat.

3. Potensial redoks sangat rendah yaitu -350 mV yang mencerminkan keadaan reduksi yang kuat sehingga oksigen tidak ada.
4. Fase gas tersusun dari karbon dioksida (50 – 70 %) dan sisanya merupakan metan.

Asetat ditemukan dalam konsentrasi yang terbesar di dalam rumen yang diikuti oleh propionate dan butyrate. Asam lemak rantai pendek dengan pasif diserap melalui dinding rumen dan laju serapan tersebut tergantung pada panjangnya rantai, pH dan konsentrasi. Pada pH 6.5 atau dibawahnya, asam lemak yang memiliki rantai panjang diserap pada suatu tingkat yang lebih tinggi, hanya pada pH di atas 6.5 tingkatnya serupa. Pada umumnya, asam yang tidak terurai/ lebih dengan cepat diserap, oleh karena itu ketika pH berkurang penyerapan meningkat (Fellner, 2005)

Ada beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari fermentasi yang ada dirumen, yaitu ternak ruminansia mampu mencerna pakan yang berserat, dapat memanfaatkan selulosa yang merupakan karbohidrat paling berlimpah ketersediaannya sebagai sumber energi utama. Kemudian dapat menghasilkan protein berkualitas tinggi dari bahan yang kualitas proteinnya rendah (NPN), dan mendaur ulang produk akhir nitrogenous. Mampu menyediakan semua komponen dari vitamin B-komplek, jika cukup tersedia mineal Cobalt (Co) untuk sintesis vitamin B₁₂.

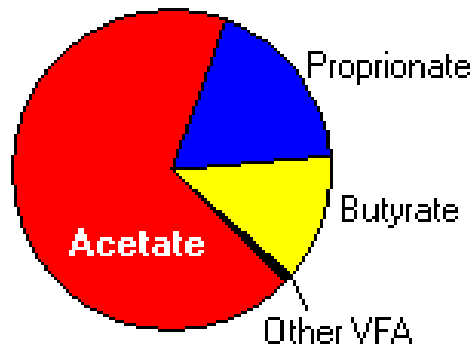
Sedangkan kerugian dari proses fermentasi adalah ternak ruminansia menghabiskan sebagian besar harinya untuk mengunyah makanan sekitar 4 – 7 jam perhari dan memamahbiak (mengunyah kemabli) sekitar 8 jam perhari. Membutuhkan mekanisme yang kompleks agar fermentasi tetap berlangsung efektif seperti :

1. Membutuhkan air liur yang bersifat alkali dalam jumlah yang cukup banyak.
2. Kontraksi yang kuat untuk mencampur pakan di dalam rumen.
3. Mekanisme untuk menghilangkan gas hasil fermentasi, seperti pengunyahan kembali dan penyerapan hasil akhir.

Dalam proses fermentasi, ada tiga hal yang paling utama yang dilakukan oleh mikroba rumen yaitu :

1. Sintesis protein mikroba, sehingga didalam tubuh mikroba terbentuk asam-asam amino yang nantinya ketika mikroba tersebut mati, dapat dimanfaatkan oleh induk semang
2. Sintesis protein dari sumber NPN
3. Sintesis vitamin B

Seperti yang diketahui fermentasi terjadi pada kondisi anaerob dengan produk utama dari fermentasi karbohidarat adalah volatile fatty acid (VFA). Serta dihasilkan juga asam laktat, karbon dioksida, dan gas metan. VFA terdiri dari asetat, propionat dan butirrat, yang merupakan sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Rasio VFA berbeda menurut pakan, meskipun demikian produksi asetat selalu paling tinggi. Pemberian pakan dengan serat yang tinggi, kira-kira perbandingan asetat, propionat, dan butiratnya adalah 70:20:10.

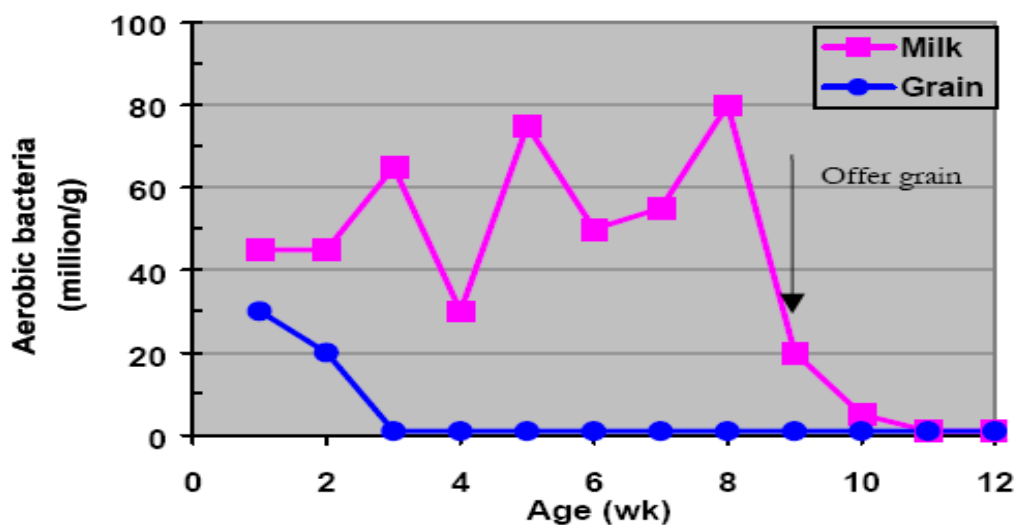


Gambar. 15 Grafik perbandingan VFA partial, pakan hay.

Fermentasi didukung oleh banyaknya mikroba yang berkembang didalam rumen. Setiap satu mililiter carian rumen mengandung 10 – 50 milyar bakteri, 1 juta protoza dan ragi atau jamur dalam jumlah yang bervariasi. Lingkungan rumen dan usus besar adalah dalam suasana anaerob dan diharapkan hampir semua mikroba adalah anaerob atau anaerob fakultatif. Mikroba-mikroba fermentasi saling berhubungan dan mendukung satu sama lain di suatu siklus makanan yang kompleks, dengan sisa produk atau limbah dari organisme (mikroba) yang satu dapat berfungsi sebagai nutrient bagi mikroba yang lain.

VI. MIKROBA RUMEN

Rumen merupakan salah satu ekologi mikroba yang paling padat dan beranekaragam. Suatu penjelasan yang mungkin untuk keanekaragaman itu adalah sifat yang kompleks dari pakan yang dikonsumsi ternak yang mengandung karbohidrat, protein-protein, lemak-lemak, senyawa organik lain dan mineral-mineral. Untuk menggunakan itu semua, berbagai organisme dalam rumen bisa bersaing untuk bertahan hidup, organisme akan sedikit beradaptasi dan mendapatkan sedikit nutrient atau bisa beradaptasi secara luas sehingga dapat menggunakan nutrient. Sebagai tambahan, ada mikroba-mikroba di dalam rumen dapat mengubah metabolisme mereka tergantung atas ketersediaan nutrient. Faktor lain yang menyebabkan keanekaragaman mikroba dalam rumen adalah kemampuan organisme tersebut untuk mencapai pertumbuhan optimalnya. Karena pertumbuhan dibatasi oleh ketersediaan makanan, efisiensi dimana makanan dirubah di dalam sel-sel akan menentukan ketahanan hidup.



Gambar 16. Perkembangan Bakteri pada pakan yang berbeda

Bakteri rumen pada rumen pedet (pre-ruminan) sangat berbeda dengan bakteri yang ada pada ternak yang sudah dewasa (ruminan). Pada saat lahir, keadaan rumen steril (tidak ada mikroba), namun saat berumur satu hari sudah banyak ditemukan bakteri aerob dalam jumlah yang banyak. Bakteri tersebut mulai ada saat pedet memulai memasukkan sesuatu kedalam mulutnya, sebab benda atau materi yang berada di luar sudah pasti terkontaminasi oleh mikroba

yang ada di alam. Bakteri aerob, bukan tipe bakteri yang umum ditemukan pada ternak ruminan dewasa. Kecepatan perubahan jumlah dan tipe bakteri yang berkembang di rumen pedet tergantung pada manajemen pemberian pakan. Grafik diatas menunjukkan, pemberian konsentrat dapat mempercepat penurunan jumlah bakteri aerob, dan digantikan oleh bakteri anaerob.

Di dalam rumen terdapat populasi mikroba yang cukup banyak jumlahnya. Mikroba rumen dapat dibagi dalam tiga grup utama yaitu bakteri, protozoa dan fungi (Czerkawski, 1986). Kehadiran fungi di dalam rumen diakui sangat bermanfaat bagi pencernaan pakan serat, karena dia membentuk koloni pada jaringan selulosa pakan. Rizoid fungi tumbuh jauh menembus dinding sel tanaman sehingga pakan lebih terbuka untuk dicerna oleh enzim bakteri rumen.

1. Bakteri

Bakteri anaerob merupakan biomassa mikroba yang paling besar di dalam rumen. Meskipun pada saat pedet lahir dengan kondisi rumen yang steril, koloni bakteri akan sangat cepat terbentuk. Pada domba dan pedet, *Escherichia coli* akan ditemukan di dalam seluruh daerah saluran pencernaan 8 jam setelah pedet dilahirkan, dan *lactobacilli* serta *streptococci* 24 jam setelah lahir (Fonty *et al.*, 1987). Bakteri *Cellulolytic* ada dalam isi rumen saat pedet berumur 4 – 5 hari.

Lokasi bakteri di dalam rumen ada tiga yaitu, terkumpul pada pakan dan jaringan lepas, pada zona/phase liquid, serta melekat pada dinding rumen (lapisan epitel). Disamping itu juga, ada beberapa bakteri yang melekat pada protozoa sehingga ada bakteri yang bisa ditemukan di dalam protozoa. Hampir semua jenis bakteri yang ada di dalam rumen adalah bakteri anaerob, termasuk bakteri gram positif dan bakteri gram negatif, sporeformers dan non-sporeformes, dan motile dan nonmotile yang terdiri dari berbagai jenis spesies yang dapat diklasifikasikan berdasarkan substrat utama yang digunakan, karena sulit mengklasifikasikan berdasarkan morfologinya.

Pada tabel dibawah, ditunjukkan jenis-jenis bakteri yang terdapat didalam rumen, fungsi utamanya serta produk yang dihasilkan ; estimasi ukuran, jumlah dan persentase mikroorganisme di dalam rumen ; serta bakteri proteolitik dan sellulotik utama dari mikroflora (bakteri) rumen.

Keberadaan persentase jenis mikroba yang berkembang di rumen sangat dipengaruhi oleh jenis pakan, sebab jenis pakan ini akan mempengaruhi produksi metabolit dalam rumen seperti , VFA, NH₃ , CH₄, pH dan lain-lainnya. Apabila ternak diberikan pakan konsentrat maka akan berkembang bakteri yang berhubungan dengan starch/amilum yaitu Bakteri Amilolitik dan dapat dipastikan pH rumen akan turun karena adanya asam laktat hasil fermentasi bawah. Sebaliknya bila diberikan pakan hijauan/serat maka akan berkembang bakteri selulolitik. Cakra (1996) mendapatkan bahwa mineral buffer NaHCO₃ dan Na₂CO₃ dapat mengatasi penurunan pH rumen sebagai akibat pemberian pakan konsentrat..

Tabel 1. Spesies bakteri rumen, fungsi dan produk yang dihasilkan (Hespell, 1981)

| Species | Function* | Products** |
|---|---------------|----------------|
| <i>Fibrobacter (Bacteroides) succinogenes</i> | C,A | F,A,S |
| <i>Ruminococcus albus</i> | C,X | F,A,E,H,C |
| <i>Ruminococcus flavefaciens</i> | C,X | F,A,S,H |
| <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> | C,X,PR | F,A,L,B,E,H,C |
| <i>Clostridium lochheadii</i> | C,PR | F,A,B,E,H,C |
| <i>Streptococcus bovis</i> | A,S,SS,PR | L,A,F |
| <i>Ruminobacter (Bacteroides) amylophilus</i> | A,P,PR | F,A,S |
| <i>Prevotella (Bacteroides) ruminicola</i> | A,X,P,PR | F,A,P,S |
| <i>Succinimonas amylolytica</i> | A,D | A,S |
| <i>Selenomonas ruminantium</i> | A,SS,GU,LU,PR | A,L,P,H,C |
| <i>Lachnospira multiparus</i> | P,PR,A | F,A,E,L,H,C |
| <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> | P,D | F,A,L,S |
| <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> | M,HU | M |
| <i>Methanosarcina barkeri</i> | M,HU | MC |
| <i>Treponema bryantii</i> | P,SS | F,A,L,S,E |
| <i>Megasphaera elsdenii</i> | SS,LU | A,P,B,V,CP,H,C |
| <i>Lactobacillus sp.</i> | SS | L |
| <i>Anaerovibrio lipolytica</i> | L,GU | A,P,S |
| <i>Eubacterium ruminantium</i> | SS | F,A,B,C |
| <i>Oxalobacter formigenes</i> | O | F,C |
| <i>Wolinella succinogenes</i> | HU | S,C |

*) C = cellulolytic; X = xylanolytic; A = amylolytic; D = dextrinolytic; P = pectinolytic; PR =proteolytic; L = lipolytic; M = methanogenic; GU = glycerol-utilizing; LU =

lactate-utilizing; SS =major soluble sugar fermenter, HU = hydrogen utilizer; O = oxalate-degrading.

****)F = formate; A = acetate; E = ethanol; P = propionate; L = lactate; B = butyrate; S = succinate; V = valerate; CP = caproate; H = hydrogen; C = carbon dioxide; M = methane.*

Tabel 2. Bakteri proteolitik dan selulolitik yang utama

| Proteolytic species (Wallace, 1986) | Cellulolytic species (Stewart and Bryant, 1988) |
|---|---|
| <i>Ruminobacter amylophilus</i> | <i>Ruminococcus flavefaciens</i> |
| <i>Bacteroides ruminicola</i> | <i>Ruminococcus albus</i> |
| <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> | <i>Fibrobacter succinogenes</i> |
| <i>Bacteroides spp.</i> | <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> |
| | <i>Clostridium longisporum</i> |
| | <i>Eubacterium cellulosolvens</i> |

Tabel 3. Perkiraan ukuran, jumlah Dan biomasa mikroba rumen.

| Micro-organism | Length/width (µm) | Count per ml of rumen content | Biomass (%) |
|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------|
| Bacteria | >50 | $10^{10} - 10^{11}$ | 33 - 98 |
| Protozoa | | | 40 - 80 |
| Entodiniomorph | 22/14-210/150 | $10^5 - 10^6$ | 1 - 33 |
| Holotrich | 20/10-80/180 | $10^3 - 10^4$ | 1 - 33 |
| Fungi | | | 8 |
| Soporangium | 10 - 100 | | |
| Zoospore without the flagella | 9 - 12 | $10^3 - 10^4$ | |



Gambar17. Beberapa bakteri sedang memecah serat

Gambar di atas menunjukkan beberapa bakteri sedang memecahkan serat yang terjadi di dalam rumen sapi.

2. Protozoa

Protozoa rumen diklasifikasikan menurut morfologinya sebab mudah dilihat berdasarkan penyebaran silianya yaitu: *Holotrichs* yang mempunyai silia hampir diseluruh tubuhnya dan mencerna karbohidrat yang fermentabel, sedangkan *Oligotrichs* yang mempunyai silia sekitar mulut umumnya merombak karbohidrat yang lebih sulit dicerna (Arora, 1989). *Isotricha* dan *Dassytricha* termasuk *Holotrichs* yang sumber pakannya adalah glukosa, fruktosa, dan sukrosa dengan produk utamanya asam laktat, asam asetat, asam butirat, CO₂ dan H₂. Sedangkan *Oligotrichs* terdiri dari *Diplodium*, *Entodinium*, dan *Ophyroscolex* dengan produk utamanya asetat, propionat, butirat, CO₂ dan H₂. Dimana sumber pakan pada umumnya adalah *starch*, dan bakteri (sel) khusus untuk jenis *Diplodium*.

Protozoa bersilia merupakan salah satu jenis protozoa yang paling banyak ditemukan di dalam rumen serta merupakan protozoa yang paling pertama ditemukan (Gruby and Delafond, 1843). Biomassanya berkisar 40% - 80% dari biomassa mikroba dengan jumlah populasi 10⁵ – 10⁶ per ml cairan rumen. Kondisi umum untuk pertumbuhan protozoa adalah pH berkisar 6 – 7, temperature 39⁰ C, suasana aerobik dimana hal tersebut sesuai dengan kondisi di dalam rumen. Protozoa membutuhkan ketersediaan substansi organik sebagai energi dan sumber nitrogen untuk pertumbuhan. Kehadiran protozoa di dalam rumen terjadi karena adanya kontak fisik antar ternak melalui saliva selama ruminansi, atau kontaminasi dari pakan dan air. Protozoa sangat rentan dengan penurunan suhu yang tiba-tiba dan kondisi aerob (Bonhomme, 1990) dan tidak membentuk cystic. Entodiniuim adalah protozoa bersilia yang muncul di rumen pada umur 15 – 20 hari, Polyplastron, Eudiplodinium, dan Epidinium muncul pada umur 20 – 25 hari dan terakhir Isotricha muncul setelah umur 50 hari pada domba (Fonty *et al.*, 1984). Seperti bakteri, protozoa juga berada pada tiga lokasi, yaitu fluid phase, melekat pada pakan dan jaringan lepas, dan melekat pada dinding rumen. Pada tabel di bawah ini ditunjukkan rata-rata volume dan jumlah dari kelompok mikroba (termasuk protozoa) dalam rumen domba.

Tabel 4. Rata-rata volume dan jumlah kelompok mikroba dalam rumen domba (Warner, 1962)

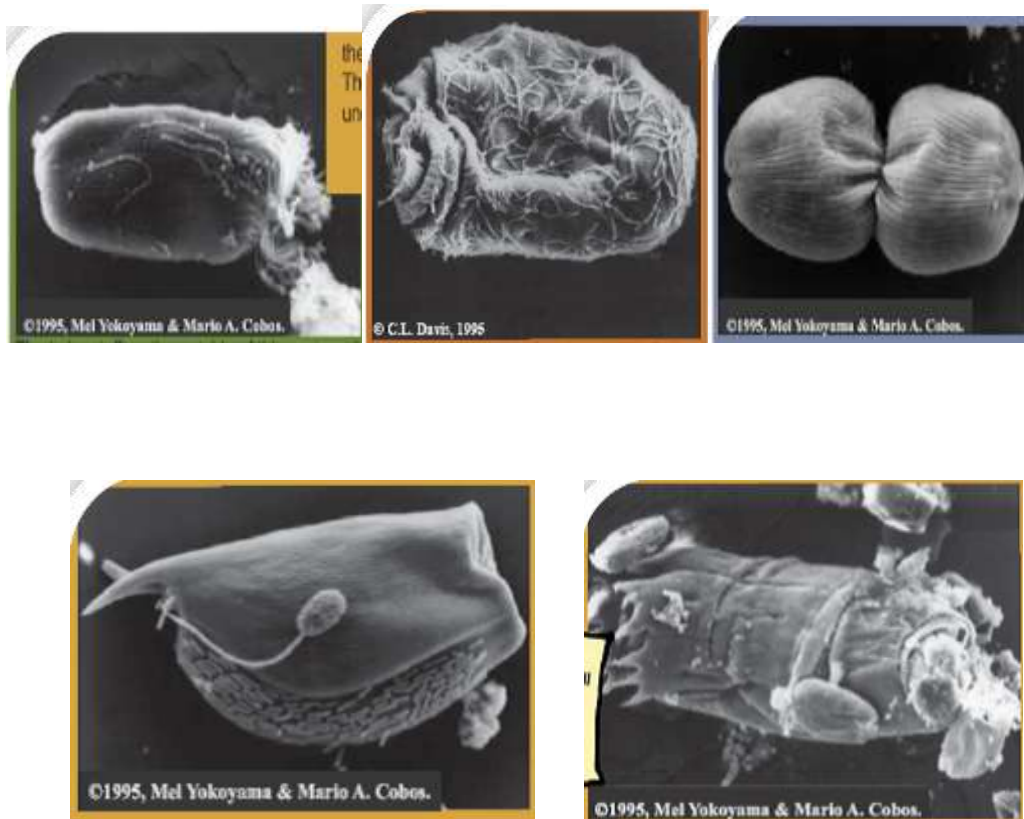
| Organism | Avg. cell volume | Number/ mL | % of total* |
|---|------------------|------------------------|-------------|
| Ciliate protozoa | | | |
| <i>Isotricha, Epidinium, Diplodinium sp</i> | 1.000.000 | 1,1 x 10 ⁴ | 33,55 |
| <i>Dasytricha, Diplodinium sp.</i> | 100.000 | 2,9 x 10 ⁴ | 8,78 |
| <i>Entodinium sp</i> | 10.000 | 2,9 x 10 ⁵ | 8,79 |
| <i>Polyflagellated fungal zoospores</i> | 500 | 9,4 x 10 ³ | 0,01 |
| Oscillospiras and fungal zoospores | 250 | 3,8 x 10 ⁵ | 0.26 |
| Selenomonads | 30 | 1,0 x 10 ⁸ | 0.09 |
| Small bacteria | 1 | 1,6 x 10 ¹⁰ | 48,52 |

*) Total microbial volume was about 0.036 ml per milliliter of rumen fluid.

Ekologi rumen dari protozoa bersilia juga menunjukkan dua keanehan yang penting. Pertama, variasi harian terjadi pada sejumlah protozoa dalam rumen, khususnya dengan holotrichs yang bergerak dari retikulum menuju rumen setelah makan (Abe and Iriki, 1989). Mekanisme yang mengatur perpindahan tersebut masih belum diketahui. Namun, Abe dan Iriki (1989) melaporkan diindikasikan karena adanya gula sederhana atau kontraksi dari dinding retikulum, yang mungkin juga menyebabkan perpindahan tersebut. Keanehan yang kedua dari protozoa bersilia yaitu pemisahan selektif mereka di dalam retikulo-rumen. Pemisahan dari silia rumen dipercaya untuk melekatkan protozoa tersebut dengan partikel pakan.

Diplodium, Entodinium, dan Ophyroscolex mampu menyimpan energi di dalam organ tambahan, disebut *skeletal plate*, yang terdiri dari granula polisakarida yang diperoleh dari metabolisme nutrisi ingesta. Kemampuan penyimpanan seperti itu mengizinkan protozoa bersilia untuk mengatur sintesis dan degradasi polisakarida serta mempertahankan ketersediaan nutrisi untuk metabolismenya sendiri. Sama halnya dengan Entodinium, beberapa holotrichs juga memiliki organ tambahan yang disebut hydrogenosome, yang ditandai dengan adanya enzim-enzim yang merubah piruvat menjadi asetat dan hidrogen.

Gambar 17. Beberapa contoh spesies Dan bentuk protozoa:



Komposisi dan jumlah protozoa dalam rumen tergantung dari interaksi beberapa faktor yaitu: temak induk semang, ransum dan lokasi geografis, namun dalam hal ini faktor ransum dipertimbangkan paling essensial (Tabel 1). Protozoa Entodinium berkembang pada ransum hijauan yang disuplementasi dengan pati. Jumlahnya meningkat dengan perimbangan pati tertentu, tetapi jika proporsi konsentrat dalam ransum melebihi 75%, konsentrasi protozoa ini akan menurun dan jika diberikan adlib dari ransum diatas, protozoa mungkin menghilang semua (Rung,et al., 1986). Menghilangnya protozoa dapat ditunjukkan dari terbentuknya propionat yang berlebihan dalam rumen dan tingginya keasaman dari rumen

(Kobayashi dan Itabashi, 1986). Sangat sedikit dari Entodinium ini dapat bertahan hidup pada pH lebih kecil dari 5.5. Protozoa juga, akan menghilang jika temak diberikan ransum dalam bentuk pellet secara ad lib. dan memberikan waktu retensi rata-rata lebih pendek dari partikel-partikel padat dalam rumen.

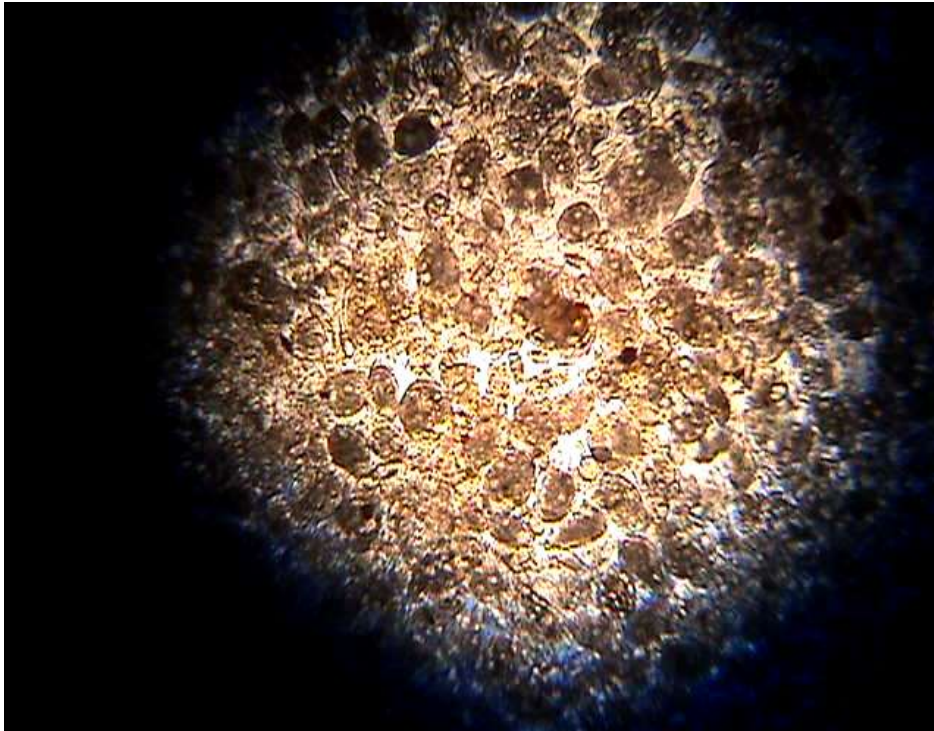
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa produktifitas ternak yang protozoa-nya dihilangkan dengan cara defaunation adalah lebih tinggi dari ternak yang masih mempunyai protozoa {Bird dan Leng, 1978). Pada penelitian lain biri-biri tanpa protozoa produktivitasnya jauh lebih tinggi dari pada biri-biri yang mempunyai protozoa dimana kedua jenis biri-biri tersebut digembalakan pada padang pengemba-laan dalam musim kering, Pada penelitiannya Bird dan Leng, (1984) menemukan bahwa penghilangan protozoa dengan defaunasi meningkatkan pertumbuhan wool sampai 35% pada biri-biri yang diberi makanan jerami yang telah diamoniasi.

Dapat disimpulkan bahwa pe-nghilangan sebagian protozoa dari rumen akan dapat meningkatkan produktivitas ternak, karena adanya peningkatan efesiensi penggunaan pakan.

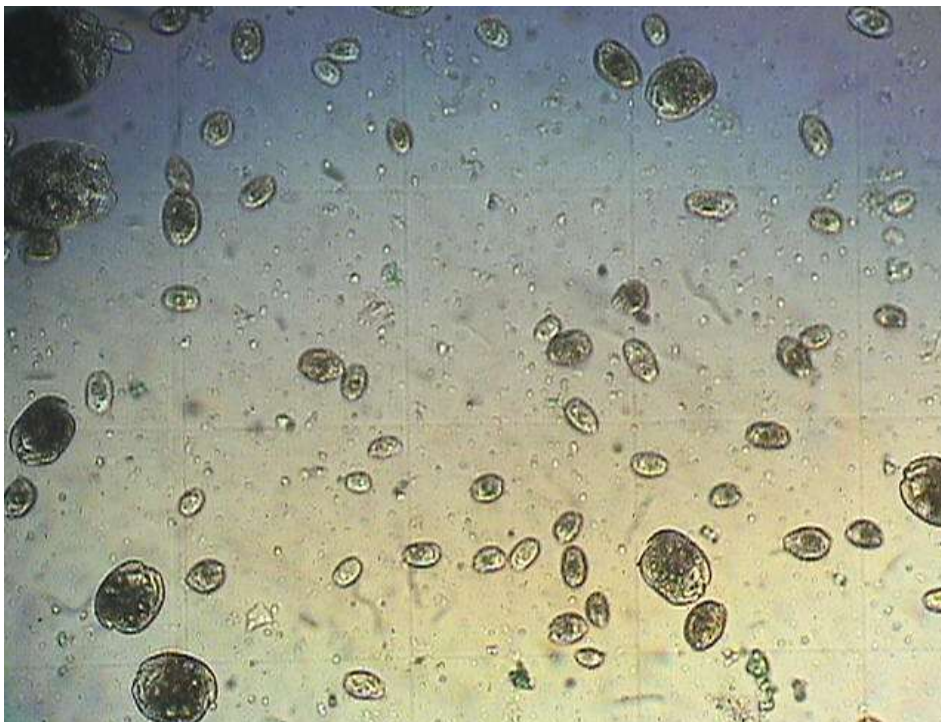
Tabel 5. Pengaruh Ransum terhadap Populasi Protozoa Siliata dalam rumen

| Ransum | | Ternak | Protozoa ($\times 10^4$ /ml) | |
|---------|------------|--------|-------------------------------|------------|
| Hijauan | Konsentrat | | Entodinium | Holotricha |
| 70 | 30 | Sapi | 12.7 | 2.4 |
| 58 | 42 | Sapi | 23 | 2.1 |
| 30 | 70 | Sapi | 38.4 | 2.3 |
| 50 | 50 | Sapi | 42.3 | 3.1 |
| 40 | 60 | Sapi | 57.5 | 1 |

Sumber Dennis et al., (1983)



Gambar18. Contoh Protozoa rumen sapi dengan pakan primafeed tanpa pengenceran yang dilihat pada mikroskop dengan pembesaran 100x foto diambil dengan camera digital (foto, Cakra, 2007)

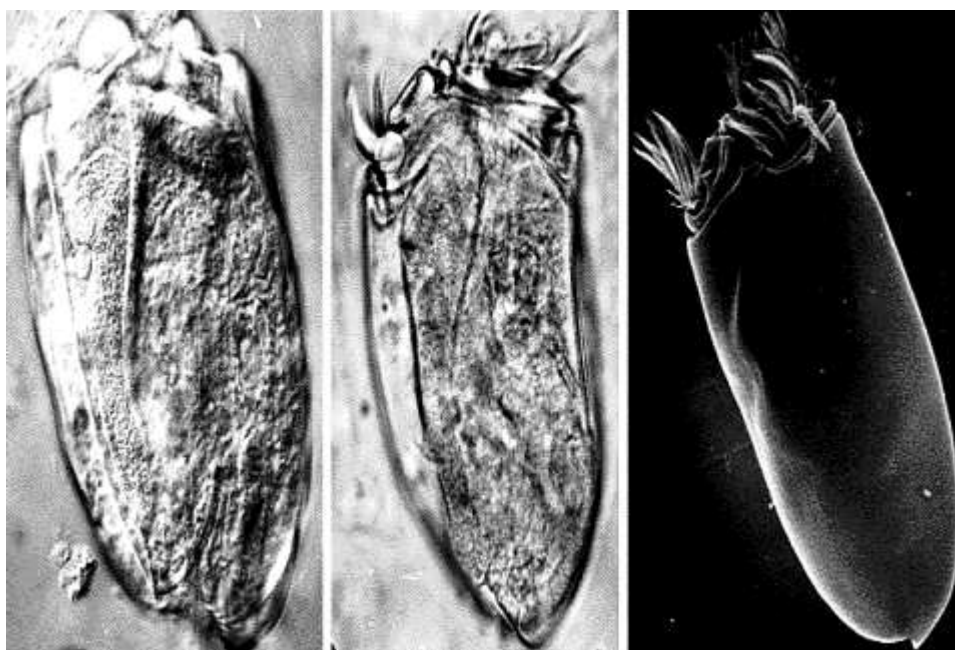


Gambar 19. Protozoa Sapi dalam ruang hitung dengan pakan primafeed pengenceran 4x dengan pembesaran 100X diambil dengan camera digital (foto Cakra, 2008.)

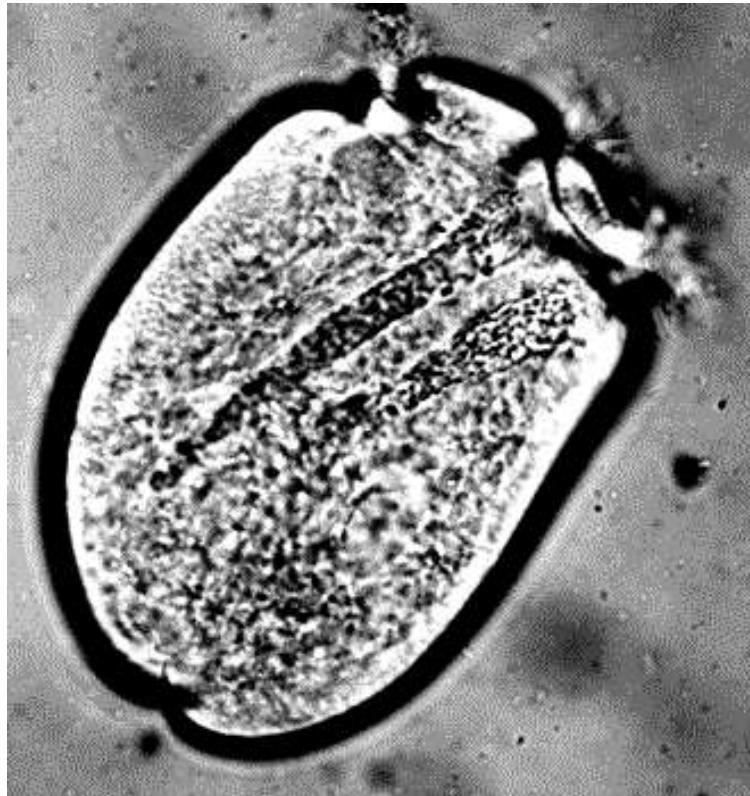


Gambar 20. Protozoa *Eudiplodinium neglectum*. Warna pink (makronukleus) Dan warna merah mikronukleus dalam gambar lebih kecil). Warna kuning adalah pakan Dan plat skeletal berwarna abu.

Beberapa contoh Spesies Protozoa:



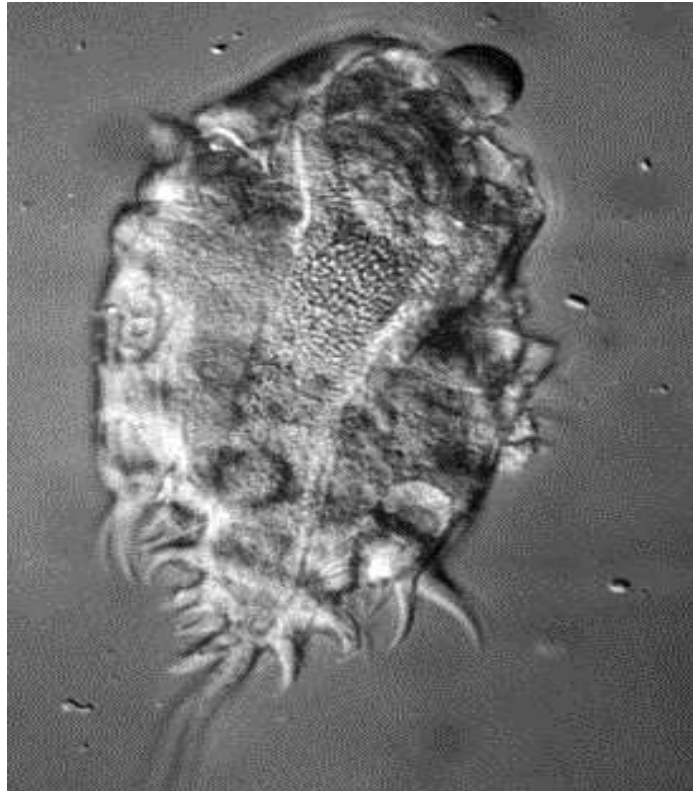
Gambar 21. *Eudiplodinium maggii* (typically 100-200 μm).



Gambar 22. *Polyplastron* dengan 2 plate skeletal ini tergolong lebih besar dibandingkan dengan *Eu Maggii*.



Gambar 23. *Epidinium caudatum*



Gambar 24. *Ophryoscolex* (typically 100 μm).

3. Fungi

Keberadaan fungi yang bersifat anaerob di dalam rumen baru beberapa tahun ini diketahui setelah dapat diisolasikan dari cairan rumen dan dikembangkan di dalam kultur. Fungi yang anaerob telah ditemukan pula keberadaannya pada beberapa jenis ternak termasuk biri-biri, kambing, sapi dan pada beberapa famili rusa. Ditemukan juga pada caecum kuda dan gajah, dan pada "pseudorumen" dari kangguru (Bauchop, 1980). Dengan demikian boleh jadi fungi anaerob terdapat pada semua jenis ternak herbivora dan mungkin juga ada pada lingkungan-lingkungan anaerob yang lainnya, misalnya pada laut-laut yang dalam atau pada lumpur dan bahkan pada tangki kotoran bahan pembuatan gas metan. Untuk beberapa tahun yang lalu, spora dari fungi yang mempunyai flagela dikira adalah protozoa. Namun akhirnya dapat dibedakan antara flagela

protozoa dengan zoospora dari fungi dimana pergerakan dari pada flagela zoospora adalah jauh lebih cepat dari pada gerak flagela dari protozoa. Suatu tabung yang bersifat anaerob (Hungate, 1966) sekarang dapat digunakan untuk mengkultur zoospora dan memperkirakan jumlah zoospora hidup dengan lebih meyakinkan.

Masa pertumbuhan vegetatif dari fungi terdiri dari sporangia yang muncul dari rizoid yang tumbuh pada jaringan tanaman. Umumnya sporangia bermunculan dari permukaan partikel tanaman, dan melepaskan zoospora dalam waktu yang singkat setelah ternak diberi makan. Ini memungkinkan fungi memakan serat kasar dari jaringan yang telah terserang atau lewat bagian-bagian tanaman yang telah rusak maupun lewat stomata dari pada daun. Untuk selanjutnya fungi akan tumbuh dan berkembang pada partikel tanaman tersebut. Nampaknya fungi adalah mikroorganisme rumen yang paling pertama menyerang dan mencerna komponen. Penyerangan ini dimulai dari bagian dalam.

Dengan demikian tekstur partikel tanaman akan menjadi lembut sehingga akan lebih mudah untuk diserang oleh mikroorganisme yang lainnya (Akin et al., 1983). Kerusakan partikel tanaman yang diakibatkan oleh fungi, akan memudahkan bakteri untuk berkoloni pada bagian tanaman tersebut. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa fungi adalah sangat penting sebagai pembuka jalan, agar bagian-bagian dinding sel yang mula-mula tidak tercerna pada akhirnya akan dapat dicerna dan juga dapat memperpendek waktu yang digunakan untuk mencerna bagian-bagian tersebut. Nampaknya adalah beralasan apabila diasumsikan bahwa, fungi dapat memecah ikatan ligni-cellulos dan dapat melarutkan lignin tetapi sebenarnya tidak mencerna lignin. Dengan lain perkataan, kemungkinan fungi dapat mempengaruhi bagian-bagian tanaman yang secara fisik terikat dengan lignin yang mula-mula tak tercerna menjadi dapat dicerna oleh bakteri rumen.

Berdasarkan morfologi (bentuk) talus dan posteriology flagel zoosporanya, fungi monosentric termasuk klas *Chytridiomycetes*. Fungi monosentric bisa dikelompokkan ke dalam tiga genus yaitu *Neocallimastix sp.*,

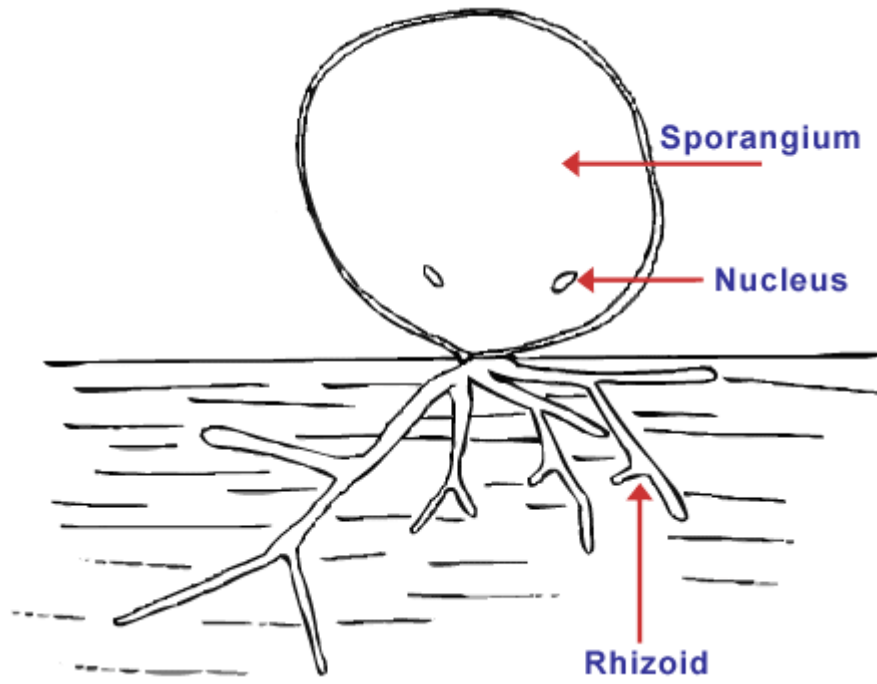
Piromonas sp., dan *Sphaeromonas sp.* Genus *Neocallimastix sp.*, terdiri dari dua spesies yaitu *Neocallimastix frontalis* dan *Sphaeromonas communis*.



Gambar 25. Fungi Neocalimastik



Gambar 26. Sporangia Fungi



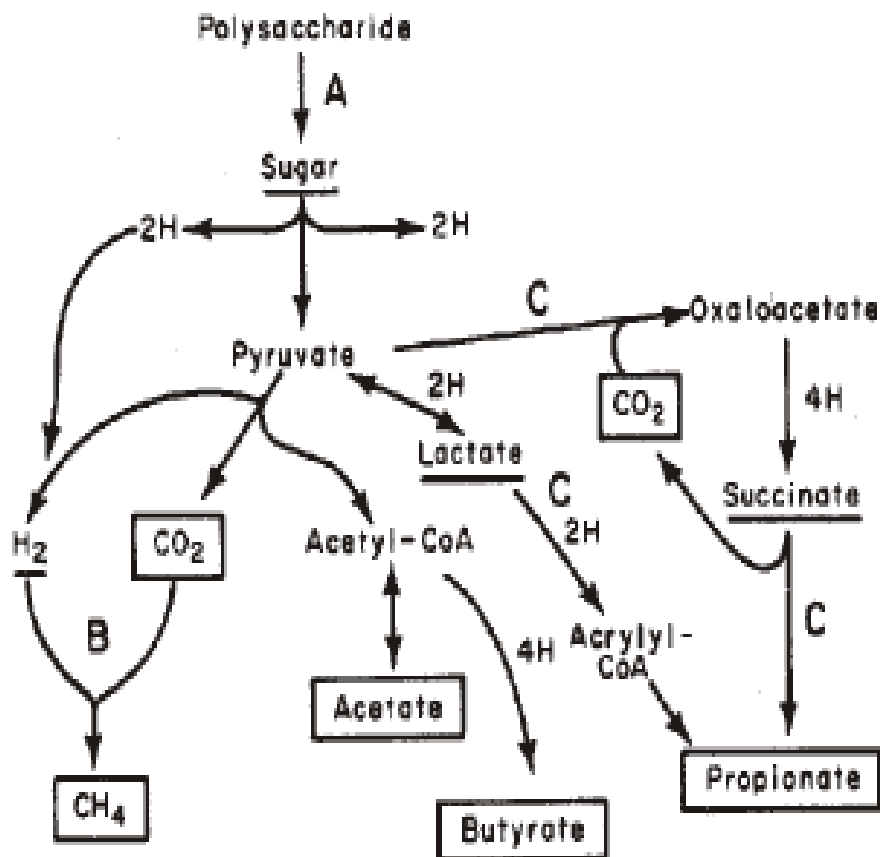
Gambar 27. Bagian bagian Fungi

VI. FUNGSI MIKROORGANISME RUMEN

6.1. Fermentasi Karbohidrat

6.1.1. Fermentasi Karbohidrat oleh bakteri

Butyrivibrio bekerja lambat, sedangkan *Butyri ruminocola* bekerja hanya terhadap hemiselulosa, selama proses fermentasi serat kasar, asam lemak terbang dibebaskan. Makanan dengan kandungan serat kasar rendah mudah dicerna dan memerlukan waktu yang pendek per satuan berat. Bakteri *Amylolytic* dan *Saccharolytic* menghidrolisis pati menjadi hexosa yang kemudian pecah, lebih lanjut melalui siklus “Embden Meyerhof”. Hexosa dihidrolisis lebih cepat daripada makanan berserat kasar tinggi. Terjadi pembebasan lebih banyak molekul H₂ dan kemudian oleh bakteri *Methanobacterium ruminantium* dan *Methanobacterium mobilis* diubah menjadi metana (Smith dan Hungate, 1958). Dengan mekanisme jenis ini biasanya H₂ yang terakumulasi dalam rumen sangat tinggi. Hal ini menghambat dehidrogenase mikrobial dan akibatnya dialihkan ke akseptor lain pembebas ethanol dan asam laktat. Dengan makanan jenis ini, *Streptococcus* berbiak lebih cepat dari normal dan membebaskan sejumlah besar asam laktat. Dalam kondisi tersebut, bakteri pemakai asam laktat tidak dapat memetabolis laktat cukup cepat untuk mencegah terjadinya akumulasi. Karena asam laktat mempunyai pKa 3,08 dan asam lemak terbang mempunyai pKa (4,75 – 4,81), maka pH rumen turun mendadak, yang mengakibatkan terjadinya perubahan drastis jumlah populasi mikroba. Bakteri methanogenic dan bakteri asam laktat sangat terpengaruh oleh pH rendah dan akan menyebabkan rumen mengalami asidosis. pH rendah juga menurunkan aliran saliva sehingga menyebabkan pH turun lebih rendah lagi. Mikroorganisme rumen memproduksi bentuk D (-) dan L (+) asam laktat. Bentuk D (-) cenderung meningkat sesuai dengan fungsi waktu dan menyebabkan asidosis menetap dalam darah yang akan membahayakan kelangsungan hidup.



A = Carbohydrate Ferm, B = Methanogenic, C = Lactate Fermenting & ferment carbohydrate

Gambar 27. Fermentasi Karbohidrat oleh jenis bakteri yang berbeda (Allison, 1993):

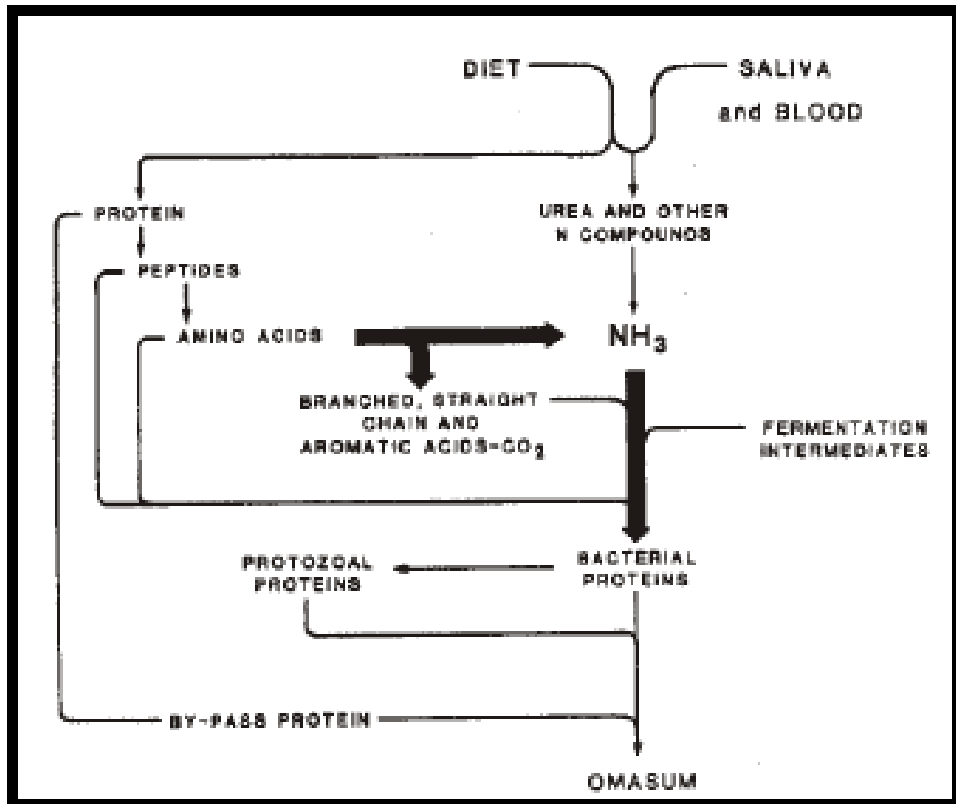
6.1.2. Fermentasi Karbohidrat Oleh protozoa

Sejumlah protozoa seperti *Polyplastron multiresiculatum* dan *Ophyroscolex tricornatus* mempunyai aktivitas selulose aktif. Protozoa-protozoa ini memecah selulose dan terutama melepaskan selobiosa dan glukosa. Anggota protozoa *Oligotrich* memecah selulosa, tetapi *Holotrich* tidak mempunyai sifat tersebut (Hungate, 1955). Spesies *Epidinium* menghidrolisa Xylana sederhana dan arabinoxylan melalui enzim hasil ekstraksi sel bebas menjadi produk-produk utama seperti xylosa dan arabinosa. Dua enzim yang memecah pektin dihasilkan dari spesies *Polyplastron*. Pektin esterase menghidrolisa gugus ester dari pektin menjadi produk metanol dan asam polygalakturonat (asam pektin), sedangkan polygalakturonase memecah ikatan glykosida pada rantai polisakarida menjadi asam galakturonat sebagai produk utamanya.

Protozoa rumen dari genus Oligotricha dan Holotricha mempunyai aktifitas α -amylase kuat. Oligotricha menghasilkan maltosa dari pati dan Holotricha dari asam laktat. *Entodinium caudatum*, *Epidinium caudatum*, *Polyplastron multiresiculatum*, spesies *Isotricha* dan *Dasytricha ruminantium* semuanya pemecah pati (Bailey, 1958). Holotricha terutama memecah gula terlarut seperti glukosa, maltosa, sukrosa, dan pati terlarut dan melepaskan asam asetat, asam butirat, asam laktat, CO₂, hidrogen dan amilopektin. Amilopektin sebagai simpanan energi bagi protozoa digunakan apabila substrat dalam lingkungan rumen berkekurang.

6.2. Perubahan Unsur Nitrogen di dalam Rumen

Seluruh protein yang berasal dari makanan pertama kali dihidrolisis oleh mikroba rumen. Tingkat hidrolisa protein tergantung dari daya larutnya yang berkaitan dengan kenaikan kadar amonia (Preston *et al.*, 1963). Protein mudah didegradasi dalam rumen pada pH yang baik yaitu 6,5 (Blackburn dan Hobson, 1960). Gula terlarut yang tersedia dalam rumen dipergunakan segera oleh mikroba untuk menghabiskan amonia. Baik bakteri maupun protozoa dapat mencerna protein. *Entodinia* dan *Ophroyoscolex* memiliki dua enzim proteolitik yaitu proteinase dan peptidase yang berfungsi memecah protein dalam rumen. Oligotrich dapat mengkonsumsi dan mencerna partikel-partikel protein. Bakteri-bakteri proteolitik yang dapat diidentifikasi di dalam rumen adalah *Bacteroides amylophilus*; *B. ruminicola*, *Butyrivibrio spp.*, *Selenomonas ruminantium*, *Lachnospira multiparus* dan *Peptostreptococcus elsdinil* (Fulghum dan Moore, 1963). Sebagian besar galur bakteri tersebut memiliki aktivitas exopeptidase, tetapi beberapa galur seperti *Bacteroides amylophilus* memiliki aktivitas proteinase. (Allison, 1993)



Gambar 28. Perubahan unsur Nitrogen dalam rumen (Allison, 1993)

Hidrolisa protein menjadi asam amino diikuti oleh proses deaminasi untuk membebaskan amonia. Kecepatan deaminasi biasanya lebih lambat daripada proteolisis. Karenanya terdapat konsentrasi asam-asam amino dan peptida yang lebih besar setelah makan, kemudian diikuti oleh konsentrasi amonia kira-kira 3 jam setelah makan. Valin, leucin, dan isoleucin didegradasi serta didecarboxylasi untuk membedakan isobutyrat, isovalerat dan β -metil butirat. Asam-asam amino yang didegradasi melalui decarboxylasi atau deaminasi adalah sebagai berikut (Blackburn, 1965) :

- Glicyn \longrightarrow Asam asetat + NH_3
- L-Serin \longrightarrow Asam asetat + CO_2 + NH_3
- L-Threonin \longrightarrow Asam propionat + CO_2 + NH_3
- L-Asam Aspartat \longrightarrow Fumarat + NH_3
- L-Asam Glutamat \longrightarrow L-Asam ketoglutarat + NH_3
- L-Lysin \longrightarrow Cadaverin + NH_3

| | | |
|----------------|---|---|
| L-Arginin | → | Ornithin + NH ₃ |
| L-Histidin | → | Asam Uroconat + NH ₃ |
| L-Phenilalanin | → | Asam Phenilacetat + NH ₃ |
| L-Tyrosin | → | 3-phenil asam propionat + NH ₃ |
| L-Tryptophan | → | Indo-zyl asam asetat + NH ₃ |

Bakteri-bakteri yang dapat melakukan deaminasi asam amino adalah : *Bacteroides ruminocola*; *Selenomonas ruminantium*; *Peptrostreptococcus elsdenii*; *Clostridium*; *Butyrivibrio* spesies (Bladen *et al.*, 1961). Mikroba rumen juga membebaskan amonia dari adenin, xantin, guanin, hypoxanthin, xanthin, asam urat, uracil, dan thymin (Jurtshuk dan Hueter, 1955). Sumber lain amonia dalam rumen adalah melalui hidrolisa urea yang dapat berasal dari saliva atau makanan. Amonia yang lepas dari retikulo rumen tidak dapat disintesis kembali menjadi protein di dalam bagian posterior saluran pencernaan.

6.3. Sintesis Protein oleh Mikroba

Amonia yang dibebaskan dalam rumen sebagian dimanfaatkan oleh mikroba untuk mensintesis protein mikroba. Bahkan amonia yang dibebaskan dari urea atau garam-garam amonium lain dapat dipergunakan untuk sintesa protein mikroba. Garam-garam amonium tersebut dapat menggantikan protein makanan sampai 50%. Sumber-sumber energi seperti pati, tetes jagung, tetes tebu, dan tetes bit meningkatkan kecepatan konversi urea atau garam-garam amonium menjadi protein mikroba yang nilai hayatinya lebih tinggi (Pearson dan Smith, 1943).

Sintesis protein mikroba tergantung kecepatan pemecahan nitrogen makanan, kecepatan absorpsi amonia dan asam-asam amino, kecepatan alir bahan keluar dari rumen, kebutuhan mikroba akan asam amino dan jenis fermentasi rumen berdasarkan jenis makanan. Kualitas dari sumber protein juga penting karena 40% zein-nitrogen, 90% casein nitrogen dan 50% nitrogen tanaman diubah menjadi protein mikroba. Kira-kira 82% galur mikro-organisme rumen Nitrogennya bersumber dari amonia. Hanya 6% galur tumbuh dengan hidrolisat casein (Bryant dan Robinson, 1962). *Ruminicoccus flavifaciens*, *R. albus*, *Bacteroides succinogenes* dan *Lactobacillus bifidus* mempergunakan amonia untuk mensintesis protein selnya. Asam-asam amino tertentu disintesa kembal

melalui interaksi radikal amonia dengan asam lemak terbang berantai cabang sebagai sumber rantai karbon.

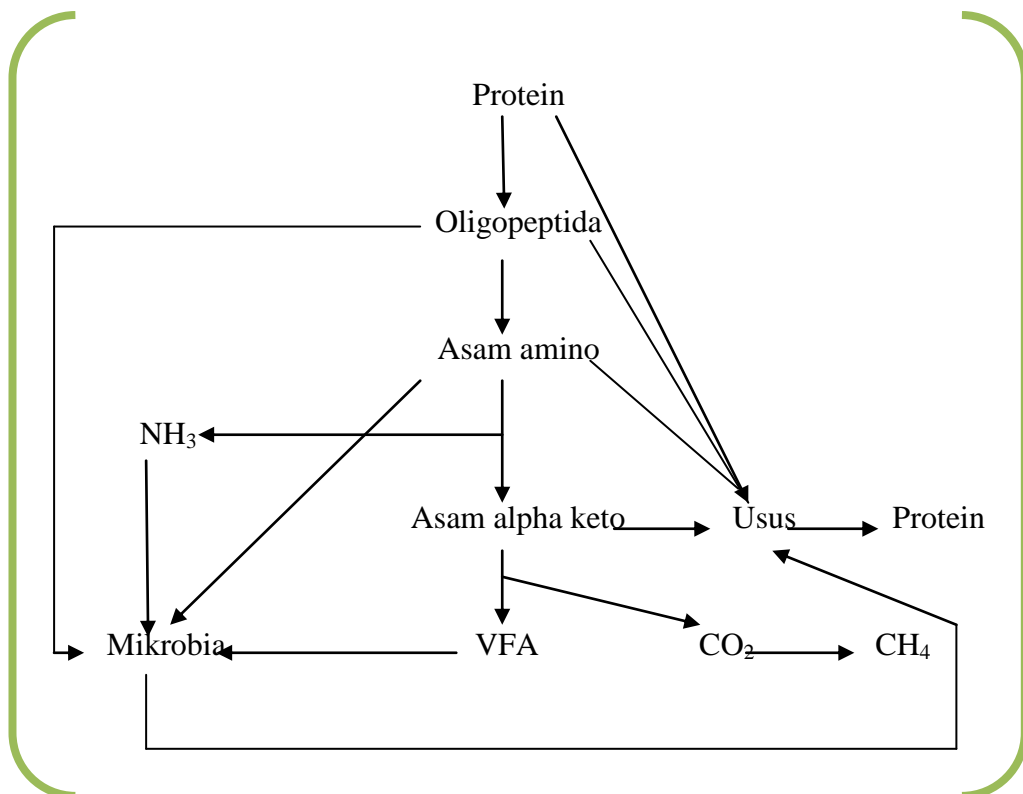
Pertumbuhan beberapa mikroorganisme rumen seperti *Bacteroides ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, dan *Succinivibrio dextrinosolvens* distimulir oleh amonia. Beberapa galur *Ruminococci* membutuhkan hidrolisat protein. *Ruminococcus flavifaciens* berbiak dengan sumber nitrogen dari adenin dan guanin. Sejumlah protozoa menghidrolisa protein dari makanan, *Entodinium caudatum*, *Ophryoscolex caudatus* dan protozoa lain memiliki aktivitas proteolitik, tetapi mikroorganisme tersebut membebaskan amonia sangat sedikit, sebagian besar protozoa memakan bakteri untuk memperoleh sumber nitrogen dan mengubah protein bakteri menjadi protein protozoa (Johson *et al.*, 1964). Tiap protozoa dapat menelan sebanyak 60 – 700 bakteri dengan kepadatan 10^9 /ml dalam waktu satu jam. Protozoa juga dapat memakai adenin bebas dan adenin bakteri, komponen-komponen urasil untuk digabungkan ke dalam asam nukleatnya.

Pengaruh dari sintesa protein adalah pembentukan protein yang memiliki nilai hayati yang lebih tinggi dari protein yang bernilai hayati rendah. Alasan tersebut yang mengesampingkan kebutuhan asam-asam amino pada ruminansia. Jika nilai hayati protein dari makanan sangat tinggi, maka ada kemungkinan protein tersebut didegradasi dalam rumen menjadi protein berkualitas rendah. Sebanyak 54,4% - 91,8% asam-asam amino dalam rumen, 24,3 % - 30,9 % berasal dari bakteri dan sisanya terdapat dalam bentuk protein protozoa. Epitelium rumen dapat mengangkut sejumlah asam amino dari rumen ke dalam darah. Jika konsumsi N makanan rendah, maka sejumlah N dikeluarkan dari darah ke dalam rumen dalam bentuk urea melalui epitelium rumen dan saliva.

Amonia dibebaskan di dalam rumen selama proses fermentasi dalam bentuk ion NH_4 maupun dalam bentuk tak terion sebagai NH_3 . Apabila amonia dibebaskan dengan cepat, maka amonia diabsorpsi melalui dinding rumen dan sangat sedikit yang dipakai oleh bakteri. Apabila pH melebihi 7,3 maka proses penyerapan amonia dipercepat, sebab pembentukan amonia yang tak terion yang lebih mudah melewati dinding rumen. Di dalam kondisi yang normal, jika urea diberikan bersama dengan sejumlah energi yang cukup, maka pH biasanya tetap berkisar 6,5 yang akan mengurangi kecepatan absorpsi amonia dan pKa amonia adalah 9,25

VII. METABOLISME PROTEIN DALAM RUMEN

Di dalam rumen, protein mengalami hidrolisa menjadi oligopeptida oleh enzim proteolitik yang dihasilkan oleh mikroba. Sebagian mikroba dapat memanfaatkan oligopeptida untuk membuat protein tubuhnya. Sebagian lagi oligopeptida dihidrolisa lebih lanjut menjadi asam amino (AA). Kebanyakan mikroba rumen tidak dapat memanfaatkan AA secara langsung. Diduga mikroba rumen terutama bakteri tidak mempunyai system transport untuk mengangkut AA ke dalam tubuhnya. Lebih kurang 82 % mikroba rumen dapat menggunakan N ammonia. Karena itu mereka lebih suka merombak AA tersebut menjadi ammonia, seperti ilustrasi di bawah ini.



Gambar 29. Perombakan Protein/ Asam Amino

Proses deaminasi AA menjadi asam alpha keto dan ammonia berlangsung lebih cepat dari proteolitik. Karena itu pada setiap saat kadar asam amino bebas dalam rumen selalu rendah, dapat meningkat 5 – 10 kali pada saat

makan, akan tetapi jika dibandingkan dengan N ammonia, jumlahnya tetap kecil. Ilustrasi tersebut juga menggambarkan bahwa bahan yang disajikan untuk diserap dan digunakan untuk sintesis protein dalam tubuh berasal dari 2 fraksi berikut :

1. Protein mikroba
2. Protein asal makanan yang selamat tidak mengalami degradasi di dalam rumen.

Yang perlu diperhatikan adalah fraksi 2 yaitu protein yang selamat dari degradasi dalam rumen, dapat berkisar 20 – 80%, tergantung dari daya larutnya dalam cairan rumen. Oleh karena itu terdapat peluang cukup besar untuk memilih sumber protein bagi ruminansia berdasarkan daya larutnya.

Dalam memilih sumber protein tersebut, sekurang-kurangnya harus didasarkan pada :

1. Protein tersebut sanggup mendukung pertumbuhan protein mikroba
2. Tahan terhadap degradasi rumen
3. Bernilai hayati tinggi

Beberapa cara untuk memperkecil degradasi protein dalam rumen adalah:

1. Encapsulation
2. Penambahan bahan kimia (formaldehide, tannic acid, gambir)
3. Grinding dan pelleting untuk mempercepat rate passage
4. Cooking, menyebabkan protein menggumpal sehingga daya larutnya turun
5. Salting, ternak akan haus sehingga banyak minum dan sebagian protein akan terbawa keluar dari rumen
6. Watering, mempercepat laju pergerakan protein

Kebutuhan N bagi ruminansia ada 3 sumber :

1. Nitrogen dapat dilarutkan (soluble N) yang langsung diubah menjadi ammonia, misalnya : NPN, urea
2. Sumber protein yang mengalami degradasi > peptide > asam amino

3. Non degradasi protein : protein yang mengalami degradasi pasca rumen

Non degraded protein = undegraded protein = protected protein
≠ by pass protein

→ Dapat terjadi secara alami pada pakan tertentu dan setelah mengalami manipulasi secara kimia/fisik

Faktor-faktor yang mempengaruhi by pass protein :

1. Daya larut protein, protein yang kurang larut >> by pass
2. Kualitas protein, kualitas tinggi >>> by pass
3. Frekuensi feeding
 - Pemberian berulang-ulang
 - Pemberian air
 - Pemberian ukuran pakan relative besar
4. Penambahan bahan kimia
 - Formaldehyde
 - Glutaraldehyde
 - Glyoxal
 - Tannin
5. Pemanasan protein : HTP (heat, treated, prot), >> kurang soluble
Keuntungan HTP:
 - Turun solubilitas dari 70 – 10%
 - Menambah energi dari lemak
 - Naik pencernaan (790%)
 - Enzim trypsin inhibitor dan urease rusak
 - Nilai gizi tidak mengalami kerusakan (hanya denaturasi)

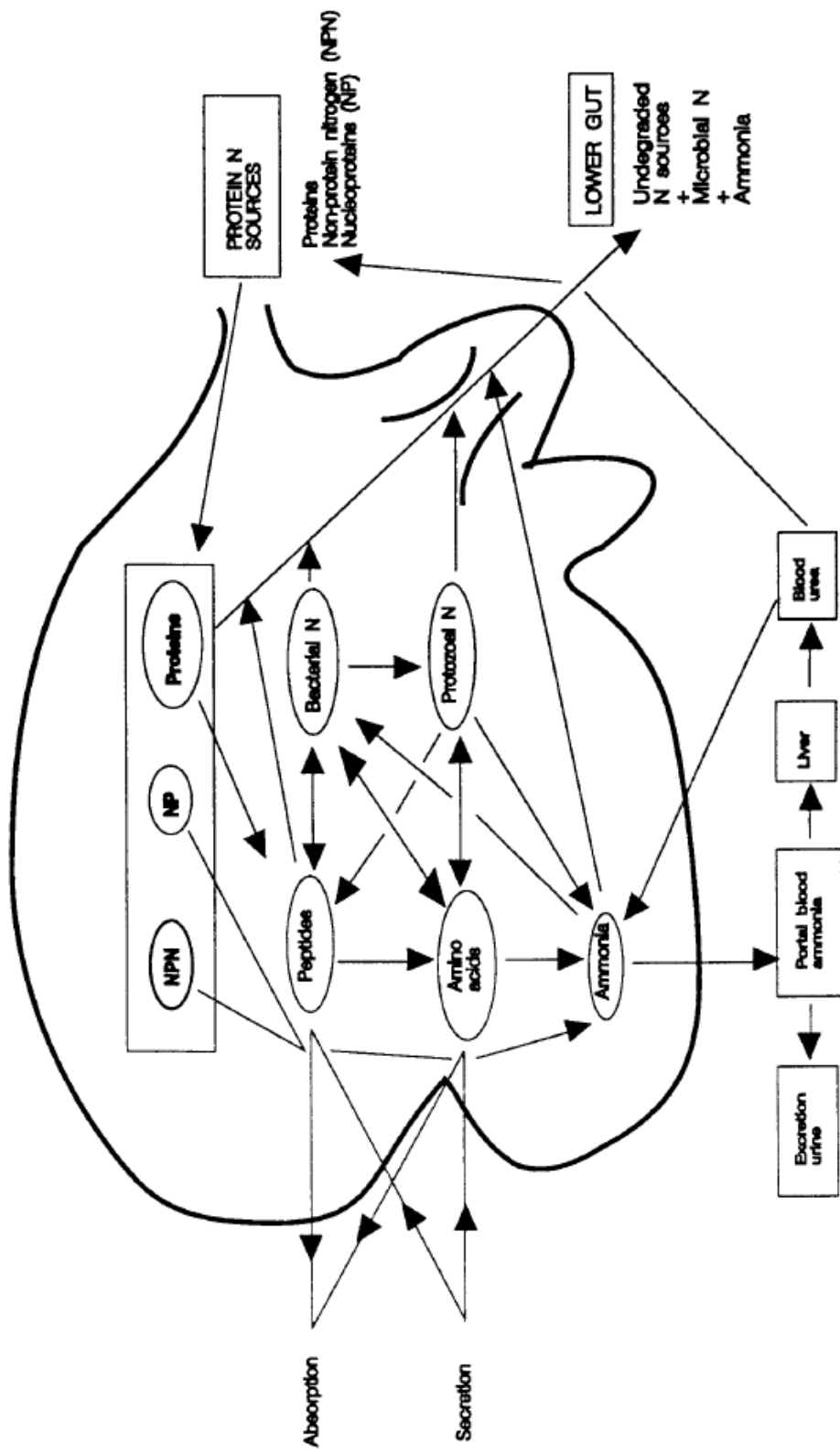
Mikroorganisme rumen berperan menyelesaikan degradasi protein tahap pertama. Efisiensi penguraian protein oleh mikroba rumen tergantung pada keseimbangan antara proses proteolisis, yang menghasilkan peptida dan asam amino yang secara langsung berasimilasi ke dalam protein mikroba dan sintesis mikroba yang membutuhkan sejumlah kecil energi (Wallace, 1986). Aktifitas proteolitik sebagian besar dihubungkan dengan mikroorganisme (Blackburn dan

Hobson, 1960). Peranan yang besar ditunjukkan oleh bakteri khususnya jenis *Bacteroides* dalam aktifitas proteolitik (Wallace, 1986). Sedangkan kontribusi protozoa dalam menguraikan protein sangat kecil, namun protozoa tetap berperan dalam metabolisme protein, pertama semua protozoa dapat memakan bakteri dan dengan demikian dapat meningkatkan penggantian protein dalam rumen, kedua protozoa dapat mencerna partikel protein yang berukuran besar seperti kloroplas yang dihidrolisa sehingga ukurannya dapat disesuaikan.

Seperti yang dijelaskan diatas, bahwa sebagian besar asam amino yang ada di dalam rumen akan dideaminasi oleh mikroba rumen, melepaskan amonia, CO₂, metan dan asam lemak terbang (VFA) dari kerangka karbon yang tersisa. Protozoa bersilia terutama sekali aktif dalam proses tersebut dan bakteri juga menghasilkan jumlah amonia yang signifikan. Amonia (NH₃) merupakan hasil akhir dari penguraian protein pakan oleh mikroba rumen dan asimilasi NH₃ untuk pertumbuhan mikroba. Dalam kondisi tertentu, tingkat produksi NH₃ dapat melebihi kebutuhan mikroba, sehingga mendorong ke arah tidak efisiensinya pemanfaatan protein oleh ternak inang (Orskov, 1982). Sebagian besar amonia di dalam rumen digunakan untuk sintesis mikroba dan bisa digunakan 30 – 80 % oleh bakteri N dan 25 – 64 % oleh protozoa N. Amonia juga akan diserap melalui dinding rumen masuk ke dalam pembuluh darah, kemudian disalurkan menuju hati dan dimetabolisme menjadi urea. Urea dalam darah kemudian disalurkan kembali ke rumen dengan cara difusi melalui dinding rumen dan saliva. Di dalam rumen, urea sangat cepat dirubah menjadi amonia. Daur ulang dari nitrogen tidak terbatas pada rumen saja tetapi juga terjadi pada setiap lokasi saluran pencernaan, khususnya pasca rumen (Armstrong, 1980). Tingkat sintesis mikroba umumnya tidak dibatasi oleh amonia dalam rumen, karena pemanfaatan amonia yang efisien memastikan suatu tingkat maksimal sintesis, tetapi oleh penyediaan dari ATP yang diproduksi melalui fermentasi dari pakan karbohidrat.

Nitrogen dalam aliran digesta dari rumen, sebagian besar berasal dari protein mikroba, protein pakan yang tidak terdegradasi, amonia dan juga campuran dari peptida-peptida yang proporsinya sangat tergantung pada pakan dan aktivitas mikroba di dalam rumen. Proses utama dari metabolisme protein dalam rumen diringkas dalam gambar 30 dibawah ini.

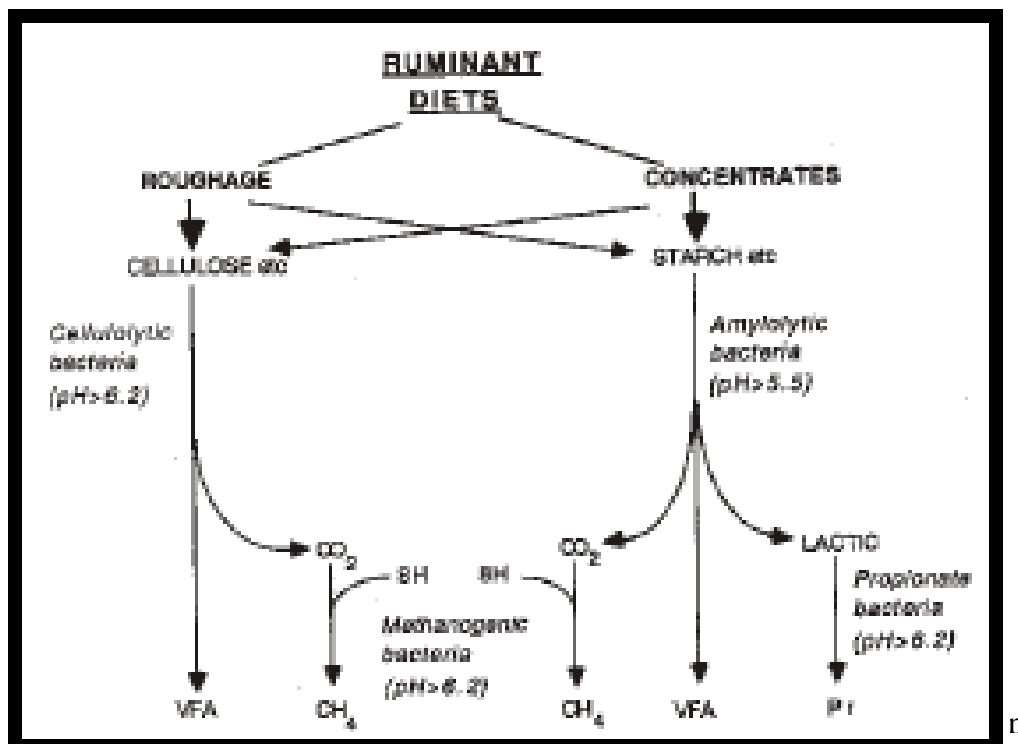
Gambar 30. Proses utama dari metabolisme protein dalam rumen



VIII. METABOLISME KARBOHIDRAT DALAM RUMEN

Lebih kurang 60 – 75% dari ransum yang biasa dikonsumsi ruminansia terdiri dari karbohidrat. Dalam makanan kasar sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin, sedangkan dalam pakan konsentrat umumnya terdiri dari pati. Lignin merupakan intraselluler semen yang menyebabkan tanaman menjadi keras. Lignin bukan karbohidrat dan sangat sukar dicerna oleh enzim. Selulosa, seperti pati merupakan polimer glukosa. Kebanyakan pakan yang mengandung karbohidrat akan dimetabolisme oleh mikroba rumen terutama menjadi glukosa atau glukosa-1-phosphate sebelum dioksidasi lebih lanjut menjadi piruvat dan asetat melalui siklus “Embden Meyerhof Parnas (EMP)” (Leng, 1969). Bakteri rumen menyediakan sejumlah besar enzim yang mampu menguraikan selulosa dan hemiselulosa. Oligosakarida dan glukosa merupakan produk akhir dari degradasi ekstraseluler selulosa, pati, dan polisakarida. Glukosa yang mudah larut akan cepat diserap dan dihidrolisa menghasilkan ATP yang diperlukan untuk biosintesis material sel. Bakteri primer akan mendegradasi unsur-unsur pakan dan tergantung pada pilihan mereka, untuk selulosa disebut sellulolitik atau pati disebut amilolitik. Perhatikan gambar 31. dibawah ini :

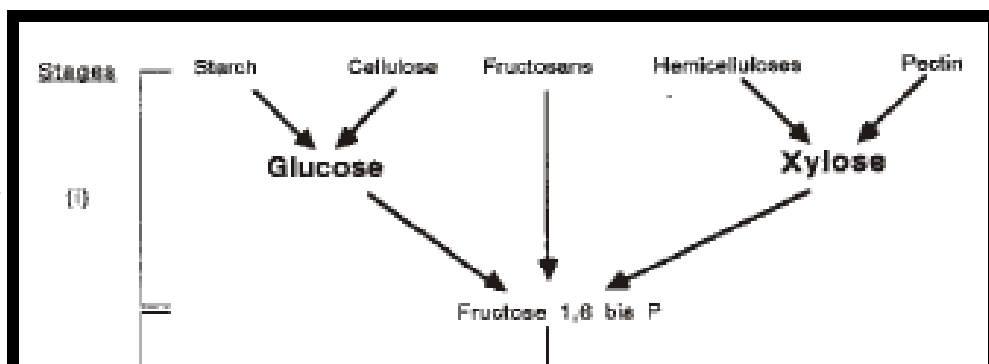
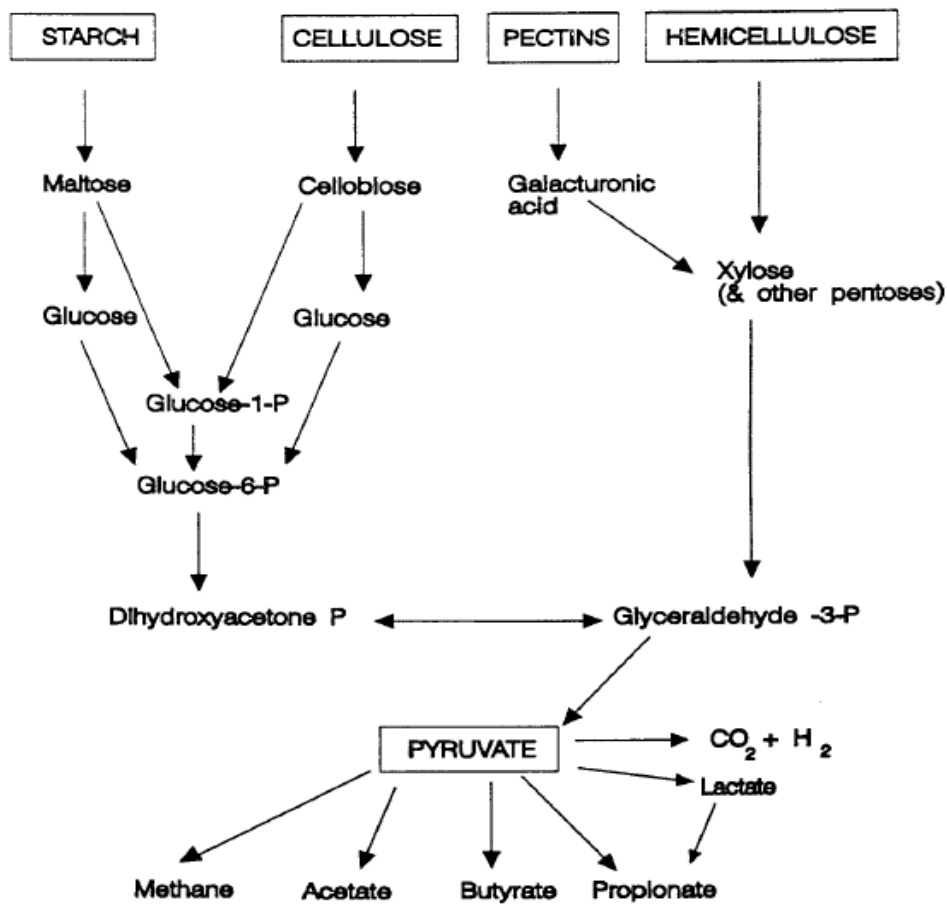
Gambar 31 Metabolisme karbohidrat.



selulase 2. Selulase 1 adalah enzim non hidrolitik. Tugasnya membebaskan ikatan

hydrogen sehingga molekul selulosa dapat dihidrolisa oleh selulase 2. Selulosa dapat ditemukan dalam bentuk amorf atau kristal. Bentuk amorf lebih mudah dicerna. Factor yang mempengaruhi pencernaan selulosa adalah kadar lignin, kadar kitin dan wax, kadar pati, kadar N, penggilingan dan pellet, pengeringan, perlakuan alkali, kadar silikat, antibiotika dan kadar lemak.

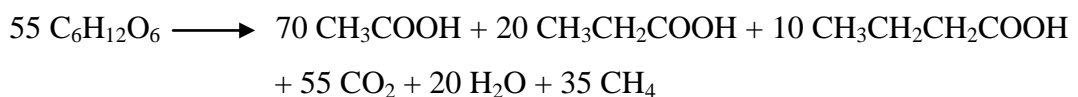
Polisakarida dalam rumen dihidrolisa menjadi monosakarida. Enzim yang berperan adalah xylanase, xylobiase, selulase, selobiase, maltase, alpha-amylase dan invertase. Bakteri sekunder akan menggunakan produk akhir dari bakteri primer contoh bakteri methanogenik mengoksidasi koenzim yang dikurangi dengan menggunakan atom H untuk mengkonversi CO₂ menjadi CH₄. Ringkasan garis besar dari siklus fermentasi karbohidrat dalam rumen ditunjukkan pada gambar 32 (Preston dan Leng, 1986) di bawah :



Gambar. 32. fermentasi karbohidrat dalam rumen (Preston dan Leng, 1986)

Produk primer dari monosakarida adalah VFA, terutama asetat (A), propionate (P), butirat (B), dan valerat (V). Disamping n-butirat, dan n-valerat terdapat pula isobutirat dan isovalerat. Umumnya perbandingan VFA dalam rumen berkisar 65% A, 20% P, 10% B dan 5% V.

Misalkan dari analisis VFA rumen, diketahui bahwa perbandingan antara A : P : B = 70 : 20 : 10, maka glukosa yang difermentasikan dapat dihitung sebagai berikut :

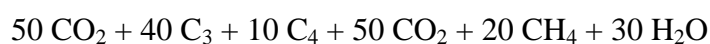


Jika dihitung energi reaktan dan produk fermentasi tersebut diatas, maka energi reaktan = $(55)(673) = 37015$ kkal, sedangkan energi produk = $(70)(209,4) + (20)(367,2) + (10)(524,3) + (35)(210,8) = 34623$ kkal. Ternyata ada perbedaan sebesar 2392 kkal atau 6,5% dari energi reaktan yang hilang dari produk. Kehilangan ini dibuang sebagai panas fermentasi. Dengan cara yang sama akan dapat dihitung dengan mudah bila fermentasi tidak menghasilkan perbandingan A : P : B = 70 : 20 : 10 tetapi 50 : 40 : 10, maka 55grl glukosa akan menghasilkan produk sebagai berikut : $50 \text{ CO}_2 + 40 \text{ C}_3 + 10 \text{ C}_4 + 50 \text{ CO}_2 + 20 \text{ CH}_4 + 30 \text{ H}_2\text{O}$. Dalam dua contoh tersebut panas yang terbuang sebagai panas fermentasi adalah sama 6,5%, tetapi terdapat perbedaan besar dalam hal energi yang terbuang sebagai metan. Pada contoh I 20% dan pada contoh II 11%. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah : 1) Sistem biofermentasi anaerob dalam rumen kurang efisien karena sebagian enego terbuang sebagai panas dan metan; 2) Produksi metan akan minimal jika kadar propionate dalam rumen tinggi.

Kandungan energi :

| | |
|----------------|---|
| Asetat | : 209,4 kkal/grol |
| Propionat | : 367,2 |
| Butirat | : 524,3 |
| Glukosa | : 673,0 |
| Methan | : 210,8 |
| Energi reaktan | : $(55)(673) = 37015$ kkal/grol |
| Energi produk | : $(70)(209,4) + (20)(367,2) + (10)(524,3) + (35)(210,8) = 34625$ kkal/grol |
| Hilang | : 2390 kkal = 6,5% |

Bila hasil fermentasi 55 grl glukosa menghasilkan produk A : P : B = 50 : 40 : 10,

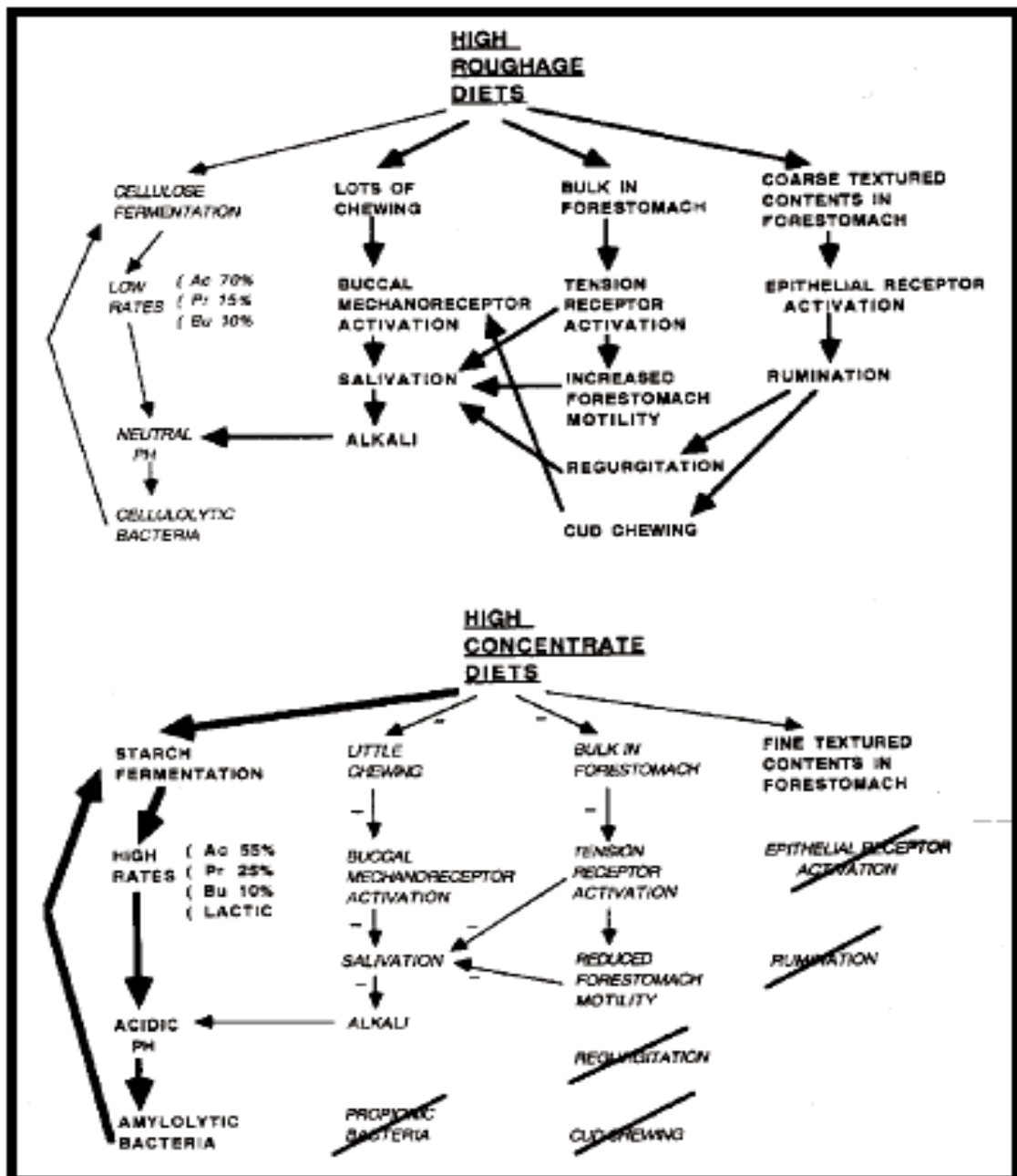


Panas yagn terbuang sama, yaitu 6,5% tetapi energi yang terbuang sebagai metan berbeda:

$$\text{Contoh I} \quad : \quad \frac{35 \times 210,8}{55 \times 673} \times 100\% = 20\%$$

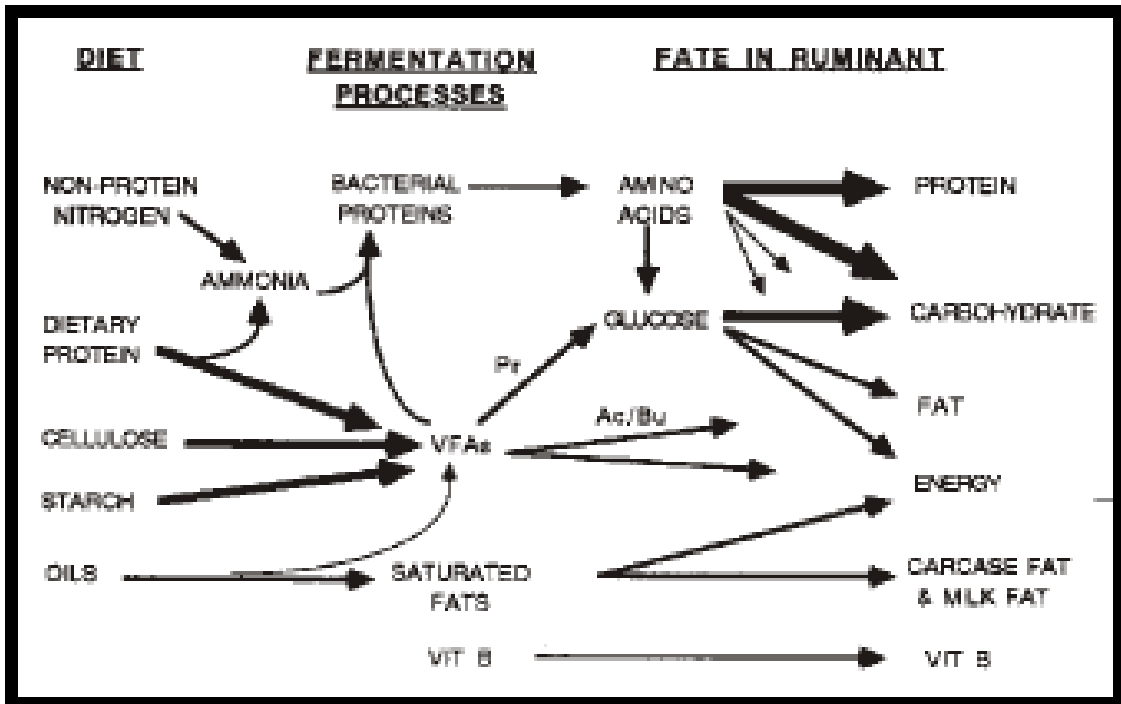
$$\text{Contoh II} \quad : \quad \frac{20 \times 210,8}{55 \times 673} \times 100\% = 11\%$$

Karbohidrat bisa diperoleh dari pakan konsentrat ataupun hijauan kering. Pemberian pakan konsentrat ataupun hijauan kering yang berlebihan akan berpengaruh terhadap proses fermentasi yang terjadi di dalam rumen. Perbedaan fermentasi hijauan/jerami kering (*roughage*) dengan fermentasi konsentrat ditunjukkan pada bagan di bawah ini :



Gambar 33. Perbedaan Fermentasi Roughage (atas) dengan konsentrat (bawah)

Ringkasan dari keseluruhan proses fermentasi di dalam rumen ditunjukkan pada bagan di bawah ini:



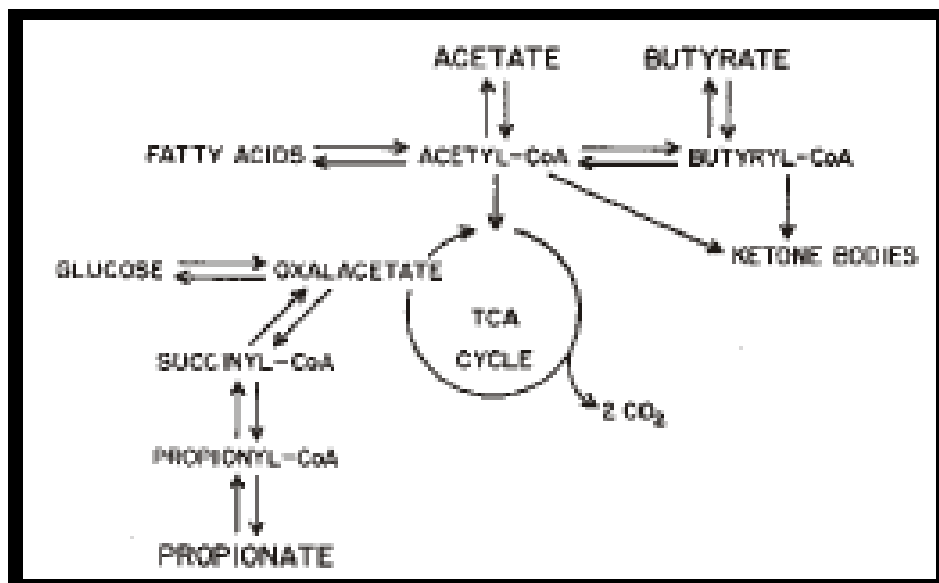
Gambar 34. Ringkasan seluruh proses fermentasi dalam rumen

IX. PRODUK AKHIR FERMENTASI

1. Volatile Fatty Acids

Hasil akhir dari semua fermentasi karbohidrat sebagian besar adalah asetat, butirat dan propionat yang signifikan dapat meningkat jika diberikan pakan kaya akan pati (konsentrat). Disamping asam tersebut, juga dihasilkan asam valerat yang mempunyai rantai 5-karbon dan branched VFA (isoacids)-isobutyrat dan isovalerat. Hasil metabolisme protein juga menghasilkan sebagian kecil VFA tidak lebih dari 5 % dari total keseluruhan dan mungkin lebih bernilai bagi mikroba untuk sintesis protein menggunakan NPN daripada digunakan langsung oleh ternak inang.

VFA yang diproduksi akan diserap di dinding lambung, tingkat penyerapan meningkat ketika pH rumen menurun sehingga sebagian besar campuran ada sebagai asam yang tidak terpisahkan. Kemudian peningkatan juga bisa dikarenakan panjangnya rantai meningkat, sehingga absorpsi dari asam butirat > asam propionat > asam asetat. Terkait dengan sebagian VFAs yang diserap oleh difusi pasif adalah dalam kondisi tidak terpisahkan, dan sisanya diserap sebagai anion oleh difusi yang mempermudah pertukaran ion-ion bikarbonat (hidrogen karbonat).



Gambar. 45. Glukogenik Dan ketogenik (TCA= Tricarboxylic acid)

Siklus metabolisme utama dari VFA dapat dilihat pada gambar 35. (Bergmen, 1993 dalam Swenson dan Reece, 1993) di atas, yang menunjukkan propionat merupakan glucogenic, sedangkan asetat dan butirrat merupakan ketogenic.

a. Asam butirrat

- Kebanyakan asam dimetabolisme atau dioksidasi menjadi keton, β -hydroxybutyrate dalam domba (sedikit pada sapi)
- Selanjutnya dibawa menuju hati dan dimetabolisme dengan cara yang sama, sehingga hasil oksidasi yaitu β -hydroxybutyrate akan terdapat di dalam peredaran darah.
- Kemudian siap dimetabolisme oleh jaringan dan digunakan untuk menyediakan pertama empat karbon dalam sintesis dari sekitar $\frac{1}{2}$ dari asam lemak rantai pendek dan sedang (C4-C14) dalam susu.

b. Asam propionat

- 30 % propionat dimetabolisme oleh dinding lambung menjadi asam laktat, seperti itu beberapa asam laktat di dalam pembuluh darah porta mulai sebagai propionat dalam rumen
- Pembuluh darah yang mengandung laktat dan sisa propionat hampir sepenuhnya dipindahkan menuju hati
- Di dalam hati, dikonversikan menjadi oxaloacetate dan digunakan dalam siklus Krebs atau bersama asam laktat dikonversi menjadi glukosa yang dilepaskan ke dalam peredaran atau disimpan di hati dalam bentuk glikogen
- Propionat adalah satu-satunya VFA yang mampu digunakan untuk proses glukoneogenesis.

c. Asetat

- VFA yang paling berlimpah didalam peredaran dan merupakan substrat utama metabolisme.
- Sejumlah kecil asetat dimetabolisme menjadi CO₂ oleh dinding lambung.
- Kebanyakan diambil oleh jaringan tubuh untuk membentuk acetyl Co-A yang digunakan dalam siklus asam sitrat
- Di dalam kelenjar susu, digunakan dalam sintesis asam lemak yang panjangnya pendek dan sedang, dan digunakan untuk sekitar ½ dari empat unit karbon pertama pada setiap rantai asam lemak (yaitu. ,tidak diperoleh dari β-OH butyrat) dan semua sisa unit-unit karbon di dalam rantai.

2. Asam Laktat

Beserta VFA, asam laktat dihasilkan oleh bakteri amylolytic selama degradasi pati, secara normal asam laktat keberadaannya secara temporer dan oleh karena itu hanya di dalam konsentrasi yang rendah sebagaimana yang digunakan oleh bakteri sekunder untuk menghasilkan propionate. Asam laktat merupakan asam yang sangat kuat daripada VFA, karena hal tersebutlah pH rumen bisa turun dengan cepat. Asam laktat diserap hanya 10 % dari tingkat penyerapan VFA dan umumnya banyak isomer L (+) dimetabolisme menjadi piruvat (dalam proses menjadi glukosa dan glikogen) oleh hati lebih cepat daripada isomer D (-). Tidak termetabolismenya asam dalam rumen akan menyebabkan asidosis yaitu penurunan pH dengan cepat sehingga mempengaruhi komposisi mikroba rumen.

3. Gas

Produksi gas dapat mencapai 40 L/h dalam waktu 2 sampai 4 jam setelah makan, ketika tingkat fermentasinay maksimum dan dikeluarkan melalui proses eruktasi. Gas-gas utama yang dihasilkan adalah CO₂ (60%), CH₄ (30 – 40%), dan N₂ dalam jumlah yang bervariasi, dan sejumlah H₂S, H₂, dan O₂. Karbon dioksida dibentuk dari dekarboksilasi fermentasi dan netralisasi H⁺ oleh ion HCO₃⁻ yang memasuki rumen melalui saliva dan melewati dinding rumen selama absorpsi VFA. Gas metan dibangun dari reduksi CO₂ dan formate oleh bakteri

metanogenik. Gas metan adalah suatu senyawa berenergi tinggi dan dikeluarkan (dibuang) sebagai produk sisa; menunjukkan hilangnya sekitar 8 persen energi dari total energi tercerna suatu pakan. Hidrogen sulfida dibangun dari reduksi sulfat-sulfat dan dari belerang yang mengandung asam amino. Sangat potensial sebagai gas beracun walaupun dalam jumlah yang sedikit. Hidrogen umumnya ada dalam jumlah yang sedikit. Oksigen dibangun melalui pakan yang dicerna & air dan juga oleh difusi dari darah. Oksigen dengan cepat digunakan oleh bakteri anaerob fakultatif, sehingga konsentrasinya selalu rendah di dalam rumen, karena mayoritas mikroba di dalam rumen hidup dengan kondisi anaerob (tanpa oksigen).

4. Amonia

Bangun dari deaminasi protein-protein yang berkenaan dg aturan makan, NPN, dan urea memperoleh dari air liur dan, ke seberang dinding forestomach, dari darah. Menyuaip ke(pada N jumlah keseluruhan 30% sebagai suatu lampiran? tambahan urea adalah biasanya sumur diaklumi. Dengan VFA pantas dan yang cukup, NH₃ disatukan ke dalam protein kuman. Jika tidak, diserap, terutama sekali jika ruminal pH adalah basa. NH₃ (sekarang sebenarnya NH₄⁺) harus yang dipindahkan dari darah porta dan menjadi urea yang dikonversi, jika tidak, ketoksikan amoniak berkembang.

5. Produk Akhir Lainnya

- a. Asam amino yang diproduksi melalui fermentasi dan digunakan oleh beberapa mikroba dan tidak dengan segera tersedia untuk ruminansia
- b. Mikroba-mikroba yang mati dan masuk ke dalam pasca rumen (abomasum) bersama ingesta:
 - Bakteri yang didalam tubuhnya mengandung protein akan mulai dicerna oleh lysozime yang disekresikan di abomasum
 - Protein mikroba mengandung biological value yang tinggi, lipid, polisakarida (pati) dan vitamin.
 - Kandungan protein dari bakteri dan prozoa secara berurutan adalah berkisar 27% dan 45% dari total DM.

c. Asam Lemak

- Asam lemak rantai panjang diserap dan diangkut oleh jaringan adipos dan kelenjar susu.
- Hidrogenasi asam lemak tak jenuh di dalam rumen, menyebabkan karkas dan lemak susu mempunyai rasio asam lemak jenuh dan tak jenuh yang lebih baik daripada ternak non ruminansia.

X. MANIPULASI RUMEN

Semua jenis pakan yang masuk ke dalam rumen pasti akan difermentasi oleh mikroba rumen, aktifitas mikroba rumen sangat penting terhadap pencernaan ternak ruminansia karena sebagian kebutuhan nutrisi ruminansia dipenuhi oleh hasil fermentasi mikroba rumen. Karena hal tersebut, dibutuhkan suatu metode untuk meningkatkan nutrisi ruminansia melalui manipulasi fermentasi di dalam rumen. Van Nevel dan Demeyer (1988), mengidentifikasi ada lima cara yang mungkin untuk memperbaiki nutrisi ruminansia, 1) Meningkatkan kecernaan karbohidrat struktural, 2) Memproteksi pakan sumber protein yang berkualitas tinggi agar tidak didegradasi di dalam rumen, 3) Mengubah produk akhir fermentasi mikroba, 4) Memperbaiki pertumbuhan mikroba, dan 5) Mengurangi tingkat NH_3 yang dilepaskan dari non protein nitrogen (NPN).

Perubahan komposisi pakan dan metode pemberian pakan merupakan cara tradisional untuk merubah fermentasi di dalam rumen (Ørskov, 1975). Beberapa senyawa kimia menunjukkan dapat merubah parameter fermentasi di dalam rumen. Memindahkan atau mengurangi sejumlah protozoa atau defaunasi telah diketahui memiliki pengaruh terhadap fermentasi rumen dalam berbagai cara. Beberapa peneliti telah mengusulkan memperkenalkan modifikasi genetik (rekayasa genetika) strain bakteri rumen untuk manipulasi rumen, khususnya untuk meningkatkan degradasi serat. Perkembangan manipulasi genetika mikroba

rumen masih dalam tahap awal dan membutuhkan penelitian lebih lanjut sebelum nantinya digunakan dalam nutrisi ruminansia.

1. Ekosistem Tanpa Cilia (protozoa)

Protozoa diduga tidak esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan ternak ruminansia, dan gambaran terkait dengan nilai protozoa terhadap ternak inangnya tersebut masih menjadi bahan perdebatan. Ternak tanpa silia telah secara luas digunakan untuk mengevaluasi peranan dari protozoa terhadap nutrisi dan produktivitas ternak ruminansia. Beberapa prosedur digunakan untuk mengurangi jumlah protozoa dan melindungi rumen dari kontaminasi protozoa yang nantinya akan mempengaruhi populasi bakteri, perhatikan tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Pengaruh Protozoa terhadap bakteri.

| NAME | MOLECULE | ACTION | DOSE (daily) | DEF | SPECIES | PROBLEMS |
|------------------------------|---|-------------------------|-----------------|-------------|---------|---|
| I-CHEMICAL TREATMENTS | | | | | | |
| Manoxol OT | Diocetyl surfactant, | | 2*10g | full | S | none |
| Aerosol OT | Sodium detergent | | 2*10g | no success | S | lost appetite, death |
| | Sulfosuccinate (DSS) | | 2*8g | full | S | none |
| | | | 2*5g | partial | S | toxicity |
| | | | 2*5-10g | partial | S | decreased food intake |
| | | | | (50% def) | | |
| | | | 2g/kg RC | full | S | |
| | | | 2g/l RC | partial | S | anorexia, scouring |
| | | | 2*30g | full | C | none |
| | | | 2*30g | partial | C | death (60%) |
| | | | 36g | partial | St | none |
| | | | 2*15ml | partial | S | none |
| | | | | (60% def) | | |
| Symperonic NP9 | surfactant | detergent | 2*15ml | partial | S | toxicity |
| Rexol 25J | Ethoxylated nonyl phenol | | (50% def) | | | |
| Teric GN9 (nonionic) | nonylphenol + 9 moles ethylene oxide | surfactant detergent | 2*15g | no success | S | food and water intake decreased gut movement reduced |
| Copper | copper sulfate | toxic | 2*15g | full | L | none |
| | | | 10g | partial | S | depressed food intake |
| | | | 15 ml | low success | S | lost appetite, death |
| | | | 2*60ml | partial | S | toxicity |
| | | | of 2% copper | | | |
| Rumcensin | monensin | ionophore | 33-60ppm | partial | S | none |
| Bentonite | Clay | antibiotic | 30-66ppm | partial | C | none |

2-Isolation from birth

Isolate soon after birth (<5days)

cost, time,
special care

3-Diet & feeding regime

Long chain
polyunsaturated
fatty acids
High concentrate drop pH
antioxidant

90 to
300 g.d⁻¹
5 weeks
barley diet
ad libitum
200 g/d

full
full or
partial
full or
partial
no success

G,S,St
S
C
St
S
St
S,L

none
none
acidosis

Tropical plant agent
Antiprotozoal
grass compounds
phenolic

4-Physical treatment

Emptying ,washing
heating RC
Emptying ,washing
freezing RC
heating
RC (50 C^o)
freezing
RC (-20 C^o)
freezing+
formaldehyde

partial
full
full
full
full

S
S
S
S
S

lost appetite
none
lost appetite, death
none

Total infusion continuous
rumen washing

RC, Rumen contents; DEF, Defaunation; S, sheep; L, lamb; C, cow; St, steer.

Senyawa antiprotozoa seperti detergen yang ditampilkan pada tabel diatas merupakan perihal yang patut dipertimbangkan dalam penelitian. Idealnya, suatu senyawa atau agen defaunasi seharusnya tidak menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap ternak inangnya ataupun mikroorganisme lainnya seperti bakteri. Namun kenyataanya, agen defaunasi dari bahan kimia menggelisahkan ekosistem di dalam rumen dan membahayakan kesehatan ternak yang bisa mengakibatkan kematian. Dari tabel diatas menunjukkan tingkat variasi racun yang dihasilkan dari beberapa penelitian terhadap jenis ternak yang sama, sehingga agen defaunasi non chemical (bukan berasal dari bahan kimia) lebih aman digunakan dan direkomendasikan untuk digunakan penelitian ataupun untuk komersial (Bird dan Leng, 1984).

Kondisi yang paling ideal untuk mengontrol populasi protozoa adalah dengan cara merubah komposisi pakan atau tingkat pemberian pakan. Senyawa seperti minyak merupakan agen defaunasi yang baik, yang kaya asam lemak. Eadie dan Mann (1970), menunjukkan pemberian pakan konsentrat secara ad libitum dapat menghilangkan atau memusnahkan keseluruhan protozoa bersilia. Selanjutnya, Eadie *et al.*, mengamati perubahan mikroba dan biokimia di dalam rumen adalah akibat dari perubahan kuantitas dan bentuk, serta kualitas dari konsentrat. Dengan pakan yang disusun dari *barley* yang dipelet dan diberikan secara ad libitum, protozoa secara total menghilang. Pengaruh defaunasi tersebut bisa dijelaskan karena tingginya tingkat fermentasi pati, yang dapat mengakibatkan turunnya pH dan tingginya konsentrasi VFA sehingga berpengaruh terhadap populasi protozoa. Tanaman yang mengandung tannin dan juga senyawa bentonite (*colloidal hydrated aluminium silicate*) dapat menekan jumlah protozoa. Senyawa anti mikrobial lain yang dapat menekan populasi protozoa, yang juga merupakan *ionophores* antara lain salinomycin, lasalocid, dan monensin.

Perlakuan fisik seperti pengosongan rumen menunjukkan hasil yang efektif dan bisa dipercaya dalam usaha menekan populasi protozoa. Prosedur pengosongan rumen rutin dilakukan di dalam penelitian fisiologis dan tidak merugikan ternak, tetapi penambahan formaldehide meningkatkan bahaya pada pencernaan.

Perubahan kompleks yang terjadi setelah pengurangan jumlah populasi protozoa mengakibatkan sangat sulit digambarkannya mekanisme yang bertanggung jawab terhadap perubahan tersebut. Faktor internal seperti jenis ternak dan status fisiologi ternak (umur, kesehatan, masa reproduksi, laktasi, tingkah laku, kebiasaan makan, dan kompetisi antar mikroorganisme) berpengaruh terhadap keanekaragaman mikrofauna dan jumlah protozoa. Namun, faktor eksternal juga sama pentingnya seperti komposisi pakan dan tingkat pemberian pakan. Pengurangan jumlah protozoa dalam rumen menciptakan lingkungan ekosistem yang baru dan butuh waktu untuk beradaptasi, sehingga waktu yang dibutuhkan ternak untuk menstabilkan fermentasi di dalam rumen pasca defaunasi merupakan faktor yang penting dalam study defaunasi.

a. Pengaruh protozoa terhadap lingkungan rumen

Menurut Jouny *et al.*, (1988), pengaruh defaunasi terhadap fungsi rumen adalah, mencegah proses metanogenesis, meningkatkan persentase bakteri N, meniadakan protozoa N, mencegah degradasi protein yang tidak dapat larut (umumnya protein yang diproteksi), menghambat proses biohidrogenasi asam lemak yang tinggi, meningkatkan degradasi pati, meningkatkan dan merubah populasi bakteri dan fungi di rumen dan perubahan gerak aliran digesta.

Pengaruh kestabilan dari protozoa, menguntungkan dalam mencegah asidosis dari pemberian pakan konsentrat, hal tersebut bisa terjadi karena protozoa dengan cepat mengambil sisa fermentasi gula dan pati. Namun secara umum, banyak peneliti menyetujui bahwa defaunasi dapat menurunkan konsentrasi VFA di dalam rumen (Jouny *et al.*, 1988). Penurunan kadar VFA, mungkin karena pengurangan stimulasi protozoa berpengaruh terhadap metabolisme bakteri sehingga mengakibatkan perubahan proporsi VFA sangat bervariasi. Defaunasi mengakibatkan tingginya propionat jika dibandingkan dengan ternak yang tidak mengalami defaunasi memiliki proporsi propionat yang rendah dan butirir yang tinggi sedangkan pengaruhnya terhadap proporsi asetat lebih sedikit.

Pengaruh defaunasi terhadap penurunan methanogenesis, mungkin diakibatkan karena pergeseran dalam produksi VFA dan ketersediaan hidrogen.

Protozoa berperan dalam memproduksi hidrogen yang penting untuk mereduksi CO₂ menjadi CH₄ (Metan), sehingga dengan menekan jumlah protozoa berarti hidrogen juga menurun dan berpengaruh terhadap penurunan produksi metan. Perubahan gerakan aliran digesta dapat mempengaruhi perkembangan mikroba dan waktu retensi pakan, sehingga alternatifnya adalah dengan *fiberhydrolysing* (fungal) *flora* untuk menggantikan populasi protozoa yang hilang. Seperti diketahui bahwa protozoa mempunyai kontribusi dalam mencerna serat. Koloni protozoa dapat menghancurkan jaringan tumbuhan dalam waktu 5 atau 15 menit tergantung jenis protozoa dan protozoa juga mencerna material-material tumbuhan. Aktifitas protozoa secara tidak langsung di dalam mencerna serat, mempertahankan atau memelihara kestabilan fermentasi rumen, yang memungkinkan bakteri selulolitik untuk berkembang. Menurut Jouany *et al.*, (1988), pengurangan protozoa secara umum menurunkan kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik serta menurunkan sel karbohidrat 5-15 % dalam kebanyakan study.

b. Pemberian pakan protein dan penguraian produk

Walaupun protozoa bersilia bukan merupakan mikroba proteolitik yang terbaik di dalam rumen, yang memiliki aktifitas dalam mendegradasi protein 6 – 10 kali lebih rendah daripada bakteri. Aktifitas proteolitik yang lebih tinggi adalah pada ternak yang tidak didefaunasi (terdapat protozoa/faunated), khususnya seperti trypsin protease dibandingkan dengan ternak tanpa protozoa (protozoa-free animal). Pemanfaatan soluble protein (azocasein) dapat menyebabkan aktivitas proteolitik yang tinggi pada ternak yang didefaunasi serta penurunan yang signifikan dalam degradasi pakan protein dalam rumen. Perbedaan aktivitas enzim dan degradasi protein mungkin bisa dijelaskan oleh kemampuan protozoa untuk mencerna dinding sel tanaman dan oleh karena itu mengizinkan enzim mikroba menuju protein intrasellular dan dengan demikian meningkatkan degradasi protein. Hasil beberapa penelitian menunjukkan pentingnya protozoa dalam degradasi soluble protein adalah relatif. Meskipun aktivitas protozoa dalam pakan protein, aktivitas utamanya bukan hidrolisis dari exogenous soluble protein, tetapi memetabolisme protein bakteri. Protozoa nitrogen lebih efektif diperoleh dari

bakteri atau materi tanaman. Hanya setengah dari pencernaan nitrogen oleh protozoa bersilia disatukan ke dalam protozoal protein. Sisanya dilepas sebagai peptida berantai pendek dan asam amino.

Konsentrasi amonia yang rendah di dalam rumen merupakan gambaran umum dari ternak yang bebas protozoa. Ini adalah kemungkinan untuk menurunkan penguraian protein bakteri dan pemanfaatan amonia oleh sejumlah bakteri ditingkatkan, sehingga disimpulkan asam-asam amino dan peptida yang diproduksi oleh protozoa dimanfaatkan oleh bakteri dan dideaminasi. Beberapa spesies protozoa bisa mengasimilasi asam amino, dengan cara transport aktif atau pasif, dari ekstrasellular medium ke dalam protein. Viera *et al.*, (1984), mengamati penurunan sejumlah asam amino yang masuk ke dalam duodenum setelah reinokulasi oleh protozoa di dalam rumen. Protozoa juga mengambil peran dalam deaminasi, dimana Hino dan Russel (1985) menemukan dalam aktivitas deaminasi ekstrak protozoa 2 – 3 kali lebih tinggi daripada dalam ekstrak bakteri. Protozoa tertentu bisa menghasilkan peptidase yang mampu menghidrolisa soluble peptida sebaik peptida di dalam partikel pakan untuk menghasilkan asam amino. Menurut Wallace dan Cotta (1988), metabolisme peptida dalam cairan rumen melibatkan sebagian besar enzim peptidase dipeptidil, tetapi protozoa mungkin memiliki peran dalam akumulasi dan hidrolisis dipeptides. Sehingga defaunasi bisa mengarah kepada akumulasi dipeptides di dalam cairan rumen. Namun, meningkatnya populasi bakteri dengan mudah dapat menggantikan ketidakhadiran aktivitas peptidase protozoa.

c. Protein mikroba

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bakteri merupakan sumber utama nitrogen untuk pertumbuhan protozoa. Aktivitas predator protozoa terhadap bakteri, dan pemisahannya dalam rumen adalah faktor utama yang berperan dalam siklus nitrogen mikrobial dalam rumen. Ketidakhadiran protozoa menyebabkan tingkat perputaran/siklus protein bakteri bervariasi dari 0,3% - 2,7% h⁻¹ tergantung spesies; kehadiran protozoa terjadi peningkatan 2,4% - 37,0% h⁻¹ (Wallace dan McPherson, 1987). Penelitian pada tikus, menunjukkan protein protozoa lebih mudah dicerna (91%) daripada protein bakteri (74%), dan juga

ditunjukkan pada penelitian ruminansia (Storm *et al.*, 1983). Selanjutnya net value dari protein asal protozoa jauh lebih baik daripada protein asal bakteri yaitu 73% berbanding 60% (Bonhomme, 1990). Diestimasikan kontribusi protozoa nitrogen mencapai 16 – 20% di dalam rumen, 17% di dalam omasum, dan 11% dalam abomasum. Sekitar 66 – 86% dari protozoa nitrogen dalam bentuk asam amino, 19 – 33% yang disusun dari asam 2-aminoethylphosponic. Walaupun protein asal protozoa memiliki pencernaan yang tinggi, faktanya protozoa disimpan secara selektif di dalam rumen, dimana mengarah pada pemanfaatan nitrogen yang tidak efisien oleh ternak yang memiliki protozoa.

2. Suplementasi Probiotik atau Ionophores pada Ruminansia

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa ada banyak senyawa yang digunakan untuk memanipulasi fermentasi rumen. Senyawa tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam enam kelompok; ionophores, antibiotik, kandungan halogen, diaryliodonium, herbicides dan insecticides serta pada akhirnya suatu kelompok yang besar yang terdiri dari berbagai komponen seperti faktor-faktor pertumbuhan, senyawa miscellaneous, garam mineral dan agen defaunasi. Diantara senyawa-senyawa tersebut, ionophores, halogen, antibiotik dan agen defaunasi telah banyak didokumentasikan. Terdapat 76 polyether ionophores yang diketahui, namun hanya tiga yang secara luas digunakan dalam skala komersil yaitu monensin, lasalocid dan salinomycin. Namun pemakaiannya juga terbatas oleh efek samping yang ditimbulkan. Baru-baru ini, senyawa-senyawa digambarkan sebagai fungal feed additives atau lebih umum dikenal probiotik fungal, seperti ragi dan atau filamen jamur memiliki pengaruh terhadap fermentasi rumen.

a. Perbandingan kultur fungal dan ionophores dalam nutrisi ruminansia

Ragi dan filamen jamur telah diketahui memiliki kualitas yang berharga dalam pembuatan makanan yang aman bagi kesehatan manusia dan juga dapat memperbaiki kesehatan dan produktivitas ternak. Berlawanan dengan antibiotik, fungal additives tidak mengarah pada perkembangan mikroorganisme yang

sifatnya resisten dan akumulasi residu di dalam tubuh ruminansia. Probiotik merupakan produk kering (padat) mengandung bakteri yang hidup, ragi atau fungus aerobik (spora dan miselium), atau bahkan campuran dari mikroorganisme dan media tumbuhnya. Ada dua probiotik fungal yang sangat dikenal yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae*.

Ionophores adalah antimikroba yang digunakan secara luas dalam produksi ternak. Namun, adanya faktor pembatas yang berbahaya menyebabkan pemakaiannya sangat sedikit dalam produksi ternak. Sifat racun yang umum dari ionophores menggambarkan ionophores seperti bahan kemoterapi yang lemah. Kecuali sodium monensin yang efektif melawan terhadap coccidiosis di dalam unggas. Monensin sodium adalah suatu antibiotik polyether, dari kelompok macrotetralide yang berisi suatu gugus karboksil, yang disatukan oleh *Streptomyces cinnamonensis*. Probiotik dan ionophores menunjukkan dapat memperbaiki produktivitas ternak.

b. Pengaruh pH terhadap fermentasi rumen

Kedua probiotik fungal, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae* menunjukkan pengaruhnya terhadap hasil akhir fermentasi rumen. Pertama pH rumen, yang merupakan salah satu faktor penentu yang paling kritis dalam fungsi rumen, secara umum dapat ditingkatkan dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae*. Penelitian *in vivo* dengan *Saccharomyces cerevisiae* menunjukkan pH meningkat 0,5 unit selama 4 jam setelah pemberian pakan berupa jewawut pada ternak sapi muda (Williams *et al.*, 1990). Puncak setelah pemberian pakan dari laktat juga menunjukkan penurunan yang signifikan dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada ternak sapi muda (*steers*). Pengaruh kedua dari pemberian *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae* adalah meningkatnya total konsentrasi VFA. Umumnya dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* selalu terjadi peningkatan proporsi propionat sedangkan peningkatan proporsi asetat dengan *Aspergillus oryzae*. Disamping itu juga terjadi pengaruh yang berlawanan dari pemberian *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae* terhadap produksi metan. Frumholtz *et al.*, (1989a) menemukan penurunan proporsi metan di dalam

headspace gas ketika *Aspergillus oryzae* ditambahkan ke dalam semi-continuous rumen fermenter yang disebut juga rusitec, ketika dalam sistem batch penambahan *Saccharomyces cerevisiae* dapat meningkatkan produksi metan (Martin *et al.*, 1989).

Penambahan monensin secara konstan berpengaruh terhadap meningkatnya proporsi propionat di dalam rumen. Propionat di dalam rumen merupakan produk utama yang dihasilkan oleh bakteri dan memiliki hubungan yang negatif dengan proses methanogenesis mengarah pada menurunnya produksi metan di dalam rumen yang diberi pakan dengan monensin. Pengurangan (reduksi) produksi metan bukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri methanogenik, tetapi lebih mengarah kepada penurunan ketersediaan H₂ dan formate dan menekan transfer H₂ interspesies. Reduksi di dalam methanogenesis akan memperbaiki pemanfaatan energi oleh ternak ruminansia. Propionat sangat potensial digunakan untuk glukogenesis sebagai tambahan untuk mengarahkan oksidasi di dalam siklus asam sitrik. Monensin juga berfungsi dalam mencegah asidosis pada ternak yang diberi pakan konsentrat yang berlebihan. Newbold (1990b) menyimpulkan dari penelitian *in vitro*, bahwa kemampuan ionophores untuk mencegah perkembangan asidosis laktat adalah untuk mencegah pertumbuhan dari produsen-produsen asam laktat yang penting.

c. Pengaruh di dalam metabolisme nitrogen

Pemberian *Saccharomyces cerevisiae* tidak memiliki pengaruh terhadap aktivitas proteolitik, peptidolitik atau aktivitas deaminasi di dalam cairan rumen domba (Newbold, 1991), sedangkan terjadi penurunan aktivitas protease dan peningkatan deaminasi asam amino dengan penambahan *Aspergillus oryzae* (McKain *et al.*, 1991). Additives fungal sungguh muncul untuk mempengaruhi konsentrasi amonia di dalam rumen. *Saccharomyces cerevisiae* dapat menurunkan konsentrasi NH₃ rumen dan sebaliknya *Aspergillus oryzae* meningkatkan konsentrasi NH₃ rumen. Pengaruh fungal additives terhadap presentase protein mikrobial adalah bervariasi.

Pemberian monensin secara umum mengurangi penguraian protein pakan dan juga menurunkan aktivitas deaminasi sehingga hasilnya konsentrasi NH₃ di

dalam rumen menurun. Monensin juga meningkatkan jumlah asam amino yang dapat mencapai abomasum. Menurut Schelling (1984), pengaruh monensin terhadap sintesis protein mikroba rumen tergantung adaptasi mikroba, menyebabkan suatu efek negatif ketika mikroba beradaptasi dengan antibiotik, tetapi tidak akan berpengaruh ketika sebelumnya telah beradaptasi dengan ionophores.

d. Pengaruh terhadap mikrobiologi rumen

Pada dasarnya penambahan probiotik pada pakan dapat meningkatkan populasi bakteri rumen. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini, dimana dalam penelitian *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan peningkatan total bakteri yang dapat bertahan dan bakteri sellulolitik yang signifikan. *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae* dapat merangsang pertumbuhan bakteri rumen dengan cara memperbaiki lingkungan rumen untuk perkembangan bakteri tersebut atau dengan cara memindahkan senyawa racun sehingga bakteri dapat berkembang lebih baik.

Table 1.5 Effects of fungal probiotics on rumen bacterial numbers.
(% of increase when compared to the control)

| Additives | Total viable bacteria | Cellulolytic bacteria | Experimental conditions | Reference |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| <i>Aspergillus oryzae</i> | +12 | +56 | <i>In vivo</i> | Wiedmeier <i>et al.</i> (1987) |
| | +126 | No effect | <i>In vivo</i> | Fondevilla <i>et al.</i> (1990) |
| | +80 | +188 | <i>In vitro</i> | Frumholtz <i>et al.</i> (1989a) |
| | +90 | No effect | <i>In vitro</i> | Newbold <i>et al.</i> (1991) |
| | +90 | +54 | <i>In vitro</i> | Newbold (1990a) |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | +60 | +82 | <i>In vivo</i> | Harrison <i>et al.</i> (1988) |
| | +30 | +60 | <i>In vivo</i> | Wiedmeier <i>et al.</i> (1987) |
| | +51 | +16 | <i>In vitro</i> | Dawson <i>et al.</i> (1990). |

Penambahan *Aspergillus oryzae* dalam penelitian *in vitro* dapat menurunkan populasi protozoa hingga 45% (Frumholtz *et al.*, 1989). Namun sebaliknya, pada probiotik yang sama tetapi dalam penelitian *in vivo* (sapi) menunjukkan peningkatan populasi protozoa (Oellermann *et al.*, 1990). Newbold (unpublished experiment) menyatakan penambahan *Aspergillus oryzae* tidak berpengaruh terhadap produksi gas melalui kultur murni dari *Neocallimastix frontalis*, *Neocallimastix patriciarum* atau *Sphaeromonas communis*.

Monensin menghambat pertumbuhan bakteri gram positif dengan mengangkut kation-kation monovalen melewati membran, dan merubah pertumbuhan dari sisa spesies gram negatif. Chen dan Wolin (1979) menyatakan aktivitas monensin dalam ekosistem mikrobial rumen dan ditunjukkan bahwa perubahan-perubahan dalam pola VFA dapat dijelaskan oleh pergantian populasi bakteri rumen. Produsen succinate dan propionat tidak dipengaruhi oleh monensin sedangkan bakteri yang memproduksi asetat akan dihambat oleh monensin. Sehingga hasilnya, monensin meningkatkan aliran elektron-elektron dari formate dan metan menjadi succinate atau formasi propionat. Monensin juga merubah komposisi dari populasi protozoa (Stevenson dan Nolan, 1984). Fungi anaerob tidak menghilang atau musnah di dalam rumen walaupun diberikan monensin dalam dosis yang tinggi (Grenet *et al.*, 1989).

e. Pengaruh terhadap degradasi serat di dalam rumen

Walaupun banyak penelitian yang menyatakan probiotik fungal dapat meningkatkan konsumsi, namun mekanismenya masih belum diketahui. Bagaimanapun, ada bukti kuat bahwa terjadi perbaikan penguraian serat dalam rumen. Peningkatan total pencernaan bahan kering dan ADF (Acid Detergent Fiber) telah dilaporkan pada ternak yang diberikan *Aspergillus oryzae* (Van Horn *et al.*, 1984; Wiedmeier *et al.*, 1987). Pengaruh positif dari *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae* terhadap degradasi serat muncul atau terlihat tergantung dari proporsi konsentrat di dalam pemberian pakan. Sebagai contoh, Williams *et al.*, (1990) menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk meningkatkan degradasi hay (hijauan kering) pada ternak yang diberi pakan hay

dan barley (sejenis konsentrat), namun tidak berpengaruh ketika ternak tidak diberikan barley (jewawut).

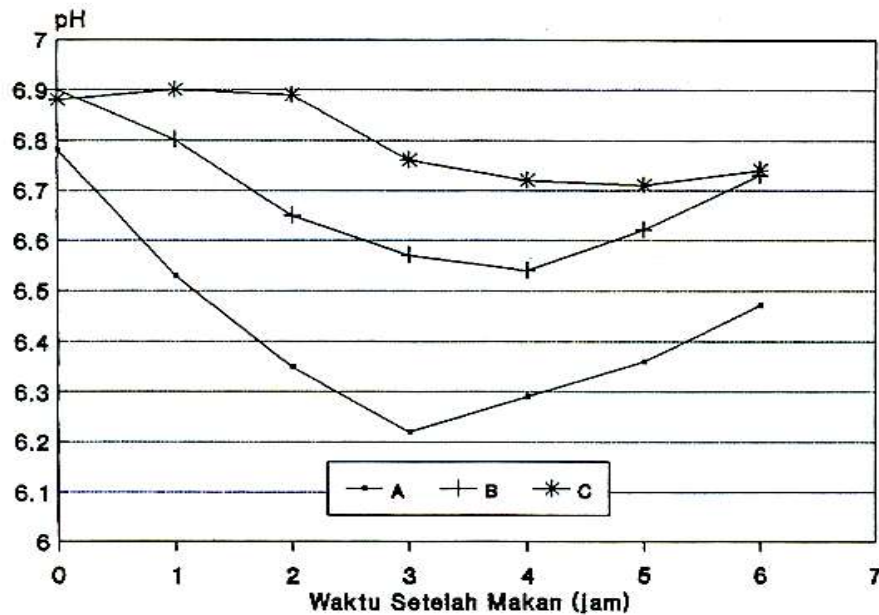
Pengaruh monensin terhadap degradasi serat adalah bervariasi. Periode adaptasi terlihat sebagai sumber variasi, seperti juga pada penggantian komposisi bakteri sellulolitik dengan penambahan monensin. Monensin dapat menghambat pertumbuhan bakteri sellulolitik, sehingga banyak hasil penelitian menunjukkan penurunan degradasi serat sebelum terjadinya penyesuaian atau adaptasi. Bagaimanapun, akan terbentuk ekosistem baru dimana bakteri sellulolitik akan dihambat oleh monensin seperti *Ruminococcus flavefaciens*, dan segera digantikan oleh yang lain seperti *Bacteroides succinogenes* (Newbold, 1991b). Sehingga hasilnya tidak ada pengaruh terhadap pencernaan. Kebanyakan dari hasil penelitian menunjukkan pengaruh monensin terhadap pencernaan serat akan terlihat pada ternak yang belum beradaptasi (Simpson, 1978) atau baru beradaptasi kurang dari 15 hari (Poos *et al.*, 1979), namun sebaliknya pada ternak yang sudah beradaptasi selama 20 hari tidak ada pengaruh yang terlihat (Dinius *et al.*, 1976). Oleh karena itu, pengaruh monensin terhadap penguraian serat terlihat dipengaruhi oleh komposisi pakan yang diberikan dan parameter rumen lainnya seperti passage rate dan isi rumen. Sehingga tidak dapat disimpulkan pengaruh ionophores terhadap degradasi serat.

3. Penambahan Mineral buffer .

Pemberian konsentrat menghasilkan produk fermentasi dalam rumen berupa VFA dan asam laktat. VFA dan asam laktat mempunyai andil besar dalam menurunkan pH rumen. Faktor lain yang mempengaruhi penurunan pH rumen adalah : 1)menurunnya produksi saliva yang kaya akan komponen buffer disebabkan karena menurunnya kegiatan mastikasi, dan 2)meningkatnya aktifitas Laktobacilli pada kondisi keasaman yang tinggi, akan mendisosiasikan asam laktat menjadi anion laktat dan ion hidrogen.. Penurunan pH dapat mempengaruhi pertumbuhan maupun aktivitas mikroba dalam rumen. Stewart (1977) melaporkan bahwa aktivitas mikroba sellulolitik akan menurun pada pH 6.5. Orpin (1977) menyatakan bahwa zoosporogenesis fungi akan terhambat pada pH diluar 6.5 – 7.0

Buffer atau saliva buatan dapat mengontrol pH dan memelihara kenormalan fermentasi dalam rumen ternak ruminansia yang mendapat konsentrat dalam jumlah besar. Parameter-parameter yang dapat dipengaruhi dengan menambahkan buffer atau saliva buatan adalah pH, pencernaan, pola fermentasi, tekanan osmose cairan rumen, produksi metan, degradasi protein pakan, pembentukan protein mikroba dan efisiensi pakan. Teh *et al.*, (1987) dan newbold *et al.*, (1988) menyatakan bahwa penambahan buffer dapat meningkatkan aliran cairan rumen. Sutardi (1980), menyatakan bahwa salah satu mineral yang berpengaruh dalam pemeliharaan tekanan osmotik adalah Na^+ . Kovacik *et al.*, (1986), mendapatkan bahwa penambahan 4.5% NaHCO_3 dalam pakan domba dapat mempertahankan $\text{pH} > 6.0$.

Cakra (1996) meneliti pengaruh buffer NaHCO_3 dan Na_2CO_3 pada kerbau dengan pakan 50% konsentrat dan 50% jerami mendapatkan perubahan pH perjam seperti gambar dibawah:



Gambar 46. Grafik Pengaruh Penggunaan Buffer Terhadap Perubahan pH rumen Kerbau 50% konsentrat dan 50% jerami (A = Kontrol; B= NaHCO_3 ; C= Na_2CO_3) (cakra, 1996)

XI. KELAINAN PROSES DALAM RUMEN

1. Asidosis

Asidosis dapat terjadi apabila pakan yang diberikan mengandung banyak karbohidrat mudah larut (mudah terfermentasi) seperti tepung, maka fermentasi D(-) dan (+) isomer asam laktat akan berlangsung dan menimbulkan laktasidema. Isomer D(-) tidak dimetabolis dalam jaringan tubuh dan menimbulkan asidosis dalam rumen, dengan demikian D-isomer di dalam darah juga meningkat. Penggantian pakan hijau dengan konsentrat yang terlalu cepat juga menjadi faktor penyebab terjadinya asidosis. Serat kasar pakan yang rendah, bentuk fisik pakan terlalu halus dan adanya mikotoksin pada pakan juga menjadi penyebab terjadinya asidosis.

Tanda-tanda asidosis yang timbul adalah pH rumen menjadi 4,79 dan tekanan osmotik naik. Bakteri gram positif berkembang biak dengan mengorbankan bakteri gram negatif dan protozoa. Rumenitis dan pengelupasan epitelium rumen merupakan komplikasi umum yang terjadi. Laminitis adalah komplikasi lain yang terjadi. Kuku juga mungkin mengelupas apabila terjadi laminitis berat. Abses hati (pembengkakan hati) juga tampak pada asidosis dimana *Spherophorus necrophorus* merupakan organisme penyebab yang masuk dalam sirkulasi portal dari rumen karena terjadi rumenitis. Adapun akibat yang ditimbulkan dari asidosis yaitu :

- Rendahnya kadar lemak susu
- Mencret/Diare
- Liver Abses
- Konsumsi menurun
- Laminitis
- pH rumen turun < 5.8
- Limited Cud Chewing dan menyebabkan kematian

Acute Lactic Acidosis

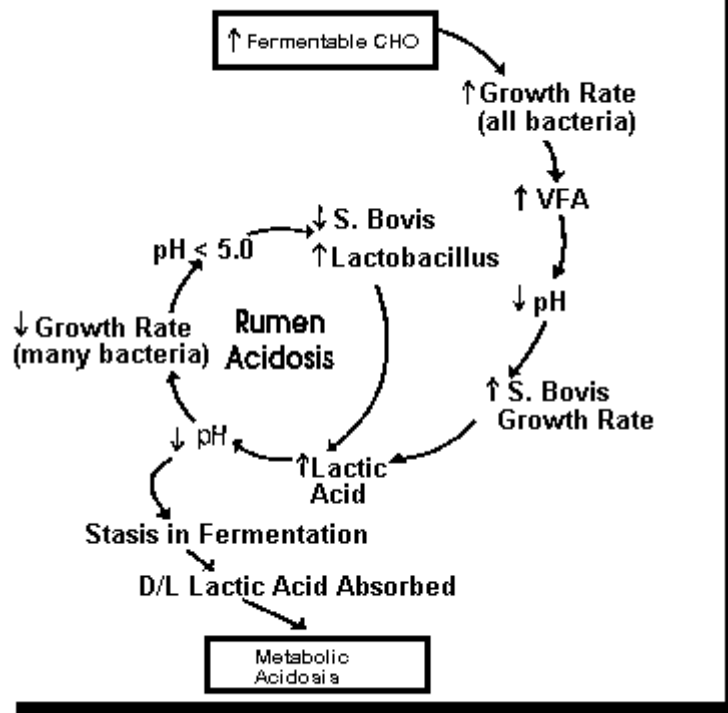


Figure 1. Sequence of events associated with the induction of acute ruminal lactic acidosis (32).

Gambar 46. Proses terjadinya laktik asidosis

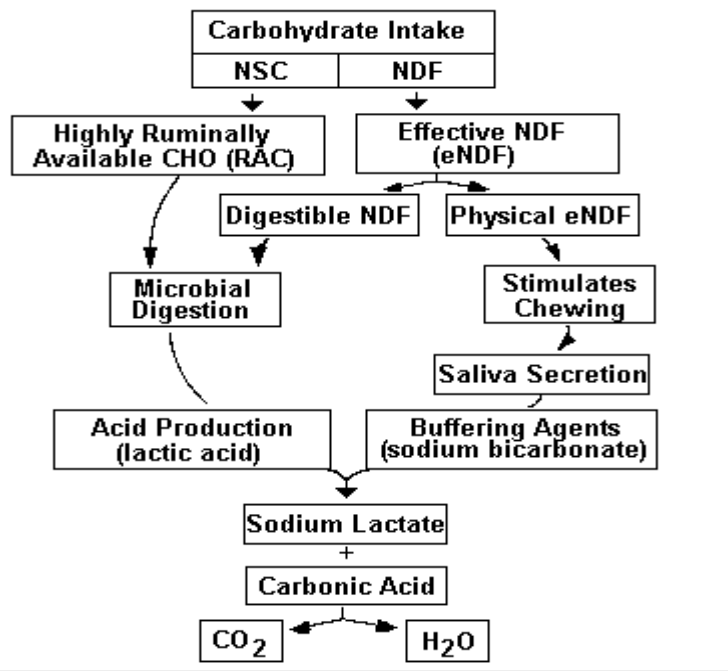


Figure 6. Illustration of structural (NDF) and non-structural (NSC) carbohydrate on buffering in the rumen (32).

Gambar 47. NDF Dan Non Struktural Karbohidrat(NSC) pada Buffer di rumen

2. Parakeratosis

Ini terjadi pada ruminansia yang diberi makanan bahan kasar giling dan konsentrat dalam bentuk pelet. Kondisi ini dicirikan oleh adanya pengerasan, pembesaran dan penggumpalan papila mucosa. Pada pemeriksaan mikroskopis, tampak akumulasi lapisan-lapisan yang berkeratin, bernukleus, dan sel epitelium dari papila berlapis-lapis. Pemberian natrium bicarbonat akan menolong menaikkan pH cairan rumen dan memperbaiki munculnya papila rumen.

3. Atony Rumen

Motilitas rumen terutama dipengaruhi oleh asidosis rumen atau kercunan karena pakan bijian. Kenaikan produksi VFA dan asam laktat mengakibatkan kenaikan pH sehingga menimbulkan tekanan osmotik tinggi. Kadar histamin yang lebih tinggi dalam darah dan rumen akan menekan motilitas rumen. Atony dalam rumen biasanya disertai dengan tersumbatnya digesta dalam rumen dan ternak kehabisan pakan. Kadang-kadang atony rumen terjadi bersamaan dengan atony rumen yang menyebabkan perpindahan abomasum ke sebelah kanan rongga perut. Pada beberapa kasus abomasum berpindah ke bawah rumen di sebelah kiri setekah terjadi distensi. Penyebab utama distensi ini adalah konsumsi butiran dalam jumlah yang besar secara tidak sengaja atau terlalu panas. Dalam keadaan itu, bakteri sellulolitik berkurang, protozoa hilang dan jumlah bakteri gram positif bertambah (Masson, 1950). Pengobatan dengan nux vomica, camphor, minyak terpentin dan minyak biasa cukup efektif untuk penyakit ini.

4. Bloat

Pembentukan gas adalah proses fermentasi mikroba yang terjadi secara normal dan kontinu dalam retikulo-rumen. Gas bebas terbentuk ingesta, keluar dan mengumpul dalam kantong dorsal, dan terutama dieruktasikan oleh kontraksi sekunder. Pada peristiwa kembung pemisahan gelembung-gelembung gas berjalan lambat sehingga ingesta menjadi berbusa. Penggelembungan yang tidak semestinya menghalangi semua gerakan dan busa terus terakumulasi. Sisi kiri rumen menggelembung dan tekanan pada diafragma mengganggu respirasi.

Ternak akan mati karena asphyxia atau hypoxic hypoxia. Beberapa faktor yang mempengaruhi bloot atau kembung akan diuraikan disini.

Kecepatan sekresi saliva per unit waktu merupakan faktor penting karena kecepatan sekresi yang lebih besar akan memperbaiki pengenceran dan kerja buffer. Mucin di dalam saliva akan menguraikan busa dan mencegah kembung. Ternak yang diberi makanan alfalfa yang segar dan *Tribolium alexandrinum* dengan kandungan air sangat tinggi mengekskresikan saliva lebih sedikit dan dengan demikian mendorong terjadinya kembung. Busa protein yang dibentuk dari hijauan leguminosa adalah faktor penting lain yang menyebabkan kembung. Pecahnya sel akan menyebabkan dikeluarkannya zat pembentuk busa dari intraselular ke dalam cairan rumen. Legume yang resisten terhadap kerusakan sel mesofil dianggap aman tidak menimbulkan kembung. Jadi kekuatan mekanik lapisan epidermis daun dan dinding sel mesofil penting untuk mencegah kerusakan karena pengunyahan. Penelitian demikian memungkinkan mengurangi potensi alfalfa dan clover sebagai penyebab kembung melalui budidaya tanaman (Howarth *et al.*, 1978).

Jenis busa yang terbentuk dalam digesta rumen juga penting. Busa sabun biasanya cenderung hilang karena adanya difusi gas atau pecahnya gelembung gas, sehingga luas permukaannya berkurang. Protein busa yang dibentuk dari protein sitoplasmik daun tanaman clover atau tanaman hijauan legume yang lain adalah stabil. Protein daun clover putih telah dapat dipisahkan menjadi fraksi I dan fraksi II oleh *gel-electrophoresis* dan keduanya menghasilkan busa pada pH 6,8. Kestabilan gelembung-gelembung busa tergantung pada elastisitas film, viskositas masa seluruh gel, polidispersitas gel, kelarutan gas, ukuran molekul, daya balik absorpsi, ketegaran permukaan, dan viskositas permukaan (Laby, 1975).

Bakteri yang bertanggung jawab terhadap jenis busa yang terbentuk dari asam laktat dan karbohidrat adalah *Streptococcus bovis* dan *Megasphora elsdonii*. Organisme ini juga mucinolitik, dengan demikian menghalangi sifat anti buih saliva. Viskositas cairan rumen hanya 1,0 pada ternak yang diberi makan hay dan 2,3 pada ternak yang menunjukkan gejala kembung ringan, dan 3,3 pada ternak

yang menunjukkan gejala kembung berat. Kenaikan viskositas rumen merupakan akibat adanya kotoran bakteri kapsular atau non-kapsular yang memperangkap gas-gas sehingga menimbulkan kembung.

Pakan yang digiling sangat halus cenderung menyebabkan kembung. Ransum dalam bentuk pelet lebih sulit menimbulkan kembung daripada ransum non pelet, sedangkan pakan gilingan dapat mengurangi protozoa yang nantinya dapat menyebabkan kembung. Beberapa faktor anatomi tertentu yang dianggap bersifat menurunkan sifat kembung pada ternak adalah kecepatan ekskresi epinephrin dan kecepatan makan, kecepatan eruktasi, kapasitas salivasi.

Tanda-tanda klinis bloat pada umumnya langsung terlihat, dan menggambarkan berapa lama kondisi tersebut dapat bertahan. Tanda-tandanya yaitu :

- Pengelembungan abdominal: rumen berada di sisi kiri, dan karenanya, pengelembungan sering terjadi pada sisi tersebut. Ketika pengelembungan berlanjut, seluruh abdomen akan ikut menggelembung.
- Ternak enggan untuk bergerak dan berhenti makan
- Muncul tanda-tanda stres seperti ternak merasa gelisah dan berisik
- Sulit bernafas sehingga nafasnya cepat, leher memperluas dengan menonjolkan lidah
- Kematian bisa saja terjadi dengan tiba-tiba

Ternak yang mati karena bloat atau kembung memiliki luka karakteristik, termasuk kebuntuan dan pendarahan di dalam rongga dada, leher dan kepala, dan tekanan paru-paru. Tekanan dari rumen yang kembung mengarah kepada kebuntuan dan pendarahan kerongkongan di dalam daerah leher, sementara kerongkongan di dalam rongga dada terlihat pucat. Biasanya hati juga terlihat pucat karena gangguan suplai darah. Pengelembungan rumen pasti diamati pada ternak yang mengalami bloat atau kembung, tetapi juga terjadi dengan cepat

setelah kematian pada ternak ruminansia. Pada gambar dibawah menunjukkan ternak ruminansia yang mengalami bloat atau kembung.



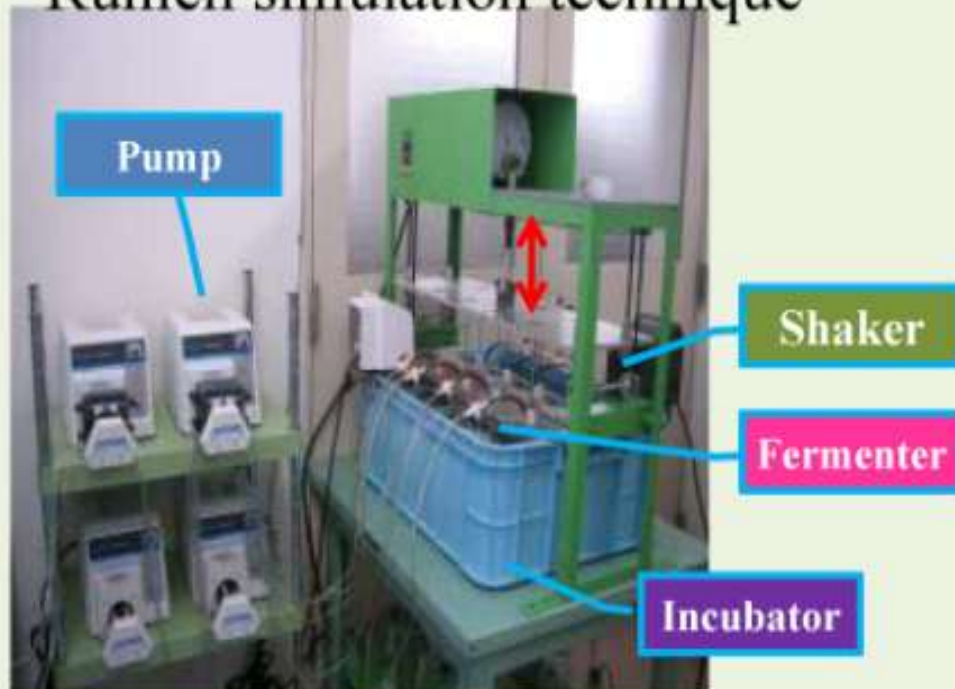
Gambar 48. Foto sapi bloat

Ada beberapa tindakan yang dapat mencegah dan mengobati pada saat bloat yaitu pemberian pakan yang tepat dan minyak terpentin, $MgSO_4$, minyak sederhana atau beberapa campuran *stomachic* dan *carminative* akan membantu menyembuhkan penyakit ini. Pada kasus berat, pelobangan rumen pada sisi kiri akan membebaskan ternak dari tekanan gas. Prolaxane digunakan secara luas untuk menghilangkan kembung sebagai zat penurun tegangan permukaan.

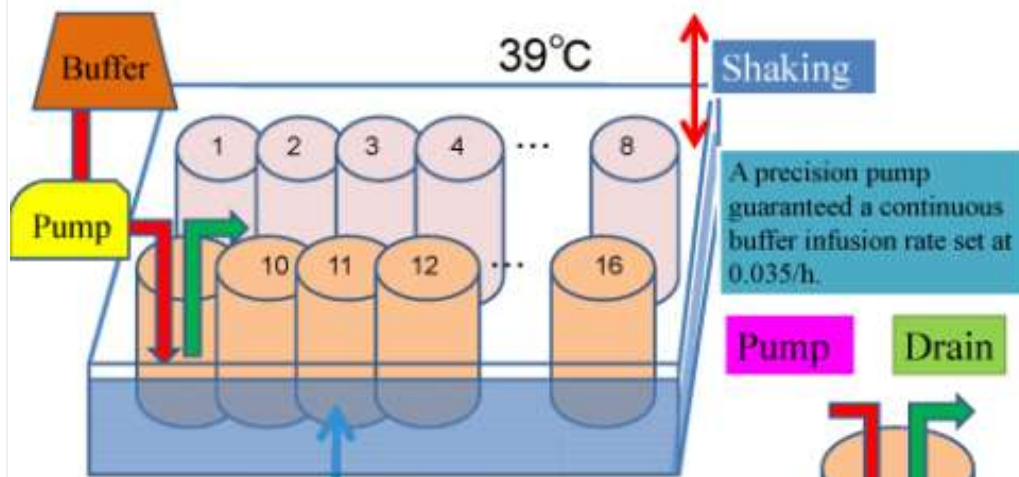
XII. RUMEN BUATAN

(*RUSITEC = RUMEN SIMULATION TECHNIQUE*).

Rumen simulation technique



31



- 1L × 16 vessels
- All fermenters were filled with strained rumen 400ml + Artificial saliva 400ml
- 10 × 20cm nylon bag with 9.6g sample incubate 48 hr. (digestibility)
- Total gas produced in each fermenter was collected in gas-proof bag.

32

DAFTAR BACAAN

- Arora SP. 1995. Pencernaan Mikroba pada Ruminansia. Cetakan Kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada Univ. Press.
- Bowen, R.____. Digestive Physiology of Herbivores
- Fellner, V. 2005. Rumen Microbes and Nutrient Management. Animal Science Departmental Report. North Carolina State University
- Frumholtz, P.P. 1991. Manipulation of The Rumen Fermentation and Its Effects on Digestive Physiology. Thesis. University of Aberdeen
- Hobson, PN.1988. The Rumen Microbial Ecosystem Elsevier Applied Science, London and New York
- Hungate, R.E.. 1966. The Rumen and its Microbes. Academic Press, inc., New York
- Jud Heinrichs. 2005. Rumen Development in the Dairy Calf. Dairy and Animal Science Department, The Pennsylvania State University, University Park, PA. <http://www.das.psu.edu/dcn>
- Lee I Chiba. 2005. Rumen Microbiology and Fermentation. Animal Nutrition Handbook
- Madison, Wisconsin. 2007. Rumen Microbes. U.S Dairy Forage Research Center. USDA-Agriculture Research Service. <http://ars.usda.gov/mwa/madison/dfrc>
- Quigley, J. 1997. Rumen Bacteria in Calves. <http://www.calfnotes.com>
- Quigley, J. 1997. Development of the Rumen Epithelium. <http://www.calfnotes.com>
- Soejono, M. 2005. Pengantar Ruminologi. Laboratorium Teknologi Makanan Ternak Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Ørskov ER, Ryle M. 1990. Energy Nutrition in Ruminant. London: Elsevier
- <http://das.psu.edu/dairy/dairy-nutrition/calves/> calf rumen images Copyright 2008
[The Pennsylvania State University](http://www.psu.edu)

