

626.085  
Hus  
1 2

# Ilmu Makanan Ternak Ruminansia

(SAPI PERAH)

(SAPI PERAH)



UPT-PUSTAK-UNDIP  
No. Daft: 686/KI/PP/CI  
Tgl. : 23/03/04

Oleh :

**Limbang Kustiawan Nuswantara**

**JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK  
FAKULTAS PETERNAKAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2002**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunianya maka Hand Out Kuliah Ilmu Makanan Ruminansia (Sapi Perah) dapat terselesaikan. Diktat ini ditujukan bagi mahasiswa Jurusan Nutrisi dan Makanan ternak yang mengambil mata kuliah Ilmu Makanan Ternak Ruminansia pada semester genap tahun ajaran 2002/2003.

Penyusunan diktat ini ditujukan untuk membantu mahasiswa dalam mempelajari ilmu makanan ternak ruminansia, terutama kaitan antara nutrien yang berasal dari pakan dan nasibnya dalam saluran pencernaan, mulai dari mulut hingga sampai ke anus. Sampai saat ini belum tersedia buku-buku mengenai makanan ternak ruminansia khususnya sapi perah, terutama mengenai ilmu nutrisinya yang tersedia secara luas di berbagai toko buku. Sehingga hand out ini juga dimaksudkan sebagai bahan bacaan yang lebih bersifat "sain" dibanding buku-buku yang banyak tersedia yang lebih bersifat populer.

Dalam hand out ini sering muncul istilah asli dari bahasa aslinya dengan maksud agar para mahasiswa juga mengenal istilah-istilah dalam bahasa asing dan beberapa istilah asing tetap dituliskan dalam bahasa aslinya karena sulit dicari padanan kata dalam bahasa Indonesia.

Penyusun selalu berharap adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi sempurnanya penyusunan hand out ini. Akhirnya penulis berharap semoga hand out ini dapat bermanfaat dan dapat dimanfaatkan.

Semarang, Maret 2003

Limbang Kustiawan Nuswantara

## **BAB. I**

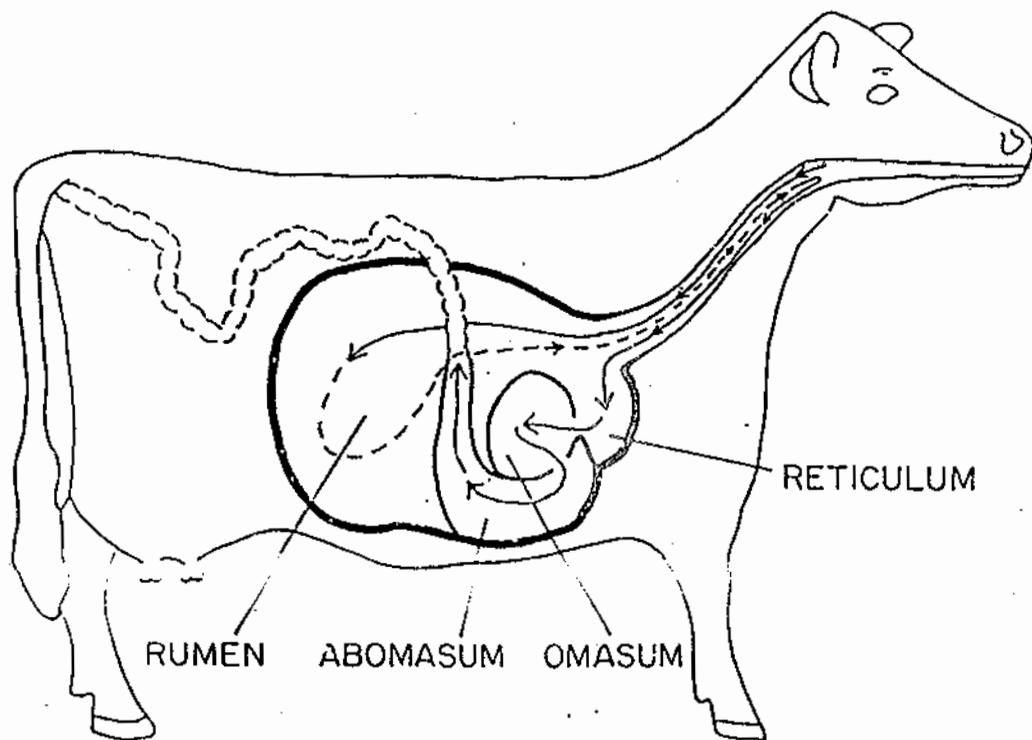
### **ANATOMI DAN FUNGSI LAMBUNG RUMINANSIA**

Foetus ruminansia seperti halnya foetus hewan lambung tunggal, mempergunakan karbohidrat sebagai sumber energi terbesar. Glukosa, fruktosa dan asam amino dipergunakan untuk pertumbuhan selama periode prenatal. Ternak ruminansia seperti sapi, kerbau, domba dan kambing mempunyai lambung yang hampir sama dengan ternak non ruminansia pada saat dilahirkan yaitu abomasum (lambung sejati) masih mendominasi dari total lambung. Akan tetapi setelah bertambahnya umur ternak maka lambung depan pada ternak ruminansia akan lebih cepat dibandingkan dengan abomasumnya. Setelah kelahiran, rumen, retikulum dan omasum berkembang sampai mencapai kesempurnaan dalam fungsinya. Pada ternak domba fase transisi dimulau pada saat umur ternak tersebut 5 minggu sampai dengan umur 9 minggu, sedangkan pada ternak besar seperti sapi pase tersebut mulai pada umur 5 minggu sampai umur 12 minggu. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh jenis pakan yang dimakan oleh ternak tersebut. Sebagai contoh bahwa sapi ataupun kerbau yang dewasa maka berat rumennya kurang lebih 80%, retikulum 5%, omasum 7% dan abomasum sebesar 7% dari seluruh lambung yang dimilikinya.

Seperti telah disinggung di atas bahwa ternak ruminansia mempunyai lambung ganda yaitu sebanyak 4 bagian, yaitu rumen, retikulum, omasum dan abomasum. Dari pembagian tersebut maka rumen, retikulum dan omasum merupakan lambung depan yang semu, hal ini dikarena ketiga bagian tersebut tidak ada glandulanya (tanpa kelenjar/non glandula) tanpa mucus dan tidak menghasilkan enzim untuk membantu mencerna nutrien. Sedangkan bagian lambung yang paling belakang yaitu abomasum yang disebut juga dengan lambung sejati karena bagian ini sesekresikannya enzim yang dapat membantu dalam proses pencernaan.

Antara rumen dan retikulum dihubungkan dengan saluran yang disebut dengan reticulo-ruminal fold, sehingga ingesta makanan dapat mengalir dari

rumen ke retikulum atau sebaliknya. Ditempat inilah terdapat populasi mikroorganisme yang berfungsi mencerna karbohidrat, protein dan proses pembentukan vitamin.

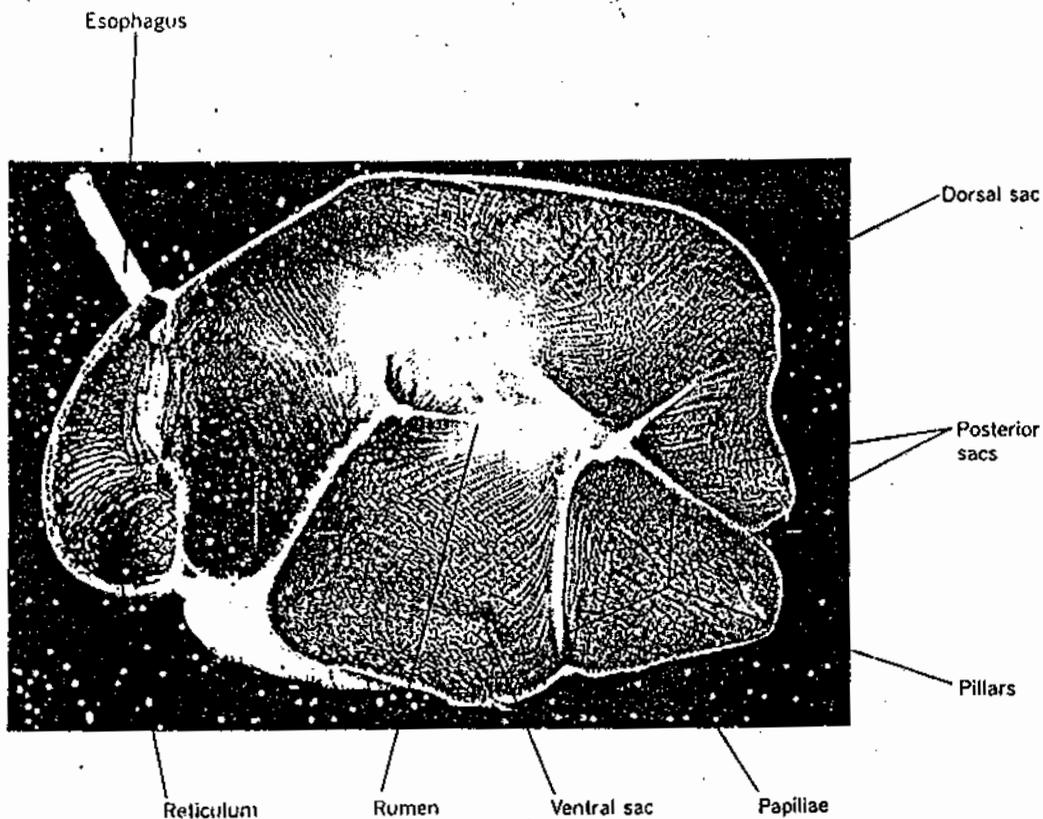


Gambar 1. Diagram Sederhana Perut Ruminansia dan Alur Masuknya Pakan

## **Rumen**

Rumen menempati dari pertengahan rongga perut bagian kiri memanjang ke belakang sampai tulang pinggul atau pelvis dan kedepan menempel pada diafragma sekat rongga dada. Bagian ini mempunyai tonjolan-tonjolan kecil yang disebut dengan papilae yang tidak berglandula dan tanpa mempunyai fungsi sebagai sekretorik tetapi dapat beradaptasi dengan baik dalam mencerna bahan kasar. Bagian luar dari rumen seperti ada sulcus (groove) yaitu suatu celah akan

tetapi dilihat dari dalam disebut dengan pilar atau tonjolan sehingga rumen dibagi menjadi kantong-kantong atau saccus yaitu ventral saccus, dorsal saccus, cranial saccus dan caudal saccus. Pilar merupakan jaringan muskulus (otot) dan juga mengandung pembuluh darah serta jaringan ikat yang dapat berkontraksi sehingga dengan adanya gerakan itu menyebabkan perpindahan dari makanan di dalam dari atas ke bawah dan sebaliknya yang berfungsi untuk pencampuran makanan (mixing). Dari besar kecilnya kantong tersebut maka bagian yang terbesar adalah dorsal saccus, diikuti ventral saccus, caudal saccus dan yang paling kecil adalah cranial saccus. Coudal saccus dibagi menjadi 2 yaitu dorso-caudal saccus dan ventro-caudal saccus dimana bagian yang pertama lebih besar dibandingkan dengan yang kedua. Sedang dilihat dari pilarnya (sulcus) dibagi menjadi 3 bagian (dilihat dari luar) yaitu dorsal groove, ventral groove dan longitudinal groove.



Gambar 2. Penampakan Rumen dan Retikulum

Menurut letak dari partikel pakan yang masuk dalam rumen maka rumen dibagi dalam beberapa bagian yaitu :

1. Gas zone yaitu bagian yang paling atas, pada bagian ini berisi gas-gas hasil fermentasi dari pakan yang ada dalam rumen yang meliputi gas  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $H_2$ ). Pada bagian gas zone tersebut besar kecilnya dipengaruhi oleh jenis pakan (hasil fermentasinya) yang gasnya dikeluarkan lewat kardia dengan proses eruktasi.  $CO_2$  paling besar jika gas tersebut tidak dapat dikeluarkan akan terkumpul sehingga dapat menyebabkan suatu kelainan yaitu bloot. Kembang (bloot tersebut pada ternak ruminansia seperti sapi, kerbau, domba maupun kambing dapat diatasi dengan penusukan menggunakan trocan yaitu seperti jarum.
2. Pad zone yaitu bagian dari rongga rumen yang berisi fiber (serat) yaitu suatu ingesta yang terbentuk dari serat makanan yang dikonsumsi. Pada bagian ini juga terdapat polasi mikroorganisme terutama yang mencerna serat seperti kapang dan bakteri selulolitik.
3. Fluid phase yaitu rongga dari rumen yang berisi cairan. Pada bagian ini adalah bagian yang paling besar dibandingkan dengan rongga rumen lainnya, disamping itu juga terdapat populasi mikroorganisme yang paling banyak.
4. High density phase adalah bagian rongga rumen yang berisi benda berat, benda asing dibagian tersebut seperti batu, metal. Hal tersebut juga tergantung dari hewan dimana sapi perah lebih sensitif dari pada sapi potong.

Rumen di dalamnya terdapat tonjolan-tonjolan kecil yang disebut dengan papilae (tonggue like structure) yang berperan untuk memperluas permukaan sehingga penyerapan nutrien hasil fermentasi tersebut lebih besar. Banyak sedikitnya jumlah dan besar kecilnya papilae tersebut pada masing-masing ternak ruminansia tergantung dari letaknya. Sapi mempunyai papilae yang panjang dan banyak pada bagian tengah dan pada bagian sekitar pilar lebih sedikit. Pada bagian ventral mempunyai papilae yang yang besar dan panjang sedangkan pada bagian dorsal mempunyai papilae yang lebih kecil dan pendek.

Semakin banyak ingesta yang terekspos (menempel) pada papilae maka merangsang papilae tersebut untuk tumbuh sehingga akan menjadi semakin besar dan panjang. Perlu diketahui bahwa pada pilar-pilar rumen tersebut papilaenya lebih sedikit yang dikarenakan fungsi pillar tersebut untuk kontraksi sehingga kontak dan penyerapannya lebih sedikit. Dari bagian rumen yang ada maka caudal adalah bagian yang paling sedikit terdapat papilaenya. Rumen untuk ternak yang sudah dewasa menempati kurang lebih 80 - 86 % dari seluruh lambung yang mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan pakan untuk seterusnya dicerna dalam saluran pencernaan.
2. Lokasi proses fermentasi nutrien/zat makanan akan menentukan spesifikasi dari pada rumen itu sendiri.
3. Proses pencampuran dari ingesta (bahan makanan yang telah dicerna)
4. Tempat terjadinya proses absorpsi dari hasil akhir fermentasi (VFA) yang mekanisme absorpsinya untuk masing masing asam lemak akan berbeda. Penyerapan asam lemak ini tidak terjadi ditempat lain kecuali adanya suatu hal yang khusus, misalnya adalah proses fermentasi dalam rumen tersebut cepat sedangkan absorpsinya tidak sempurna sehingga sebagian dari asam lemak (VFA) tersebut ikut ke dalam bagian lambung lain seperti retikulum dan sebagainya.

### **Retikulum**

Bagian yang kedua dari lambung depan adalah reticulum, lambung bagian ini juga berpapilae sedang bentuk lain dengan papilae pada rumen. Bentuk papilaenya lebih spesifik (seragam) yang berbentuk segi enam seperti sarang lebah oleh sebab itu sering disebut juga dengan honey comb. Suatu hal yang paling penting membahayakan jika benda asing seperti paku misalnya dapat menembus dinding retikulum yang dapat menyebabkan berlobangnya selaput rongga perut (peritonium) yang disebut dengan peritonitis. Selanjutnya jika tidak

ditangani secara serius maka benda tersebut akan mengenai diafragma selaput rongga dada, jika hal tersebut berlanjut maka akan mengenai jantung sehingga disebut dengan pericarditis atau yang disebut dengan traumatic perikarditis (hard ware disease) suatu hal yang sangat fatal. Retikulum mempunyai fungsi dalam statusnya sebagai saluran pencernaan terutama lambung bagian kedua yaitu :

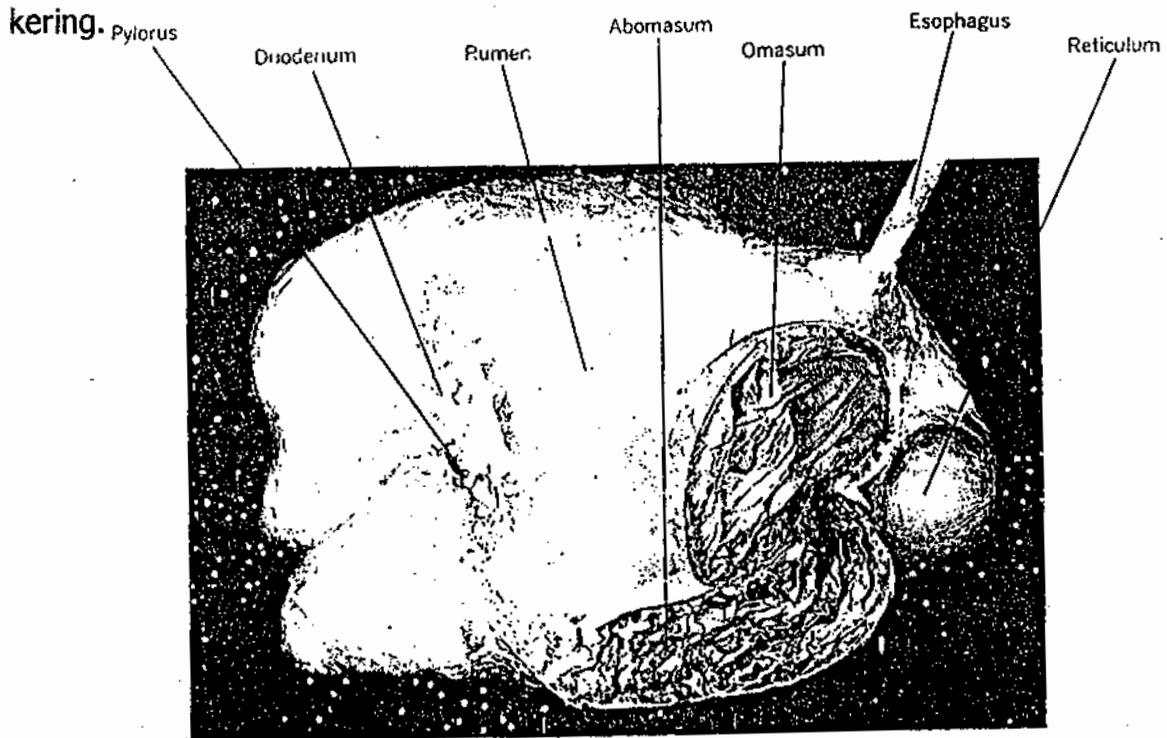
1. Menyebarkan makanan yang dicerna (bisa bahan pakan/ingesta itu kembali ke rumen karena tidak adanya klep yang membatasi antara rumen dan retikulum. Pada umumnya bagian pakan yang kasar seperti hijauan, konsentrat yang dalam keadaan masih masif sehingga belum sempat tercerna akan kembali ke rumen. Disamping itu juga meluruskan jalan ingesta ke bagian yang berikutnya (ketiga) atau omasum yang telah dicerna (lembut) atau berupa cairan.
2. Membantu dalam proses ruminasi terutama pada proses regurgitasi dapat dilihat dari motilitas (gerakan) lambung dimana retikulum dan rumen berperan dalam proses ruminasi.
3. Merupakan lokasi untuk mencerna pakan yang masih belum sempat dicerna di rumen.
4. Ikut mengatur arus bahan pakan dan materi pakan/ingesta dari retikulo rumen ke lobang retikulo omasum.
5. Merupakan tempat terkumpulnya benda-benda asing
6. Tempat absorpsi hasil akhir fermentasi seperti VFA yang belum sempat diabsorpsi di rumen akan diabsorpsi di dalam retikulum, demikian juga terjadi absorpsi air dan amonia.

### **Omasum**

Omasum merupakan lambung depan terakhir yang dimiliki oleh ternak ruminansia. Perut depan bagian tersebut masih tergolong perut semu karena belum mensekresikan getah pencernaan. Dilihat dari anatominya omasum

berbentuk seperti lembaran-lembaran atau lipatan-lipatan yang disebut dengan laminae, perut bagian ini sering disebut juga dengan perut buku- buku. Lambung bagian omasum ini mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Mengatur arus ingesta (bahan makanan yang telah dicerna) ke abomasum lewat lobang yang ada antara omasum dan abomasum yang disebut dengan omasal-abomasal orifice. setelah masuk maka ingesta tersebut di dorong masuk kedalam abomasum.
2. Omasum juga mencerna ingesta (bagian dalam terdapat lamine) sehingga ingesta yang ada dalam omasum tersebut seolah-olah tergilas di lamine tersebut.
3. Penyaring dengan adanya lamine pada bagian ini maka ingesta yang lebih besar akan tertinggal di dalam omasum sedangkan ingesta yang lebih kecil akan diteruskan ke abomasum.
4. Omasum juga merupakan tempat absorpsi produk akhir fermentasi seperti air sehingga jika lambung tersebut kita buka banyak terdapat ingesta yang agak kering.



Gambar 3. Perut Ruminansia Dilihat dari Sebelah Kanan yang Memperlihatkan Penampakan Melintang dari Omasum, Abomasum, Pylorus dan Duodenum

## **Abomasum**

Abomasum merupakan lambung sejati karena bagian ini sudah mulai disekresikan getah pencernaan seperti HCl dan pepsin. Abomasum ternak ruminansia sama fungsinya dengan lambung (abomasum pada ternak non ruminansia). Lambung tersebut dapat dibagi dalam tiga bagian yaitu cardia, fundus dan pilorus. Bagian cardia merupakan gland mucus dimana bagian ini berdekatan dengan omasum, antara abomasum dan omasum ini dihubungkan oleh suatu celah yang disebut dengan omaso-abomas orifice. Bagian berikutnya adalah fundus yang berglandula (fundic-gland), pada tengah ini banyak disekresikan enzim pencernaan, fundic gland atau kelenjar yang mendukung terdiri dari 3 tipe sel yaitu :

1. Body chief cells yang mensekresikan enzim seperti prorenin dan pepsinogen.
2. Neck chief cells mensekresikan mukos.
3. Parietal cells yang mensekresikan HCl.

Dan yang bagian paling akhir dari abomasum adalah pilorus yang dilengkapi dengan glandula mukosa (pyloric gland dimana bagian pilorus ini yang menghubungkan antara abomasum dengan usus halus. Fungsi dari abomasum ini adalah mengatur arus ingesta ke usus halus dibantu dengan adanya fold (ridges) dengan gerakan peristaltik sedangkan kembalinya dengan gerakan anti peristaltik. Fungsi dari fold atau ridges yaitu berfungsi mempertinggi penyerapan. Sering juga timbul suatu kelainan dalam gerakan dari abomasum yang dapat menyebabkan bahan makanan yang dikonsumsi tidak dapat terus ke bagian lain yaitu usus halus sehingga terakumulasi, gejala ini disebut dengan spasmus (menegang) untuk mengatasinya maka harus diberi obat anti spasmolitik.

## **Sifat Rumen Dan Isi Rumen**

Rumen merupakan tempat lokasi mikroorganisme dan ternak ruminansia dapat mencerna bahan pakan yang berserat kasar tinggi. Sehingga sifat ini

menyebabkan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat isi rumen yaitu mikroorganisme, saliva dan pakan. Ketiga faktor tersebut menentukan sifat-sifat dari isi rumen tersebut. Faktor-faktor lain yang ikut menentukan sifat-sifat isi rumen adalah absorpsi dalam rumen dan laju ingesta.

Dari 5 faktor tadi dibagi dalam 2 kelompok yang mempengaruhi sifat-sifat isi rumen dan para meter yang dipakai adalah :

### **1. Bahan kering isi rumen**

Kita ketahui bahwa isi rumen tersebut terdiri dari cairan dan padatan, hal tersebut lebih nyata jika ternak tersebut mengkonsumsi pakan yang berfiber tinggi sehingga bahan kering meningkat. Jika ternak tersebut banyak minum maka fiber akan turun dan bahan keringnya juga turun. Bahan kering isi rumen pada umumnya berkisar antara 10 - 15 % sehingga boleh dikatakan bahwa bahan kering isi rumen itu bervariasi yang dipengaruhi sifat pakan. Tergantung dari beberapa lama sampel diambil setelah minum ini juga tergantung dari digesti pakan (proses digesti itu tergantung kontinuitas pakan dalam rumen itu sendiri). Disamping itu juga aliran saliva, laju ingesta/cepat lambatnya solid maupun liquidnya. Volume rumen dan retikulum (tidak konstan) yang berakibat bahan kering bervariasi, hal tersebut juga dipengaruhi oleh banyak sedikitnya makan/ minum. Besarnya bahan kering isi rumen sangat bervariasi dimana tempat-tempat di dalam rumen itu sendiri sangat berpengaruh misalnya bagian dorsal dimana bahan kering sehabis makan akan naik dan setelah minum bahan keringnya akan turun, sedangkan dalam bentuk liquid maka bahan keringnya akan turun.

### **2. Berat jenis (BD, BJ) specific gravity**

Berat jenis isi rumen antara 1,022 sampai dengan 1,055 dengan rata-rata sebesar 1,038 tergantung dari jenis pakan dan lokasi tempat pakan dalam rumen itu sendiri. Sebagai contoh sapi yang digembalakan berat jenis isi rumen meningkat sehingga dapat kita simpulkan bahwa partikel lebih besar mempunyai berat jenis yang lebih rendah demikian pula bahwa jika partikel

tersebut lebih kecil akan mempunyai berat jenis yang lebih besar. Lokasi dalam saluran pencernaan akan mempengaruhi berat jenisnya. Sebagai contoh adalah lokasi dorsal dan ventral dimana bagian dorsal mempunyai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan lokasi bagian ventral.

### **3. Temperatur**

Temperatur dalam rumen lebih tinggi dibandingkan temperatur tubuh ternak itu sendiri. Temperatur normal rumen adalah 39<sup>o</sup> - 41<sup>o</sup> (38<sup>o</sup> - 40<sup>o</sup> C) pada sapi karena terjadi suatu proses fermentasi yang disebabkan oleh kegiatan mikroorganisme yang aktif yang berakibat temperatur naik bisa mencapai 41<sup>o</sup> C. Pada temperatur maksimum rumen dapat mencapai 42<sup>o</sup> dimana pada temperatur tersebut merupakan temperatur limit mikroorganisme dapat hidup. Dengan semakin tingginya temperatur rumen (lebih dari 42<sup>o</sup> C maka protozoa dalam rumen tersebut tidak dapat hidup sehingga temperatur merupakan parameter yang sangat penting bagi pertumbuhan mikroorganisme rumen.

### **4. pH**

Besarnya pH dalam rumen berkisar antara 6 - 6,8 ini juga tergantung dari pakan (sifat) dan pada saat kapan pH tersebut diukur setelah pencernaan pakan tersebut terjadi. Naik turunnya pH tergantung dari asam organik yang terakumulasi dalam rumen sebagai produk fermentasi dan juga saliva, juga cepat lambatnya pakan itu dikonsumsi. Jika fermentasi tersebut berjalan terus dan asam lemak hasil fermentasi tersebut terakumulasi akan menyebabkan semakin rendahnya pH dan sebaliknya asam lemak yang terakumulasi sedikit maka akan menaikkan pH rumen.

### **5. Buffering capacity**

Buffering capacity merupakan suatu keadaan dimana komponen dari cairan rumen untuk membafer atau mencegah pH tersebut tidak begitu berfluktuasi. Kemampuan ini tergantung dari sifat pakan, juka saliva, absorpsi air, apabila

pH rendah dan tinggi untuk membafer membutuhkan waktu sedangkan sifat membafer yang baik tersebut adalah 6,7 - 7.

**6. Redok potensial di dalam rumen adalah - 0,35 volt**

**7. Tekanan permukaan : surface tension = 4,5 - 6 dynes/cm**

**8. Tekanan osmose : osmose presure = 350 - 400 osmol/kg**

**9. Senyawa yang larut :**

a. Bahan organik yang berasal dari

- Produk digesti
- Saliva
- Metabolik mikrobial
- Sekresi ke dalam rumen

b. Bahan anorganik

- Sodium (Na) : 72 - 137 meq/l
- Potasium (K) : 17 - 60 meq/l

c. Lain-lain

- Amonia (NH<sub>3</sub>) : 7 - 15 meq/l
- Asam lemak (VFA) 30 - 62 meq/l

d. Gas dalam rumen (gas dalam zone)

- H<sub>2</sub> : 0,18%    - O<sub>2</sub> : 0,05%    - CH<sub>4</sub> : 26,76%
- H<sub>2</sub>S : 0,01%    - N<sub>2</sub> : 7,00%    - CO<sub>2</sub> : 65,35%

Peristiwa yang penting yang ada hubungannya dengan pencernaan dan mobilitas lambung. Dalam aktivitasnya maka ternak akan mengambil makanannya dengan mulut kemudian dengan gerakan tertentu seperti dimulut lalu dilanjutkan ke lambung. Gerakan dari mulut dan lambung tersebut adalah

**Prehensi = Prehention**

Yaitu hewan memasukkan pakan dari luar seperti padang penggembalaan dimana peristiwa tersebut dimulai dari gerakan untuk

mengambil makanan untuk dimasukkan dalam mulut. Untuk ternak ruminansia seperti sapi, kerbau, domba dan kambing cara tersebut menggunakan lidah sedangkan kuda menggunakan bibir.

Sapi kurang selektif terhadap pakan sehingga pada waktu prehensi sering benda-benda asing terikut masuk dalam mulut yang akhirnya bisa terikut masuk dalam rumen. Jika benda tersebut tajam bisa melukai selaput dinding retikulum maupun selaput rongga perut. Sedangkan domba dan kambing lebih selektif terhadap pakan sehingga kemungkinan terikutnya benda asing masuk kemulut maupun rumen lebih rendah dibandingkan ternak sapi.

### **Mastikasi = Mastication**

Mastikasi (chewing) yaitu suatu gerakan penguyahan dimana ini terjadi dalam mulut dan melibatkan peranan gigi, sehingga dalam proses mastikasi ini tipe gigi berperan sangat penting. Sebagai contoh susunan graham menyebabkan kebiasaan untuk mengunyah maka gigi tersebut berukuran besar. Seperti hewan karnivora gigi yang berfungsi untuk merobek bahan pakan bentuknya runcing. Hewan herbivora bentuk graham yang atas lebih lebar dari pada bawah sehingga lebih cermak yang menyebabkan pakan yang dikunyah menjadi lebih halus. Mastikasi tersebut berfungsi untuk mengurangi ukuran partikel sehingga lebih mudah ditelan. Gerakan mastikasi tersebut mempunyai gerakan-gerakan tertentu dimana gerakan tersebut sangat tergantung dari tipe bahan pakan yang kemudian dicampur dengan saliva sehingga dapat membantu penguyahan maupun penelanan, adanya mastikasi maka kelenjar ludah terstimulir sehingga saliva keluar lebih banyak.

### **Ensalivasi (salivasi) = ensalivation**

Ensalivasi merupakan peristiwa keluarnya ludah dari kelenjar ludah karena adanya stimulasi bahan pakan dalam mulut (adanya mastikasi).

Kelenjar ludah dalam mulut ada 6 yang besar yaitu glandula parotid, glandula

submaxillar dan glandula sub lingual dimana ketiga glandula tersebut merupakan yang terpenting. Sedangkan tiga glandula lain yang mempunyai mucous yang kecil adalah glandula inferior molar, glandula buccal dan glandula labial.

Saliva yang disekresikan ada dua tipe yaitu mucous yang mengandung mucin dan bentuknya kental sehingga bersifat viscous, dan yang kedua adalah serous yaitu bentuknya cair (watery) berjumlah banyak dan mengandung senyawa bikarbonat yang berfungsi untuk membafer (low viscous).

Glandula parotid jumlahnya sepasang letaknya disekitar geraham paling belakang, dekat telinga. Kelenjar tersebut merupakan yang terbesar, dihubungkan dengan saluran (ductus) masuk rongga mulut antara geraham yang kedua sampai ke lima yang bawah. Sekresinya adalah tipe serous, keluarnya saliva tersebut karena stimulasi dari dalam mulut jadi bukan dengan cara disimpan. Sebagai perangsangnya adalah berupa makanan/melihat makanan yang menyebabkan otot disekitar bulb itu berkontraksi sehingga mengakibatkan dorongan saliva dari kelenjar tersebut masuk dalam mulut, rangsangan disekresikannya saliva tersebut lewat syaraf. Produksi salivanya tergantung dari stimulasi makanan yang dapat mencapai sebesar 60- 100 ml/menit sedangkan pada waktu istirahat hanya sebesar 2-5 ml/menit.

Glandula submaksillar (glandula mandibular) ini juga sepasang terletak disepanjang dasar tulang rahang bagian bawah. Saliva yang disekresikan yaitu serous dan mucous, tempat sekresinya kurang lebih disekitar gigi taring. Glandula submaxillar tersebut mensekresikan saliva pada waktu ruminasi, sedangkan saat istirahat sangat kecil sekali produksinya. Glandula submaxillar merupakan glandula terbesar kedua setelah glandula parotid, juga mempunyai bulb tetapi lebih kecil.

Glandula sublingual (glandula ini jumlahnya juga sepasang) yang berlokasi antara lidah dengan geraham 4- 5, saliva yang disekresikan bersifat serous dan mucous bercampuran dan masuk lewat saluran kecil antara lidan dan pipi.

Fungsi saliva adalah sebagai pembasah, sebagai buffer karena

mengandung sodium, Ca, P dan bicarbonat dengan pH kurang lebih 8,4 - 8,5. Rata-rata pH rumen 6,8 dengan adanya saliva tersebut maka pH tidak banyak berubah. Sebagai sumber nutrisi terutama pada rumen dan retikulum dimana Ca, Na dan K merupakan mineral yang berguna untuk pertumbuhan mikroorganisme rumen. Stimulasi yang mempengaruhi produksi saliva yaitu antara lain:

1. Neural (psychic) misalnya adanya bau yang merangsang maka produksi saliva akan naik karena melihat pakan. Sebagai contoh yaitu melihat penyajian makanan sedangkan pada saat ketakutan makan sekresi saliva akan turun.
2. Physic, hal tersebut bisa terjadi apabila adanya pakan dalam mulut sehingga keluarnya saliva dapat juga pada waktu mengunyah. Stimulasi dari esophagus yaitu pembesaran esophagus dapat memperbanyak sekresi saliva.
3. Chemis, sebagai contoh adalah pemberian  $C_2$  pada lidahnya akan menstimulasi dikeluarkannya saliva, apabila pH rumen dibawah 6 jikalau diberi pakan konsentrat yang tinggi maka produksi salivanya akan meningkat.
4. Sifat hormonal, hal tersebut ada hubungan dengan syaraf simpatis (seperti rasa takut) produksi adrenalis meningkat sehingga saliva akan menurun produksinya.

### **Deglutisi = Deglutation**

Deglutisi tersebut dibagi dalam 3 periode yaitu:

- a. Passage through mouth (laju dalam mulut), periode ini terjadi dalam mulut maka bolus yang sudah dikunyah ditarik di atas lidah kemudian lidah diangkat dan gerakan lidah itu mendorong bolus tadi ke belakang dan sebelum bolus didorong kebelakang maka lobang dari rongga hidung itu tertutup.
- b. Passage through pharynx (laju dalam pharinx) periode ini terjadi setelah bolus masuk pharinx maka akan menstimuli reseptor pharinx sehingga terjadi reflek sehingga pharinx tersebut ada gerak peristaltik sehingga bolus terdorong ke

eosophagus. Jika bolus masuk eosophagus maka epiglottis kembali seperti semula yaitu kelep yang terdapat pada rongga mulut dan rongga hidung.

- c. Passage through eosophagus (laju dalam eosophagus), periode ini merupakan peristiwa gerakan dari eosophagus akibat dari lewatnya pakan. Setelah bolus masuk eosophagus dari pharinx maka eosophagus akan berkontraksi, dengan pergerakan peristaltik tersebut maka bolus bergerak ke bawah yang selanjutnya bolus akan masuk ke dalam cardia rumen.

### **Eruktasi = Eructation**

Dalam rumen terjadi suatu peristiwa fermentasi yang dilakukan oleh mikroorganisme yang terdapat didalam, sehingga kegiatan tersebut menghasilkan gas. Jadi peristiwa eruktasi merupakan keluarnya gas dari rumen keluar melewati eosophagus dan akhirnya lewat mulut. Hal ini terjadi jikalau terbentuknya gas tersebut yang terkumpul dari rumen bagian atas. Pada proses eruktasi ini cardia ini sangat penting sekali dalam mengatur keluarnya gas ke eosophagus, cardia itu akan bebas ingesta (bahan pakan) jika ada ingesta akan menghambat keluarnya ingesta.

### **Ruminasi = Rumination**

Pada peristiwa ruminasi tersebut terjadi kegiatan- kegiatan sebagai berikut yaitu Regurgitasi (Regurgitation) regurgitasi yaitu peristiwa bahan pakan yang telah dikunyah kembali ke rongga mulut hal tersebut diakibatkan karena adanya gerakan reverse peristaltik yang dimulai dari cardia yaitu pada rongga dada mengembang eosophagus terjadi distensi seperti balon sehingga tekanan lebih rendah dari rumen sehingga cardia membuka dan bolus dari rumen masuk ke eosophagus karena adanya gerak reverse peristaltik dan membukanya pharinx spinter bolus masuk ke pharinx, epiglottis membuka dan bolus masuk ke rongga mulut. Dalam mulut bolus dikunyah kembali dan terjadinya peristiwa Remastikasi (Remastication), pada peristiwa ini kurang lebih 50 X/menit

dilanjutkan dengan pencampuran saliva kembali di dalam mulut yang disebut dengan Resalivasi (Resalivation) setelah peristiwa tersebut makan dilakukan penelanan kembali bolus tersebut yang disebut dengan Redeglutisi (Redeglutition). Pada sapi peristiwa ruminasi ini berjalan selama 8 jam/hari sehingga produksi saliva yang dihasilkan pada ruminasi ini juga banyak sekali.

### **Motilitas Lambung**

Motilitas lambung dibagi 2 kontraksi dasar pada rumen dan retikulum, kontraksi rumen dan rumen tersebut dipengaruhi oleh nerves fagus.

1. Kontraksi tipe A ( A Sequence ) kontraksi tipe ini bertujuan untuk pencampuran/pengadukan (mixing) yang terjadi pada waktu pencampuran bahan pakan. A Sequence mula-mula dari retikulum bagian bawah, kontraksi tersebut keras dan cepat selanjutnya di daerah dorsal cranial dari rumen kemudian diikuti dari ventral rumen dan akhirnya bagian belakang (caudal). Lajunya A Sequence tersebut (ratanya 1 X/menit lamanya 25 - 30 detik. Sebelum A Sequence ini selesai diikuti B Sequence.
2. Kontraksi tipe B (B Sequence) Kontraksi tipe ini terjadi pada waktu eruktasi, yang dimulai dari caudal (bagian bawah) disusul dari bagian belakang yang dorsal dan yang terakhir bagian ventral ke arah keluar lamanya B Sequence ini 20 detik. Pada gerakan B Sequence tersebut cardia akan terbuka.

Omasum juga ada gerakan yang teratur yang mula-mula dimulai dari lobang antara retikulum dan omasum dan gerakan tersebut bersamaan dengan kontraksi dari retikulum yaitu A Sequence, karena kontraksi dari lobang ini mula-mula menutup kemudian diikuti dengan kontraksi yang kedua (biphasic atau gerakan ganda) maka lobang dari omasum membuka yang mengakibatkan ingesta tersebut masuk omasum. Masuknya ingesta dari omasum ke abomasum terjadi pada waktu B Sequence, abomasum kontraksinya tidak teratur karena dipengaruhi oleh kontraksi yang ada pada bagian-bagian dari abomasum itu sendiri yaitu kontraksi peristaltik dan anti peristaltik

## Mikrobiologi Rumen

Hewan herbivora, terutama ruminansia tidak dapat menghasilkan enzim selulolitik yang dapat merombak selulosa. Karenanya hewan tersebut mempergunakan berbagai cara untuk mencerna selulosa dan polisakarida tanaman secara tidak langsung, yaitu dengan perantaraan simbiosis antara induk semang (ruminansia) dan mikroorganisme yang hidup di dalam rumen.

Mikroorganisme hidup di dalam rumen dengan menggunakan fasilitas yang ada di dalam rumen. Dengan demikian kehidupan mikroorganisme di dalam rumen sangat tergantung pada :

- (1) Makanan, baik jumlah dan jenis makanan serta mutu makanan
- (2) Pencampuran dan propulsi makanan
- (3) Sekresi saliva
- (4) Penyingkiran dan suplai zat-zat melalui dinding rumen

Dalam keadaan normal, rumen merupakan tempat yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme, dengan pH sekitar 5,5-7,0, anaerobik dan temperatur 39-41<sup>o</sup> C. Keadaan ini merupakan media yang optimal untuk kerja sistem-sistem enzim. Suplai makanan diperoleh secara kontinyu, kontraksi lambung membantu mikroorganisme agar dapat kontak dengan makanan segar atau makanan yang telah mengalami ruminasi. Juga keadaan yang lembab/basah merupakan media yang cocok untuk mikroorganisme. Hasil akhir fermentasi yang dapat menghambat disingkirkan melalui absorpsi atau level terus kebagian belakang alat pencernaan. Akibat dari semua ini adalah terciptanya populasi mikroorganisme yang padat yang banyak berkumpul di retikulum-rumen. Ada yang memperkirakan bahwa protoplasma mikrobial mencapai 10 persen dari cairan rumen.

Meskipun keadaan lingkungan rumen secara relatif stabil, terjadi juga deversitas dalam populasi mikroorganisme. Beberapa faktor yang dapat

menerangkan keadaan ini antara lain faktor seleksi untuk kerja biokimia secara maksimal, yaitu mikroorganisme yang mampu bertumbuh lebih baik dan juga kerja biokimia akan tetap bertahan (survive) di dalam sistem seperti ini yang terbuka terhadap invasi oleh mikroorganisme yang saling berkompetisi. Faktor kedua mungkin akibat kekomplekan dari bahan-bahan makanan yang dikonsumsi ruminansia. Mikroorganisme dapat mengadaptasikan dirinya untuk hanya menggunakan zat-zat makanan yang terbatas, sehingga lebih mengalami spesialisasi, atau mereka beradaptasi untuk menggunakan berbagai macam zat makanan.

Dalam hubungan simbiosis hewan ruminansia dan mikrobia, ruminansia menyediakan :

1. Rumen sebagai tempat/wadah fermentasi (fermentation vat) yang besar
2. Sejumlah besar substrat
3. Tempat untuk menggiling makanan
4. tempat dengan kondisi tetap (pH 5,5-7,0 dan temperatur 39-41° C
5. Lingkungan yang anaerobik
6. Fasilitas untuk menyingkirkan produksi fermentasi dan makanan yang tidak dicerna

Mikroorganisme di dalam rumen terdapat sebagai bakteri dan protozoa bersilia, meskipun jenis lain dapat ditemukan pula misalnya mikroorganisme seperti yeast dan phag, terdapat juga flagelata, terutama pada hewan-hewan muda. Jumlah mikroorganisme di dalam rumen : bakteri  $(1-8) \times 10^{10}/\text{ml}$  cairan rumen dan protozoa 106/ml cairan rumen.

Karena kondisi di dalam rumen adalah anaerobik, maka mikroorganisme yang tinggal didalamnya juga mikroorganisme yang anaerobik dan anaerob fakultatif, dengan demikian mikroorganisme yang khas untuk rumen adalah : harus mampu hidup dalam kondisi anaerob, harus mampu memproduksi senyawa hasil akhir seperti yang ada di dalam rumen dan rumen harus berisi tidak kurang dari 1 juta mikroorganisme per gram mikroorganisme.

## **Bakteri Dalam Rumen**

Beberapa hal di bawah ini dapat dipergunakan untuk identifikasi bakteri rumen.

- (1) morfologi
- (2) produk fermentasi
- (3) sumber energi yang dipergunakan
- (4) sifat kultur/pupukan
- (5) test serologis
- (6) sifat-sifat patologis yang spesifik

Morfologi bakteri berguna untuk identifikasi beberapa spesies, tetapi banyak spesies yang mempunyai bentuk sama sehingga identifikasi tidak didasarkan pada morfologi saja. Hasil pewarnaan Gram juga dipakai untuk membantu identifikasi.

Beberapa hasil akhir fermentasi dapat bersifat spesifik untuk beberapa jenis tertentu, tetapi sering terjadi overlap, sehingga informasi tambahan sering diperlukan.

Informasi dari jenis-jenis substrat yang dipergunakan, sumber energi dan zat-zat makanan yang dipergunakan, bila ditumbuhkan pada biakan murni, tetapi terjadi juga banyak duplikasi antara spesies yang berbeda. Studi mengenai enzim-enzim yang berada dalam rumen juga menambah informasi yang berguna. Sifat pupukan yang biasanya spesifik untuk tiap jenis bakteri juga penting, meskipun terdapat juga overlap.

Uji serologis yang termasuk pengembangan fluorescent antibodies dapat memberikan informasi yang spesifik.

### **Beberapa sifat umum bakteri rumen**

- (1) Sebagian besar adalah gram negatif pada makanan yang berisi butir-butiran yang tinggi dapat bergeser menjadi populasi bakteri yang gram

positif, mungkin karena pergeseran ke *Lactobacilli*

- (2) Sebagian besar berbentuk Cocci dan batang pendek yang sering tersusun dalam bentuk rantai.
- (3) Berukuran lebar : 0,4-1,0 u dan panjang 1-3 u
- (4) Dapat tersusun atas rantai, berpasangan dan tetrad
- (5) Secara relatif sangat sedikit membentuk spora, dan umumnya jenis-jenis yang motil
- (6) Terdapat sedikit ragi (yeast) dan kapang Molds)

### **Klasifikasi Bakteri dalam Rumen**

Banyak cara yang dapat digunakan untuk dapat digunakan untuk klasifikasi bakteri di dalam rumen. Namun untuk maksud diskusi disini akan dibicarakan kalsifikasi yang didasarkan atas substrat yang dipergunakan dan produk akhir yang dihasilkan. Klasifikasi ini didasarkan atas spesies yang telah dipelajari secara *in vitro*, yang biasanya dipelajari dalam kultur murni di dalam laboratorium. Berdasarkan ini maka klasifikasi bakteri dalam rumen adalah:

#### **1. Bakteri selulolitik (Cellulase fermenter/digester)**

Bakteri ini tersebar luas secara geografis dan ditemukan pula pada alat pencernaan hewan non-ruminan. Bakteri tersebut mempunyai kemampuan memproduksi enzim selulase yang akan menghidrolisis selulosa dan mempunyai kemampuan untuk menyerang selubiosa yaitu suatu disakarida yang terdiri atas dua molekul glukosa yang terikat secara B. Bakteri selulolitik umumnya terdapat pada rumen yang banyak diberikan makanan kasar (fibrous feed materials). Spesies yang penting antara lain :

- (1) *Bacteroides succinogenes*
- (2) *Butyrivibrio fibrisolvens*
- (3) *Ruminococcus flavefencien*
- (4) *Cillobacteriumcellulosolvent*

(5) *Ruminococcus albus*

(6) *Clostridium locheddii*

Unsur - N dan asam lemak rantai cabang (BCFA) mempunyai peranan penting pada aktivitas mikroorganisme selulolitik, apabila kandungan N dan BCFA rendah maka aktivitas selulolitik menurun karena banyak asam amino yang dibentuk dari BCFA antara lain:

Isovalerik -----> Leucine

Isobutirik -----> Valine

Metyl butirik -----> Isoleucine

2. Bakteri yang mencerna hemiselulosa (Hemicellulose fermenter).

Bakteri yang dapat merombak selulosa biasanya dapat juga merombak hemiselulosa. Tetapi beberapa jenis bakteri yang dapat merombak selulosa, yaitu *Bacteriodes ruminicola*, *Lachnospora multipanes*.

3. Bakteri amilolitik (Starch digester)

Banyak bakteri yang selulolitik dapat juga mencerna pati. Tetapi sebaliknya bakteri yang amilolitik tidak dapat mencerna selulosa. Bakteri ini akan lebih banyak terdapat di dalam rumen apabila ransum yang diberikan mengandung banyak patri (high energy diet). Jenis yang penting antara lain :

a. *Streptococcus bovis*, sangat umum terdapat di dalam rumen, dan berkembang sangat cepat, bila pati ada di dalam ransum maka perkembangan bakteri ini lebih cepat. Sebagai produk akhir adalah asam laktat, sebagai produk utama.

b. *Bacteroides amylophylus*, hasil utama fermentasi adalah asam formiat, asetat dan suksinat.

c. *Bacteroides ruminicola*

d. *Selenomonas ruminantium*

4. Bakteri yang menggunakan gula (sugar users)

Sebagian besar bakteri yang dapat menggunakan selulosa dan polisakarida lain dapat menggunakan gula (disakarida atau monosakarida). Material dari tumbuh-tumbuhan, terutama yang masih muda berisi banyak karbohidrat

yang larut dalam air yang akan segera dipergunakan oleh bakteri. Sellubiosa merupakan sumber energi yang baik untuk jenis bakteri ini.

#### 5. Bakteri yang menggunakan asam (acid users)

Sejumlah bakteri telah diketahui menggunakan asam laktat walaupun dalam keadaan normal tidak terlalu banyak terdapat kecuali dalam keadaan abnormal. Beberapa jenis bakteri menggunakan asam suksinat, malat dan fumarat. Juga ada beberapa jenis yang menggunakan asam formiat, asetat, oksaloasetat, jenis bakteri tersebut antara adalah:

- *Veillonella gazogenes*
- *Veillonella*
- *Peptostreptococcus elsdenii*
- *Propioni bacterium*

#### 6. Bakteri Proteolitik

Bakteri ini tidak banyak jumlahnya karena sebagian besar bakteri di dalam rumen adalah : Saccharoclastic yang memecah sakarida. Namun diketahui bahwa sejumlah bakteri di dalam rumen dapat menggunakan asam amino sebagai sumber utama energinya. Mula-mula proses protiolitik dilaksanakan oleh bakteri pemakai sakarida. Tetapi 20 - 24 jam setelah di beri makan mulai terlihat bakteri proteolitik.

Beberapa bakteri tersebut antara lain:

- *Bacteroides amylophilus*
- *Clostridium sporogenes*
- *Bacillus licheiniformis*

#### 7. Bakteri yang memproduksi amonia

Beberapa bakteri dari kelompok ini merupakan duplikasi dari bakteri proteolitik. Tetapi sejumlah bakteri dapat memproduksi amonia dari berbagai sumber, dan amonia selalu terdapat dalam cairan rumen. Karena itu produksi amonia menunjukkan adanya reaksi yang penting di dalam rumen. Spesies yang menghasilkan amonia antara lain :

- *Bacteroides ruminocola*

- *Selenomonas ruminantium*
- *Peptostreptococcus elsdenii*
- Beberapa strain *Butyrivibrio*

#### 8. Bakteri yang memproduksi metan (bakteria methanogenik)

Bakteri ini sulit dibiakkan pada media pemupukan. Oleh karena itu sangat sedikit diketahui tentang bakteri ini yang berhubungan dengan kebutuhannya yang spesifik, meskipun rumen mengandung metan yang kira-kira 25% dari gas yang ada di dalam rumen. Jenis bakteri ini antara lain:

- *Methanobacterium ruminantium*
- *Methanobacterium formicicum*
- *Methanobacterium*
- *Methanobacterium suboxydans*

#### 9. Bakteri lipolitik

Suspensi campuran bakteri dapat menggunakan gliserol, dan mampu menghidrolisis lemak menjadi gliserol dan asam lemak. Gliserol kemudian diubah menjadi asam propionat dan VFA lainnya. Asam lemak rantai panjang hanya sedikit diubah, asam lemak tak jenuh mengalami hidrogenasi. Asam lemak rantai panjang yang mengalami perubahan akan diubah menjadi keton.

#### 10. Bakteri yang mensintesis vitamin

Telah banyak dipelajari bakteri yang mensintesis vitamin, tetapi paling banyak adalah bakteri yang mensintesis vitamin B-komplek

Tabel berikut ini menunjukkan beberapa jenis yang ada di dalam rumen serta sifat-sifatnya yang penting. Bakteri dalam rumen sering diklasifikasi menurut fungsinya dalam menyerang substrat tertentu atau hasil akhir fermentasi.

### **Protozoa dalam Rumen**

Protozoa rumen telah lama diketahui, karena protozoa lebih besar dan dapat dilihat dengan mikroskop biasa maka informasi mengenai klasifikasi, morfologi dan lain-lain telah dapat dikumpulkan beberapa tahun sebelumnya

(paling produktif antara tahun 1920-1930).

### **Klasifikasi Protozoa Rumen**

Protozoa di dalam rumen umumnya bersilia (ciliata), meskipun beberapa diantaranya mempunyai flagelata, terutama pada hewan ruminansia muda sebelum siliata muncul. Klasifikasi protozoa ini didasarkan pada morfologi sel karena ukurannya yang sangat besar sehingga mudah diamati. Secara garis besar siliata ini dibagi menjadi Holotrichia dan *Spirotrichia*. *Holotrichia* biasanya besar dan mirip paramaecium, berbentuk bulat telur, permukaan selnya penuh ditutupi silia. Sebaliknya *oligotrichia (isotrichia)* silianya berkumpul dibagian anterior. *Oligotrichia* ini diwakili oleh beberapa spesies dengan ukuran yang bermacam-macam, bentuk dan organel yang bervariasi yang dapat membedakan diantara mereka, bentuk oval sampai memanjang. Bagan klasifikasi protozoa dapat dilihat pada tabel berikut.

Secara relatif protozoa mempunyai ukuran yang besar, yaitu bervariasi seperti pada

- Charon equi : panjang 38u, lebar 15u
- Metadinium medium : panjang 195u, lebar 109u

Jumlah protozoa di dalam rumen berkisar antara 200.000-2 juta/ml cairan rumen.

Banyak bukti menunjukkan bahwa banyak holotrichia dan oligotrichia secara aktif memakan bakteri di dalam rumen. Spesies protozoa di dalam rumen berubah tergantung pada makanan ruminansia, musim dan lokasi geografis. Sebagai contoh dapat dilihat pada tabel berikut yang menunjukkan komposisi protozoa sebagai akibat pengaruh makanan. Sampel isi rumen diambil dari sapi kembar.

## **Perkembangan Mikroorganisme Rumen pada Ruminansia Muda**

Ruminansia muda secara normal mendapatkan populasi mikrobial melalui kontak mulut dengan ruminansia yang lebih tua atau melalui inhalasi udara yang berisi mikroorganisme, tetapi mikroorganisme di dalam udara hanya dapat bertahan dalam waktu yang singkat.

Suatu studi tentang perkembangan mikroorganisme dengan mengisolasi pedet (anak sapi) dari lain segera setelah lahir. Sapi ini tetap dipisahkan selama 17 minggu, pada saat mana mereka diinokulasi dengan cairan rumen. Ditemukannya bahwa bakteri yang terdapat dalam anak sapi yang diisolasi termodifikasi, meskipun beberapa bakteri yang khas ditemukan juga. Pada saat dilakukan perhitungan koloni (colony count) terhadap isi rumen sapi yang diisolasi mempunyai bakteri anaerob yang tinggi, bakteri selulolitik rendah, tetapi bakteri lactate fermenter cukup tinggi dibandingkan dengan anak sapi yang normal. Namun pertumbuhan anak sapi tidak dipengaruhi.

Beberapa laporan menyatakan bahwa bakteri terwujud di dalam rumen pada umur muda, tidak peduli apakah mereka diisolasi bersama-sama dengan anak sapi lain ataupun tetap bersama-sama induknya. Dari data berbagai eksperimen menunjukkan bahwa pada umur 1 minggu telah terdapat populasi *Laktobacilli* cukup besar. Kemudian jumlahnya mulai menurun pada umur 3 minggu sampai mencapai tingkat dewasa umur 3-4 bulan. Bakteri anaerob terdapat pada tingkat lebih tinggi dari pada hewan dewasa, dan organisme selulolitik ternyata lebih banyak bahkan pada umur 1 minggu.

### **Faktor-faktor yang Mempengaruhi Populasi mikroorganisme Rumen**

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi populasi mikroorganisme di dalam rumen, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, antara lain :

1. Daya adaptasi mikroorganisme di dalam lingkungan rumen
2. Sifat dan konsentrasi zat makanan yang tersedia, makanan yang diperlukan

oleh mikroorganismenya mungkin saja tidak terdapat di dalam makanan tetapi merupakan hasil akhir dari fermentasi makanan oleh mikroorganismenya lain seperti vitamin yang larut dalam air, VFA rantai cabang dan faktor pertumbuhan (Growth factor) lainnya.

3. Kecepatan makanan
4. Selektivitas waktu grazing (merumput)
5. kesuburan tanah
6. lokasi geografis
7. iklim

pH rumen merupakan faktor yang paling menonjol yang juga merupakan refleksi dari makanan. Pada pH 5,4 di dalam rumen, hidup protozoa sangat tertekan. Pada milk feeding pH dan populasi bakteri turun. Pengaruh pH pada hewan dewasa cukup drastis yaitu terjadi pertumbuhan *Streptococcus* dan *Laktobacillus* dengan cepat.

Pakan yang banyak mengandung karbohidrat yang mudah larut biasanya akan menekan pertumbuhan bakteri selulolitik. Ransum dengan cukup protein biasanya meningkatkan jumlah bakteri bila dibandingkan dengan ransum protein rendah. Jumlah konsumsi makanan dalam beberapa hal tidak berpengaruh pada jumlah bakteri sedangkan dalam hal ini pemberian pellet saja dari ransum yang rendah serat kasarnya jelas menurunkan protozoa rumen. Pada sapi pemberian ransum konsentrat yang dibatasi (restricted all concentrate diets) menaikkan jumlah bakteri dan protozoa, terutama bakteri yang selulolitik.

## **BAB. II**

### **METABOLESME ZAT GIZI DI DALAM RUMEN**

Secara kuantitatif karbohidrat sangat penting kompo nen dari makanan ternak ruminansia. Makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan mengandung kira-kira 75% karbohidrat yang distribusinya tergantung dari pada umur dan faktor-faktor agronomis serta keadaan sekitarnya. Dengan demikian jelaslah bahwa karbohidrat merupakan sumber energi utama baik untuk mikroorganisme di dalam rumen maupun induk semangnya.

Karbohidrat di dalam tanaman terutama terdapat dalam bentuk polisakarida yaitu selulosa, hemiselulosa, pektin fruktan dan zat pati (starch) dan lain-lain yang terdapat dalam jumlah kecil. Dari semuanya ini selulosa merupakan sumber terbesar di dalam makanan hijauan, sedangkan pati merupakan bagian terbesar pada butir-butiran (serealialia). Hanya sebagian kecil tanaman yang mengandung sukrosa dalam jumlah besar seperti pada tebu dan bit. Pada umumnya tanaman mengandung glukosa sangat sedikit di dalam jaringannya, terutama pada tanaman yang tua dan kering. Tabel 1 berikut menunjukkan kandungan karbohidrat pada tiga jenis bahan. Di dalam tabel terlihat bahwa kandungan lignin pada rumput lebih kecil dari pada kandungan lignin di dalam alfalfa. Kenyataan ini diperkuat oleh data pada tabel 2 yang menunjukkan bahwa kadar lignin pada jenis rumput-rumputan lebih rendah dari pada kandungan lignin di dalam leguminosa (kacang-kacangan). Kandungan lignin rumput dari daerah tropis dan sub-tropis lebih tinggi dari pada kadar lignin dalam rumput daerah temperate. Lignin adalah suatu zat yang tidak dapat dicerna, sehingga sering dipakai sebagai indikator internal (internal marker) pada percobaan daya cerna. Pembentukan ikatan antara lignin dan selulosa (lignoselulosa) dapat menekan daya cerna selulosa dan akibatnya dapat menekan daya cerna makanan secara keseluruhan. Fungsi lignin itu sendiri bagi tanaman adalah untuk memberi kekuatan pada jala-jala selulosa. Makin berkayu jenis tanaman, makin tinggi kadar lignin.

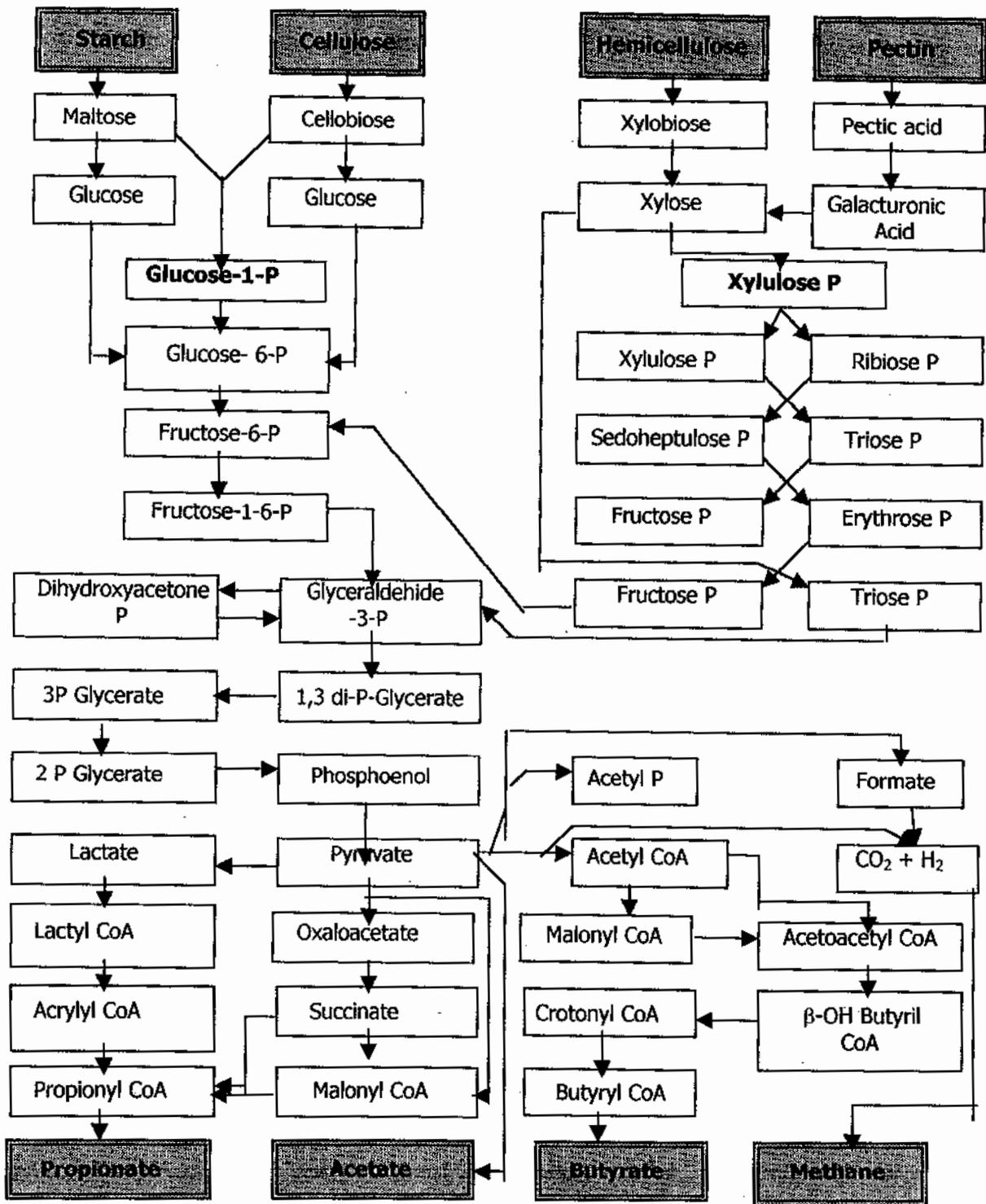
Diantara polisakarida diatas, selulosa adalah bagian yang terbesar. Selulosa adalah bentuk polimer dari glukosa dalam ikatan B(1-4). Hemiselulosa juga terdiri dari monosakarida dengan ikatan B(1-4) tetapi terdiri dari berbagai jenis heksose antara lain: glukoronik, glukosa, galaktosa dan pentosa. Holoselulosa merupakan kombinasi antara selulosa dan hemiselulosa. Selobiose merupakan hasil hidrolisis selulosa yang terdiri dari 2 molekul glukosa. Beberapa macam selulosa, karena di dalam alam selulosa terdiri dari 200-10.000 molekul glukosa. Dengan demikian selulosa dibagi dalam : selulosa : mengandung 200-10.000 molekul glukosa dan tidak larut dalam 17,5% NaOH.  $\beta$ -selulosa : mengandung 10-200 molekul glukosa tidak larut dalam air tetapi larut dalam 17,5% NaOH. selulosa : mengandung kurang dari 10 molekul glukosa, tidak larut dalam larutan garam dan air. Dibandingkan dengan zat pati yang mengandung molekul glukosa dan ikatan  $\alpha$ (1-4), selulosa mempunyai ikatan  $\beta$ (1-4) dan juga mempunyai ikatan hidrogen antara gugusan OH dari satu molekul glukosa dan gugusan HOCH<sub>2</sub> dari molekul glukosa yang lain (OH..... HOCH<sub>2</sub>). Hal ini yang menyebabkan selulosa tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim alat pencernaan, kecuali oleh enzim selulase yang dikeluarkan oleh bakteri di dalam rumen. Oleh karena itu selulosa hanya dapat dicerna oleh hewan ruminansia dengan bantuan mikroorganisme. Karenanya selulosa bersifat lebih stabil. Disamping ikatan hidrogen, terdapat juga ikatan-ikatan silang (cross-linking) diantara jala-jala selulosa. Dengan adanya ikatan ini jala-jala selulosa dibagi dalam dua area : Daerah bentuk kristal (crystalline) yang lebih resisten, karena banyak mengandung ikatan silang. Daerah amorph (amorphous), lebih sedikit mengandung ikatan silang, karenanya kurang resisten terhadap degradasi. Keberadaan lignin dalam struktur jaringan tanaman, ada beberapa pendapat yang menyatakan bahwa ada tiga kemungkinan peranan lignin terhadap tersediaanya (availability) karbohidrat tanaman, yaitu : (1) lignin adalah toksis bagi mikroorganisme teori ini tidak berkembang dan sudah banyak dilupakan (2) lignin secara fisik menyelubungi karbohidrat terlindung dari aksi

mikroorganisme (3) lignin secara kimia terikat dengan karbohidrat dalam bentuk ikatan kovalen dan ikatan hidrogen dimana mikroorganisme selulolitik tidak mempunyai enzim untuk memcernanya

### **Fermentasi karbohidrat dalam rumen**

Secara umum produk akhir dari fermentasi karbohidrat dalam rumen adalah *Volatile Fatty Acid* (VFA) terutama berupa asam acetat, asam propionat dan asam butirat, serta berupa gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Selama proses konversi karbohidrat menjadi VFA, akan terbentuk ATP yang selanjutnya digunakan oleh mikrobia rumen untuk pertumbuhan sel dan sumber energi utama untuk pertumbuhan mikrobia.

Proses fermentasi karbohidrat dalam rumen terjadi melalui dua tahap, tahap pertama hidrolisis karbohidrat kompleks menjadi karbohidrat sederhana atau glukosa. Hidrolisis dilakukan oleh enzim-enzim yang dihasilkan mikrobia rumen. Selulosa didekomposisi menjadi selubiosa, yang selanjutnya diubah menjadi glukosa. Pati diubah menjadi maltosa dan isomaltosa kemudian menjadi glukosa. Tahap kedua, gula sederhana hasil hidrolisis di dalam rumen langsung dapat digunakan dan dimetabolisasikan secara intraseluler oleh mikrobia rumen menjadi VFA, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Selanjutnya 90% VFA yang dihasilkan oleh fermentasi melalui dinding rumen dan akan digunakan sebagai sumber energi bagi induk semang, sedangkan CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dikeluarkan dengan jalan erupsi, absorpsi dan pernafasan lewat paru-paru. Laju absorpsi VFA dipengaruhi oleh pH rumen dan panjang rantai asam lemak. Apabila pH rumen dibawah 6 maka laju absorpsi akan meningkat. Makin panjang rantai, laju absorpsi makin cepat dengan urutan absorpsi asam butirat>asam propionat>asam acetat.



Gambar 4. Fermentasi Karbohidrat dalam Rumen (Czerkawski, 1986).

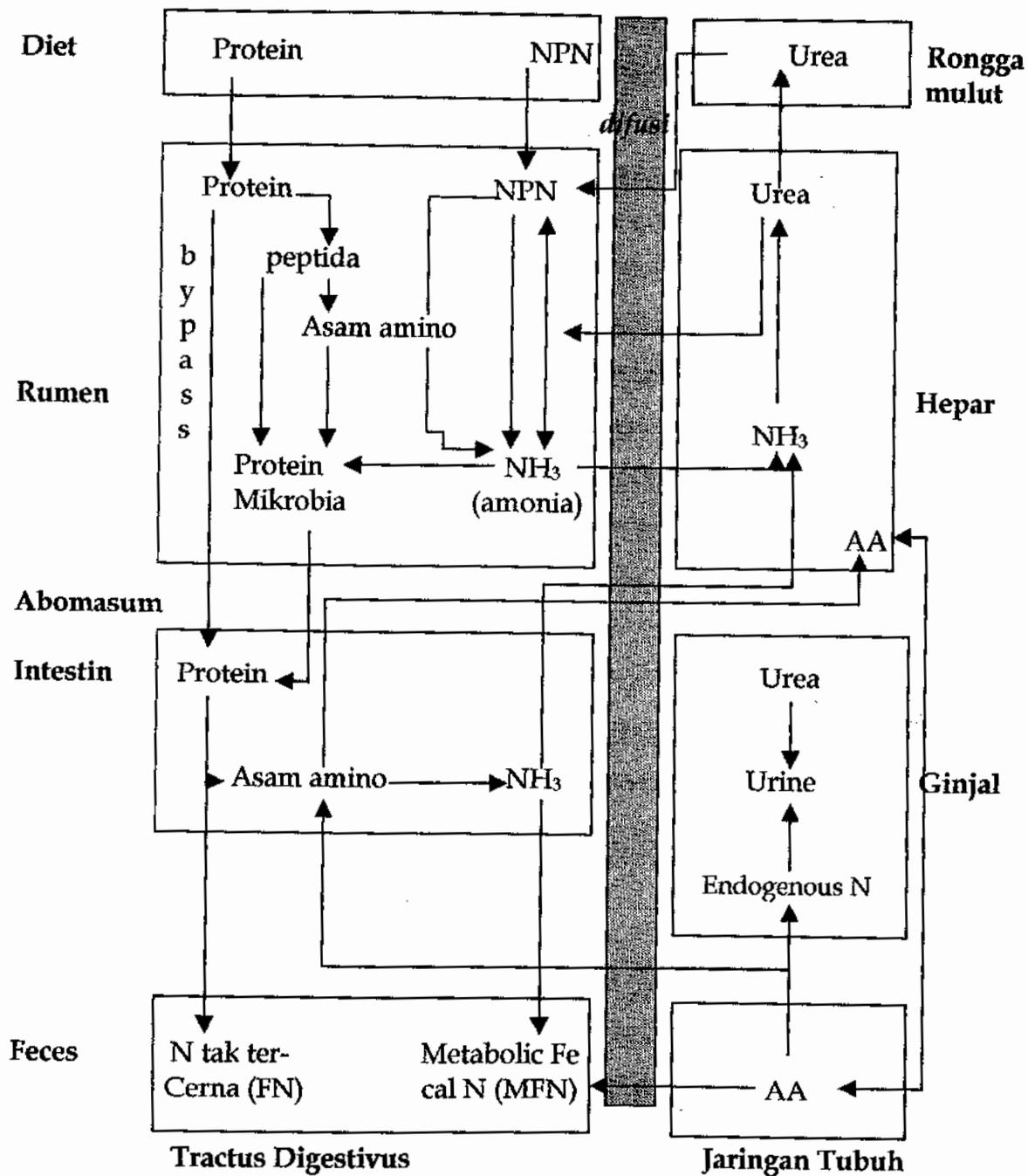
Asam asetat dan propionat diabsorpsi melalui dinding rumen tanpa mengalami perubahan. Sedangkan asam butirat masuk ke dalam darah portal melalui dinding rumen dalam bentuk asam beta hidroksi butirat (Beta Hidroxy Butyric Acid = BHBA). Asam asetat dan BHBA melewati hati dan menuju organ-organ serta jaringan-jaringan lewat sirkulasi darah. Kemudian asam-asam tersebut digunakan sebagai sumber energi atau untuk sintesis asam-asam lemak. Di dalam hati asam propionat diubah menjadi glukosa, yang disimpan dalam bentuk glikogen atau diubah menjadi L-gliserol-3 fosfat serta digunakan untuk sintesis trigliserida.

Glukosa yang tersisa masuk peredaran darah, kemudian diedarkan ke jaringan-jaringan untuk digunakan sebagai sumber energi, untuk mereduksi koensim NADPH dalam sintesis asam lemak serta untuk sintesis glikogen. Sumber glukosa darah yang lain berasal dari sintesis endogenous bahan-bahan glukogenik dan gliserol.

Tiga jalur metabolisme yang terlibat di dalam katabolisme glukosa adalah a) jalur glikolisis, b) jalur siklus asam trikarboksilat (TCA) dan c) Jalur fosforilasi oksidatif. Jalur pertama terjadi pada kondisi anaerob, sedang 2 jalur yang terakhir terjadi pada kondisi aerob.

### **Fermentasi Protein Dalam Rumen**

Sumber protein bagi ternak ruminansia berasal dari protein yang lolos dari degradasi mikrobial rumen, protein mikrobial dalam rumen dan sebagian kecil protein endogenous. Protein kasar terdiri dari protein murni dan heterogen bukan protein atau NPN seperti amida, amina, urea. Proporsi protein murni 60 – 80% dari total nitrogen tanaman dengan NPN terlarut 14 – 34 % dan sedikit kandungan yang terikat pada lignin. Selanjutnya dikatakan bahwa protein tanaman dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu : protein daun dan batang serta protein yang tersimpan dalam biji.



Gambar 5. Skema Metabolisme N pada Ruminansia (Prawirokusumo, 1993)

Protein di dalam rumen mengalami hidrolisa menjadi oligopeptida oleh enzim proteolitik yang dihasilkan oleh mikrobia. Sebagian mikrobia dapat memanfaatkan oligopeptida untuk membentuk protein tubuhnya, sebagian lagi dihidrolisa lebih lanjut menjadi asam amino. Lebih lanjut dijelaskan bahwa

kebanyakan mikrobia rumen tidak dapat memanfaatkan asam amino secara langsung. Diduga mikrobia rumen terutama bakteri tidak punya sistem transport untuk mengangkut asam amino dalam tubuhnya. Kurang lebih 82% mikrobia rumen dapat menggunakan N amonia. Karena itu mereka lebih suka merombak asam amino tersebut menjadi amonia. Jenis bakteri yang aktif pada proteolisis adalah *Bacteriodes ruminicola*, *Butyrivibrio vibrisolvens*, *Streptococcus*. Asam amino akan mengalami deaminasi menjadi  $\text{NH}_3$ , asam alpha-ketho dan  $\text{CO}_2$ . Jenis bakteri yang aktif adalah *Megashpaera*, *Eubacterium* dan *Streptococcus*.

Amonia yang terbentuk di dalam rumen sebagian digunakan oleh mikrobia untuk membentuk protein tubuhnya dan sebagian lain dibawa kehati melalui vena porta dan diubah menjadi urea. Urea yang terbentuk di dalam hati dapat masuk kembali kedalam rumen lewat saliva dan dinding rumen atau akan dikeluarkan lewat urin.

Absorpsi  $\text{NH}_3$  melalui dinding rumen dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{NH}_3$  dan pH rumen. Absorpsi akan meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi  $\text{NH}_3$  dalam rumen dan menurun bila pH rumen rendah.

### **Pencernaan Lemak Dalam Rumen**

Informasi jumlah lemak dalam rumen beragam. Hal ini karena pengaruh isi rumen yang heterogen dan komposisi lemak ransum yang berbeda. Sebagian lemak dalam rumen terikat di dalam partikel pakan (80%), fraksi protozoa (15,6%) dan fraksi bakteri (4,1%).

Dengan adanya biohidrogenasi asam lemak tidak jenuh oleh bakteri rumen maka asam lemak yang paling tinggi adalah asam lemak stearat ( $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ ). Ada dua proses penting yang terjadi terhadap lemak di dalam rumen yaitu lipolisis dan hidrogenasi asam lemak tidak jenuh.

Sumber enzim hidrolisis belum jelas. Ada yang berpendapat bahwa lipolisis adalah proses mikrobial. Lipolisis dari asam-asam lemak yang teresterifikasi terjadi secara ekstraseluler dan lipase yang terdapat di dalam

hijauan sendiri mampu menghidrolisis di dalam rumen.

Hidrolisis senyawa ester merupakan prasyarat. Mekanisme bihidrogenasi merupakan hal yang kompleks. Produk akhir bihidrogenasi di dalam digesta adalah asam-asam lemak tidak teresterifikasi.

Karena perubahan ini asam lemak yang tak teresterifikasi sebagian besar diserap ke dalam permukaan rumen. Selain itu ruminansia mendapat sumber lemak dari asam lemak rantai panjang tak teresterifikasi. Dalam digesta rumen kurang lebih 20% total lemak berasal dari populasi bakteri dan protozoa.

### **Sintesis Protein Mikrobia**

Protein yang masuk ke duodenum berasal dari protein pakan yang lolos dari degradasi mikrobia rumen dan protein mikrobia. Pada pemberian ransum berkadar protein rendah, mikrobia menyediakan sebagian besar protein yang dibutuhkan oleh induk semang. Kurang lebih 59% asam amino yang masuk ke dalam duodenum berasal dari protein mikrobia. Protein mikrobia mengandung 80% asam amino dimana kecernaan nyata di dalam intestinum sebesar 80%, sedangkan protein pakan yang tidak terdegradasi oleh mikrobia rumen mempunyai kecernaan yang bervariasi antara 50 – 90%, hal ini tergantung dari jenis bahan pakan. Ketersediaan semua prekursor yang diperlukan untuk sintesis protein mikrobia mempunyai pengaruh yang besar terhadap efisiensi sintesis protein mikrobia rumen. Faktor utama yang mempengaruhi sintesis protein mikrobia adalah tersedianya prekursor dalam konsentrasi yang cukup di dalam cairan rumen.

Sintesis protein mikrobia tergantung pada kecepatan pemecahan nitrogen pakan, kecepatan absorpsi amonia dan asam-asam amino, kecepatan alir bahan keluar dari rumen, kebutuhan mikrobia akan asam amino dan jenis fermentasi yang berdasarkan jenis pakan. Peptida dan asam amino tertentu menyediakan rantai cabang asam lemak yang merupakan faktor pertumbuhan dari bakteri selulolitik. Beberapa bakteri dapat berkembang tanpa sumber energi dari karbohidrat. Strain bakteri tertentu memerlukan struktur karbon dari asam

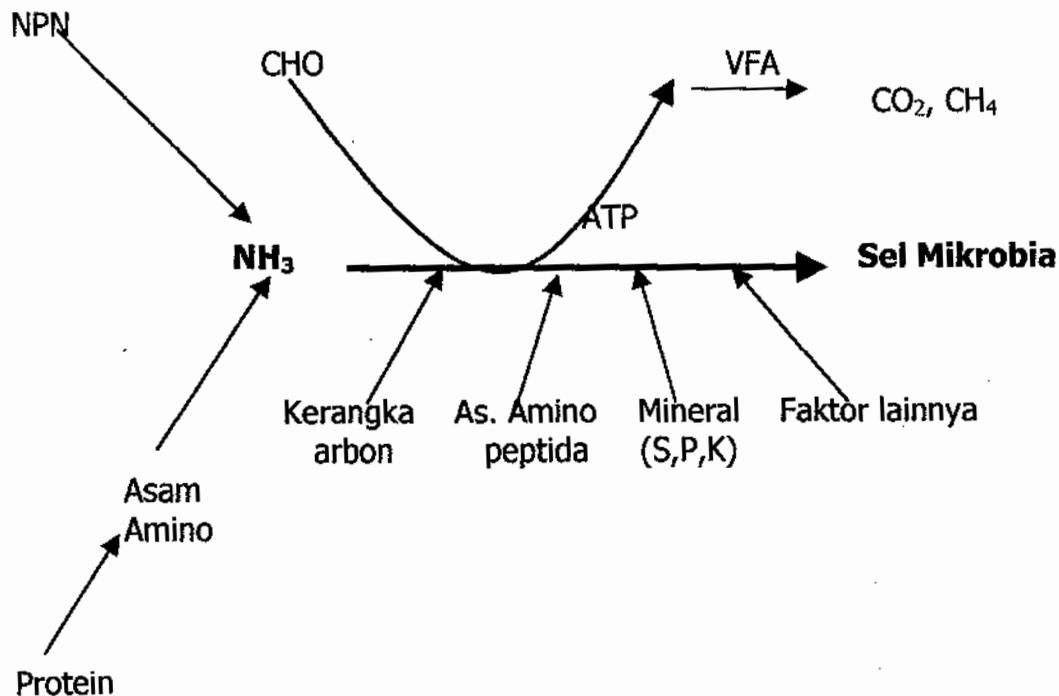
amino esensial yang dapat tergabung dalam protein mikrobia. Selain itu mikrobia tertentu lebih suka menggunakan peptida sebagai sumber N. Kemampuan menggunakan asam amino atau peptida dapat mengurangi kebutuhan energi menjadi rendah, tetapi hal ini tergantung kemampuan organisme menyesuaikan dengan media sebagai sumber nutrisi.

Sintesis protein mikrobia rumen dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah :

- a. Pengaruh substrat. Jumlah ATP yang dihasilkan dari reaksi aerob setiap substrat berbeda-beda. Karbohidrat merupakan sumber energi yang potensial bagi mikrobia, karena dari substrat ini tersedia energi bruto dalam bentuk ATP sekitar 6,4%. Dibandingkan dengan karbohidrat, molekul trigliserida dan protein lebih sedikit dalam menyediakan ATP bagi mikrobia yaitu sekitar 1%.
- b. Pengaruh sumber karbohidrat. Perbedaan sumber pati dapat menyebabkan hasil fermentasi rumen yang berbeda pula. Pati yang berasal dari jagung lebih lambat mengalami fermentasi dalam rumen dibanding dengan pati yang berasal dari barley. Dijelaskan pula bahwa konsentrasi N-DAPA dalam abomasum berhubungan dengan jumlah pati yang dicerna dalam rumen.
- c. Laju fermentasi substrat dan laju kelarutan (*dilution rate*). Produksi mikrobia rumen akan meningkat pada substrat yang mudah larut, hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan laju fermentasi rumen. Kelarutan (*dilution rate*) merupakan proporsi semua mikrobia yang meninggalkan rumen/jam. Untuk mempertahankan jumlah mikrobia dalam rumen, maka pertumbuhan netto mikrobia harus sama dengan kelarutan (*dilution rate*). Peningkatan kelarutan akan mengakibatkan naiknya protozoa dan turunnya produksi asam propionat, namun hal ini dapat merugikan ternak inang, karena terjadi pemangsaan bakteri oleh protozoa sehingga mengurangi jumlah aliran protein mikrobia ke usus halus.
- d. Sinkronisasi pelepasan energi dan nitrogen. Pada beberapa pakan terutama silase, proses pemecahan NPN yang terjadi dalam rumen berlangsung dengan

cepat, namun sebaliknya pembentukan asam lemak volatil terjadi lebih lambat sehingga ATP yang tersedia bagi pertumbuhan mikrobia juga menjadi lambat. Sebaliknya pada hay, pelepasan N tergantung pada bahan organik. Dengan demikian pada pemberian pakan *ad libitum* pemberian silase yang merupakan sumber N dapat dilakukan setelah pemberian hay sebagai sumber energi.

- e. Sumber N untuk sintesis protein mikrobia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa apabila ternak diberi sumber N yang hanya berasal dari urea maka N mikrobia yang dihasilkan hanya sedikit, namun ketika pakannya ditambahkan asam lemak dan kasein maka terjadi peningkatan produksi N mikrobia. Pada fermentasi pakan yang bebas protein, produksi asam lemak rantai cabang hampir tidak terdeteksi dan umumnya pada pakan normal mengandung asam lemak rantai cabang yang terbatas bagi produksi mikrobia. Dijelaskan pula bahwa asam lemak rantai cabang tersebut dapat berasal dari degradasi protein pakan dan pemecahan (lysis) mikrobia.



Gambar 6. Diagram Faktor Sintesis Protein Mikrobia di Dalam Rumen (Sumber Owens dan Zinn, 1988).

Penggunaan energi secara efisien baik untuk fermentasi maupun untuk pertumbuhan mikrobia banyak ditentukan oleh adanya pemasokan karbohidrat mudah difermentasi. Oleh karena itu, maka laju fermentasi harus disesuaikan dengan laju pengenaan produk fermentasi serta tersedianya amonia, mineral serta unsur nutrisi yang lain.

Amonia mempunyai peranan yang penting dalam sintesis protein mikrobia sebagai sumber N. Rendahnya ketersediaan  $\text{NH}_3$  cairan rumen karena konsumsi atau degradasi protein yang rendah menyebabkan efisiensi pertumbuhan mikrobia dan kecepatan serta tingkatdegradasi bahan organik dalam rumen menurun. Efisiensi sintesis protein mikrobia terjadi bila amonia yang tersedia diikuti dengan ketersediaan energi dan kerangka karbon, apabila ketersediaan amonia lebih cepat dari fermentasi karbohidrat maka amonia yang dipakai untuk membentuk protein mikrobia tidak efisien. Kondisi yang ideal bagi terbentuknya protein mikrobia terjadi apabila sumber karbohidrat terfermentasi tersedia serempak dengan sumber protein.

**BAB III.**  
**PAKAN TERNAK RUMINANSIA**

**Bahan Pakan Ternak**

Bahan pakan ternak adalah segala sesuatu yang dapat diberikan kepada ternak sebagai pakan, berupa bahan organik maupun anorganik yang dapat dicerna baik sebagian atau seluruhnya dan tidak membahayakan hewan tersebut.

**Pembagian Bahan Pakan**

**A. Menurut asalnya**

1. Berasal dari tanaman
  - a. Hijauan segar : rumput, leguminosa
  - b. Hijauan kering : jerami, hay
  - c. Silase
  - d. Umbi-umbian : ketela pohon, ubi jalar, talas
  - e. Butir-butiran : jagung, padi, kacang, kedelai
  - f. Kulit biji-bijian : rendeng, kulit kacang
  - g. Hasil ikutan pabrik : bekatul, bungkil, tetes

2. Berasal dari hewan

Tepung daging, tepung tulang, tepung ikan, susu, telur.

3. Bahan pakan hasil buatan manusia

Vitamin, mineral, antibiotik

**B. Menurut sifatnya**

1. Bahan pakan kasar

Bahan pakan yang kandungan serat kasarnya diatas 18%

2. Konsentrat/bahan pakan penguat

Kadar serat kasarnya kurang dari 18%

### 3. Bahan pakan tambahan

Bahan pakan yang ditambahkan untuk mempertinggi efisiensi pakan.

Dibedakan menjadi dua :

- a. Feed additive : bila dalam ransum belum ada. Contoh : antibiotik
- b. Feed supplement : bila dalam ransum sudah ada tetapi menurut kebutuhan belum mencukupi. Contoh : vitamin, mineral.

### C. Menurut sumber zatnya

#### 1. Bahan pakan sumber protein :

Mempunyai kadar protein kasar diatas 18%

2. Bahan pakan sumber energi
3. Bahan pakan sumber vitamin
4. Bahan pakan sumber mineral

## **Bahan Pakan Untuk Sapi Perah**

### **a. Bahan Pakan Kasar**

Merupakan pakan utama bagi sapi perah. Bahan pakan ini mempunyai kadar serat kasar yang tinggi tetapi kadar protein relatif rendah. Bahan pakan yang mempunyai kadar serat kasar tinggi akan sulit dicerna, namun apabila kandungan serat kasar dalam ransum sapi perah kurang dari 13% akan mengganggu pencernaan dan menurunkan kadar lemak susu. Kebutuhan serat kasar untuk sapi perah dara dan pejantan adalah 15% dari bahan kering ransum. Sedangkan untuk sapi perah laktasi adalah 17% dari bahan kering ransum. Termasuk bahan pakan kasar adalah rumput, baik segar atau kering dan jerami.

### **b. Bahan Pakan Penguat**

Diberikan dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan akan zat pakan yang tidak terpenuhi dari pemberian hijauan saja. Pakan penguat mempunyai kadar

serat kasar rendah dan mudah dicerna. Termasuk bahan pakan penguat yaitu : biji-bijian, bekatul, ampas-ampasan, dan pakan yang berasal dari produk hewan (tepung ikan, tepung daging dan lain-lain).

### **Ransum Sapi Perah**

Ransum adalah pakan yang diberikan kepada ternak berupa satu atau campuran dari beberapa bahan pakan, baik yang sudah lengkap maupun belum, berbentuk halus maupun kasar. Ransum sapi perah dibedakan menjadi :

1. Ransum pedet.

- a. Anak sapi jantan dan betina berumur 0 – 5 minggu, bobot badan 35 kg, ransumnya berupa calf milk replacer.
- b. Anak sapi jantan berumur 4 – 18 minggu, bobot badann 35 – 100 kg dan anak sapi betina berumur 23 – 93 minggu, bobot badan 35 – 100 kg ransumnya berupa calf starter.

2. Ransum pertumbuhan anak sapi.

Sapi muda jantan berumur 18 – 66 minggu, bobot badan 100 – 350 kg dan sapi muda betina berumur 23 – 93 minggu, bobot badan 350 – 450 kg ransumnya berupa ransum grower.

3. Ransum sapi dewasa.

- a. Dewasa tumbuh : jantan, 66 – 134 minggu, bobot badan 350 - 450 kg; betina, 23 – 93 minggu, bobot badan 350 – 450 kg.
- b. Dewasa tidak tumbuh : jantan dan betina dengan bobot badan 600 kg.
- c. Sapi bunting.
- d. Sapi laktasi dengan bobot badan 350 – 800 kg (kadar lemak 2,5 – 6%)
- e. Sapi kering kandang yaitu 2 bulan sebelum melahirkan.

## **Pemberian Pakan Sapi Perah Laktasi.**

Pemberian pakan hendaknya mencukupi kebutuhan zat gizi bagi sapi perah dan lebih efisien agar tidak menimbulkan kerugian. Pemberian pakan tidak dimaksudkan kenyang, sehingga alat pencernaan terisi penuh, tetapi dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan zat-zat pakan baik untuk hidup pokok maupun untuk produksi. Agar sapi perah dapat memproduksi dengan baik maka frekuensi, waktu pemerahan dan pemberian pakan harus tetap. Pemberian hijauan hendaknya diberikan setelah pemerahan, hal ini dimaksudkan agar tidak mengganggu mutu/kualitas susu hasil pemerahan. Sebaliknya, konsentrat diberikan sebelum pemerahan agar mikroorganisme rumen dapat memanfaatkan karbohidrat mudah dicerna terlebih dahulu. Namun menurut hasil penelitian, pemberian pakan sebelum dan sesudah pemerahan, baik hijauan maupun konsentrat tidak berpengaruh terhadap produksi maupun kualitas air susu.

### **Kebutuhan Sapi Perah Laktasi**

Jumlah zat pakan yang dibutuhkan sapi perah laktasi tergantung pada bobot badan dan produksi susunya, serta tergantung pula pada kadar zat-zat makanan yang terkandung dalam air susu yang disekresikannya. Kebutuhan utama sapi perah laktasi adalah bahan kering (BK), energi, protein (PK), mineral (Ca dan P), vitamin A dan air.

### **Kebutuhan Bahan kering.**

Kebutuhan bahan kering seekor sapi perah tergantung pada beberapa faktor, yaitu : spesies, ukuran badan dan keadaan fisiologis ternak. Sapi dengan bobot badan lebih besar untuk menghasilkan air susu yang sama, relatif membutuhkan bahan kering yang lebih sedikit daripada sapi yang bobot badannya

lebih kecil. Hal itu terjadi karena kebutuhan hidup pokok sapi besar relatif lebih kecil dan sebagian air susu berasal dari zat-zat pakan tubuhnya. Sapi besar mempunyai cadangan zat pakan lebih banyak dibandingkan dengan sapi kecil. Kebutuhan bahan kering/BK sapi perah laktasi menurut Kearl yang disitasi oleh Wiryosuharto (1985) berdasarkan bobot badan/BB-nya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Kebutuhan BK (gram)} = 558 - 841 \text{ g/W}^{0,75}$$

Dimana W = bobot badan (dalam satuan kilogram)

Dapat juga menggunakan patokan bahwa kebutuhan BK tiap hari untuk tiap ekor sapi perah adalah 1,8 – 2,3 kg/100 kg BB, atau rata-rata 2 - 3% terhadap bobot badannya.

Kebutuhan BK seekor sapi perah laktasi menurut Sutardi (1981) dan Hartadi (1981) bagi sapi-sapi perah di Indonesia adalah seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan sapi laktasi akan bahan kering\*)

Bobot Badan (Kg)	Produksi Air Susu				
	10 kg	15 kg	20 kg	25 kg	30 kg
300	2,70	3,15	3,36		
350	2,60	3,00	3,40		
400	2,50	2,90	3,30	3,40 <sup>a</sup>	
450	2,40	2,80	3,20	3,25 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>
500 <sup>a</sup>	2,20 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	3,10 <sup>a</sup>	3,10 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>
550 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>	3,05 <sup>a</sup>	3,30 <sup>a</sup>
600 <sup>a</sup>	2,20 <sup>a</sup>	2,40 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>

Sumber : Sutardi (1981), a) Hartadi (1981)

Keterangan : \*) Produksi dinyatakan dalam kg air susu berkadar lemak 4% dan nilai kebutuhan dinyatakan sebagai % dari bobot badan.

## Kebutuhan energi.

Energi merupakan sumber tenaga bagi semua proses hidup dan produksi. Sapi-sapi yang berkemampuan menghasilkan air susu yang tinggi membutuhkan energi yang lebih besar per unit air susu yang dihasilkan dibanding sapi-sapi yang memproduksi rendah. Variasi diantara sapi-sapi betina yang berukuran tubuh dan bangsa yang sama dalam kebutuhan hidup pokok, pada keadaan aktivitas yang terkontrol maksimal 8 – 10%.

Kebutuhan energi dapat dinyatakan dalam energi metabolis (ME), energi tercerna (DE), jumlah zat dapat dicerna (TDN), energi netto (NE), atau martabat pati (MP=SE). Satuan energianya adalah Kkal atau Mkal.

Dari berbagai dan cara menyatakan kebutuhan energi tersebut pada prinsipnya dapat disamakan, dengan berpedoman pada persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg MP (SE)} &= 5,082 \text{ Mkal DE} \\ &= 4,167 \text{ Mkal ME} \\ &= 1,150 \text{ Mkal TDN} \\ &= 1,10 \text{ kg DOM (Dry Organik Matter)} \\ 1 \text{ kg TDN} &= 3,62 \text{ Mkal ME} \\ 1 \text{ Mkal DE} &= 0,82 \text{ Mkal ME} \\ \text{Nel (Mkal/kgDM)} &= - 0,36 + 0,623 \text{ DE (Mkal/kg DM)} \quad \text{atau} \\ \text{Nel (Mkal/kg DM)} &= - 0,12 + 0,0245 \text{ TDN (\%DM)} \end{aligned}$$

Kebutuhan sapi perah laktasi akan energi menurut Sutardi (1981) dan Hartadi (1981) adalah seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan TDN Sapi Perah Laktasi

		Untuk Pokok Hidup					
Bobot Badan (kg)		300	350	400	450	500	550
TDN (kg)		54a	2,85ab	3,15ab	3,44ab	3,72ab	4,00b
		Untuk Produksi <sup>a</sup>					
Bobot Badan (kg)		5	10	15	20	25	
TDN (kg)		1,63	3,26	4,89	6,52	8,15	
		Untuk Produksi <sup>b</sup>					
Bobot Badan (kg)		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	
TDN (kg)		0,26	0,282	0,304	0,326	0,344	

Sumber : a) Sutardi (1981), Produksi dengan kadar lemak susu 4%.

b) Hartadi (1981), kebutuhan untuk produksi tiap kg air susu.

Menurut Wiryosuharto (1985), kebutuhan energi sapi perah laktasi dapat dihitung dengan rumus :

Kebutuhan energi Hidup Pokok :  $83 - 175 \text{ Kkal ME}/W^{0,75} \text{ kg}$

Dimana ME : energi metabolis yang diukur dalam satuan Kkal (Mkal)

W : Bobot badan sapi dalam satuan kg, ditambah kebutuhan energi untuk produksi susu = 1,44 Kkal per kg susu yang dihasilkan dengan kadar lemak 4%.

Pada Tabel 1. Terlihat bahwa makin tinggi kadar lemak susu yang dihasilkan, maka kebutuhan akan energinya makin banyak. Hal tersebut karena air susu makin tinggi kadar lemaknya makin besar pula kadar proteinnya, energi dan bahan padat totalnya, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Kadar Lemak yang Berbeda terhadap Komposisi Air susu Sapi

Lemak (%)	Protein (%)	Energi (Kkal/100g)	Total Bahan Padat (%)
3,0	62	2,7	11,3
3,5	68	2,9	12,0
4,0	73	3,7	12,7
4,5	79	3,3	13,4
5,0	85	3,5	14,1
5,5	91	3,7	14,8
6,0	96	3,9	15,5

Sumber : Tillman *et al.* (1984)

### Kebutuhan Protein Kasar (PK)

Protein kasar yang dibutuhkan sapi perah laktasi tergantung pada bobot badan dan produksi susu seekor sapi perah. Seekor sapi perah yang kekurangan protein kasar dalam ransumnya dapat berpengaruh negatif terhadap produksi susunya, tetapi kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, dan dibuang melalui urine. Kelebihan protein tidak efisien baik secara biologis maupun secara ekonomis. Untuk membuang protein yang berlebih, terlebih dahulu harus dipecah dan ini berarti memerlukan energi untuk pemecahan protein. Disamping itu protein harganya mahal. Apabila terjadi kekurangan protein dalam ransum sapi perah, maka untuk memproduksi air susu, seekor sapi perah akan menggunakan tenunan tubuhnya. Kebutuhan protein dinyatakan sebagai protein kasar (PK), karena protein kasar berhubungan erat dengan derajat ketepatan protein kasar dapat dicerna (PKDP = DCP). Wiryosuhanto (1985) menunjukkan kebutuhan

protein seekor sapi perah laktasi untuk hidup pokok dan untuk produksi susu berdasarkan DCP adalah :

**Kebutuhan untuk hidup pokok :**

= 1,97 – 4,19 g DCP/W0,75 kg

dimana : Protein untuk hidup pokok dalam satuan g DCP

W : Bobot sapi dalam satuan kg

**Kebutuhan protein untuk produksi :**

= 50 – 80 g/kg susu yang dihasilkan atau

rata-rata 65 g DCP/kg susu dengan kadar lemak 4%

Kebutuhan sapi perah laktasi akan protein dinyatakan dalam kebutuhan protein kasar (PK : CP) dengan produksi susu berkadar lemak 4% adalah seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Sapi Perah Laktasi akan Protein Kasar

	Untuk Hidup Pokok				
Bobot Badan (kg)	300	350	400	450	500
Protein Kasar (kg)	0,294	0,330	0,365	0,399	0,432
	Untuk Produksi				
Produksi (kg)	5	10	15	20	25
Protein Kasar (kg)	0,435	0,87	1,30	1,74	2,18

Sumber : Sutardi (1981)

## Kebutuhan Mineral

Kebutuhan mineral sapi perah ada 15 macam, yaitu : Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S, Co, Cu, I, Fe, Mn, Mo, Sn dan Zn. Namun yang diperhitungkan dalam penyusunan ransum dibatasi ada Ca dan P, karena kebutuhan mineral yang tepat untuk sapi perah belum diketahui. Kebutuhan Ca dan P pada sapi laktasi berkisar 15 – 20 gr tiap 100 kg bobot badan. Kekurangan mineral dapat menimbulkan gangguan penyakit, dan sebaliknya kelebihan mineral juga merupakan racun bagi tubuh, sehingga mineral dalam ransum harus tersedia dalam jumlah cukup dan perbandingan yang tepat. Kisaran Ca : P adalah 1 : 1 sampai 7 : 1. Kebutuhan sapi perah akan mineral Ca dan P adalah seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Mineral Ca dan P pada Sapi Perah Laktasi

	Untuk Hidup Pokok				
Bobot Badan (kg)	300	350	400	450	500
Ca (g)	12,3	13,8	15,2	16,6	18,8
P (g)	10,3	11,5	12,7	13,8	15,0
	Untuk Produksi				
Produksi (kg)	5	10	15	20	25
Ca (g)	13,5	27,0	40,5	54,0	67,5
P (g)	9,0	18,0	27,0	36,0	45,0

Sumber : Sutardi (1981)

Tiap liter air susu dengan kadar lemak 4% mengandung 1,25 gram Ca dan 1,0 gram P. Mineral-mineral ini berasal dari ransum dan bila tidak tersedia secara cukup maka mineral ini akan diambil dari tubuh sapi.

## Kebutuhan Vitamin

Kebutuhan vitamin bagi tubuh sapi perahlaktasi tidak spesifik untuk laktasinya, tetapi vitamin adalah bagian dari air susu dan memegang peranan penting dalam fungsi fisiologis jalannya metabolisme untuk menghasilkan air susu. Sapi laktasi hanya membutuhkan vitamin A dan D dalam ransumnya karena mikroorganisme rumen dapat mensintesis vitamin-vitamin lainnya. Adanya provitamin D dibawah kulitnya, yang apabila terkena sinar ultraviolet sinar matahari akan diubah menjadi vitamin D, maka praktis vitamin yang dibutuhkan oleh sapi perah laktasi hanya vitamin A. Kebutuhan vitamin A sapi perah laktasi seperti tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Vitamin A bagi Sapi Perah Laktasi dengan Kadar Lemak 4%

	Untuk Hidup Pokok				
Bobot Badan (kg)	300	350	400	450	500
Vitamin A (IU)	25.900	29.100	32.000	35.100	38.000
	Untuk Produksi				
Produksi (kg)	5	10	15	20	25
Vitamin A (IU)	9.000	18.000	27.000	35.000	38.000

Sumber : Sutardi (1981)

## Kebutuhan Air

Jumlah air yang dibutuhkan tergantung pada ukuran tubuh sapi, air susu yang dihasilkan, suhu dan kelembaban udara dan kadar air pada ransum yang dikonsumsi. Sapi perah laktasi setiap harinya membutuhkan air antara 37 – 45 liter. Menurut Tillman *et al.* (1986) untuk memproduksi satu liter susu diperlukan 4 – 5 liter air.

## Mengukur Bobot Badan Sapi

Bobot badan sapi perah seharusnya diketahui dengan cara menimbanginya, namun demikian karena kondisi peternak di Indonesia yang sebagian berskala kecil dan berada di desa-desa, sehingga untuk mendapatkan alat timbang untuk sapi sangat susah, oleh karena itu untuk mengetahui bobot badan sapi dilakukan dengan estimasi, yaitu dengan mengukur lingkar dada (LD) seekor sapi perah yang sedang berdiri tegak pada keempat kakinya. Pengukuran lingkar dada ini dilakukan dengan cara melingkarkan pita ukur tepat dibelakang kaki depannya. Bobot badan sapi dihitung dengan rumus Schoorl sebagai berikut :

$$BB \text{ (kg)} = \frac{(LD + 22)^2}{100} \text{ kg}$$

dimana LD dalam satuan cm

## Contoh Menghitung Kebutuhan Zat Pakan Pada Sapi Perah

Sapi perah dengan bobot badan 325 kg dan memproduksi susu 12,5 kg dengan kadar lemak susu 4% maka :

### A. Kebutuhan Bahan Kering (BK) :

Sapi dengan BB 300 kg memproduksi susu 12,5 kg.

$$\begin{aligned} &= 2,7 + \frac{(12,5 - 10)}{15 - 10} \times (3,15 - 2,70) \\ &= 2,925 \% \text{ BB} \end{aligned}$$

Sapi dengan BB 350 kg dan memproduksi susu 12,5 kg

$$\begin{aligned} &= 2,6 + \frac{(325 - 300)}{350 - 300} \times (3,00 - 2,80) \\ &= 2,800 \% \text{ BB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Sapi dengan BB 325 kg dan berproduksi susu 12,5 kg} \\
 & = 2,8 + \frac{(325 - 300)}{350 - 300} \times (2,95 - 2,80) \\
 & = 2,8625 \% \text{ BB}
 \end{aligned}$$

## B. Kebutuhan Energi (TDN)

*Untuk pokok hidup :*

$$\begin{aligned}
 & = 2,54 + \frac{(325 - 300)}{(350 - 300)} \times (2,85 - 2,54) \\
 & = 2,695 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Untuk produksi :*

$$\begin{aligned}
 & = 3,26 + \frac{(12,5 - 10)}{(15 - 10)} \times (4,89 - 3,26) \\
 & = 4,075 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Jadi kebutuhan TDN untuk hidup pokok dan produksi*

$$\begin{aligned}
 & = 2,695 + 4,075 \\
 & = 6,77 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## C. Kebutuhan Protein Kasar (PK)

*Untuk hidup pokok :*

$$\begin{aligned}
 & = 0,294 + \frac{(325 - 300)}{(350 - 300)} \times (0,330 - 0,294) \\
 & = 0,312 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

*Untuk Produksi :*

$$= 0,870 + \frac{(12,5 - 10)}{(15 - 10)} \times (1,30 - 1,87)$$
$$= 1,085 \text{ kg}$$

*Jadi kebutuhan protein kasar (PK) untuk pokok hidup dan produksi :*

$$= 0,312 + 1,085$$
$$= 1,397 \text{ kg}$$

#### **D. Kebutuhan Ca**

*Untuk hidup pokok :*

$$= 12,3 + \frac{(325 - 300)}{(350 - 300)} \times (13,8 - 12,3)$$
$$= 13,05 \text{ g}$$

*Untuk Produksi :*

$$= 27,0 + \frac{(12,5 - 10)}{(15 - 10)} \times (40,5 - 27,0)$$
$$= 33,75 \text{ g}$$

*Jadi kebutuhan mineral Ca untuk pokok hidup dan produksi :*

$$= 13,05 + 33,75$$
$$= 46,80 \text{ gram}$$

### **E. Kebutuhan P :**

*Untuk hidup pokok :*

$$\begin{aligned} &= 10,2 + \frac{(325 - 300)}{(350 - 300)} \times (11,5 - 10,2) \\ &= 10,85 \text{ g} \end{aligned}$$

*Untuk Produksi :*

$$\begin{aligned} &= 18,0 + \frac{(12,5 - 10)}{(15 - 10)} \times (27,0 - 18,0) \\ &= 22,5 \text{ g} \end{aligned}$$

*Jadi kebutuhan mineral P untuk pokok hidup dan produksi :*

$$\begin{aligned} &= 10,85 + 22,5 \\ &= 33,35 \text{ gram} \end{aligned}$$

### **F. Kebutuhan Vitamin A :**

*Untuk hidup pokok :*

$$\begin{aligned} &= 25.900 + \frac{(325 - 300)}{(350 - 300)} \times (29.100 - 25.900) \\ &= 27.500 \text{ IU} \end{aligned}$$

*Untuk Produksi :*

$$\begin{aligned} &= 18.000 + \frac{(12,5 - 10)}{(15 - 10)} \times (27.000 - 18.000) \\ &= 22.500 \text{ IU} \end{aligned}$$

*Jadi kebutuhan Vitamin A untuk pokok hidup dan produksi :*

$$\begin{aligned} &= 27.500 + 22.500 \\ &= 50.000 \text{ IU} \end{aligned}$$

## Cara Menyusun Ransum Sapi Perah

Kebutuhan sapi akan zat pakan dihitung berdasarkan bobot badan, maka langkah pertama yang harus dilakukan sebelum menyusun ransum adalah mengetahui bobot badan sapi.

Bobot badan sapi dapat diketahui dengan cara ditimbang, namun karena timbangan sapi tidak selalu tersedia diberbagai tempat maka digunakan cara lain untuk mengetahui bobot badan sapi yaitu dengan menggunakan rumus Shcoori

$$BB \text{ (kg)} = \frac{(LD + 22)^2}{100} \text{ kg}$$

dimana : Lingkar dada dinyatakan dalam cm

Bobot badan dinyatakan dalam kg

Ada banyak car dalam menyusun ransum dengan pendekatan beragam satuan ukuran. Salah satu cara penyusunan ransum berdasarkan kebutuhan terhadap energi baik yang digunakan untuk hidup pokok maupun laktasi. Cara ini dipilih dengan pertimbangan bahwa energi merupakan sumber tenaga bagi semua proses kehidupan dan produksi. Kekurangan energi pada sapi laktasi akan menurunkan produksi dan bobot hidup. Dalam formulasi ransum harus diusahakan agar energi tidak kekurangan.

Langkah-langkah penyusunan ransum :

1. Menyiapkan tabel kebutuhan ternak akan zat pakan (Lampiran 2).
2. Menentukan bahan pakan ternak yang akan digunakan.
3. Menyiapkan Tabel Komposisi zat-zat pakan dari bahan pakan yang digunakan (Lampiran 3)
4. Menyusun ransum dengan cara yang telah ditentukan.

Misal kita akan menyusun ransum sapi perah yang sedang laktasi dengan bobot badan 350 kg, produksi susu 20 kg/hari dan kadar lemak susu 3,5%.

## LANGKAH I:

Kita cek daftar kebutuhan nutrisi (DP,, NE, Ca, P) dari sapi tersebut diatas pada Tabel kebutuhan pakan dari NRC :

Tabel 6. Kebutuhan Nutrisi

	Digest Protein (gram)	Net Energy (gram)	Calcium (gram)	Phosphor (gram)
Maintenance	220	6,9	14	11
Laktasi	960	13,8	52	38
TOTAL	1180	20,7	66	49

## LANGKAH II

Kita tentukan bahan pakan penyusun ransum yang akan disusun, misal :

1. Hijauan yang terdiri dari :

- *Pennisetum purpureum* (Rumpu Gajah)
- *Arachis hypogea* (Rendeng kacang tanah)

2. Konsentrat yang terdiri dari :

- *Rice bran* (Dedak halus giling)
- *Cocos nusifera full fat* (Tepung kopra/bungkil kelapa)

Imbangan hijauan dan konsentrat seyogyanya (bisa berubah) adalah 60% - 40%, hal tersebut dasar pertimbangannya :

1. Kebutuhan gizi sapi perah
2. Nilai rupiah dari kedua bahan tersebut diatas

Berdasarkan tabel kebutuhan bahan kering dari NRC maka setiap kilogram bahan kering ransum yang akan kita susun tersebut (untuk sapi perah bobot 350 kg, produksi 20 kg/hari dan kadar lemak 3,5%) mengandung net energi 1,4 Mkal. Padahal kita tahu bahwa kebutuhan Net Energy adalah 20,7 M kal. Jadi bahan kering (BK) ransum yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{BK} &= (20,7 : 1,4) \times 1 \text{ kg} \\ &= 14,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian kita hitung proporsi bahan kering (BK) dari masing-masing bahan (hijauan dan konsentrat) :

1. Untuk hijauan :  $60\% \times 14,79 \text{ kg} = 8,87 \text{ kg}$
2. Untuk konsentrat :  $40\% \times 14,79 \text{ kg} = 5,92 \text{ kg}$

### LANGKAH III

Kita mulai menghitung kandungan nutrisi dari ransum khususnya dari hijauan. Apabila kita berasumsi (bisa berubah) bahwa proporsi BK rumput gajah dengan rendeng adalah sama (1 : 1) maka bahan kering (BK) :

- Rumput gajah :  $0,5 \times 8,87 \text{ kg} = 4,44 \text{ kg}$  (dibulatkan)
- Rendeng :  $0,5 \times 8,87 \text{ kg} = 4,44 \text{ kg}$  (dibulatkan)

Setelah kita ketahui BK tersebut maka kemudian kita bisa menghitung DP, NE, Ca, P (dengan pertolongan Tabel Komposisi Bahan Pakan dari NRC), yaitu :

#### 1. Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*)

- DP :  $3,6\% \times 4440 \text{ gram} = 159,84 \text{ gram}$
- NEI :  $0,99 \times 4,44 \text{ M kal} = 4,39 \text{ M kal}$
- Ca :  $0,27\% \times 4440 \text{ gram} = 11,98 \text{ gram}$
- P :  $0,38\% \times 4440 \text{ gram} = 16,87 \text{ gram}$

#### 2. Rendeng (*Arachis hypogea*)

- DP :  $10,1\% \times 4440 \text{ gram} = 448,44 \text{ gram}$
- NEI :  $1,78 \times 4,44 \text{ M kal} = 7,90 \text{ M kal}$
- Ca :  $1,11\% \times 4440 \text{ gram} = 49,28 \text{ gram}$
- P :  $0,33\% \times 4440 \text{ gram} = 14,65 \text{ gram}$

Dari perhitungan tersebut diatas kita gabungkan dengan kadar nutrisi dari kebutuhan dalam satu tabel, sehingga akan bisa diketahui kekurangan dari

kebutuhan nutrisi, sebab kekurangan ini akan dipenuhi dari kadar nutrisi konsentrat. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kekurangan tersebut :

- DP = 571,732 gram
- NEI = 8,41 M kal
- Ca = 6,74 gram
- P = 19,48 gram

Kekurangan tersebut harus dipenuhi dari konsentrat.

#### LANGKAH IV

Telah kita ketahui diatas bahwa bahan kering yang harus disuplai dari konsentrat adalah 5,92 kg (5.920 gram). Kemudian dengan angka tersebut kita cari level Digest Protein, yaitu :  $(571,732 : 5.920) \times 100\% = 9,7\%$ . Level ini akan digunakan untuk menghitung proporsi dedak dan bungkil dengan cara Pearson Square Method, yaitu :

		Protein Check	
		%	%
Dedak		93,57	8,42
Bungkil		<u>6,43</u>	<u>1,28</u>
	10,9	100,0	9,70

Proporsi BK dedak =  $93,57\% \times 5920 \text{ gram} = 5539,34 \text{ gram}$

Proporsi BK bungkil =  $6,43\% \times 5920 \text{ gram} = 380,66 \text{ gram}$

5920,00 gram

Setelah diketahui proporsi bahan kering dari dedak dan bungkil kelapa, kemudian bisa dihitung kandungan nutrisi dari kedua macam bahan tersebut yaitu :

1. Dedak halus giling pabrik :

- ◆ DP : 9% x 5539,34 gram = 496,54 gram
- ◆ NEI : 1,96% x 5,53634 Mkal = 10,86 M kal
- ◆ Ca : 0,04% x 5539,34 gram = 2,22 gram
- ◆ P : 1,58% x 5539,34 gram = 87,52 gram

2. Bungkil kelapa :

- ◆ DP : 19,9% x 380,66 gram = 496,54 gram
- ◆ NEI : 2,13% x 0,3807 Mkal = 0,81 M kal
- ◆ Ca : 0,3% x 380,66 gram = 1,14 gram
- ◆ P : 0,67% x 380,66 gram = 2,55 gram

## LANGKAH V

Setelah dihitung semua kadar nutrisi dari hijauan dan konsentrat kemudian dijumlahkan, hasilnya adalah sebagai berikut :

- ◆ Bahan Kering = 14,80 kg
- ◆ Digest Protein = 1182,57 gram
- ◆ Net Energy Laktasi = 23,96 M kal
- ◆ Calsium = 64,62 gram
- ◆ Phosphor = 121,59 gram

Dari data tersebut, bahan-bahan diatas bila dibandingkan dengan kebutuhan nutrisi bagi ternak perah dengan bobot badan 350 kg dan produksi susu 20 kg/hari serta kandungan lemak 3,5%, ternyata tidak jauh berbeda atau tidak kekurangan dan tidak kelebihan. Tetapi jika dilihat imbalan antara Ca dan

P tidak serasi, yaitu 1 : 2, padahal seharusnya imbangannya Ca dan P adalah 1 : 1. Untuk mengatasi hal tersebut maka harus menambah proporsi Ca, yaitu dengan memberikan bahan limestone dan cara menambahnya adalah sebagai berikut :

◆ Total Phosphor yang diperoleh	= 121,59 gram
◆ Total Calcium yang diperoleh	= 64,62 gram
	56,97 gram

Sedangkan kadar Ca di dalam limestone adalah 36%, sehingga limestone yang harus ditambahkan adalah :

$$(56,97 : 0,36) \times 1 \text{ gram} = 158,25 \text{ gram}$$

Sedangkan agar ransum lebih disukai oleh sapi, maka harus ditambahkan suatu bahan agar lebih palatable, yaitu garam dapur. Penambahan garam ini jangan sampai melebihi 0,45% dari total BK, jadi garam dapur yang harus ditambahkan :

$$0,45 \times 14,80 \text{ kg} = 0,0666 \text{ kg (66,6 gram)}$$

## LANGKAH VI

Dari perhitungan ransum tersebut bisa dihitung bahan segarnya, yaitu :

❖ Rumput Gajah	= 100/16 x 4,44 kg	= 27,75 kg
❖ Rendeng	= 100/37 x 4,44 kg	= 12,00 kg
❖ Dedak	= 100/86 x 5,54 kg	= 6,44 kg
❖ Bungkil Kelapa	= 100/86 x 0,38 kg	= 0,44 kg
❖ Limestone		= 0,156 kg
❖ Garam dapur		= 0,066 kg

## BAB IV

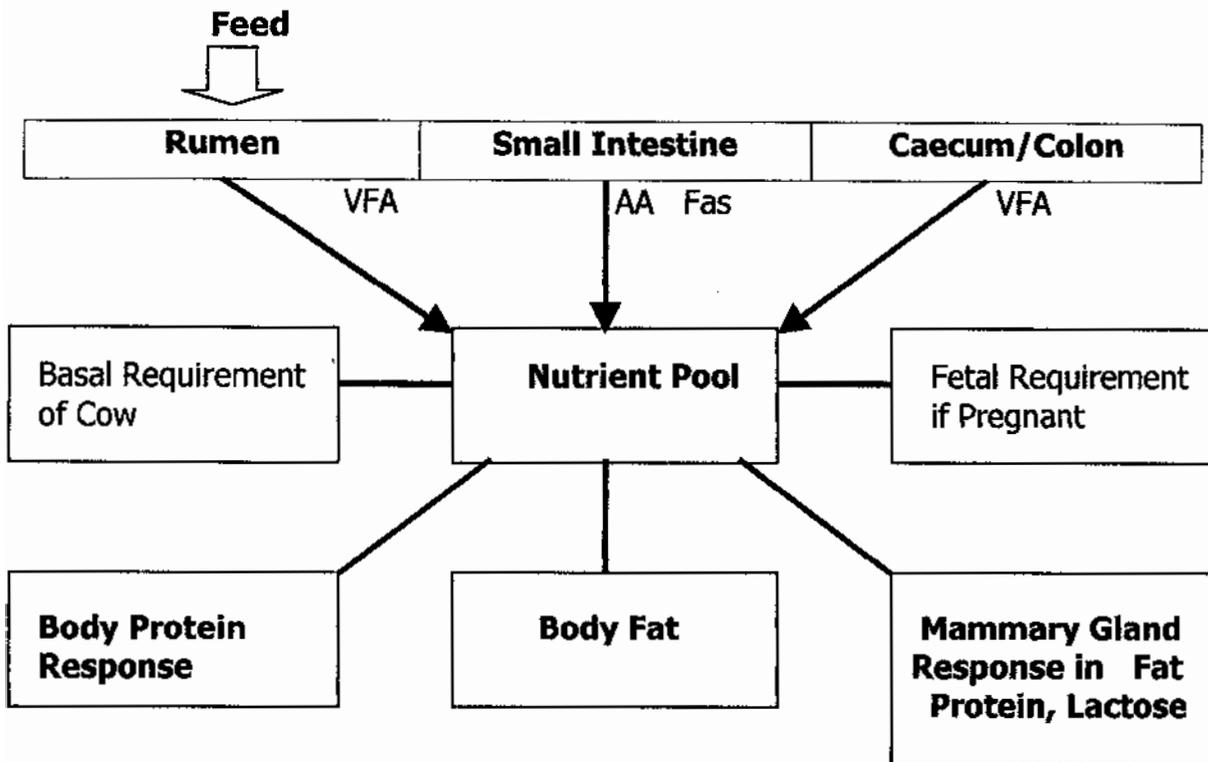
### PEMANFAATAN PAKAN PADA SAPI PERAH

Pakan pada sapi perah selain dimanfaatkan untuk hidup pokok juga dimanfaatkan untuk produksi susu (laktasi). Proses metabolisme sapi perah yang berproduksi tinggi berlangsung sangat intensif. Menurut Burgstaller (1986) bahwa sapi yang berproduksi susu 30 kg/hari, maka sapi harus mampu mensintesis : lemak susu 1.200 gram, laktosa 1.750 gram dan protein susu 1.100 gram. Untuk mensintesis 1 kg susu diperkirakan sekitar 400 liter darah mengalir ambung atau 12.000 liter/hari.

Tinggi rendahnya produksi susu sangat ditentukan oleh kemampuan sapi mensintesis nutrien yang terkandung dalam susu, terutama gula susu (laktosa). Konsentrasi energi dalam ransum, disamping daya tampung pakan dalam rumen (*rumen capacity*) akan menentukan suplai energi atau nutrien pada sapi. Oleh karena itu semakin tinggi kinerja sapi maka konsentrasi energi dalam pakan juga harus ditingkatkan. Ilustrasi 4 menunjukkan nasib pakan dalam saluran pencernaan.

Feed intake dikendalikan secara fisiologis maupun mekanis oleh sistem syaraf pusat. Secara fisiologis, berhentinya sapi mengkonsumsi pakan (kenyang) akan ditentukan oleh : 1) energi termis dalam proses metabolisme, 2) konsentrasi glukosa darah, 3) deposisi lemak tubuh. Secara mekanis ditentukan oleh kemampuan/kapasitas rumen. Semakin cepat pakan berpindah dari rumen (*rate of passage*), maka *feed intake* akan semakin tinggi. Lama pakan tinggal dalam rumen atau *rate of passage* ditentukan oleh intensitas pembongkaran pakan yang ada dalam rumen oleh mikroorganisme rumen. Pakan yang ada dalam rumen akan didegradasi menghasilkan produk fermentasi yang sebagian akan diserap melalui dinding rumen dan sebagian lagi akan diteruskan menuju saluran pasca rumen dan dapat dimanfaatkan oleh ternak baik untuk keperluan hidup pokok maupun untuk produksi susu atau laktasi. Untuk keperluan

produksi susu ini nutrisi pakan akan diubah menjadi nutrisi susu melalui biosintesis protein susu, biosintesis laktosa dan biosintesis lemak susu.

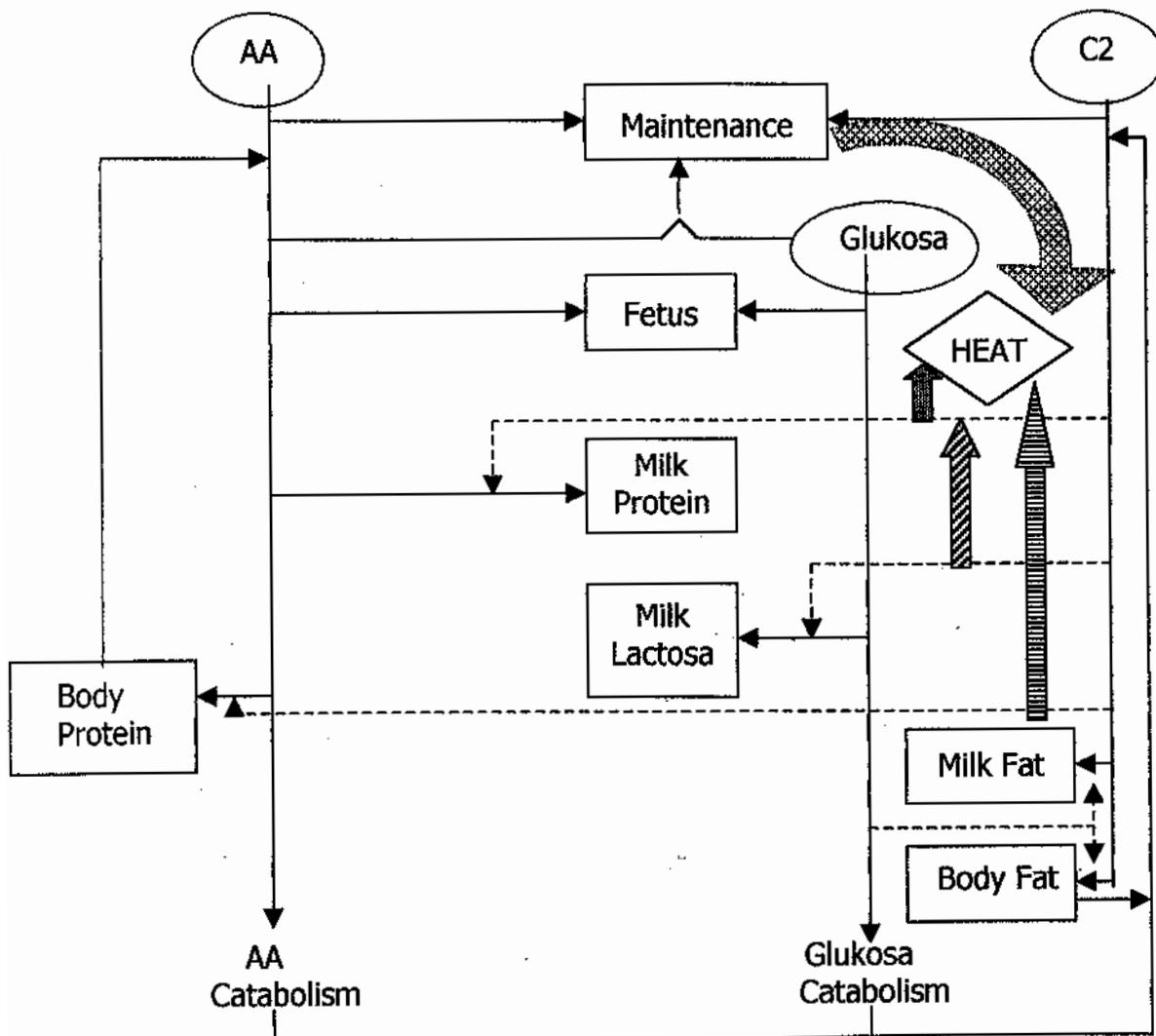


### Biosintesis Susu

Susu disekresikan terutama pada waktu diantara proses pemerahan. Komponen utama susu adalah : air, lemak, bahan kering tanpa lemak (*solid non fat*/SNF), yang tersusun dari protein, laktosa, mineral, vitamin dan beberapa tipe sel antara lain bakteri, leukocyte dan sel kelenjar susu. Tingkat kecepatan produksi susu terutama ditentukan oleh proses-proses fisiologis termasuk kecepatan sel kelenjar susu mengambil alih nutrisi dari darah, mengubahnya menjadi komponen susu, dan mengeluarkan kedalam lumen alveoli.

Proses pelepasan susu kedalam lumen alveoli terjadi tanpa membuka bagian dalam sel. Sebenarnya susu tidak benar-benar terbentuk sebelum mencapai lumen alveolus, dimana masing-masing komponen susu bercampur. Tetes-tetes lemak susu terbentuk pada bagian bawah sel, dan sejalan dengan berkembang ukurannya lemak tersebut bergerak menuju lumen alveolus. Tetes

lemak ini akan terbungkus dengan membran sel sesaat tetes lemak tersebut mendesak keluar dari sel, sehingga terjadi tonjolan yang kemudian terjadi penyempitan sehingga terbentuk semacam gelembung yang berisi lemak dan akhirnya penyempitan menutup dan gelembung lemak terlepas sesaat setelah membran sel kembali rapat. Lain halnya dengan pelepasan protein, molekul protein yang berbentuk granula dalam vacuola dan dilepaskan kedalam lumen alveolus tanpa terbungkus dengan membran sel. Laktosa juga disekresikan kedalam vacuola sekretorik dan dilepaskan kedalam lumen alveolus bersama-sama dengan protein. Pemanfaatab butrien untuk membentuk nutrien susu dapat dilihat pada ilustrasi 5 berikut ini.



## Biosintesis Protein Susu

Protein pada umumnya yang terdapat pada manusia tersusun atas asam-asam amino esensial dan non esensial. Asam amino esensial harus disuplai dari makanan, sedangkan asam amino non esensial dapat disintesis dalam tubuh dari asam amino esensial atau dari karbohidrat. Protein susu mengandung asam amino esensial dibandingkan dengan bahan makanan alami yang lain. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan susu disebut sebagai bahan makanan alami yang mendekati sempurna.

Protein utama dalam susu adalah alpha casein, beta casein, kapacasein, gamma casein, alpha lactalbumin, dan beta lactoglobulin. Protein-protein ini merupakan lebih dari 90% jumlah protein dalam susu. Semuanya disintesis dalam sel sekretorik dari asam-asam amino bebas. Protein-protein ini ditemukan hanya dalam susu dan tidak terdapat dalam bahan makanan alami yang lain. Dalam susu casein bersama-sama membentuk struktur spiral yang disebut dengan *micelle*.

Tabel 7. Prekursor Komponen Susu dari Darah.

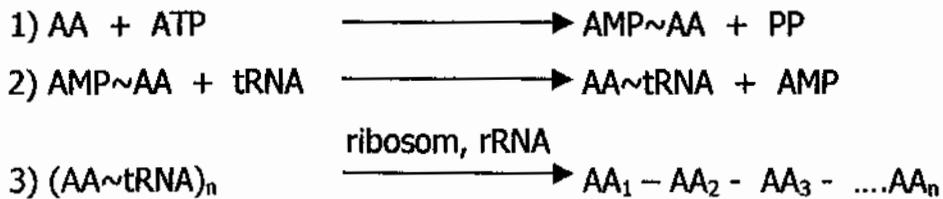
Komponen Susu	Prekursor dalam Darah
Protein :	
Alpha casein	Asam amino bebas
Beta casein	Asam amino bebas
Kapa casein	Asam amino bebas
Gamma Casein	Asam amino bebas
Alpha lactalbumin	Asam amino bebas
Beta lactoglobulin	Asam amino bebas
Immuno globulin	Imunoglobulin
Serum albumin susu	Serum albumin darah
Karbohidrat	
Lactosa	Glukosa
Lemak	
Asam lemak rantai panjang	Asam lemak rantai panjang
Asam lemak rantai pendek	Asetat dan beta hidroksi butirat
Vitamin	Vitamin
Mineral	Mineral
Air	Air

Walaupun fungsi utama casein adalah untuk memenuhi kebutuhan pedet, fungsi lain telah diketahui. Contoh : kapa casein menstabilkan micelle casein, apabila stabilitasnya terganggu, akan terjadi curd dalam susu. Beta lactoglobulin menghasilkan flavor yang spesifik bila dipanaskan. Bila protein susu didenaturasi ole panas ini akan mencegah terbentuknya curd yang sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan *cottage cheese* ( keju cottage). Kelompok kedua protein susu termasuk immunoglobulin dan serum albumin darah tampak tersusun dari protein darah dan tidak terjadi perubahan dalam susu. Sintesis protein ini dalam kelenjar susu tidak diperlukan.

Jumlah protein susu relatif sedikit, dan protein yang dihasilkan selalu tersusun dari jumlah asam-asam amino yang sama dan tersusun dalam sequence (deretan) yang sama. Setiap individu sapi selalu menghasilkan protein susu yang sama, tetapi ini dapat berbeda dengan protein yang dihasilkan oleh sapi lain dalam peternakan.

Sintesis protein susu dengan deretan asam-asam amino yang spesifik merupakan proses yang terkontrol ketat dan gen atau DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*), yang melangsungkan sintesis protein. Dalam proses ini pesan genetik dari DNA dalam nucleus sel ditranskrip (disalin) ke dalam RNA (*Ribo Nucleic Acid messenger RNA atau mRNA*) yang bergerak ke ribosom dari endoplasmik retikulum. Disini mRNA menyalin pesan kedalam satu deretan yang spesifik dari asam-asam amino dalam protein susu.

Sintesis protein memerlukan energi, dan energi berasal dari pemecahan *adenosin triphosphate* (ATP) menjadi *adenosin monophosphate* (AMP). Pada ruminansia ATP dihasilkan dari oksidasi karbohidrat, terutama glukosa, dari asetat dan dari lemak. Sintesis protein susu yang optimal tidak mungkin terjadi apabila sejumlah besar energi yang diperlukan tidak tersedia dalam ransum. Deretan proses yang diperlukan dalam sintesis protein susu dapat digambarkan sebagai berikut :

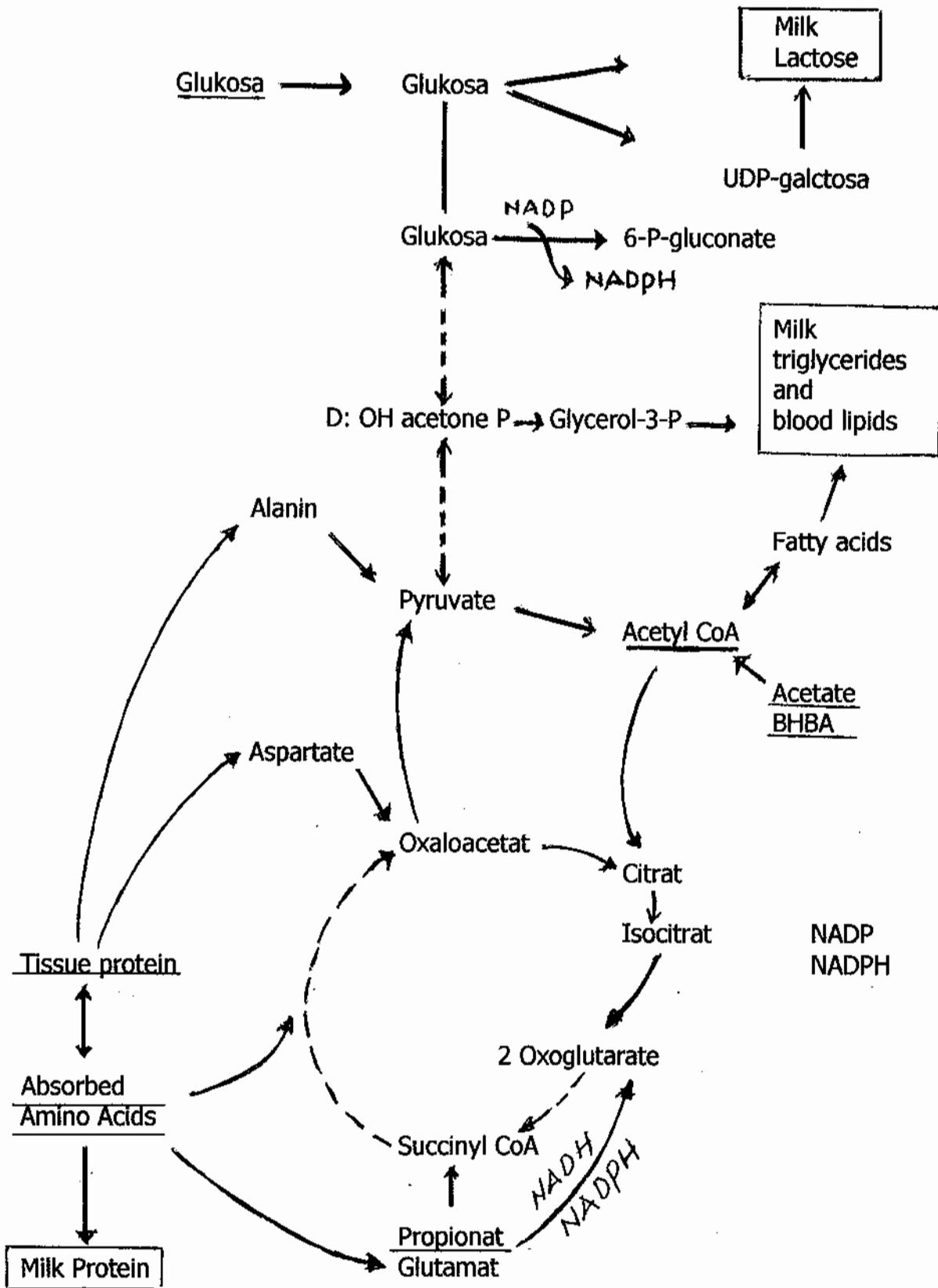


Pada awalnya, ada pengaktifan asam amino dalam sitoplasma sel sekretorik oleh enzim dan ATP (langkah 1). Asam amino yang telah diaktifkan dihubungkan dengan RNA jenis lain, yang disebut transfer RNA atau tRNA (langkah 2). Masing-masing dari 18 asam amino yang umumnya ditemukan dalam protein susu mempunyai enzim yang mengaktifkan dan tRNA masing-masing. Gabungan asam amino tRNA bergerak dari sitoplasma ke ribosom yang mengandung pesan genetik dalam bentuk mRNA. Tipe RNA yang ketiga disebut ribosomal RNA atau rRNA menghubungkan asam amino-tRNA dengan mRNA (langkah 3). Asam amino tunggal diikatkan satu persatu setiap kali, berkembang menjadi rantai asam amino membentuk protein susu pada ribosom dari sel sekretorik.

### Metabolisme Karbohidrat Pada Sapi Perah

Karbohidrat utama dalam darah sapi adalah glukosa. Sebagian besar karbohidrat dalam pakan difermentasi dalam rumen menjadi *volatile fatty acids* (VFA). Salah satu dari VFA ini adalah asam propionat diubah menjadi glukosa dalam hati. Sumber glukosa darah yang penting lainnya pada ruminansia adalah dari pemecahan protein (glukoneogenesis) dalam jaringan peripher sampai kelenjar susu. Aras glukosa dalam darah ruminansia hanya sekitar setengah jumlah yang ditemukan dalam ternak non ruminansia. Ketersediaan glukosa mungkin merupakan faktor pembatas (*limiting factor*) untuk mencapai sekresi susu yang maksimal pada ruminansia. Sebagai contoh, infus glukosa kedalam darah pada kambing produksi tinggi meningkatkan produksi susu 62%.

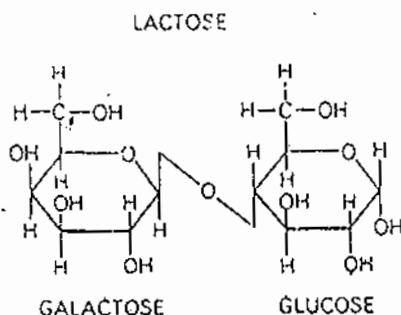
Pemanfaatan glukosa dalam darah pada sapi digunakan oleh sekretorik untuk beberapa kepentingan, masing-masing terkait dengan sintesis susu.



Glukosa dimanfaatkan untuk sintesis gula susu atau laktosa, glukosa juga dimanfaatkan sebagai sumber energi (ATP), digunakan untuk sintesis komponen gliserol dari trigliserida susu dan digunakan untuk sintesis RNA. Kenyataan ini dapat menerangkan bahwa infus glukosa dapat menghasilkan pengaruh yang dramatis pada produksi susu. Tanpa glukosa sintesis susu dapat berlangsung hanya dalam beberapa menit.

### Biosintesis Laktosa

Gula utama dalam susu adalah disakarida, laktosa, yang terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa. Laktosa yang menyebabkan adanya rasa sedikit manis pada susu. Laktosa juga menyebabkan terjadinya pertumbuhan bakteri tertentu yang membentuk asam laktat dalam susu halus pedet. Asam laktat membantu dalam proses absorpsi CA dan P untuk pemebentukan tulang pada pedet muda. Glukosa merupakan satu-satunya prekursor laktosa. Dua molekul glukosa harus terdapat dalam kelenjar susu untuk membentuk satu molekul laktosa. Satu unit glukosa diubah menjadi galaktosa. Penggabungan satu molekul glukosa kedua dengan molekul galaktosa, menggunakan katalisator enzim laktose sintetase.



Enzim ini terdiri dua subunit. Satu sub unit adalah alpha laktalbumin yang merupakan komponen protein susu. Jadi kalau dulu diperkirakan protein susu hanya berfungsi sebagai nutrien untuk pedet saja, maka telah diketahui bahwa fungsi lain dari alphasaktal-bumin juga untuk pembentukan enzim.

## **Biosintesis Lemak Susu**

Karakteristik lemak susu sapi terdiri dari campuran trigliserida dengan proporsi asam lemak rantai pendek (C4 – C14) yang agak tinggi (sekitar 50%). Separuh lainnya lemak susu tersusun dari asam lemak rantai panjang (C16 – C20). Karakteristik lain dari lemak susu sapi adalah adanya proporsi yang tinggi dari asam lemak jenuh. Kandungan asam lemak susu menjadi penting juga karena menentukan harga susu.

### **Prekursor asam lemak rantai panjang**

Asam-asam lemak dalam ransum sapi menyumbang sekitar setengah dari jumlah asam lemak yang ditemukan dalam susu. Asam-asam lemak ini hampir seluruhnya merupakan berbagai asam lemak rantai panjang. Sebagian besar asam lemak tumbuhan dalam pakan sapi adalah asam lemak rantai panjang dan tidak jenuh (terdapat ikatan ganda antar atom C). Banyak asam lemak tidak jenuh mengalami hidrogenasi dalam rumen dan menjadi jenuh. Ini yang menyebabkan terjadi peningkatan proporsi asam lemak jenuh yang tinggi pada susu sapi.

Setelah melalui rumen, asam lemak rantai panjang diabsorpsi dari dinding usus halus ke dalam sistem limfe, kemudian menjadi terikat dengan satu protein, bergerak ke dalam saluran darah, dan diabsorpsi dari darah oleh sel sekretorik kelenjar susu. Tipe pakan sapi dapat mempengaruhi panjangnya rantai asam lemak yang disekresikan ke dalam susu dan tingkat kejenuhan (karena rumen tidak 100% efisien dalam menghidrogenasi/menjenuhkan semua asam lemak dalam pakan).

### **Prekursor asam lemak rantai pendek**

Asam lemak rantai pendek yang menyusun sekitar 50% lemak susu, tidak dihasilkan langsung dari asam lemak dalam ransum, tetapi disintesis dalam sel sekretorik kelenjar susu dari asam asetat dan satu benda keton, beta-hidroksi butirat. Asetat dengan atom C-2 sedangkan beta-hidroksi butirat molekul

dengan 4 atom C, dan kedua molekul asam lemak ini berasal dari hasil fermentasi karbohidrat tanaman pakan dalam rumen menjadi VFA. Asam lemak rantai pendek mempunyai bau yang tajam.

Asam lemak rantai pendek disintesis dengan langkah-langkah penambahandari asam asetat. Dengan kata lain panjang rantai meningkat dua karbon setiap proses. Jalur yang pertama untuk sintesis lemak dalam sel sekretorik menggunakan beta-hidroksi butirat sebagai bahan pokok, yang diubah kembali menjadi asam lemak volatil butirat, dan dengan menambahkan setaip kali dua karbon dapat tersusun asam lemak rantai pendek dengan variasi panjang rantainya. Jalur kedua terjadi dengan memanfaatkan beta-hidroksi butirat dimana asam lemak 4 karbon ini di potong menjadi 2 karbon dan dimanfaatkan sebagai asetat.

Asam asetat lebih banyak digunakan untuk sintesis lemak susu dibandingkan dengan asam beta-hidroksi butirat. Asetat juga dapat menyediakan energi untuk sel sekretorik. Karena kontribusinya yang besar dalam sintesis susu, maka produksi asetat dalam rumen sapi esensial untuk optimalisasi produksi susu.

### **Vitamin, Mineral dan Air**

Sel sekretorik tidak dapat mensintesis vitamin atau mineral, karena itu semua vitamin dan mieral dalam susu disuplai dari darah. Calsium (Ca), Phosphor (P), Pothasium (K), Chloride (Cl), Sodium (Na) dan Magnesium (Mg) merupakan mineral utama dalam susu. Walaupun mineral dalam susu diserap dari darah, tetapi belum dapat disimpulkan apakah mineral tersebut diabsorbsi dari konsentrasinya dalam darah atau ada mekanisme yang memungkinkan penyerapan secara selektif. Ada beberapa bukti bahwa sel epitel dapat melepas mineral kembali kedalam darah seperti melepas kedalam susu, yang menggambarkan adanya mekanisme transpor aktif.

Biasanya terdapt persentase yang konstan pada laktosa, Na dan K dalam susu. Konstituen ini plus chloride menjaga keseimbangan osmose susu.

Terdapat korelasi negatif antara konsentrasi laktosa dengan konsentrasi potasium-sodium (dan chloride) dalam susu. Korelasi yang sama antara laktosa dengan potasium saja.

Air dalam susu sebagian berasal dari cairan intraseluler yang kaya akan potasium dari sel alveolus dan sebagian dari aliran darah yang diabsorpsi untuk menjaga keseimbangan osmose, karena adanya hasil sintesis laktosa, protein dan lemak. Bila susu dalam keseimbangan osmose dengan darah, dan jumlah laktosa hampir sepertiga dari tekanan osmose susu, kenaikan konsentrasi laktosa menyebabkan penambahan air dan penurunan kandungan sodium dan chloride dalam susu. Proses ini dapat sangat mempengaruhi produksi susu, terutama karena kadar air susu sangat tinggi (87%).

Sapi yang terserang mastitis atau mendekati akhir laktasi, pada umumnya produksi susunya turun, dengan jumlah laktosa dan potasium rendah dan terjadi peningkatan sodium dan chloride. Hal ini yang menyebabkan terjadinya rasa agak asin pada susu yang dihasilkan sapi pada periode akhir laktasi atau mastitis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah N., J.V. Nolan, M. Mahyudin and S. Jalaludin. 1992. Digestion and nitrogen conservation in cattle and buffalo given straw with or without molasses. *J. Anim Sci. Camb.* 119 : 255 – 263
- Antoniewicz, A.M., W.W. Heinemann and E.M. Hanks. 1980. The effect of changes in the intestinal flow of nucleic acids on allantoin excretion in the urine of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 95 : 395 - 400
- Arora, S.P. 1995. *Pencernaan Mikrobial pada Ruminansia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. (Diterjemahkan oleh B. Srigandono dan Sri Murwani).
- Balcells, J., J.A. Guada, C. Castillo and J. Gasa. 1991. Urinary excretion of allantoin precursors by sheep after different rate of purine infusion into the duodenum. *J. Agric. Sci.* 116 : 309 – 317
- Calsamiglia, S., M.D. Stern and J.L. Firkins. 1996. Comparison of N-15 and purin as mikrobial markers in continous culture. *J. Anim. Sci.* 674 : 1375 – 1381
- Chen, X.B., Y.K. Chen, M.F. Franklin, E.R. Orskov and W.J. Shand. 1992. The effect of feed intake and body weight on purin derivative excretion and mikrobial protein supply in sheep. *J. Anim. Sci.* 70 : 1534 – 1542.
- Chen. X.B. , E.R. Orskov and F.D. Deb. Hovell. 1990. Excretion of purine derivates by ruminants endogenous excretion differences between cattle and sheep *Br. J. Nut.* 63 : 121 - 129.
- Chen. X.B., M. Stangisinger, J. E. Linberg and D. Giesecke. 1995. Metabolism of purin in relation to mikrobial production. In : Engelhardts, W. V., S. Leonhard - Marek, G. Breves. D. Giesecke (Eds) , *Ruminant Physiology Dygestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Ferdinant Enke Verlag. PP- 387 - 400.
- Czerkaswki, J. W. 1986. *An Introduction to Rumen Studies*. Pergamon Press. Oxford.
- Dijkstra, J. 1994. Production and absorbsion of volatile fatty acids in the rumen. *Livestock prod. Sci.* 39: 61 - 69

- Egan, A.K. 1980. *Ruminant Physiology*. AAUCS. Udayana University Denpasar.
- Fahey, G.C. and L.L. Berger. 1991. Carbohydrate nutrition of ruminant. In : D.C. Church (Ed). *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. pp : 269 - 296.
- Faria, V.P. and J.T. Huber. 1984. Effect of dietary protein and energy level on rumen fermentation in holstein steers. *J. Anim. Sci.* 58: 452 – 458.
- Goering , H.K and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agricultural Handbook* No. 379. Agricultural Research Service, USDA, Washington DC.
- Harmadji dan G. Sudiono. 1975. *Pengelolaan Usaha Sapi Potong Tradisional*. Kertas Kerja untuk Lokakarya Ternak Potong di Ujung Pandang. Tanggal 15 – 25 Nopember 1975. Bidang Management Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Henning, P.H., D.G. Steyn and H.H. Meisner. 1993. Effect of synchronization of energi and nitrogen supply on ruminal characteristics and mikrobial growth. *J. Anim. Sci.* 71 : 2516 - 1528
- Huitema, H. 1986. *Peternakan di Daerah Tropis, Arti ekonomi dan Kemampuannya*. Yayasan Obor Indonesia dan PT Gramedia. Jakarta.
- Hvelplund, T. 1991. Volatile fatty acids and protein production in the ruminants In : J.P. Jouany (Ed.) *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. INRA. Paris. pp. 165 – 178
- Kaitho, R.J., S. Tamminga, and J. Van Bruchem. 1993. Rumen degradation and in vivo digestibility of dried *Calliandra calothyrsus* leaves. *Anim. Feed. Sci. and Technol.* 43 : 19 –30.
- Kaufmann, W. and W. Luppig. 1982. Protected proteins and protected amino acids for ruminant. In: E.L. Miller, I.H. Pike and A.J.H. Van Es (Eds.) *Protein Contribution of Feedstuff for Ruminant : application to feed formulation*. pp: 36 – 75
- Kennedy, P.M., C.S. Boniface, Z.J. Liang, D. Muller and R.M. Murray. 1992. Intake and digestion in swamp buffaloes and cattle. The comparative response to urea supplements in animal fed tropical grasses. *J. Agric. Sci. Camb.* 119: 243 – 254.

- Lehninger, A.L. 1987. *Principles of Biochemistry*. Worth Publisher Inc., New York.
- Leng, R.A. 1980. *Principle and Practice of Feeding Tropical Crop and by Products to Ruminant*. Department of Biochemistry and Nutrition University of New England. Armidale, Australia
- Liang, J.B., Matsumoto, B.A. Young. 1994. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in malaysian cattle and swamp buffalo. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 47 : 189 – 199
- Mc Donald, P, R.A. Edwards and S.F.D. Greenhalgh. 1988. *Animal Nutrition*. 4<sup>th</sup> Ed. Longman, London.
- NRC, 1981. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academic Press, Washington. D.C.
- Orskov, E.R. 1992. *Protein Nutrition in Ruminant*. Academic Press. London.
- Orskov, E.R. and M. Ryle. 1990. Energy Nutrition Ruminant. Elsevier Applied Science. London.
- Owens, F.N. and A.L. Goestch. 1988. Ruminant fermentation. In : D.C. Church (Ed). *The Ruminant Animal Physiology and Nutrition*. A Reston Book Prentice Hall. Engewood Cliffs, New Jersey. pp : 145 - 171.
- Owens, F.N. and R. Zinn. 1988. Protein metabolism of ruminant animals. In: D.C. Church (Ed). *The Ruminant Digestive Phisiology and Nutrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. pp: 227 - 249.
- Pitt, R.E., J.S. Van Russel, D.G. Fox, A.N. Pell, M.C. Barry and P.J. Van Soest. 1996. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. *J.Anim.Sci.* 74: 226 – 249.
- Poncet, C..B. Michalet-Doreau, T. McAllister, D. Remond. 1995. Dietary compounds escaping rumen digestion. In: M. Journet, E. Grenet, M-H. Farce, M.Thieriez, C. Demarquilly (Eds.), *Recent development in the nutrition of herbivores*. Proc. International, INRA. Paris. Pp. 167 – 194.
- Prawirokusumo, S. 1994. *Ilmu Gizi Komparatif*. BPFE, Yogyakarta.
- Preston, T.R. and R.A. Leng. 1987. *Matching Ruminant Production Systems With Available Resources in The Tropics and Sub-Tropics*. Penambul Book Armidale.

- Preston, T.R. and R.B. Willis. 1974. *Intensive Beef Production*. 2<sup>nd</sup>. ed. Pergamon Press, Oxford.
- Ranjhan, S.K. 1980. *Animal Nutrition in Tropic*. 2<sup>nd</sup> edition. Vikas Publishing House PVT Ltd. New Delhi.
- Ranjhan, S.K. and N.N. Pathak. 1979. *Management and Feeding of Buffaloes*. Vikas Publishing House PUT LTD. New Delhi.
- Reynold, C.K. 1995. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminant. In: W.V. Engelhardt, S. Leonhard-Marek, G. Breves, D. Giesecke (Eds.), *Ruminant Physiology : Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Proceedings of the Eight International Symposium on Ruminant Physiology. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. pp. 351 – 368.
- Soebarinoto, S. Chuzaemi dan Mashudi. 1991. *Ilmu Gizi Ruminansia*. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.
- Soetanto, H. 1987. *Ilmu Gizi Ruminansia*. Fakultas Peternakan Brawijaya, Malang.
- Soewardi, B. 1974. *Gizi ruminansia Volume I*. Departemen Makanan Ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Stangassinger, M., X.B. Chen, J.E.Lindberg and D. Giesecke. 1995. Metabolism of purine in relation to microbial production. In : W.V. Engelhardt, S. Leonhard-Marek, G. Breves, D. Giesecke (Eds.), *Ruminant Physiology : Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Proceedings of the Eight International Symposium on Ruminant Physiology. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. Pp. 387 – 406.
- Sutardi, T. 1979<sup>a</sup>. *Ikhtisar Ruminologi*. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor (Tidak diterbitkan).
- Sutardi, T. 1979<sup>b</sup>. *Ketahanan Protein dalam Bahan Makanan Terhadap Degradasi Oleh Mikrobial dan Manfaatnya dengan Peningkatan Produktivitas Ternak. Proseding Seminar Penelitian dan Penunjang Pengembangan Peternakan*. Lembaga Penelitian Peternakan Bogor.
- Sutardi, T. 1980. *Landasan Ilmu Nutrisi Jilid I*. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor (Tidak diterbitkan).

- Sutardi, T., N.A. Sigit dan T. Toharmat. 1983. *Standarisasi Mutu Protein Bahan Makanan Ternak Ruminansia, Berdasarkan Parameter Metabolismenya oleh Mikrobial Rumen*. Proyek Pengembangan Ilmu dan Teknologi. Ditjen Pendidikan Tinggi. Jakarta.
- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Lebdoekojo dan S. Prawirokusumo. 1991. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of The Ruminant*. 2<sup>nd</sup> Edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press. Ithaca and London.
- Verite, R. and J.L. Peyraud. 1989. The PDI System In: R. Jerrige (Ed.), *Ruminant Nutrition*. INRA. Paris. Pp. 33 – 46
- Wallace, R.J. 1991. Rumen proteolysis and its control. In Jouany (Ed.). *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. INRA. Paris. PP : 131 - 178.
- Wallace, R.J. and M.A. Cotta. 1988. Metabolism of nitrogen – containing compounds. In : P.N. Hobson (Ed.), *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science. New York. Pp. 241 – 249.