



Institut Teknologi dan Sains Padang Lawas Utara

MODUL AJAR

LANDASAN ILMU NUTRISI
TERNAK



2024

Resti Rianita, S.Pt., M.
Putri Zulia Jati, S.Pt., M.Pt

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga modul ajar ini yang berjudul "Landasan Ilmu Nutrisi" dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Modul ini disusun sebagai panduan pembelajaran untuk mahasiswa program studi Peternakan dalam memahami dasar-dasar ilmu nutrisi ternak, yang merupakan fondasi penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha peternakan.

Ilmu nutrisi merupakan salah satu cabang penting dalam ilmu peternakan yang berperan dalam menentukan kualitas dan kuantitas produksi ternak. Pemahaman mengenai zat-zat gizi, kebutuhan nutrien, sistem pencernaan, serta manajemen pemberian pakan merupakan kompetensi dasar yang harus dimiliki oleh mahasiswa peternakan.

Modul ini disusun secara sistematis dengan mengacu pada capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) dan kurikulum Merdeka Belajar – Kampus Merdeka (MBKM), serta dilengkapi dengan contoh-contoh aplikasi praktis dalam dunia peternakan. Harapan kami, modul ini

dapat membantu mahasiswa dalam memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep nutrisi ternak secara komprehensif.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan modul ini. Saran dan masukan dari para pembaca sangat kami harapkan untuk penyempurnaan modul ini di masa yang akan datang. Semoga modul ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi mahasiswa, dosen, dan praktisi di bidang peternakan.

Gunungtua, September 2024

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
Materi 1 : Sejarah Perkembangan Ilmu Nutrisi.....	1
A. Pengertian Ilmu Nutrisi	1
B. Ruang Lingkup Ilmu Nutrisi	2
C. Tujuan Ilmu Nutrisi	4
Materi 2 dan 3 : Komposisi Tubuh Ternak dan Makanannya.....	6
a. Perbedaan komposisi tubuh hewan dan tanaman	6
b. Metode penentuan komposisi bahan makanan (analisa proksimat)	7
1. Air.....	10
2. Bahan Kering.....	11
3. Bahan Anorganik (BAO)	12
4. Bahan Organik (BO)	12
5. Bahan Organik Mengandung Nitrogen (BON)	13
6. Bahan Organik Tanpa Nitrogen (BOTN).....	15
5. Lemak Kasar (LK).....	15
8. Serat Kasar (SK).....	16
9. Karbohidrat (KH)	17
10. Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN)	17
Materi 4 dan 5 : Fisiologi Nutrisi pada Ternak Ruminansia dan Monogastrik	18
1. Pengertian Ruminansia Dan Monogastrik.....	18
A. Sistem Pencernaan Ruminansia	18

B.	Sistem Pencernaan Monogastrik (Unggas)	20
2.	Pakan	20
3.	Mekanisme Pencernaan	22
Materi 6 : Regulasi Makan		25
A.	Nutrisi.....	25
B.	Definisi Rasa lapar	26
Materi 7: Proses Nutrisi Zat Makanan pada Karbohidrat (klasifikasi, pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme)		30
Materi 8: Proses Nutrisi Zat Makanan pada Lemak (klasifikasi, pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme)		42
Materi 9 dan 10 : Proses Nutrisi Zat Makanan pada Protein (pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme)		50
Materi 11 : Proses Nutrisi Zat Makanan pada Mineral.....		56
(Klasifikasi, pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme)		56
Materi 12 : Proses Nutrisi Zat Makanan pada Vitamin (pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme).....		74
Materi 13 : Kecernaan.....		89
DAFTAR PUSTAKA		96

Materi 1 : Sejarah Perkembangan Ilmu Nutrisi

Pokok Bahasan : Pengantar kuliah perkembangan ilmu nutrisi

Sub Pokok Bahasan :

- a. Pengertian Ilmu nutrisi
- b. Ruang lingkup mata kuliah
- c. Tujuan landasan Ilmu Nutrisi

A. Pengertian Ilmu Nutrisi

Ilmu nutrisi adalah ilmu yang mempelajari pemilihan dan konsumsi makanan serta pemanfaatan zat makanan untuk mempertahankan kelestarian hidup dan keutuhan alat-alat tubuh (pembaharuan sel-sel tubuh yang aus atau terpakai) dan untuk memenuhi tujuan-tujuan produksi . Tujuan Ilmu Nutrisi adalah untuk mengetahui secara bagaimana kita memberi makan kepada hewan ternak dengan biaya yang semurah- murahnya sehingga diperoleh untung yang sebesar-besarnya. Ilmu Nutrisi bukanlah ilmu yang berdiri sendiri, tetapi ia berhubungan erat dengan ilmu-ilmu lainnya, seperti biologi (genetika, mikrobiologi, endokrinologi, fisiologi), ilmu alam (fisika), ilmu pasti (matematika), ilmu kimia, ilmu kesehatan hewan dan lain sebagainya. Hal ini dapat digambarkan sebagai sebuah roda, di mana Ilmu Nutrisi sebagai as rodanya, sementara ilmu-ilmu

lainnya sebagai jeruji-jeruji agar roda dapat berjalan dengan baik. Sama halnya dengan ilmu-ilmu yang lain, Ilmu Nutrisi juga mempunyai sejarah, mulai dari cikal-bakal kelahirannya hingga perkembangannya menyongsong zaman. Sejarahnya itu cukup panjang, lagipula sulit menentukan dari mana memulainya. Untuk dapat lebih memahami sejarah dimaksud, sangat logis bila dicoba ditandai dengan tonggak-tonggak yang fenomenal sekaligus mengenang jasa-jasa mereka yang telah memberikan kontribusi bagi perkembangan dan kemajuan Ilmu Nutrisi.

B. Ruang Lingkup Ilmu Nutrisi

Kemajuan dalam bidang ilmu kimia dan ilmu-ilmu lainnya yang ada hubungannya dengan Ilmu Nutrisi menempatkan Ilmu Nutrisi menjadi ilmu yang sangat penting dikaitkan dengan bidang kedokteran, terutama dengan ditemukannya zat-zat makanan yang penting bagi kehidupan binatang ternak, seperti asam-asam amino, asam lemak, mineral dan beberapa vitamin, yang menyebabkan anggapan lama tentang penyebab berbagai penyakit menjadi berubah.

Beberapa penyakit yang sebelumnya dianggap disebabkan oleh mikroba ternyata keliru dan belakangan diketahui, bahwa beberapa penyakit dapat disembuhkan dengan menambahkan

zat-zat makanan tertentu. Ini berarti bahwa penyakit tersebut disebabkan karena kekurangan zat makanan, atau yang lebih dikenal dengan penyakit defisiensi. Pertumbuhan dan produksi binatang ternak akan menjadi tidak normal apabila makanan yang dimakan tidak cukup mengandung asam-asam amino, lemak maupun karbohidrat. Misalnya, defisiensi mineral kalsium (Ca) menyebabkan penyakit rickett, defisiensi vitamin A menyebabkan xerophthalmia, defisiensi vitamin B, menyebabkan polyneuritis, dan kekurangan vitamin C menyebabkan scorbut, dan lain sebagainya. Melalui percobaan-percobaan secara langsung dengan menggunakan binatang ternak atau binatang percobaan (selain ternak) dapatlah diketahui kebutuhan ternak akan zat-zat makanan. Dengan bantuan ilmu kimia, terutama dalam analisis bahan- bahan makanan dapat diketahui zat-zat makanan yang dikandung bahan makanan tertentu. Dengan demikian perkembangan Ilmu Nutrisi menjadi semakin pesat.

Percobaan-percobaan tersebut dapat ditemukan bahwa kebutuhan binatang ternak akan zat-zat makanan tergantung kepada : jenis ternak, tingkat pertumbuhannya serta tergantung kepada tujuan pemeliharaan binatang ternak itu sendiri. Penemuan zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh ternak akan memungkinkan penyusunan dan pemberian makanan kepada ternak akan menjadi lebih terarah dan efisien. Lagipula,

penemuan-penemuan ini akan memungkinkan pemeliharaan ternak akan dapat dilakukan dalam jumlah yang jauh lebih besar dibandingkan dengan sebelumnya yang umumnya dilakukan dalam skala kecil.

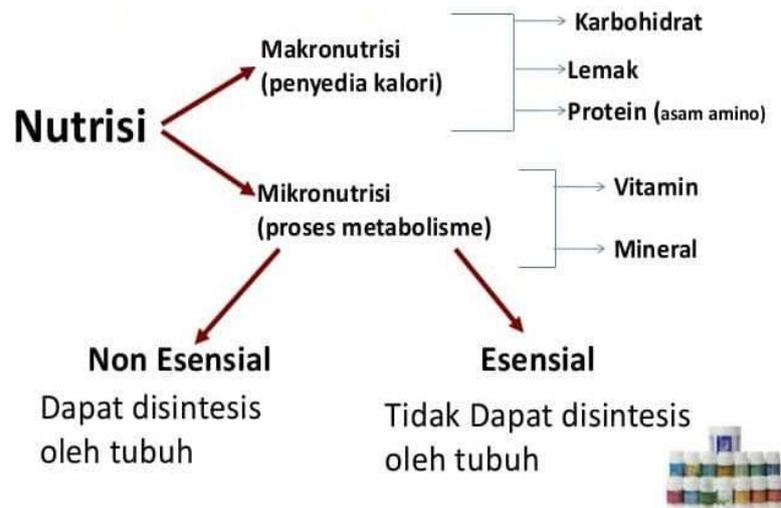
C. Tujuan Ilmu Nutrisi

Nutrisi merupakan suatu substansi organik yang ada serta juga di butuhkan oleh organisme yang mempunyai manfaat dalam menormalkan sistem tubuh, pertumbuhan tubuh serta juga sebagai pemeliharaan kesehatan. Penelitian di dalam bidang nutrisi ini mempelajari mengenai hubungan yang terjadi di antara makan serta minuman kesehatan, dan juga penyakit yang dengan secara khusus bisa atau dapat menentukan diet dengan optimal.

Di masa lalu penelitian nutrisi tersebut terbatas hanya mengenai pencegahan penyakit kurang gizi serta juga untuk bisa menentukan kebutuhan dasar untuk makhluk hidup. Dalam angka kebutuhan untuk nutrisi dasar tersebut dikenal oleh dunia yang disebut dengan sebutan *Recommended Daily Allowance* (RDA).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan serta juga medis membuat fakta bahwa RDA tersebut belum dapat atau bisa mencukupi di dalam mencegah/membantu penanganan penyakit yang telah atau sudah kronis. Fakta media tersebut

kemudian menunjukkan akar dari banyaknya penyakit kronis ialah stres oksidasi yang disebabkan oleh karena kelebihan radikal bebas di dalam tubuh.



Dengan menggunakan nutrisi tahap maksimal atau juga *Optimal Daily Allowance* (ODA) bisa atau dapat membuktikan mencegah serta juga mengatasi stres oksidatif, yang tentu bisa atau dapat membantu di dalam mencegah penyakit kronis. Tahap optimal itu dapat atau bisa dicapai bersamaan dengan mengatasi efek samping pengobatan.

Materi 2 dan 3 : Komposisi Tubuh Ternak dan Makanannya

Pokok Bahasan : Perbedan komposisi tubuh ternak dan makanannya

Sub Pokok Bahasan :

- a. Perbedaan komposisi tubuh hewan dan tanaman
- b. Metode penentuan komposisi bahan makanan (analisa proksimat)

Dalam ilmu makanan reaksi-reaksi kimiawi dan fisiologik akan merubah zat-zat makanandalam makanan menjadi jaringan tubuh. Perlu diketahui komposisi tubuh hewan padafase-fase pertumbuhannya dan menghubungan ya dengan komposisi makanannya.

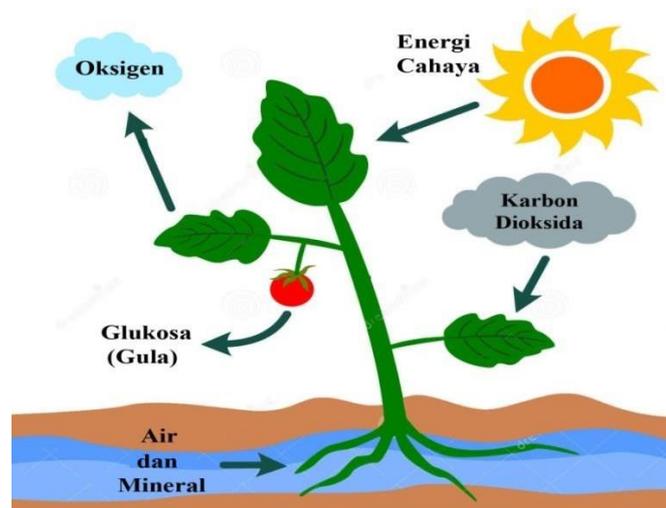
a. Perbedaan komposisi tubuh hewan dan tanaman

Bahan makanan adalah bahan yang dapat dimakan, dicerna dan digunakan oleh hewan. Secara umum dapat dikatakan bahwa bahan makanan adalah bahan yang dapat dimakan. Contohnya rumput, dedak, ampas tahu dll. Bahan makanan mengandung zat makanan, jadi bahan makanan adalah istilah umum, sedangkan komponen dalam bahan makanan tersebut yang dapat digunakan oleh hewan disebut zat makanan/nutrien. Zat makanan dapat didefinisikan sebagaizatzat organik maupun an-organik yang pada umumnya memiliki sifat-

sifat kimia yang sama dan menjadi komponen bahan makanan dan dibutuhkan oleh tubuh. Contohnya protein, lemak, karbohidrat Fe, Ca, P, m

b. Metode penentuan komposisi bahan makanan (analisa proksimat)

Ternak pada umumnya bergantung pada tanaman sebagai sumber makanannya. Tanaman menggunakan energi matahari dalam mensintesa zat makanan organik yang kompleks dari bahan-bahan sederhana seperti karbondioksida dalam udara, dengan air dan unsur anorganik dari tanah prosesnya disebut fotosintesis. Bagian terbesar dari energi yang diserap tanaman disimpan dalam bentuk energi kimiawi yang digunakan untuk kelangsungan hidupnya. Baik tanaman maupun hewan terdiri atas senyawa kimia yang serupa.



Pakan merupakan bahan yang dapat dimakan, dicerna dan

diserap baik secara keseluruhan atau sebagian dan tidak menimbulkan keracunan atau tidak mengganggu kesehatan ternak yang mengonsumsinya. Pakan berfungsi sebagai pembangun dan pemelihara tubuh, sumber energi, produksi, dan pengatur proses- proses dalam tubuh. Kandungan zat gizi yang harus ada dalam pakan adalah protein, lemak, karbohidrat, mineral, vitamin, dan air.

Sementara itu, bahan pakan ternak adalah setiap bahan yang dapat dimakan, disukai, dapat dicerna baik sebagian atau seluruhnya, dapat diabsorpsi dan bermanfaat bagi ternak. Suatu bahan harus memenuhi persyaratan-persyaratan tersebut agar dapat disebut sebagai bahan pakan. Berdasarkan kandungan zat gizinya, bahan pakan dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok yaitu:

1. Sumber Energi: Bahan pakan yang mengandung protein kurang dari 20%, serat kasar kurang dari 18%
2. Sumber Protein: Bahan pakan kelompok ini meliputi semua bahan pakan ternak yang mempunyai kandungan protein minimal 20% baik yang berasal dari hewan maupun tumbuhan
3. Sumber Vitamin dan Mineral: Hampir semua bahan pakan ternak, baik yang berasal dari tanaman maupun hewan mengandung beberapa vitamin dan mineral dengan konsentrasi yang bervariasi tergantung pada tingkat

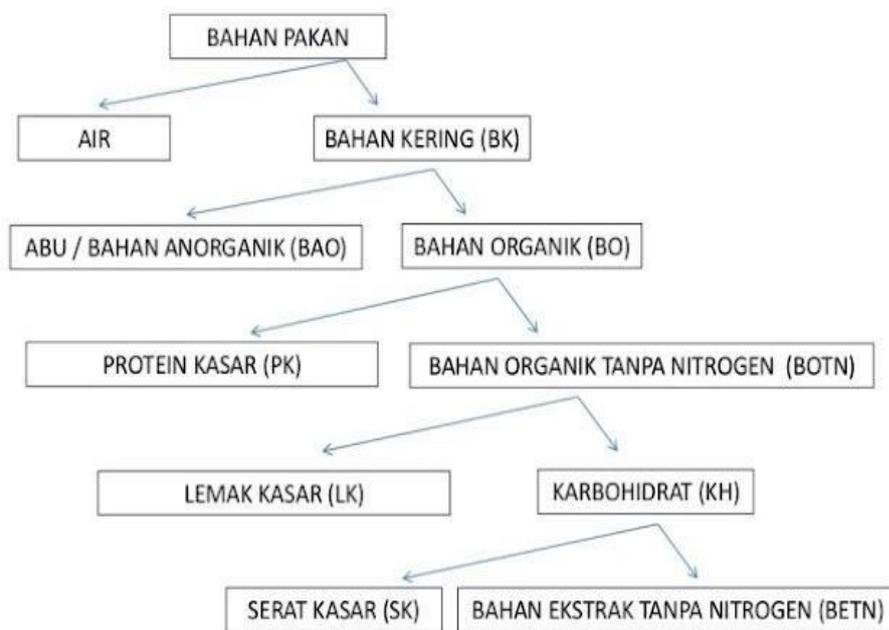
pemanenan, umur, pengolahan, penyimpanan, jenis, dan bagian-bagiannya (biji, batang, dan daun) .

Campuran bahan pakan yang disusun sedemikian rupa sehingga zat gizi yang dikandungnya seimbang sesuai kebutuhan ternak disebut sebagai ransum. Pengetahuan mengenai kandungan gizi dalam bahan pakan sangat penting untuk menentukan kandungan nutrisi dalam pakan yang akan dibuat. Hal ini juga akan sangat membantu dalam menghitung apakah kandungan nutrisi dalam pakan sudah sesuai dengan kebutuhan ternak atau belum.

Untuk mengetahui kandungan zat gizi yang ada dalam bahan pakan ternak dilakukan dengan analisis proksimat. Analisis proksimat merupakan pengujian kimiawi untuk mengetahui kandungan nutrisi suatu bahan baku pakan atau pakan. Analisis proksimat pertama kali dikembangkan di Wendee Experiment Station oleh Hennerberg dan Stokmann. Analisis ini sering juga dikenal dengan analisis Wendee. Analisis proksimat menggolongkan komponen kimia dan fungsinya yaitu: Air (moisture), abu (ash), protein kasar (crude protein), lemak kasar (ether extract), dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (Nitrogen free extract). Istilah proksimat mempunyai pengertian bahwa hasil analisis dari metode ini menunjukkan nilai yang mendekati. Hal ini disebabkan dalam suatu fraksi (kumpulan zat makanan yang

mempunyai sifat yang sama) masih terdapat zat lain yang masih berbeda sifatnya dan dalam jumlah yang sangat sedikit.

Didalam analisis proksimat terdapat bagan yang dinamakan Bagan Fraksi Analisis Proksimat. Bagan tersebut dapat memudahkan dalam mengetahui bagian-bagian yang terkandung dalam bahan pakan yang akan dianalisis.



Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai kandungan-kandungan yang tertera pada bagan tersebut, berikut penjelasannya:

1. Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air merupakan

salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pakan dan dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa. Kadar air ikut menentukan tingkat kesegaran dan daya awet bahan pakan. Namun, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembangbiak sehingga terjadi perubahan pada bahan pakan. Penetapan kadar air dapat dilakukan dengan oven biasa atau dengan Thermogravimetri dimana air akan diuapkan melalui pemanasan dengan suhu 105 derajat Celsius selama 3 jam. Kemudian dilakukan penimbangan berat bahan sebelum dan sesudah pemanasan. Rumus yang digunakan yaitu :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{A - (B - C)}{A} \times 100$$

Keterangan:

A = Bobot sampel awal

B = Bobot sampel dan cawan kering

C = Bobot cawan kosong

2. Bahan Kering

Sampel yang telah dipanaskan untuk menguapkan kandungan air tadi selanjutnya disebut sampel kering atau bahan kering. Dalam

bahan sampel ini terdapat kandungan bahan organik dan bahan anorganik atau disebut juga abu.

Rumus untuk menghitung BK:

$$\text{BK (\%)} = 100 - \text{Kadar Air}$$

3. Bahan Anorganik (BAO)

Analisa kadar abu bertujuan untuk memisahkan bahan organik dan bahan anorganik suatu bahan pakan. Kandungan abu suatu bahan pakan menggambarkan kandungan mineral pada bahan tersebut. Abu terdiri dari mineral yang larut dalam detergen dan mineral yang tidak larut dalam detergen. Analisa kadar abu dilakukan dengan memanaskan bahan kering dalam tanur dengan suhu 500 sampai 600 derajat celsius. Kemudian zat hasil pembakaran yang tertinggal ditimbang. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{C-A}{B} \times 100$$

Keterangan:

C = Berat cawan dan abu setelah di Tanur

A = Berat cawan kosong setelah di Oven

B = Berat sampel

4. Bahan Organik (BO)

Bahan organik ini bisa dikatakan sebagai inti dari bahan pakan.

Hal ini disebabkan bahan organik mengandung nutrisi seperti karbohidrat, protein lemak dan serat. Bahan organik adalah semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan baik yang masih hidup maupun yang telah mati, pada berbagai tahap dekomposisi. Rumus untuk menghitung BO:

$$\text{BO (\%)} = 100 - \text{Kadar Abu}$$

5. Bahan Organik Mengandung Nitrogen (BON)

Protein merupakan suatu senyawa yang terbentuk dari unsur-unsur organik yang hampir sama dengan karbohidrat dan lemak yaitu unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Namun, pada protein terdapat tambahan unsur pembentuk yaitu nitrogen (N). Sementara itu, bahan organik mengandung Nitrogen (BON) mengacu pada banyaknya Nitrogen pada suatu bahan yang diuji. Karena perhitungan didasarkan pada jumlah N maka BON ini dihitung juga sebagai Protein Kasar. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa rata-rata kandungan N dalam bahan pakan adalah 16 gram per 100 gram protein. Lebih lanjut, protein kasar ini terdiri dari protein dan nitrogen bukan protein (NPN). Analisa kadar protein kasar dilakukan dengan melalui beberapa tahapan:

A. Tahap Destruksi

Pada tahap ini sampel dicampur dengan asam sulfat pekat dan dipanaskan hingga terdestruksi menjadi unsur-unsurnya yaitu

C, H, O, N, dan S. Untuk mempercepat proses destruksi biasanya di tambahkan katalisator berupa Na_2SO_4 dan HgO (20:1) dan atau K_2SO_4 dan CuSO_4 . Suhu yang digunakan berkisar antara 370 sampai 410 derajat celsius. Hasil destruksi kemudian masuk ke tahap destilasi.

B. Tahap Destilasi

Pada tahap ini terjadi pemecahan Amonium Sulfat menjadi Amonia (NH_3) dengan penambahan NaOH dan aquades. Amonia yang dilepaskan akan ditangkap oleh larutan asam standar. Larutan yang biasa digunakan yaitu asam clorida (HCl) dengan indikator Phenolftalein (PP). Hasil destilasi ini kemudian masuk ke tahap titrasi.

C. Tahap Titrasi

Pada tahap ini larutan hasil destilasi yang mengandung amonia akan di titrasi menggunakan NaOH dan indikator PP sampai berubah warna menjadi merah muda dan tidak hilang selama 10 sampai 30 detik. Namun, sebelumnya harus di lakukan titrasi menggunakan larutan blanko yang akan digunakan untuk mengurangi hasil titrasi sampel (ekuivalen nitrogen)

Rumus yang digunakan yaitu :

$$\text{PK (\%)} = \frac{(A-B) \times N \times 14,008 \times 6,25}{C} \times 100$$

Keterangan:

A = Vol. Titrasi sampel

B = Vol. Titrasi Blanko

N = Normalitas HCL

C = Berat sampel (g)

14,008 = Berat atom unsur N 6,25 = Faktor Konversi

6. Bahan Organik Tanpa Nitrogen (BOTN)

Kandungan bahan organik yang tidak mengandung nitrogen terdiri dari senyawa karbohidrat dan lemak. Kedua senyawa ini tergolong sebagai bahan organik tanpa nitrogen karena hanya tersusun atas C, H, O dan tidak mengandung unsur N. Maka, analisis yang dilakukan pada bahan organik tanpa N yaitu analisis lemak kasar dan karbohidrat.

5. Lemak Kasar (LK)

Lemak kasar terdiri dari lemak dan pigmen. Zat-zat nutrisi yang bersifat larut dalam lemak seperti vitamin A, D, E, dan K diduga terhitung sebagai lemak. Analisa lemak kasar pada umumnya menggunakan senyawa eter sebagai bahan pelarutnya, maka dari itu analisa lemak kasar juga disebut sebagai *ether*

extract. Sampel akan direndam dan dididihkan menggunakan larutan eter, larutan akan menguap dan meninggalkan lemak pada dinding labu.

Rumusnya yaitu:

$$\text{LK (\%)} = \frac{A-B}{C} \times 100$$

Keterangan:

A = Berat labu dan lemak setelah dioven

B = Berat labu kosong setelah dioven

C = Berat sampel

8. Serat Kasar (SK)

Serat kasar merupakan bagian dari karbohidrat dan didefinisikan sebagai fraksi yang tersisa setelah digesti dengan larutan asam sulfat standar dan sodium hidroksida. Analisis serat kasar dilakukan dengan bahan yang telah diupkan lemaknya (tanpa lemak). Serat kasar sebagian besar terdiri dari sel dinding tanaman dan mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Bahan tanpa lemak akan dipanaskan menggunakan larutan H₂SO₄ dan disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya hasil saringan akan dipanaskan kembali dengan larutan NaOH dan disaring kembali dengan kertas yang sama. Kertas saring tersebut akan ditimbang beratnya sebelum dan

sesudah dilakukan penyaringan sehingga diketahui kadar serat kasar pada suatu bahan.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$SK (\%) = \frac{A-B}{C} \times 100$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring setelah penyaringan

B = Berat kertas saring kosong(awal)

C = Berat sampel

9. Karbohidrat (KH)

Karbohidrat merupakan zat organik yang berfungsi menghasilkan energi. Karbohidrat total dihitung dengan menggunakan rumus :

$$KH(\%) = 100\% - \%(PK + LK + Abu + Air)$$

10. Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN)

BETN merupakan bagian karbohidrat yang mudah dicerna atau golongan karbohidrat non-struktural. Karbohidrat ini ditemukan didalam sel tanaman dan mempunyai pencernaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbohidrat struktural. Contoh dari karbohidrat non struktural yaitu gula, pati, asam organik, fruktan dan sebagainya.

Materi 4 dan 5 : Fisiologi Nutrisi pada Ternak Ruminansia dan Monogastrik

Pokok Bahasan : Fisiologi Nutrisi

Sub Pokok Bahasan :

- a) Sistem pencernaan ruminansia
- b) Sistem pencernaan monogastrik

Ternak dapat berupa binatang yang telah mengalami domestikasi. Ternak dapat dibagi menjadi ternak ruminansia, monogastrik (unggas) dan pseudoruminan (kuda dan kelinci). ayam, angsa, kalkun, atau itik dapat digolongkan ke dalam ternak monogastrik (unggas) dan untuk sapi, kambing, domba, kuda, dan kerbau masuk ke dalam ternak ruminansia. Kali ini saya akan membahas tentang perbedaan antara ternak ruminansia dan ternak monogastrik (unggas). Perbedaan antara ternak ruminansia dan monogastrik (unggas) dapat dilihat dari sistem pencernaannya, kebutuhan nutrisi, pakan serta cara memanfaatkan pakan tersebut untuk memproduksi.

1. Pengertian Ruminansia Dan Monogastrik

A. Sistem Pencernaan Ruminansia

Ruminansia merupakan binatang berkuku genap subordo dari ordo Artiodactyla disebut juga mammalia berkuku. Nama ruminan berasal dari bahasa Latin "ruminare" yang artinya

mengunyah kembali atau memamah biak, sehingga dalam bahasa Indonesia dikenal dengan hewan memamah biak. Hewan ruminansia umumnya herbivora atau pemakan tanaman, sehingga sebagian besar makanannya adalah selulose, hemiselulose dan bahkan lignin yang semuanya dikategorikan sebagai serat kasar. Hewan ini disebut juga hewan berlambung jamak atau polygastric animal, karena lambungnya terdiri atas rumen, retikulum, omasum dan abomasum. Rumen merupakan bagian terbesar dan terpenting dalam mencerna serat kasar.

Ruminansia mempunyai kemampuan yang unik yakni mampu mengkonversi pakan dengan nilai gizi rendah menjadi pangan berkualitas tinggi. Proses konversi ini disebabkan oleh adanya proses Microbial fermentation atau fermentasi microbial yang terjadi dalam rumen. Proses ini mengekstraksi zat makanan dari pakan menjadi pangan tersebut melalui berbagai proses metabolisme yang dilakukan oleh mikroorganisme. Populasi mikroba yang terdiri atas bacteria, protozoa, fungi dan kapang melakukan fermentasi yang dikenal dengan enzymatic transformation of organic substances, karena mikroba tersebut menghasilkan berbagai enzim.

Peranan mikroorganisme dalam saluran pencernaan ruminansia sangat penting, karena untuk merombak selulosa diperlukan enzim selulase yang hanya dibentuk dalam tubuh

mikroorganismenya. Melalui proses simbiosis mutualisme, mikroorganismenya memanfaatkan sebagian bahan yang diambil ruminansia sebagai

induk semang dan digunakan untuk perkembangbiakan mikroorganismenya, selanjutnya mikroorganismenya membantu memfermentasi bahan tersebut yang menghasilkan bahan lain yang mampu dimanfaatkan oleh induk semang. Mikroorganismenya ini yang terdiri atas bakteri, protozoa, dan jamur, dapat merupakan sumber protein berkualitas tinggi bagi induk semang.

B. Sistem Pencernaan Monogastrik (Unggas)

Ternak nonruminansia/ monogastrik tergolong pada ternak monogastrik, yaitu ternak yang memiliki lambung tunggal. Sistem pencernaan ternak ini tidak sempurna dibandingkan dengan ternak ruminansia.

2. Pakan

Bahan pakan biasanya dibedakan untuk ternak ruminansia dan monogastrik, karena adanya perbedaan dalam sistem pencernaan kedua jenis ternak tersebut. Berbeda halnya dengan ternak ruminansia, ternak monogastrik mempunyai kemampuan yang sangat terbatas dalam mencerna bahan pakan berserat kasar tinggi. Pakan untuk ternak ruminansia adalah hijauan sedangkan untuk ternak monogastrik (unggas) berupa biji-bijian.

Terdapat perbedaan yang sangat mendasar antara ternak non-ruminansia dan ruminansia dalam menggunakan zat makanan sebagai sumber energi. Sumber energi utama untuk ternak non-ruminansia (seperti unggas, babi) adalah BETN, sedangkan sumber energi utama untuk ternak ruminansia adalah serat kasar.

Perbedaan dasar antara ternak ruminansia dan monogastrik pada metabolisme sumber energi berupa karbohidrat dan protein, oleh karena adanya mikroorganisme (bakteri, protozoa dan fungi) di dalam rumen dan retikulum ruminansia. Pada ruminansia, karbohidrat mengalami fermentasi oleh mikroba membentuk VFA (volatile fatty acids = asam lemak terbang) dan produk ini merupakan energi utama untuk ruminansia.

Perbedaan antara ruminansia dan non ruminansia dalam metabolisme energi yang berasal dari lemak adalah ternak non-ruminansia hanya dapat memanfaatkan senyawa lemak sederhana (trigliserida), sedangkan ruminansia dapat memanfaatkan senyawa yang lebih kompleks seperti fosfolipid (lesitin). Pada ternak non-ruminansia, trigliserida dimetabolis menjadi asam-asam lemak bebas dan bersama-sama garam-garam empedu membentuk misel, terus masuk ke usus dalam bentuk trigliserida dan bergabung bersama β -lipoprotein membentuk kilomikron, kemudian masuk ke saluran limpa. Pada ruminansia, lesitin

dimetabolis menjadi lisolesitin, bersama asam-asam lemak bebas yang berasal dari metabolisme senyawa lemak sederhana dan garam-garam empedu bergabung membentuk misel, terus masuk ke usus dalam bentuk lesitin dan bergabung bersama trigliserida dan lipoprotein membentuk kilomikron, kemudian masuk ke saluran limpa

3. Mekanisme Pencernaan

a. Ruminansia

Pakan yang telah dikunyah di dalam mulut masuk ke dalam rumen melalui esophagus makanan disimpan sementara dirumen. Selanjutnya, makanan menuju retikulum dan dicerna di dalamnya. Makanan yang telah dicerna kemudian dikeluarkan kembali ke mulut. Didalam mulut dikunyah kembali dan ditelan lagi ke retikulum, proses ini disebut memamah biak. Selanjutnya makanan masuk ke omasum, di sini terjadi proses penyerapan air. Selanjutnya makanan diteruskan ke abomasum (perut masam), makanan yang sudah dicerna di abomasum akan diteruskan ke usus halus. Di usus halus terjadi proses penyerapan sari-sari makanan, sisa-sisa makanan yang tidak diserap dikirim ke usus besar. Setelah mengalami penyerapan air, sisa makanan berupa ampas dikeluarkan melalui anus.

b. Monogastrik (unggas)

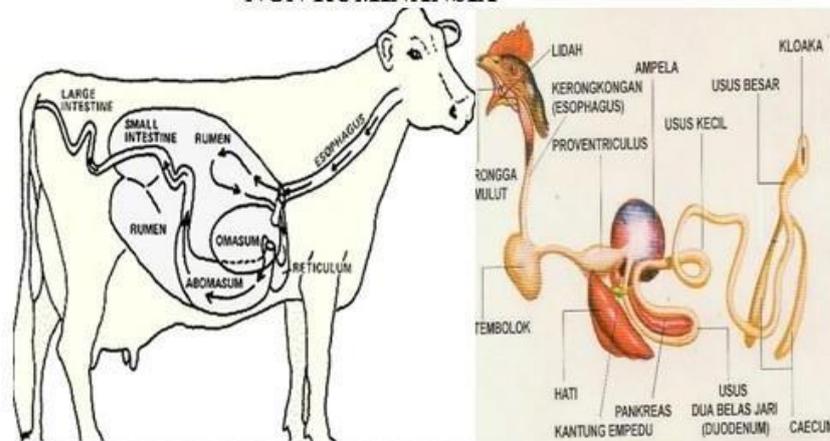
Unggas mengambil makanannya dengan paruh dan kemudian terus ditelan. Makanan tersebut disimpan dalam tembolok untuk dilunakkan dan dicampur dengan getah pencernaan proventrikulus dan kemudian digiling dalam empedal. Tidak ada enzim pencernaan yang dikeluarkan oleh empedal unggas. Fungsi utama alat tersebut adalah untuk memperkecil ukuran partikel-partikel makanan. Dari empedal, makanan bergerak melalui lekukan usus yang disebut duodenum, yang secara anatomis sejajar dengan pankreas. Pankreas tersebut mempunyai fungsi penting dalam pencernaan unggas seperti halnya pada spesies-spesies lainnya. Alat tersebut menghasilkan getah pankreas dalam jumlah banyak yang mengandung enzim-enzim amilolitik, lipolitik dan proteolitik. Enzim-enzim tersebut berturut-turut menghidrolisa pati, lemak, proteosa dan pepton. Empedu hati yang mengandung amilase, memasuki pula duodenum.

Bahan makanan bergerak melalui usus halus yang dindingnya mengeluarkan getah usus. Getah usus tersebut mengandung erepsin dan beberapa enzim yang memecah gula. Erepsin menyempurnakan pencernaan protein, dan menghasilkan asam-asam amino, enzim yang memecah gula mengubah disakarida ke dalam gula-gula sederhana (monosakarida) yang kemudian dapat diasimilasi tubuh. Penyerapan dilaksanakan

melalui villi usus halus.

Unggas tidak mengeluarkan urine cair. Urine pada unggas mengalir ke dalam kloaka dan dikeluarkan bersama-sama feses. Warna putih yang terdapat dalam kotoran ayam sebagian besar adalah asam urat, sedangkan nitrogen urine mammalia kebanyakan adalah urine. Saluran pencernaan yang relatif pendek pada unggas digambarkan pada proses pencernaan yang cepat (lebih kurang empat jam).

PERBEDAAN TERNAK RUMINANSIA DAN NON RUMINANSIA



Materi 6 : Regulasi Makan

Pokok Bahasan : Regulasi makan atau keinginan untuk makan

Sub Pokok Bahasan :

- a) Nutrisi
- b) Definisi rasa lapar
- c) Fisiologi nafsu makan

A. Nutrisi

Nutrisi adalah substansi-substansi yang harus disediakan melalui diet karena tubuh tidak dapat mensintesa substansi-substansi tersebut dalam jumlah yang adekuat. Manusia membutuhkan nutrisi penghasil energi (protein, lemak, dan karbohidrat), vitamin, mineral, dan air agar tetap sehat (Fauci et al. 2008). Jumlah nutrisi yang harus dikonsumsi untuk menjaga kesehatan manusia dan makhluk hidup berada dalam rentang yang luas, namun kemampuan adaptasi tubuh terhadap jumlah nutrisi yang masuk memiliki batas. Nutrisi dalam jumlah terlalu banyak atau terlalu sedikit akan memberikan efek yang tidak menguntungkan terhadap kesehatan tubuh (Fauci et al. 2008). Kebutuhan nutrisi tubuh seseorang dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, pertumbuhan, kehamilan, menyusui, aktivitas fisik, komposisi menu makanan, penyakit yang dialami,

dan obat-obatan yang dikonsumsi dan berbeda-beda untuk setiap orangnya (Fauci et al. 2008).

B. Definisi Rasa lapar

Rasa lapar dan nafsu makan didefinisikan sebagai suatu keinginan intrinsik seseorang untuk mendapatkan jumlah makanan tertentu untuk dikonsumsi. Sedangkan nafsu makan didefinisikan sebagai preferensi seseorang terhadap jenis makanan tertentu yang ingin dikonsumsi. Mekanisme rasa lapar dan nafsu makan adalah suatu sistem regulator otomatis yang penting dalam usaha tubuh untuk mencukupi kebutuhan nutrisi intrinsiknya (Guyton dan Hall, 2006).

1. Fisiologi nafsu makan

Nafsu makan dan rasa lapar muncul sebagai akibat perangsangan beberapa area di hipotalamus yang menimbulkan rasa lapar dan keinginan untuk mencari dan mendapatkan makanan. Nukleus ventromedial pada hipotalamus berperan sebagai pusat rasa kenyang. Pusat ini dipercaya berfungsi memberi sinyal kepuasan nutrisi yang akan menghambat pusat nafsu makan. Stimulasi elektrik pada daerah ini akan menyebabkan rasa kenyang dan puas, yang dengan keberadaan makanan pun akan menyebabkan hewan coba menolak makanan

tersebut (aphagia). Sedangkan kerusakan pada daerah ini menyebabkan hewan coba makan secara berlebihan dan terus menerus sehingga menyebabkan keadaan obesitas yang sangat ekstrim (Guyton dan Hall, 2006).

Jumlah makanan yang dapat diterima tubuh diatur oleh nukleus paraventrikuler, dorsomedial, dan arkuatus hipotalamus. Lesi pada daerah paraventrikuler akan menyebabkan pola makan yang meningkat secara eksematis, sedangkan lesi pada daerah dorsomedial akan menekan perilaku makan. Nukleus arkuatus sendiri adalah lokasi berkumpulnya hormon-hormon dari saluran gastrointestinal dan jaringan lemak yang kemudian akan mengatur jumlah makanan yang dimakan dan juga penggunaan energi (Guyton dan Hall, 2006).

Pusat-pusat nafsu makan tersebut saling terhubung melalui sinyal-sinyal kimia sehingga dapat mengkoordinasikan perilaku makan dan persepsi rasa kenyang. Nukleus-nukleus tersebut juga mempengaruhi sekresi berbagai hormon yang mengatur energi dan metabolisme, termasuk hormon dari kelenjar tiroid, adrenal dan juga pulau-pulau Langerhans dari pancreas. Pusat rasa lapar dan kenyang pada hipotalamus tersebut dipadati oleh reseptor untuk neurotransmitter dan hormon yang mempengaruhi perilaku makan. Hormon dan neurotransmitter tersebut terbagi atas substansi oreksigenik yang

menstimulasi nafsu makan dan anorexigenik yang menghambat nafsu makan, seperti terlihat pada Tabel berikut;

Decrease Feeding (Anorexigenic)	Increase Feeding (Orexigenic)
α -Melanocyte-stimulating hormone (α -MSH)	Neuropeptide Y (NPY)
Leptin	Agouti-related protein (AGRP)
Serotonin	Melanin-concentrating hormone (MCH)
Norepinephrine	Orexins A and B
Corticotropin-releasing hormone	Endorphins
Insulin	Galanin (GAL)
Cholecystokinin (CCK)	Amino acids (glutamate and γ -aminobutyric acid)
Glucagon-like peptide (GLP)	Cortisol
Cocaine- and amphetamine-regulated transcript (CART)	Ghrelin
Peptide YY (PYY)	

Sinyal yang menuju hipotalamus dapat berupa sinyal neural, hormon, dan metabolit. Informasi dari organ viseral, seperti distensi abdomen, akan dihantarkan melalui nervus vagus ke sistem saraf pusat. Sinyal hormonal seperti leptin, insulin, dan beberapa peptida usus seperti peptida YY dan kolesistokinin akan menekan nafsu makan (senyawa anorexigenic), sedangkan kortisol dan peptida usus ghrelin akan merangsang nafsu makan (senyawa orexigenic). Kolesistokinin, adalah peptida yang dihasilkan oleh usus halus dan memberi sinyal ke otak secara langsung melalui pusat kontrol hipotalamus atau melalui nervus vagus, seperti terlihat pada Gambar 2.1 (Fauci et al. 2008). Selain sinyal neural dan

hormonal, metabolit-metabolit juga dapat mempengaruhi nafsu makan, seperti efek hipoglikemia akan menimbulkan rasa lapar. Namun, metabolit-metabolit tersebut bukanlah regulator nafsu makan utama karena melepaskan sinyal-sinyal hormonal, metabolik, dan neural tidak secara langsung, namun dengan mempengaruhi pelepasan berbagai macam peptida-peptida pada hipotalamus (Neuropeptide Y, Agouti-related Peptide, Melanocyte Stimulating Hormone, Melanin Concentrating Hormone). Peptida-peptida tersebut terintegrasi dengan jalur sinyal daripada sistem serotonergik, katekolaminergik, endocannabinoid, dan opioid.

**Materi 7: Proses Nutrisi Zat Makanan pada Karbohidrat
(klasifikasi, pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme)**

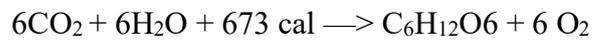
Pokok Bahasan : Karbohidrat

Sub Pokok Bahasan :

- a) Klasifikasi karbohidrat
- b) Pencernaan, Penyerapan dan transportasi karbohidrat
- c) Metabolisme Karbohidrat

Karbohidrat adalah zat organik utama yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan dan biasanya mewakili 50 sampai 75 persen dari jumlah bahan kering dalam bahan makanan ternak. Karbohidrat sebagian besar terdapat dalam biji, buah dan akar tumbuhan. Zat tersebut terbentuk oleh proses fotosintesis, yang melibatkan kegiatan sinar matahari terhadap hijauan daun. Hijauan daun merupakan zat fotosintetik aktif pada tumbuh-tumbuhan. Zat tersebut merupakan molekul yang rumit dengan suatu struktur yang serupa dengan struktur hemoglobin, yang terdapat dalam darah hewan. Hijauan daun mengandung magnesium : hemoglobin mengandung besi. Lebih terperinci lagi, karbohidrat dibentuk dari air (H_2O) berasal dari tanah, karbondioksida (CO_2) berasal dari udara dan energi berasal dari matahari. Suatu reaksi kimiawi sederhana yang memperlihatkan

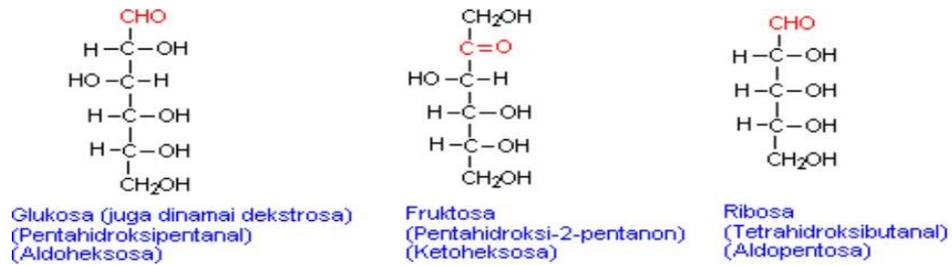
suatu karbohidrat (glukosa) disintesis oleh fotosintesis dalam tumbuh-tumbuhan adalah sebagai berikut :



Monosakarida adalah gula-gula sederhana yang mengandung lima atau enam atom karbon dalam molekulnya. Zat tersebut larut dalam air. Monosakarida yang mengandung enam karbon mempunyai formula molekul $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Termasuk di dalamnya glukosa (juga dikenal sebagai dekstrosa) terdapat pada tumbuhan, buah masak, madu, jagung manis, dan sebagainya. Pada hewan zat tersebut terutama terdapat dalam darah yang pada konsentrasi tertentu adalah sangat vital untuk kehidupan. Orang sakit dapat diberi makan dengan menginfus glukosa langsung ke dalam peredaran darah.

Disakarida adalah karbohidrat yang mengandung dua molekul gula-gula sederhana. Mempunyai formula umum $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Karenanya zat tersebut mewakili dua molekul gula sederhana minus air (dua atom hidrogen dan satu atom oksigen). Disakarida yang sangat penting adalah sukrosa, maltosa dan laktosa. Sukrosa ditemukan dalam ubi manis atau gula tebu dan tiap molekul mengandung satu molekul glukosa (dekstrosa) dan satu molekul fruktosa (levulosa). Sukrosa rasanya sangat manis dan lazimnya digunakan untuk membuat manis

bahan makanan, jadi merupakan gula yang digunakan sehari-hari dan digunakan untuk masak.



Sukrosa terdapat pula dalam buah-buahan masak, dan getah pohon serta tersebar luas di alam. Maltosa ditemukan dalam biji yang sedang tumbuh dan mengandung dua molekul glikosa. Gula tersebut manisnya kurang lebih sepertiga manisnya sukrosa. Laktosa adalah gula susu dan hanya terdapat dalam susu (atau hasil-hasil dari susu).

Zat tersebut terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa. Laktosa tidak dapat digunakan oleh ayam karena sekresi pencernaan ayam yang tidak mengandung enzim laktosa yang diperlukan untuk mencerna laktosa. Trisakarida terdiri dari tiga molekul monosakarida yaitu galaktosa, fruktosa dan glukosa. Raffinosa adalah suatu trisakarida yang terdapat dalam gula biet dan biji kapas. Polisakarida mempunyai formula kimiawi umum $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Berarti bahwa zat tersebut mengandung banyak molekul gula-gula sederhana.

Kedua golongan utama dari polisakarida adalah pati dan selulosa, meskipun masih ada golongan-golongan lebih kecil lainnya yang kurang penting. Selulosa merupakan kelompok organik terbanyak di alam; hampir 50 persen zat organik dalam tumbuh-tumbuhan diduga terdiri dari selulosa. Meskipun selulosa dan pati keduanya adalah polisakarida yang terdiri dari unit-unit glikogen, ayam hanya mempunyai enzim yang dapat menghidrolisa pati. Karenanya selulosa tidak dapat dicerna sama sekali. Selulosa terutama terdapat dalam dinding sel dan bagian tumbuh-tumbuhan yang berkayu. Hewan ruminansia (sapi, domba dan kambing) yang mempunyai mikroorganisme selulolitik dalam perut besarnya dapat menyerap selulosa dan membuat hasil-hasil akhirnya (asam lemak atsiri) berguna bagi hewan itu sendiri. Dalam proses pencernaan tersebut banyak energi telah hilang sehingga selulosa bagi hewan ruminansia mempunyai nilai gizi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pati yang mudah dicerna. Pada ayam, selulosa lebih banyak digunakan untuk membatasi penggunaan zat-zat makanan, terutama dalam pertumbuhan ayam dara. Dalam penyusunan ransum, selulosa diistilahkan dengan nama "serat kasar". Pati merupakan polisakarida terpenting dalam tumbuh-tumbuhan, karenanya merupakan zat paling penting dalam ransum ternak. Pada

sebagian besar tumbuh-tumbuhan, pati disimpan didalam buah, biji dan akar. Bila pati dirombak, maka akan menghasilkan banyak molekul glukosa. Glikogen atau "pati hewan" terdapat dalam jumlah sedikit dalam hati, otot dan jaringan-jaringan lain dari tubuh hewan. Glikogen mengandung banyak molekul glukosa. Fungsi Utama Karbohidrat dalam Ransum Fungsi utama karbohidrat dalam ransum ayam adalah untuk memenuhi kebutuhan energi dan panas bagi semua proses-proses tubuh. Ayam adalah hewan yang aktif dalam pergerakannya dan mempunyai suhu badan tinggi (40,5 - 41,5°C). Karena suhu tersebut biasanya adalah lebih tinggi daripada udara sekelilingnya, maka tubuh ayam secara terus-menerus kehilangan panas. Oleh sebab itu ayam memerlukan bahan makanan yang mengandung energi dalam jumlah besar untuk mengganti panas yang hilang tersebut. Jagung, beras, sorghum, gandum dan hasil ikutan penggilingan, merupakan bahan makanan utama yang mengandung energi. Bila ayam dalam ransumnya memperoleh karbohidrat terlalu banyak maka kelebihan tersebut oleh tubuh akan dirubah ke dalam lemak yang akan disimpan sebagai sumber energi potensial. Serat kasar (termasuk selulosa) merupakan sumber panas dan energi bila dicerna. Zat tersebut mencegah pula menggumpalnya makanan dalam lambung dan usus hewan dengan cara memberi pengaruh

pencakar dan mempertahankan tensi otot yang wajar dalam saluran pencernaan. Nilai Berbagai-macam Karbohidrat Karbohidrat dalam bahan makanan berbeda besar sekali dalam pencernaan dan nilai gizi. Pati dan gula mudah dicerna dan mempunyai nilai gizi tinggi. Selulosa dan karbohidrat kompleks lainnya dicerna hanya melalui kegiatan bakteri yang terdapat di dalam perut besar hewan

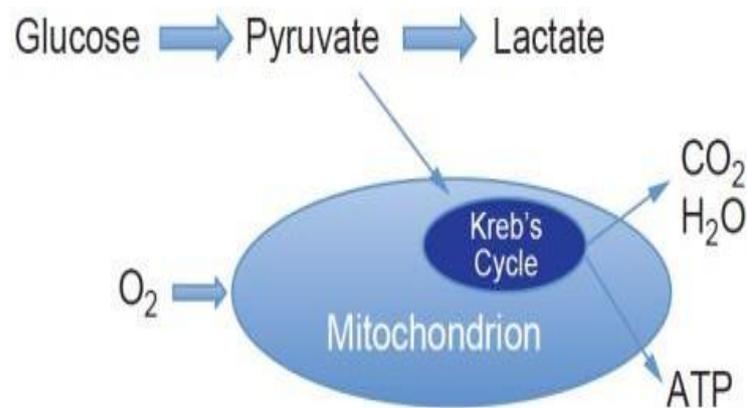
ruminansia, di dalam usus buntu dan usus besar kuda dan dalam jumlah yang lebih sedikit di dalam usus besar hewan lainnya. Hal ini berarti bahwa hewan ruminansia, seperti sapi dan domba dan juga kuda sanggup mencerna dan menggunakan serat kasar bahan pakan secara baik meskipun zat tersebut dibandingkan dengan pati mempunyai nilai yang lebih rendah bagi hewan-hewan tersebut. Ayam dan babi dapat sedikit menggunakan serat kasar. Dalam proses pencernaan, maka pati dirubah ke dalam glukosa. Gula-gula campuran juga hampir seluruhnya dirubah ke dalam glukosa atau gula-gula sederhana lainnya dan kemudian diserap ke dalam darah. Pada pencernaan serat kasar dengan pertolongan bakteri, maka hasil utama yang dapat digunakan adalah asam-asam organik, sebagian besar asam asetat. Asam-asam organik tersebut kemudian diserap dan digunakan dalam tubuh sama halnya seperti glukosa. Karena karbohidrat merupakan lebih kurang tiga-perempat bagian dari bahan kering sebagian besar

tumbuh-tumbuhan, maka zat tersebut merupakan sumber utama energi dan panas bagi ayam. Sebagian besar energi guna pekerjaan otot jadinya berasal dari karbohidrat dalam bahan pakan. Telah diketahui pula bahwa karbohidrat merupakan sumber utama lemak tubuh dan merupakan sumber lemak penting dalam susu.

- **Metabolisme Karbohidrat**

Karbohidrat meliputi sekelompok senyawa organik yang mencakup gula dan pati, serta selain karbon, karbohidrat mengandung hidrogen dan oksigen dalam rasio yang sama dengan air (2:1). Tiga disakarida sangat penting bagi manusia adalah sukrosa: glukosa dan fruktosa; laktosa: glukosa dan galaktosa; dan maltosa: glukosa dan glukosa. Pati, yang terdapat di biji-bijian seperti gandum, nasi, dan barley dan tumbuhan lain, seperti kentang dan jagung, terdiri dari banyak unit glukosa yang terikat oleh ikatan glikosidik. Gula adalah sumber energi yang penting bagi tubuh dan satu-satunya sumber energi bagi otak. Hati adalah tempat metabolisme karbohidrat dimana regulasi, penyimpanan, dan produksi glukosa berlangsung. Hati merupakan satu-satunya organ yang mengandung glukosa kinase, enzim yang memiliki laju reaksi tinggi (K_m), mampu memfosforilasi glukosa, tapi hanya ketika konsentrasinya tinggi. Konsentrasi yang cukup segera muncul setelah makan ketika

konsentrasi glukosa di vena porta meningkat. Setidaknya 99% dari semua energi yang berasal dari karbohidrat digunakan oleh mitokondria untuk membentuk ATP di dalam sel.



Produk akhir dari pencernaan karbohidrat pada traktus gastrointestinal adalah glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Setelah diabsorpsi ke sirkulasi, fruktosa dan galaktosa segera diubah menjadi glukosa. Sehingga, glukosa adalah molekul utama yang digunakan untuk memproduksi ATP. Glukosa ini harus ditranspor melewati membran sel ke dalam sitoplasma sel sebelum dapat digunakan oleh sel. Transpor ini menggunakan carrier protein dalam difusi yang dimediasi oleh carrier, yang ditingkatkan oleh insulin, sehingga transpor glukosa ke dalam sel pada diabetes mellitus atau sepsis, mengakibatkan hiperglikemia disertai sekuele lainnya. Segera setelah masuk ke dalam sel, glukosa dikonversi menjadi glukosa- 6-fosfat oleh kerja enzim heksokinase. Glukosa yang terfosforilasi terionisasi pada pH 7 dan karena membran plasma tidak permeabel terhadap ion,

glukosa yang terfosforilasi tidak dapat melewati membran kembali dan terperangkap di dalam sel. Fetus mendapatkan hampir semua energinya melalui glukosa yang didapatkan dari sirkulasi maternal. Segera setelah lahir, cadangan glikogen bayi masih cukup untuk memasok glukosa selama beberapa jam. Selanjutnya, glukoneogenesis sangat terbatas pada neonatus. Akibatnya, neonatus rentan untuk mengalami hipoglikemia jika tidak segera diberi makanan.

1.1 Glikogen

Setelah masuk ke dalam sel, glukosa dapat langsung digunakan untuk pelepasan energi ke dalam sel atau dapat berperan sebagai substrat untuk glikogen sintase. Defosforilasi dari enzim glikogen sintase oleh protein fosfatase-1, yang diregulasi oleh insulin dan glukagon, mengaktifkan enzim ini. Glikogen sintase yang aktif menggabungkan molekul glukosa menjadi polimer yang panjang, mirip dengan cara tumbuhan menyimpan karbohidrat dalam bentuk pati. Glikogen sintase dinonaktifkan ketika difosforilasi oleh glikogen sintase kinase-3, protein kinase yang diaktifkan oleh 5'-adenosin monofosfat, dan protein kinase-A. Hati dan otot skeletal mampu menyimpan glikogen dalam jumlah besar, tapi semua sel dapat menyimpan paling tidak sedikit glukosa dalam bentuk glikogen, dan glikogen dalam sel-sel ini diketahui memiliki peran penting dalam kesehatan dan penyakit. Hati menyimpan glikogen untuk pelepasan glukosa saat puasa,

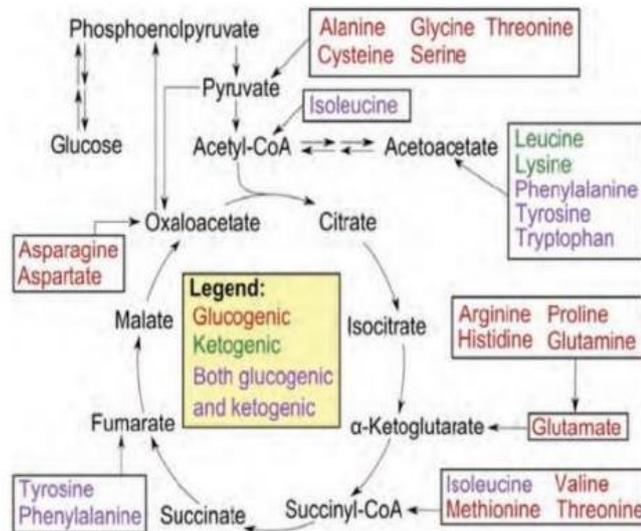
dan otot, yang dapat menyimpan sebanyak 90% glukosa yang terkandung dalam satu kali makan, mengkatabolisme glikogen saat olahraga berat. Kemampuan untuk membentuk glikogen memungkinkan kita menyimpan glukosa dalam jumlah yang cukup besar tanpa mengganggu tekanan osmotik cairan intraseluler. Glukosa diambil dari glikogen diantara waktu makan, selama puasa, dan selama olahraga oleh glikogen fosforilase dan oleh enzim pencabang.

1.2 Glukoneogenesis

Glukoneogenesis adalah pembentukan glukosa dari asam amino dan gliserol dari lemak. Pertama-tama asam amino dideaminasi sebelum masuk ke siklus asam sitrat (Krebs) (lihat Gambar. 33-3). Proses ini terjadi ketika cadangan glikogen tubuh menurun dibawah nilai normal. Diperkirakan sekitar 60% dari asam amino dalam protein tubuh dapat dikonversi dengan mudah menjadi piruvat dan glukosa, sementara 40% sisanya memiliki konfigurasi kimiawi yang membuatnya sulit dikonversi. Glukoneogenesis distimulasi oleh hipoglikemia. Terutama di hati, pelepasan kortisol memobilisasi protein, sehingga dapat dipecahkan menjadi asam amino yang digunakan dalam glukoneogenesis. Tiroksin juga dapat meningkatkan laju glukoneogenesis.

1.3 Pelepasan Energi dari Glukosa

Glukosa secara progresif dipecah menjadi dua molekul piruvat, yang keduanya dapat masuk ke dalam siklus asam sitrat (Gambar 33-4), dan energi yang dihasilkan dapat digunakan untuk membentuk ATP. Untuk setiap mol glukosa yang terdegradasi menjadi karbon dioksida dan air, menghasilkan 38 mol ATP. Cara yang paling penting bagaimana energi dilepaskan dari molekul glukosa adalah melalui glikolisis dan oksidasi produk akhir glikolisis. Glikolisis adalah pemisahan molekul glukosa menjadi dua molekul piruvat, yang masuk ke dalam mitokondria dimana piruvat diubah menjadi asetil-koenzim A



(CoA), yang masuk ke dalam siklus asam sitrat dan diubah menjadi karbon dioksida dan ion hidrogen dengan pembentukan ATP (fosforilasi oksidatif). Fosforilasi oksidatif terjadi hanya di mitokondria dan jika ada oksigen.

1.4 Glikolisis Anaerob

Saat tidak ada oksigen yang cukup, energi dapat dilepaskan dalam jumlah kecil melalui glikolisis anaerob, yang juga dikenal dengan fermentasi pada tumbuhan, jamur, dan bakteri karena konversi glukosa menjadi piruvat tidak membutuhkan oksigen. Memang, glukosa adalah satu-satunya nutrien yang dapat berperan sebagai substrat untuk pembentukan ATP tanpa oksigen. Pelepasan energi glikolitik ini ke sel dapat menyelamatkan nyawa untuk beberapa menit jika oksigen tidak tersedia.⁷¹ Selama glikolisis anaerob, sebagian besar asam piruvat diubah menjadi asam laktat, yang berdifusi dengan cepat keluar dari sel menuju cairan ekstraseluler. Ketika oksigen tersedia lagi, asam laktat ini dapat diubah kembali menjadi glukosa. Rekonversi ini terjadi terutama di hati. Penyakit hati yang berat dapat mengganggu kemampuan hati untuk mengubah asam laktat menjadi glukosa, yang dapat mengakibatkan asidosis metabolik.

**Materi 8: Proses Nutrisi Zat Makanan pada Lemak
(klasifikasi, pencernaan, penyerapan, transportasi, dan
metabolisme)**

Pokok Bahasan : Lemak

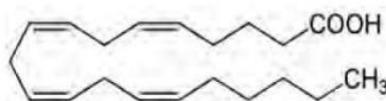
Sub Pokok Bahasan :

- a) Klasifikasi lemak
- b) Pencernaan, Penyerapan dan transportasi lemak
- c) Metabolisme lemak

Lemak adalah molekul organik hidrofobik yang mencakup wax, sterol, vitamin larut lemak, trigliserida, fosfolipid, dan senyawa lainnya. Lemak mengandung energi potensial yang tinggi, tapi juga penting sebagai komponen struktural dari membran sel, dalam jalur sinyal, dan sebagai prekursor pada beberapa sitokin. Asam lemak dan derivatnya dan juga molekul yang mengandung sterol seperti kolesterol juga dianggap sebagai lemak. Walaupun ada jalur biosintesis untuk mensintesis dan mendegradasi lemak, beberapa asam lemak penting bagi tubuh dan harus dikonsumsi dari makanan. Asam lemak adalah asam karboksilat yang terdiri dari rantai hidrokarbon panjang yang berakhir pada grup karboksil (Gambar. 33-5). Manusia dapat mendesaturasi atom karbon tidak lebih dari

karbon ke-9 dari ekor rantai alifatik. Namun, manusia memerlukan asam lemak (sehingga penting bagi tubuh) yang terdesaturasi sampai karbon ke-6 dan ke-3 dari rantai alifatik – asam lemak $\omega 6$ dan $\omega 3$, secara berurutan. Dua puluh rantai karbon asam lemak disimpan pada posisi kedua dari fosfolipid, dan ketika dilepaskan, berperan sebagai substrat untuk beberapa sitokin yang sangat penting, eikosanoidprostaglandin, tromboksan, dan leukotrien.

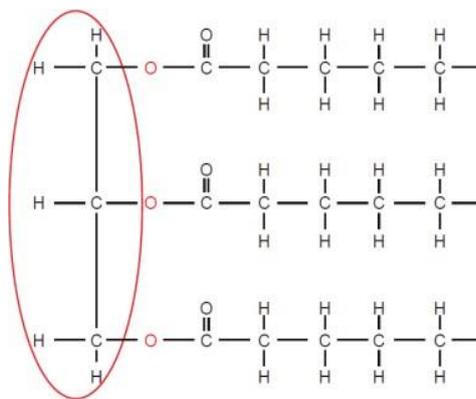
Asam arakhidonat merupakan sebuah asam lemak $\omega 6$ dengan 20 rantai karbon ($C_{20:4\omega 6}$) adalah prekursor untuk prostaglandin dan tromboksan dari seri kedua dan leukotrien dari seri keempat, sedangkan asam eikosapentanoat, $C_{20:5\omega 3}$, adalah prekursor untuk prostaglandin dan tromboksan dari seri ketiga dan leukotrien dari seri kelima.



Gambar 1. . Rantai panjang asam lemak, asam arakidonat.

Sebuah gliserol yang mengikat pada tiga molekul asam lemak yang terikat dikenal sebagai trigliserida (Gambar. 33-6). Sebuah molekul trigliserida dimana satu asam lemak diganti oleh ion

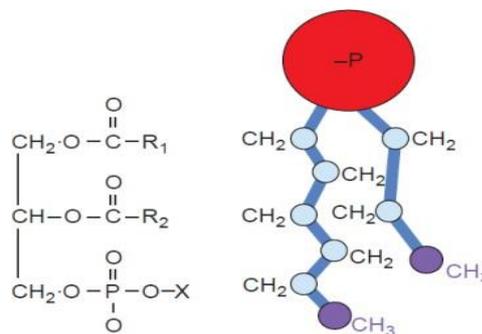
fosfat dikenal sebagai fosfolipid (Gambar. 33-7). Fosfolipid adalah balok bangunan dari membran sel (Gambar. 33-8), membentuk myelin, dan karena struktur dan fungsinya yang unik, digunakan dalam aplikasi ilmiah lainnya. Trigliserida, setelah diabsorpsi dari traktus gastrointestinal, ditranspor dalam limfe dan lalu melalui duktus thorakikus, masuk ke dalam sirkulasi dalam bentuk droplet yang disebut kilomikron. Kilomikron dengan cepat dikeluarkan dari sirkulasi dan disimpan saat melewati kapiler jaringan adiposa dan otot skeletal. Trigliserida digunakan dalam tubuh terutama untuk menyediakan energi untuk proses metabolisme yang sama dengan karbohidrat.



Gambar 2. Trigliserida tersusun dari molekul gliserol (dilingkari merah) dan tiga rantai asam lemak.

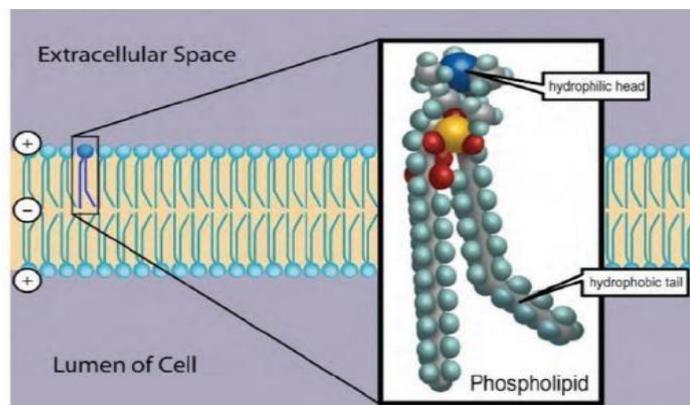
Kolesterol tidak mengandung asam lemak, tapi kolesterol adalah lemak karena terdiri dari karbon dan hidrogen, bukan

sebagai rantai karbon alifatik tapi dengan empat cincin yang terbuat dari karbon (Gambar. 33-9). Tujuh puluh lima persen kolesterol diproduksi di hati dalam proses sintesis yang melibatkan 37 langkah, sementara 25% kolesterol lainnya dikonsumsi dari makanan.



Substitusi salah satu asam lemak dengan ion fosfat menghasilkan fosfolipid. Struktur kimia di sebelah kiri; gambar kartun di sebelah kanan menunjukkan kelompok fosfat hidrofilik (berwarna merah), dengan rantai hidrokarbon hidrofobik (berwarna biru). Molekul yang merupakan separuh lemak dan separuh protein, lipoprotein, juga disintesis terutama di hati (Tabel 33-2). Diduga fungsi lipoprotein adalah memberikan mekanisme transpor lemak di seluruh tubuh. Lipoprotein diklasifikasikan menurut densitasnya, yang berbanding terbalik dengan kandungan lemaknya. Semua kolesterol dalam plasma ditemukan dalam kompleks lipoprotein, dengan lipoprotein densitas rendah (LDL) mencakup mayoritas komponen kolesterol

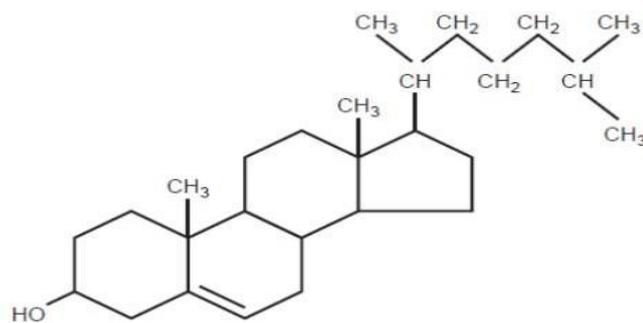
di plasma. LDL ini menyediakan kolesterol bagi jaringan, yang merupakan komponen esensial untuk membran sel dan digunakan untuk sintesis kortikosteroid dan hormon seksual. Di hati, LDL diambil oleh endositosis yang dimediasi reseptor. Sistem kontrol umpan balik intrinsik meningkatkan produksi kolesterol endogen ketika asupan eksogen berkurang, menjelaskan efek penurunan yang relatif ringan dari konsentrasi kolesterol yang terjadi pada diet rendah kolesterol. Jika peningkatan endogen dari sintesis kolesterol ini diblok oleh obat yang menghambat hidrosimetilglutaril koenzim A (HMG-CoA) reduktase, maka akan terjadi penurunan konsentrasi kolesterol plasma.



Membran sel adalah lapisan bilipid, terdiri dari dua lapisan fosfolipid. Ujung fosfat adalah hidrofilik, sedangkan dua asam lemak adalah hidrofobik, yang mengarah ke bagian dalam membran. Obat yang secara selektif menghambat HMG-CoA dikenal sebagai statin. Statin secara efektif menurunkan kolesterol LDL plasma dan memberikan perlindungan

terhadap penyakit jantung akut.

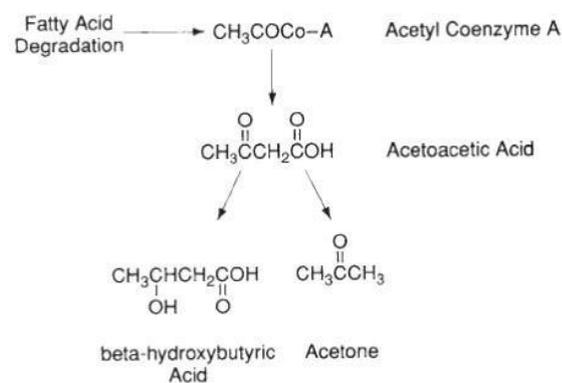
Sebagai tambahan, statin menurunkan konsentrasi trigliserida plasma dan sedikit meningkatkan konsentrasi kolesterol lipoprotein densitas tinggi (HDL). Obat yang mengikat garam empedu (kolestiramin, kolestipol) mencegah kolesterol masuk kembali ke dalam sirkulasi sebagai bagian dari sirkulasi enterohepatik. Kerugian dari menggunakan obat yang mengikat garam empedu untuk menurunkan konsentrasi kolesterol plasma adalah peningkatan konsentrasi trigliserida plasma. Langkah



pertama dalam menggunakan trigliserida sebagai energi adalah hidrolisis menjadi asam lemak dan gliserol dan transpor produk ini ke jaringan, dimana mereka akan dioksidasi. Hampir semua sel, kecuali sel otak, dapat menggunakan asam lemak untuk menggantikan glukosa sebagai energi.

Degradasi dan oksidasi dari asam lemak hanya terjadi di mitokondria, menghasilkan pelepasan progresif dari dua fragmen karbon (β -oksidasi) dalam bentuk asetil-CoA (Gambar. 33-10).

Molekul asetil-CoA ini masuk ke dalam siklus asam sitrat dengan cara yang sama dengan asetil-CoA yang dibentuk oleh piruvat pada metabolisme glukosa, yang pada akhirnya membentuk ATP. Di hati, dua molekul asetil-CoA yang terbentuk dari degradasi asam lemak dapat bergabung untuk membentuk asam asetoasetat.



Degradasi asam lemak dalam hati membentuk asetil-koA. Dua molekul asetil-KoA bergabung untuk membentuk asam asetoasetat, yang sebagian besar diubah menjadi asam β -hidroksibutirat, dan sisanya diubah menjadi aseton. Sejumlah asam asetoasetat diubah menjadi asam β -hidroksibutirat dan sisanya menjadi aseton. Jika tidak terjadi metabolisme karbohidrat yang adekuat (kelaparan atau diabetes mellitus tidak terkontrol), akan terjadi penumpukan asam asetoasetat, β -hidroksibutirat, dan aseton dalam jumlah besar di dalam darah yang mengakibatkan ketosis karena hampir semua energi dalam tubuh harus berasal dari metabolisme lemak. Berbeda dengan

glikogen, lemak dalam jumlah besar dapat disimpan dalam jaringan adiposa dan di hati. Fungsi utama dari jaringan adiposa adalah untuk menyimpan trigliserida sampai mereka dibutuhkan untuk energi. Epinefrin dan norepinefrin mengaktifkan trigliserida lipase dalam sel yang mengakibatkan mobilisasi dari asam lemak.

**Materi 9 dan 10 : Proses Nutrisi Zat Makanan pada
Protein (pencernaan, penyerapan, transportasi, dan
metabolisme)**

Pokok Bahasan : Protein

Sub Pokok Bahasan :

- a) Klasifikasi protein
- b) Pencernaan, Penyerapan dan transportasi protein
- c) Metabolisme protein

- **Klasifikasi Protein**

Globuler	Fibrosa	Terkonjugasi
Albumin	Kolagen	Mukoprotein
Globulin	Serat elastin	Komponen struktural sel
Fibrinogen	Keratin	
Hemoglobin	Aktin	
Enzim	Myosin	
Nukleoprotein		

- **Metabolisme Protein**

Sekitar 75% dari unsur padat dalam tubuh adalah protein (Tabel 33-3). Semua protein terdiri dari 20 asam amino yang sama, dan beberapa diantaranya harus dikonsumsi dalam makanan karena mereka tidak dapat dibentuk secara endogen (asam amino esensial) (Tabel 33-4). Protein diet harus dicerna menjadi asam amino dan di- dan tripeptida sebelum dapat

diabsorpsi. Proses dimulai di lambung ketika pepsinogen diubah menjadi pepsin pada pH asam. Proses berlanjut di usus halus dimana pankreas mensekresi tripsin, kemotripsin dan karboksipeptida. Protease gaster dan pankreas ini menghirolisis protein menjadi peptida rantai sedang dan kecil. Peptidase di batas usus halus menghidrolisis peptida rantai sedang dan kecil ini menjadi asam amino dan di- dan tripeptida bebas. Produk akhir pencernaan ini, terbentuk pada permukaan enterosit, siap diabsorpsi oleh transporter asam amino natrium-dependen.

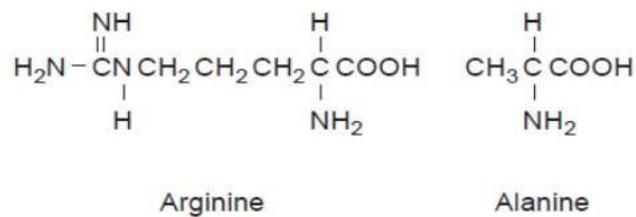
Asam amino nonesensial dapat disintesis dari asam α -keto yang sesuai. Contoh, piruvat yang terbentuk dari pemecahan glikolisis dari glukosa adalah asam keto prekursor alanin. Setiap asam amino memiliki grup karboksil asam (COOH) dan grup amino (NH₃R).

- Asam Amino

Esensial	Nonesensial
Arginin	Alanin
Histidin	Asparagin
Isoleusin	Asam aspartat
Leusin	Sistein
Lisin	Asam glutamat
Methionin	Glutamin
Fenilalanin	Glisin
Threonin	Prolin
Triptofan	Serin
Valin	Tirosin

Protein terbentuk dari asam amino yang terhubung satu

sama lain oleh ikatan amida, sebuah ikatan kimiawi kovalen antara grup karboksil dari satu asam amino dengan grup amino dari asam amino lainnya. Hasil ikatan C(O)NH disebut ikatan peptida, dan hasil molekulnya adalah amida.



Contoh asam amino yang mengandung gugus asam (COOH) atau gugus amino (NH₂). Grup keempat atom fungsional -C(=O)NH- disebut rantai peptida (Gambar. 33-12). Bahkan protein yang paling kecil mengandung lebih dari 20 asam amino yang terhubung ke rantai peptida, sedangkan kompleks protein memiliki hingga 100,000 asam amino. Sebagai tambahan, lebih dari satu rantai asam amino dalam protein dapat terikat ke rantai asam amino lainnya melalui ikatan hidrogen, ikatan hidrofobik, atau gaya elektrostatik.

Asam amino adalah asam yang cukup kuat dan ada dalam darah terutama dalam bentuk terionisasi. Setelah makan, konsentrasi asam amino dalam darah meningkat hanya beberapa miligram, menunjukkan pengambilan jaringan yang sangat cepat,

terutama oleh hati. Masuknya asam amino ke dalam sel memerlukan mekanisme transpor aktif karena zat ini terlalu besar untuk lewat secara difusi atau melalui kanal di membran sel. Pada tubulus ginjal proksimal, asam amino yang masuk ke filtrat glomerular ditranspor aktif kembali ke dalam darah.

Mekanisme transpor ini memiliki nilai maksimal diatas dimana asam amino muncul di urin. Namun, pada orang normal, kehilangan asam amino melalui urin 15 setiap hari tidak ada artinya. Kegagalan mentranspor asam amino ke dalam darah mengindikasikan penyakit ginjal.

3.1 Penyimpanan Asam Amino

Segera setelah masuk ke dalam sel, asam amino dikonjugasi dibawah pengaruh enzim intraseluler menjadi protein intraseluler. Hasilnya, konsentrasi asam amino di dalam sel tetap rendah. Konsentrasi asam amino di dalam sel rendah karena sel menggunakannya sebagai substrat untuk membentuk protein di dalam hati, ginjal, dan mukosa gastrointestinal. Namun, protein ini dapat dengan cepat diuraikan kembali menjadi asam amino di bawah pengaruh enzim digestif liposomal intraseluler. Asam amino yang dihasilkan lalu ditranspor keluar dari sel ke dalam darah untuk mempertahankan konsentrasi asam amino plasma yang optimal. Jaringan dapat mensintesis protein baru dari asam amino dalam darah. Respon ini terutama terlihat pada sintesis protein pada sel kanker. Sel kanker adalah pengguna asam amino

yang paling produktif, dan, secara bersamaan, jaringan lain menjadi kekurangan protein, mengakibatkan kakheksia.

Laju sintesis protein di hepar bergantung pada konsentrasi asam amino dalam darah. Bahkan pada saat lapar atau penyakit yang parah, rasio total protein jaringan terhadap total protein plasma dalam tubuh tetap relatif konstan yaitu 33:1. Karena keseimbangan reversibel antara protein plasma dan protein lainnya dalam tubuh, salah satu terapi yang paling efektif untuk defisiensi protein akut adalah pemberian protein plasma intravena. Dalam beberapa jam, asam amino dari protein yang diberikan akan terdistribusi ke seluruh sel dalam tubuh untuk membentuk protein dimana mereka dibutuhkan.

Setelah sel mengandung asam amino dalam jumlah maksimal, asam amino yang lain akan mengalami deaminasi (deaminasi oksidatif) menjadi asam keto yang dapat masuk ke dalam siklus asam sitrat untuk menjadi ATP atau asam keto akan dilepaskan ke aliran darah, diambil oleh adiposit, dan diubah lalu disimpan sebagai lemak. Ammonia yang dihasilkan dari deaminasi diubah menjadi urea di hati untuk diekskresikan oleh ginjal. Gagal hati akut bermanifestasi dengan adanya akumulasi amonia dalam konsentrasi yang berbahaya. Beberapa Asam amino yang dideaminasi mirip dengan produk pemecahan yang dihasilkan oleh metabolisme glukosa dan asam

lemak. Sebagai contoh, alanin yang terdeaminasi adalah asam piruvat, yang dapat diubah menjadi glukosa atau glikogen, atau dapat menjadi asetil-CoA, yang dipolimerisasi menjadi asam lemak. Konversi asam amino menjadi glukosa atau glikogen disebut glukoneogenesis, dan konversi asam amino menjadi asam lemak disebut ketogenesis. Pada keadaan kurangnya asupan protein, sekitar 20 g sampai 30 g protein endogen didegradasi menjadi asam amino setiap harinya. Pada keadaan lapar berat, fungsi seluler menurun karena kurangnya protein. Karbohidrat dan lemak akan lebih dulu digunakan dibanding protein sampai derajat tertentu, karena mereka lebih diutamakan untuk digunakan sebagai energi dibanding protein. Hormon pertumbuhan dan insulin meningkatkan laju sintesis protein seluler, diduga karena memfasilitasi transfer asam amino ke dalam sel. Glukokortikoid meningkatkan laju pemecahan protein ekstrahepatik, sehingga menghasilkan peningkatan asam amino yang tersedia bagi hati. Ini memungkinkan hati untuk mensintesis protein seluler dan protein plasma dalam jumlah besar. Testosteron meningkatkan deposisi protein di jaringan, terutama protein kontraktil dari otot skeletal.

**Materi 11 : Proses Nutrisi Zat Makanan pada Mineral
(Klasifikasi, pencernaan, penyerapan, transportasi, dan
metabolisme)**

Pokok Bahasan : Mineral

Sub Pokok Bahasan :

- a. Klasifikasi mineral
- b. Pencernaan, Penyerapan dan transportasi mineral
- c. Metabolisme mineral

Mineral merupakan elemen-elemen atau unsur-unsur kimia selain dari karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen yang jumlahnya mencapai 95% dari berat badan. Jumlah seluruh mineral dalam tubuh hanya sebesar 4% (Piliang, 2002). Semua mineral esensial dianggap ada di dalam tubuh hewan (Widodo, 2002). Pembagian mineral ke dalam kelompok mineral makro dan mikro tergantung kepada jumlah mineral tersebut di dalam tubuh hewan, kandungan mineral yang lebih dari 50 mg/kg termasuk kedalam mineral makro, sedangkan di bawah jumlah tersebut termasuk mineral mikro (Darmono, 1995). Mineral diperlukan oleh hewan dalam jumlah yang cukup. Mineral berfungsi sebagai pengganti zat-zat mineral yang hilang, untuk pembentukan jaringan-jaringan pada tulang, urat dan sebagainya serta untuk memproduksi.

Terdapat 22 jenis mineral esensial yaitu tujuh mineral makro yang mencakup Kalsium (Ca), Natrium (Na), Kalium (K), Fosfor (P), Magnesium (Mg), Klor (Cl), Sulfur (S) dan lima belas mineral mikro dan mineral unsur jarang (trace mineral) yang mencakup Besi (Fe), Yodium (I), Seng (Zn), Kobalt (Co), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Molibdenum (Mo), Selenium (Se), Kromium (Cr), Vanadium (V), Flourin (F), Silikon (Si), Nikel (Ni), dan Arsen (As). Alumunium (Al), Timbal (Pb), Rubidium (Ru) hanya bersifat menguntungkan dalam beberapa kondisi (Underwood dan Suttle, 2001). Kebutuhan Mineral Mineral dibutuhkan oleh hewan dalam jumlah yang cukup. Bagi ternak ruminansia, mineral selain digunakan untuk memenuhi kebutuhannya sendiri juga digunakan untuk mendukung dan memasok kebutuhan mikroba rumen.

Pada ternak ruminansia, selama siklus laktasi terdapat perbedaan antara beberapa periode dalam metabolisme mineral. Pada awal Pakan dan Nutrisi Hewan 21 laktasi terjadi pengurasan mineral dari dalam tubuh, hal ini disebabkan mineral diperlukan untuk sintesis air susu. Intensitas pengurasan akan semakin berkurang dengan menurunnya produksi susu sehingga terdapat periode penimbunan mineral dalam tubuh (Toharmat dan Sutardi, 1985). Unsur mineral makro seperti Ca, P, Mg, Na dan K berperan penting dalam aktivitas fisiologis dan

metabolisme tubuh, sedangkan unsur mineral mikro seperti Fe, Cu, Zn, Mn, dan Co diperlukan dalam sistem enzim (McDowell, 1992).

Mineral mikro dibutuhkan hanya dalam jumlah kecil, apabila termakan dalam jumlah besar dapat bersifat racun (Widodo, 2002). Mineral yang dapat menyebabkan keracunan mencakup mineral esensial seperti Cu, Zn, Se, dan mineral non esensial seperti Hg, Pb, dan As (Darmono, 1995). Beberapa mineral berperan penting dalam meningkatkan aktivitas mikroba dalam rumen. Mineral yang mempengaruhi proses fermentasi rumen adalah S, Zn, Se, Co dan Na (Arora, 1989). Mineral di dalam rumen dibutuhkan oleh mikroba untuk pembentukan vitamin B dan protein. Defisiensi mineral akan mempengaruhi hasil dan proses fermentasi pakan dalam rumen. Suplementasi Mineral Mineral sangat penting untuk kelangsungan hidup ternak. Hampir semua mineral ditemukan dalam jaringan ternak dan mempunyai fungsi yang sangat penting dalam proses metabolisme ternak. Suplementasi berbagai bahan pada pakan ternak menghasilkan bobot ternak yang meningkat. Suplemen mineral dianjurkan untuk memenuhi beberapa prinsip, antara lain :

1. campuran akhir minimal mengandung 6- 8% total P, rasio Ca : P tidak melampaui

2. Dapat menyuplai 50% elemen mikro Co, Cu, I, Mn dan Zn 4.
bentuk mineral yang digunakan adalah yang mudah digunakan dan dihindarkan dari kontaminasi dengan mineral-mineral beracun (misalnya sumber P yang terkontaminasi dengan F)
3. Suplemen tersebut hendaknya cukup palatable untuk menjamin tingkat konsumsi yang baik.
4. Perlu diperhatikan ketepatan menimbang, pencampuran yang homogen dan lain sebagainya.
5. Besar partikel hendaknya lebih kecil dan seragam sehingga pencampuran dapat dilakukan secara homogen Pakan dan Nutrisi Hewan
6. Perkiraan kebutuhan yang cukup baik dan akurat dalam hal kebutuhan.
7. Daya guna setiap elemen yang digunakan, dan
8. Tingkat konsumsi hewan (Parakkasi, 1999).

Mineral mempunyai peranan penting dalam meningkatkan aktivitas mikroba rumen. Zn dapat mempercepat sintesa protein oleh mikroba melalui pengaktifan enzim-enzim mikroba. Suplementasi Zn dapat meningkatkan ketahanan sapi perah terhadap mastitis. Mineral Co berperan dalam sintesis vitamin B12. Mineral Cu dan Co bersama-sama dapat memperbaiki daya cerna serat kasar. Sulfur adalah salah satu unsur penting yang mempengaruhi proses fermentasi dalam

rumen (Arora, 1989). Kalsium (Ca) Kalsium (Ca) merupakan elemen mineral yang paling banyak dibutuhkan oleh tubuh ternak (McDonald et al., 2002). Ca memiliki peranan penting sebagai penyusun tulang dan gigi. Sekitar 99 % dari total tubuh terdiri dari Ca. Selain itu Ca berperan sebagai penyusun sel dan jaringan (McDonald et al., 2002).

Menurut Piliang (2002), fungsi Ca yang tidak kalah pentingnya adalah sebagai penyalur rangsangan-rangsangan syaraf dari satu sel ke sel lain. Jika ransum ternak pada masa pertumbuhan defisien Ca maka pembentukan tulang menjadi kurang sempurna dan akan mengakibatkan gejala penyakit tulang. Gejala penyakit tulang diantaranya adalah wajah keriput, pembesaran tulang sendi, tulang tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Sedangkan pada ransum ternak dewasa yang mengalami defisien Ca akan menyebabkan osteomalacia (Piliang, 2002). Ca air susu cukup stabil walaupun defisiensi Ca, namun produksi susu akan turun. Ransum yang memiliki kadar Ca yang rendah akan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan janin (Foley et al., 1972).

Beberapa faktor makanan dapat membantu meningkatkan absorpsi Ca, sedangkan beberapa faktor lain dapat menurunkan absorpsi Ca oleh usus halus. Asam fitat dan asam oksalat dapat menurunkan absorpsi mineral Ca dengan jalan mengikat Ca dan

membentuk garam Ca yang tidak larut dalam lumen usus halus (Piliang, 2002). Fosfor (P) Fosfor (P) merupakan mineral kedua terbanyak dalam tubuh dengan distribusi dalam jaringan yang menyerupai distribusi Ca. Fosfor memegang peranan penting dalam proses mineralisasi tulang (Piliang, 2002). McDonald et al. (2002) menyatakan P mempunyai fungsi Pakan dan Nutrisi Hewan 23 sangat penting bagi tubuh ternak diantara elemen mineral lainnya. Fosfor umumnya ditemukan dalam bentuk phospholipid, asam nukleat dan phosphoprotein. Kandungan P dalam tubuh ternak lebih rendah daripada kandungan Ca. Gejala defisiensi P yang parah dapat menyebabkan persendian kaku dan otot menjadi lembek. Ransum yang rendah kandungan P-nya dapat menurunkan kesuburan (produktivitas), indung telur tidak berfungsi normal, depresi dan estrus tidak teratur. Pada ternak ruminansia mineral P yang dikonsumsi, sekitar 70% akan diserap, kemudian menuju plasma darah dan 30% akan keluar melalui feses. Fosfor yang berasal dari makanan diabsorpsi tubuh dalam bentuk ion fosfat yang larut (PO_4^-). Gabungan mineral P dan mineral Fe dan Mg akan menurunkan absorpsi P. Asam fitat yang mengandung P ditemukan dalam biji-bijian dapat mengikat Ca untuk membentuk fitat. Fitat yang terbentuk tidak dapat larut sehingga menghambat absorpsi Ca dan P. Dari seluruh jumlah P yang terdapat dalam makanan sekitar 30% melewati saluran

pencernaan tanpa diabsorpsi. Seperti halnya dengan kalsium, maka vitamin D dapat meningkatkan absorpsi P dari usus halus (Piliang, 2002). Magnesium (Mg) Tubuh hewan dewasa mengandung 0,05% Mg. Retensi dan absorpsi Mg pada sapi perah erat kaitannya dengan kebutuhannya. Enam puluh persen Mg dalam tubuh hewan terkonsentrasi di tulang sebagai bagian dari mineral yang mengkristal dan permukaan kristal terhidrasi.

Menurut McDonald et al. (2002), Mg berperan dalam membantu aktivitas enzim seperti thiamin pyrofosfat sebagai kofaktor. Ketersediaan Mg dalam ransum harus selalu tersedia. Perubahan konsentrasi Mg dari keadaan normal selama 2-18 hari dapat menyebabkan hipomagnesemia (Toharmat dan Sutardi, 1985). Sekitar 30-50% Mg dari rata-rata konsumsi harian ternak akan diserap di usus halus. Penyerapan ini dipengaruhi oleh protein, laktosa, vitamin D, hormon pertumbuhan dan antibiotik (Ensminger et al., 1990). Magnesium sangat penting peranannya dalam metabolisme karbohidrat dan lemak. Defisiensi Mg dapat meningkatkan iritabilitas urat daging dan apabila iritabilitas tersebut parah akan menyebabkan tetany.

Defisiensi Mg pada sapi laktasi dapat menyebabkan hypomagnesemic tetany atau grass tetany. Keadaan ini disebabkan tidak cukupnya Mg dalam cairan ekstraselular, yaitu plasma dan cairan interstitial (National

Research Council, Pakan dan Nutrisi Hewan 24 1989). Kebutuhan Mg untuk hidup pokok adalah 2- 2,5 gram dan untuk produksi susu adalah 0,12 gram per milligram susu. Ransum yang mengandung 0,25% Mg cukup untuk sapi perah yang berproduksi tinggi (National Research Council, 1989). Sulfur (S) Sulfur (S) merupakan komponen penting protein pada semua jaringan tubuh. Pada ruminansia 0,15% komponen jaringan tubuh terdiri atas unsur S, sedangkan pada air susu sebesar 0,03%. Pada hewan ruminansia terjadi sintesis asam-asam amino yang mengandung mineral S dengan vitamin B oleh mikroba di dalam rumen. Terdapat dua macam mekanisme metabolisme mineral S pada hewan ruminansia, yaitu mekanisme yang menyerupai mekanisme mineral S pada hewan-hewan monogastrik dan mekanisme yang dihubungkan dengan aktivitas mikroorganisme dalam rumen (Piliang, 2002). Kandungan mineral S pada tanaman hijauan dapat berkisar dari 0,04% sampai melebihi 0,3%. Bahan makanan yang mengandung protein tinggi akan mengandung kadar mineral S yang tinggi pula (Piliang, 2002). Kadar S dalam ransum sebesar 0,20% diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan sapi perah laktasi. Hewan-hewan yang diberi ransum defisien dalam mineral sulfur akan menunjukkan penyakit anorexia, penurunan bobot badan, penurunan produksi susu, kekurusan, kusut, lemah dan akhirnya mati. Tanda-tanda tersebut

berhubungan erat dengan menurunnya fungsi rumen dan fungsi sistem peredaran darah (McDowell, 1992). Mangan (Mn) Mangan (Mn) dibutuhkan dalam tubuh ternak dengan jumlah yang sangat sedikit. Kebutuhan mangan dalam tubuh ternak hanya berkisar antara 0,20-0,60 mg/kg sangat sedikit sekali jika dibandingkan dengan mineral mikro lainnya seperti besi (Fe) yaitu 20-80 mg/kg dan seng (Zn) 10-50 mg/kg (Anggorodi, 1994). Menurut Rojas et al., (1965) ternak betina dewasa mempunyai kebutuhan Mn yang lebih tinggi dibanding dengan sapi yang digemukkan karena dibutuhkan untuk proses reproduksi dan perkembangan fetus. Mn diperlukan untuk aktivator enzim, dan transfer pofhat dan decarboxilase, mencegah perosis, dan pertumbuhan tulang. Sumber Mn adalah hijauan dan bahan konsentrat seperti jagung. Didalam tubuh ternak Mn dijumpai pada hati, ginjal, pankreas, dan pituitary, dan sedikit pada jantung, urat daging dan tulang. Pada ruminansia Mn berfungsi sebagai sintesa karbohidrat, mucopolysacharide, sistem enzim, misalnya pyruvate carboxylase, arginine synthetase dll. Pakan dan Nutrisi Hewan 25 Kebutuhan Mn pada ruminansia belum banyak diketahui tetapi kekurangan Mn menyebabkan gejala klinis bentuk tulang dan postur yang abnormal. Kelainan bentuk tulang antara lain kaki bagian bawah, pembengkakan sendi, humerus yang relatif pendek, dan tulang yang relatif rapuh.

Defisiensi Mn juga dapat mengganggu proses reproduksi ternak jantan dan betina. Pada ternak jantan menyebabkan, gangguan spermatogenesis, degenerasi testis, dan epididimus, dan berkurangnya hormon kelamin yang menyebabkan sterilitas. Pada ternak betina dapat terlihat estrus yang tidak menentu (tidak ada), dan tidak terjadi konsepsi (pembuahan) dan walaupun terjadi pembuahan dapat menyebabkan keguguran. Di daerah tropis yang banyak terdapat gunung berapi. Biasanya jarang terjadi kasus kekurangan Mn. Hal ini disebabkan Mn dalam hijauan dan pakan konsentrat sudah cukup untuk kebutuhan ternak. Sumber Mn adalah hijauan, konsentrat dan premix mineral buatan pabrik (Nugroho, 2008).

Zink (Zn) Deposisi dan Fungsi Mineral Zn Jumlah Zn dalam tubuh adalah 3 mg persen. Jumlah terbanyak terdapat dalam jaringan epidermal (kulit, rambut, bulu wol) dan juga terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit dalam tulang, otot, hati, organ kelamin dan darah. Pada darah 75% dari Zn ditemukan pada sel darah merah, 22% dalam serum darah, dan sisanya 3% dalam sel darah putih (Lloyd et al., 1978). Juga terdapat dalam enzim-enzim carbonic anhidrase, uricase, phosphatase dan hormon insulin. Carbonic anhidrase terdapat dalam sel darah merah, mempunyai peranan penting dalam mengeluarkan CO₂ dari tubuh dan mengandung 0,3% Zn. Zn juga terdapat dalam susu dan juga kolostrum dalam jumlah yang lebih

besar. Fungsi Zn esensial sebagai komponen aktivator : (1) pada beberapa enzim diantaranya karboksil peptidase, karbonat anhidrase, laktat dehidrogenase, DNA dan RNA polimerase (Tilman et al., 1991); (2) pada beberapa hormon diantaranya insulin dan glukagon; (3) bertanggungjawab pada sintesis asam nukleat (DNA dan RNA), dan sintesis protein (McDonald et al., 1988 ; Lieberman dan Bruning, 1990) serta metabolisme karbohidrat (Church dan Pond, 1982). Fungsi Zn yang tak kalah pentingnya menurut Linder (1992) adalah biosintesis heme, keseimbangan asam dan basa dan metabolisme vitamin A. Selain itu, lebih dari 100 jenis metaloenzim mengikat Zn, termasuk enzim nicotinamid adenine dinucleotid

dehydrogenase (NADH), RNA dan DNA polymerase, alkalin fosfatase, superoksida dismutase, dan karbonat anhidrase (Houglan et al., 2005). Aktivasi Zn yang berhubungan langsung terhadap penampilan ternak salah satu diantaranya adalah karboksil peptidase dan sintesis asam nukleat (Church and Pond, 1982). Ini berarti produk-produk metabolisme tersebut dapat dimanfaatkan oleh hewan inang baik secara fungsional maupun struktural terutama dalam pertumbuhan. Dari segi fisiologis, Zn berperan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel, antioksidan, perkembangan seksual, kekebalan seluler, adaptasi gelap, pengecap, serta nafsu makan (Solomon, 1993).

Dari segi biokimia, Zn sebagai komponen dari 200 macam enzim berperan dalam pembentukan dan konformasi polisome, sebagai stabilisasi membran sel, sebagai ionbebas ultra-seluler, dan berperan dalam jalur metabolisme tubuh (Soegih, 1992). Peranan terpenting Zn bagi makhluk hidup adalah untuk pertumbuhan dan pembelahan sel, sebab Zn berperan pada sintesis dan degradasi karbohidrat, lemak, protein, asam nukleat, dan pembentukan embrio. Dalam hal ini, Zn dibutuhkan untuk proses percepatan pertumbuhan, menstabilkan struktur membran sel dan mengaktifkan hormon pertumbuhan. Zn juga berperan dalam sistem kekebalan tubuh dan merupakan mediator potensial pertahanan tubuh terhadap infeksi. Pada defisiensi Zn ditemukan limfopeni, menurunnya konsentrasi dan fungsi limfosit T dan B (Tjokronegoro, 1992). Selain itu, Zn juga berperan dalam berbagai fungsi organ. Misalnya, kebutuhan penglihatan yang merupakan interaksi metabolisme antara Zn dan vitamin A.

Defisiensi Mineral Zn Pada Ternak Ruminansia Seperti unsur nutrisi, mineral berperan penting dalam proses fisiologis ternak, baik untuk pertumbuhan maupun pemeliharaan kesehatan. Kekurangan salah satu atau lebih mineral tersebut akan mengganggu sistem fisiologis ternak dan menyebabkan penyakit yang disebut defisiensi mineral. Defisiensi mineral pada umumnya dapat terjadi bila asupan bahan makanan sumber

mineral kurang, komposisi air dan tanah kurang mineral tertentu, atau terdapat gangguan penyerapan dan metabolisme dalam tubuh. Pada tanah berpasir yang sangat miskin unsur mineral, kondisi tanah yang dipupuk, tidak dipupuk, dan ditanami terus-menerus akan mempengaruhi kandungan mineral tanaman yang tumbuh di tanah tersebut (Soepardi 1982). Tingkat kemasaman (pH) tanah juga mempengaruhi kandungan hara. Pada tanah alkalis dengan pH 8 akan terjadi defisiensi Fe, Mn, dan Zn, sebaliknya pada pH 5 terjadi defisiensi Cu (Gartenberg et al., 1990). Pakan dan Nutrisi Hewan 27

Hadirnya mineral lain yang berinteraksi dengan mineral esensial juga mengakibatkan berkurangnya ketersediaan mineral esensial. Dilaporkan pula bila tanah tempat hijauan tersebut tumbuh miskin unsur mineral maka ternak yang mengkonsumsi hijauan tersebut akan menunjukkan gejala penyakit defisiensi mineral. Gejala umum timbul setelah kekurangan dalam jangka panjang. Hal ini bisa diatasi dengan memperhatikan ketersediaan bahan makanan sumber atau dengan cara suplementasi. Defisiensi mineral Zn akibat dari rendahnya kandungannya pada pakan sering diklasifikasikan sebagai defisiensi berat, menengah dan ringan. Tilman et al. (1991) menyatakan bahwa defisiensi Zn pada hewan menyebabkan Defisiensi berat dapat dilihat dari gejala klinis yang ditimbulkannya seperti dermatitis, anorexia, dan parakeratosis; defisiensi menengah

dapat dilihat pada gejala sub klinis yang ditimbulkannya seperti menurunnya Zn plasma dan respon kekebalan tubuh ternak; sedangkan defisiensi ringan biasanya terjadi bila dihubungkan dengan cekaman. Defisiensi Zn juga dapat menyebabkan terjadinya alopecia, parakeratosis, dan kegagalan reproduksi. bkan pertumbuhan terlambat akibat kurang dapat mempergunakan protein dan mineral S. Lebih lanjut Parrakasi (1998) menambahkan bahwa defisiensi Zn juga dapat menurunkan penampilan, pembengkakan kaki dan dermatitis terutama pada leher, kepala, dan kaki, juga terjadi gangguan penglihatan, penurunan fungsi rumen dan sulitnya penyembuhan luka. McDowel et al.(1983) menemukan bahwa pada ternak ruminansia (sapi potong ataupun sapi perah) yang diberi hijauan pakan ternak mengandung Zn (18 - 23 mg/kg) mengalami defisiensi Zn, berarti hijauan yang mengandung 23 ppm Zn availibilitas Zn-nya rendah, sehingga disarankan kebutuhan sapi potong dan sapi perah akan Zn adalah masing-masing 30 dan 40 mg/kg ransum. Untuk meningkatkan respon kekebalan tubuh ternak disarankan suplementasi Zn ditingkatkan sampai 50 mg/kg ransum (Lieberman dan Burning, 1990). Availibilitas Zn dalam pakan yang rendah, juga disebabkan oleh kandungan mineral lain yang bersifat antagonis tersebut tinggi seperti Ca, P dan Cu (Tillman et al., 1991).

Menurut Linder (1992), tingkat penyerapan Zn sedikit banyak berkompetisi dengan ion-ion metal transisi seperti F^{++} / F^{+++} atau Cu^{++} , karenanya perlu dipertimbangkan bila menggunakannya sebagai suplemen. Pakan dan Nutrisi Hewan 28

Suplementasi Mineral Zn Dalam Pakan Sebagai salah satu komponen dalam jaringan tubuh, Zn termasuk zat gizi mikro yang mutlak dibutuhkan untuk memelihara kehidupan yang optimal, meski dalam jumlah yang sangat kecil. Dengan telah berkembangnya bioteknologi maka mineral dalam bentuk organik sudah dapat diproduksi terutama mineral Zn sebagai mineral proteinat. Mineral proteinat diproduksi dengan cara —chelating^l garam metal terlarut dengan asam amino atau hidrolisa protein. Suplementasi Zn dapat dilakukan dalam dua bentuk, yaitu dalam bentuk senyawa anorganik seperti seng-sulfat maupun organik, seperti seng-asetat. Dintara dua senyawa Zn tersebut ada kecenderungan Zn organik bioavailibilitasnya lebih tinggi (Rojas et al., 1995).

Suplementasi mineral seng-asetat dalam ransum dapat mengaktifkan beberapa enzim dan hormon yang berhubungan dengan metabolisme dan fungsi reproduksi ternak pada fase pertumbuhan. Suplementasi Zn perlu diperhatikan karena penyerapan dalam tubuh ternak banyak berkompetisi dengan ion-ion metal transisi seperti Fe^{++}/Fe^{+++} dan Cu^{++} (Linder, 1992).

Lebih lanjut dijelaskan bahwa setelah penyerapan dan pemindahan ke plasma darah, jika dalam ekuilibrium Zn terikat dalam albumin, α_2 globulin dan anti protease, serta jika dalam keadaan berlebihan akan terakumulasi pada ikatan metalotionein. Sehubungan dengan hal itu, Tilman et al. (1991) menyatakan bahwa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan Zn sebaiknya perlu memperhatikan mineral-mineral lainnya terutama yang bersifat antagonis seperti Cu dan P. Lebih lanjut dijelaskan bahwa kelebihan Ca dalam ransum perlu diperhatikan, karena akan dapat berpengaruh pada penyerapan Zn. Pengaruh Suplementasi Mineral Zn Terhadap Produktivitas Ternak Ruminasia Keberadaan Zn sangat penting dalam memenuhi kebutuhan mikro mineral dalam konsentrat, karena pakan yang ada di Indonesia tergolong marginal sampai defisien (Little, 1986). Demikian juga untuk pakan di daerah Bali ada indikasi kandungan Zn, baik pada hijauan ataupun pada konsentrat sangat marginal. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Subadiyasa (1988) bahwa sekitar 34% tanah sawah di Bali tergolong defisien Zn. Suplementasi Zn dalam ransum baik dalam senyawa organik maupun an-organik adalah untuk mengaktivasi beberapa hormon dan enzim yang berhubungan dengan metabolisme dan fungsi reproduksi ternak. Hasil dari penelitian Putra (1999), menyatakan bahwa hasil pencernaan yang semakin tinggi adalah pada ransum yang

disuplementasi dengan seng-asetat, yang berarti Pakan dan Nutrisi Hewan 29 kehadiran Zn^{++} dapat memacu aktivitas DNA dan RNA polimerase. Lebih lanjut dijelaskan bahwa kondisi fisiologis ini dapat menciptakan keseimbangan neurohormonal, sehingga aktivitas enzim, baik yang dihasilkan mikroba rumen ataupun hewan inang meningkat sesuai dengan fungsi fisiologis masing-masing, yang menyebabkan pencernaan nutrisi pada ruminansia akan semakin meningkat pula.

Kehadiran Zn^{++} pada seng-asetat akan meningkatkan penggunaan energi (Linder, 1992), terutama hidrolisis, absorpsi, dan penggunaan Zn^{++} sebagai aktivator enzim-enzim pencernaan. Salah satu enzim pencernaan yang dapat diaktivasi adalah karboksipeptidase (Annenkov, 1974; McDowell et al., 1983), sehingga kehadiran enzim ini dapat membantu metabolisme karbohidrat dan protein. Pencernaan nutrisi pakan secara *in vivo* pada ternak ruminansia ditentukan oleh kandungan serat kasar pakan (faktor eksternal) dan aktivitas mikroba (faktor internal), terutama bakteri dan interaksi dari kedua faktor tersebut. Menurut Arora (1995), mineral Zn memiliki peran penting dalam meningkatkan aktivitas mikroba rumen. Suplementasi Zn dapat mempercepat sintesis protein oleh mikroba dengan melalui pengaktifan enzim-enzim mikroba. Zn diabsorpsi melalui permukaan mukosa jaringan rumen. Pada konsentrasi rendah (5-10 μ g/ml), Zn

menstimulir pertumbuhan ciliata rumen. Selain itu Zn juga dapat langsung masuk ke dalam inti sel bakteri rumen dan memacu pertumbuhannya terutama bifido bakterium (Ogimoto dan Omai, 1981). Hal ini dibuktikan dengan suplementasi 50 mg/kg sengasetat dalam ransum memberi respon positif pada sapi Bali bunting pertama (premfara) diantaranya populasi bakteri rumen 12,8 vs $4,95 \times 10^8$ kol/ml yang secara simultan meningkatkan produksi asam propionat (34,2 vs 26,9 nM); dan bobot lahir pedet (20 vs 18 kg) dibandingkan tanpa suplementasi Zn.

**Materi 11 : Proses Nutrisi Zat Makanan pada Vitamin
(pencernaan, penyerapan, transportasi, dan metabolisme)**

Pokok Bahasan : Vitamin Sub Pokok

Bahasan :

- a) Klasifikasi vitamin
- b) Pencernaan, Penyerapan dan transportasi vitamin
- c) Metabolisme vitamin

Istilah vitamin berasal dari nama —Vitaminel yang diberikan oleh Casimir Funk untuk faktor tambahan makanan. Vitamin adalah zat katalitik yang tidak dapat disintesis oleh tubuh dalam metabolismenya dan harus tersedia dari luar. Kebutuhan vitamin pada ternak terutama digunakan untuk pertumbuhan, kesehatan, konversi ransum, reproduksi dan pemeliharaan.

- Definisi Vitamin

Vitamin yang sekarang diakui adalah persenyawaan organik yang

- a. Komponen bahan makanan tetapi bukan karbohidrat, lemak, protein dan air
- b. Terdapat dalam bahan makanan dalam jumlah yang sangat sedikit
- c. Esensial untuk perkembangan jaringan normal dan

- untuk kesehatan, pertumbuhan dan hidup pokok,
- d. tidak terdapat dalam ransum atau tidak tepat diabsorpsi atau dipergunakan, mengakibatkan penyakit defisiensi yang khas atau sindrom dan
 - e. Tidak dapat disintesis oleh hewan dan maka dari itu harus tersedia dalam ransum.

Pakan dan Nutrisi Hewan 18 Diantara vitamin-vitamin ada beberapa pengecualian terhadap satu atau lebih klasifikasi tersebut di atas. Misalnya vitamin D dapat disintesis pada permukaan kulit oleh radiasi sinar ultraviolet dan asam nikotinat dalam beberapa hal sintesis dari triptofan. Klasifikasi Vitamin

Klasifikasi vitamin dapat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan kelarutannya dalam lemak dan dalam air. Vitamin-vitamin yang larut dalam vitamin A, D, E dan K, terdapat dalam bahan-bahan makanan bersama dengan lipida. Vitamin – vitamin yang larut dalam lemak dan diabsorpsi bersama-sama lemak yang terdapat dalam ransum memperhatikan mekanisme yang sama seperti mekanisme absorpsi lemak.

Kondisi yang baik untuk absorpsi lemak, misalnya cukup aliran empedu dan formasi misel sangat membantu absorpsi vitamin – vitamin yang larut dalam lemak. Vitamin-vitamin yang larut dalam air yang dibutuhkan oleh ternak adalah B1, B2, B6, B12, asam nikotinat, Asam pantotenat, asam folat, biotin dan

kolin. Vitamin-vitamin ini tidak dihubungkan dengan lipida-lipida dan peningkatan absorpsi lemak tidak mempengaruhi absorpsi vitamin-vitamin tersebut. Peranan Vitamin Peran dari masing-masing vitamin adalah sebagai berikut :

- Vitamin A.

Meliputi hampir di semua bagian tubuh yang berperan membantu proses metabolisme . Defisiensi vitamin A pada ternak akan mengakibatkan keratinisasi pada jaringan epitel, mengganggu sistem pernafasan, saluran pencernaan, reproduksi dan saluran urine serta gangguan penglihatan. Disamping itu akan mengakibatkan perkembangan tulang terhambat, kelahiran yang tidak normal pada ternak. Rabun senja merupakan penyakit yang klasik akibat kekurangan vitamin A. Dari hasil percobaan pada unggas, defisien vitamin A mengakibatkan nafsu makan berkurang, rendahnya berat badan, rabun senja dan suara sengau. Vitamin A tidak terdapat pada hijauan (forages), tetapi vitamin A pada tanaman biasanya dalam bentuk prekursor yang berupa pigmen tanaman. Tidak semua pigmen tanaman menyediakan vitamin A yang aktif. Biasanya bentuk standar provitamin A adalah Beta-carotene . 1 mg Beta-carotene equivalen 400 IU vitamin A yang terdapat pada makanan. Bentuk lain dari vitamin A adalah xanthophil. Pakan dan Nutrisi Hewan 19 Vitamin A biasanya disimpan pada jaringan hati dan lemak selama beberapa

waktu saat makanan yang dikonsumsi kelebihan vitamin

A. Jika ransum yang diberikan kekurangan vitamin A, maka Vitamin A yang disimpan akan dimobilisasi dan digunakan sehingga kekurangan vitamin A pada tubuh dapat diatasi. Bahan – bahan yang dapat digunakan sebagai sumber vitamin A antara lain : Daun yang hijau, hay legume yang didehidrasi khususnya yang dibuat pellet. Selain itu terdapat pula vitamin A sintetis yang dapat disediakan ke dalam ransum dalam bentuk feed aditif atau di injeksi.

- Vitamin D

Berfungsi untuk membantu absorpsi dan metabolisme kalsium dan phosphor. Jika kekurangan vitamin D akan mengganggu pertumbuhan normal tulang, tulang menjadi lunak baik pergelangan tangan dan kaki, dan kekurangan secara regular akan mengakibatkan rakhitis. Pada ternak rakhitis terjadi pada anak yang baru lahir sebagai akibat defesien vitamin D pada saat kebuntingan. Sinar matahari merupakan sumber vitamin D yang baik, biasanya dalam bentuk radiasi Ultraviolet yang akan membentuk ergosterol, sterol tanaman dan 7- dehydrocholesterol, sterol hewan dan memproduksi antirakhitis yang aktif (Vitamin D2 dan D3). Bahan-bahan pakan yang dapat digunakan sebagai sumber vitamin D adalah hay yang dijemur di bawah sinar

matahari (sun-cured hay). Selain itu ternak dapat memanfaatkan langsung irradiasi 7-dehydrocholesterol pada kulitnya. De Luca (1974) menemukan adanya vitamin D3 yang aktif terjadi pada hati dan ginjal ternak.

- Vitamin E

Berfungsi untuk memperbaiki fertilitas dan sebagai antioksidan. Ternak yang defesien vitamin E akan menyebabkan penyakit jaringan putih yang disebut Stiff lamb disease. Pengobatan dapat dilakukan dengan terapi vitamin E. Disamping itu kekurangan vitamin E akan mengganggu reproduksi.

- Vitamin K

Berfungsi untuk membantu proses penggumpalan darah, biasanya dapat disintesis oleh rumen. Sehingga defisiensi vitamin K tidak nampak pada ternak. Vitamin B kompleks tidak esensial bagi ternak ruminansia, karena secara normal ternak ruminansia mampu mensintesis vitamin B melalui mikroorganisme rumen. Hanya vitamin B12 yang mungkin terlihat jika ternak kekurangan zat tersebut. Sehingga ternak ruminansia membutuhkan cobalt untuk mensintesis vitamin B12 di dalam rumennya. Pakan dan Nutrisi Hewan 20 Beberapa faktor mempunyai pengaruh umum terhadap kebutuhan nutrisi semua vitamin, faktor lain dapat

mempengaruhi kebutuhan untuk hanya satu atau dua vitamin. Faktor-faktor yang menimbulkan kenaikan dalam kebutuhan vitamin antara lain dipengaruhi oleh factor genetic, kandungan energi ransum, penambahan lemak ke dalam ransum, kandungan protein ransum, suhu dan sistem perkandangan. Sedangkan faktor – faktor yang menyebabkan naiknya kebutuhan vitamin dapat disebabkan oleh kerusakan vitamin dalam ransum dan bahan pakan, antagonis dan anti metabolit serta tersedianya vitamin dalam ransum.

Faktor-faktor yang dapat meningkatkan vitamin adalah:

1. Genetik. Kesanggupan menggunakan vitamin tergantung pada spesies, bangsa dan galur unggas serta kebutuhannya bervariasi.
2. Kandungan energi ransum. Kebutuhan hampir semua vitamin tergantung sebagian besar pada kandungan energi ransum. Jika kandungan energi metabolis ransum dipertinggi dengan 100 kkal/kg ransum maka kebutuhan vitamin meningkat sekitar 4% hal tersebut mudah dimengeri karena konsumsi ransum sebenarnya berkurang.
3. Penambahan lemak. Dalam ransum memerlukan tingkatan kholin dan vitamin E yang lebih tinggi dalam ransum. Vitamin

E berfungsi untuk mengurangi kerusakan yang ditimbulkan oleh lemak. Lemak dalam ransum seringkali mengandung peroksida toksis. Asam lemak tak jenuh khususnya peka terhadap oksidasi. Suplementasi tambahan sekitar 2 mg vitamin E karenanya perlu ditambahkan untuk tiap gram asam lemak tak jenuh.

4. Kandungan protein ransum. Vitamin A akan diserap lebih efisien bila kandungan ransum meningkat, karena itu kandungan protein ransum yang rendah akan menaikkan kebutuhan vitamin A karena penyerapan vitamin A terganggu.
5. Suhu dalam cuaca panas kualitas telur akan bertambah baik bila ransum diberi tambahan vitamin C. Kebutuhan vitamin B2 juga meningkat dalam cuaca panas

Materi 12: Energi

Pokok Bahasan : Energi dan pemanfaatannya Sub

Pokok Bahasan :

- a) Definisi energi
- b) Penggunaan dan pemanfaatan energy
- c) Jalur pembentukan energi

2.1. Energi

Pengertian energi ditinjau dari sudut makanan adalah banyaknya zat-zat makanan yang dimetabolisme untuk menghasilkan ATP. ATP inilah merupakan cikal bakal energi yang siap digunakan untuk tubuh. Energi bukanlah suatu zat makanan, tetapi energi itu sendiri dihasilkan oleh pertukaran zat (metabolisme) dari Karbohidrat, protein, dan lemak tubuh. Dan energi adalah juga merupakan salah satu factor yang menentukan tinggi rendahnya nilai gizi bahan makanan. Sebab semakin tinggi nilai energi dari suatu bahan maka semakin tinggi manfaat bahan tersebut. Energi dibutuhkan untuk : menggerakkan sirkulasi darah, penyerapan zat-zat makanan, mengeluarkan zat-zat makanan

Zat makanan	C (zat arang) %	H (zat Hidrogen) %
Protein	54	7
Lemak	76	12
Hidrat Arang	46	6

yang tidak dibutuhkan, untuk keperluan bernafas, pengaturan temperature tubuh dll. Pendek kata energi dibutuhkan untuk semua proses dalam kehidupan. Semua bentuk energi diubah menjadi panas. Jadi energi yang ada hubungannya dengan proses-proses dalam tubuh dinyatakan dalam unit panas (kalori). Satu kalori adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan 1 kg air hingga naik 1 0C. $Kcal = 1000kal$. $Mkal=1000.000 kal = 1000 kkal$..Untuk mengukur energi bahan makanan dipergunakan satuan kalori. Nilai energi makanan tergantung daripada kadar C dan H dalam makanan Tabel 2.1. Zat-zat Makanan Sumber Energi.

Energi protein pergramnya lebih banyak dibandingkan Kh, tapi yang dimanfaatkan oleh tubuh tidak sebanyak KH karena protein mengandung N yang harus dipecah dulu menjadi senyawa yang mengandung N dan senyawa yang tidak mengandung N. Senyawa yang mengandung N dikeluarkan oleh tubuh bersama air kencing. Dan persenyawaan yang tidak mengandung N dipergunakan untuk membentuk lemak badan. Jadi dalam hal ini protein yang digunakan tubuh hanyalah sebagian saja. Oleh sebab itu energi protein yang dipergunakan tubuh tak mencapai 5,71 kal melainkan hanya sekitar 4,71kal/gram. Jadi dalam mengubah protein untuk menyediakan energi, banyak energi yang terbuang untuk membentuk energi. Oleh sebab itu protein tidak

efisien sebagai sumber energi. Atau karena oksidasinya tidak sempurna karena terbentuk urea, menyebabkan energi yang tersedia hampir sama dengan KH, harga mahal, tubuh harus bekerja keras memafaatkan efek panas dinamik pakan dan meningkatnya konsumsi air disertai meningkatnya urine dalam kadar air feses karena adanya masalah metabolisme dalam tubuh ayam. Contoh : Kalau makan daging banyak maka badan terasa panas artinya banyak energi yang terbuang. 6 Lemak mempunyai energi 2,25 kali lebih tinggi dari energi Kh, tapi dalam pemanfaatan sebagai sumber energi Kh yang lebih mudah tersedia dibandingkan lemak, Karena struktur kimia lemak lebih panjang dibanding Kh. Formula empiris lemak adalah $C_{57}H_{105}O_6$ sedangkan Kh: $C_6H_{12}O_6$. Terlihat lemak mengandung beberapa kali lebih banyak atom carbon dan hidrogen dibandingkan dengan atom oksigennya, Jadi lemak mengandung kelebihan karbon dan hidrogen yang sanggup dibakar menjadi CO_2 dan H_2O . Dengan demikian nilai energi lemak jauh lebih tinggi persatuan berat dari pada nilai energi glukosa atau Kh lainnya. Ternak muda menyimpan kelebihan energi dalam bentuk protein sedangkan hewan dewasa dalam bentuk lemak dan ternak yang sedang berproduksi telur akan menyimpan energi dalam telurnya.. Energi ransum yang dikonsumsi hewan dapat digunakan dalam 3 cara yang berbeda yaitu :

1. Energi untuk kerja
2. Dirubah menjadi panas
3. Disimpan sebagai jaringan tubuh

Energi ransum yang lebih untuk pertumbuhan normal akan disimpan dalam bentuk lemak Untuk dapat menentukan kandungan energi suatu makanan dapat dilakukan dengan alat yang bernama bom kalorimeter. Bom kalorimeter adalah terdiri dari suatu bejana yang tertutup tempat bahan makanan tersebut dibakar.

Bom dimasukan kedalam tabung yang mengandung air yang menyerap panas. Cara melakukannya:

1. Bahan makanan yang telah dikeringkan terlebih dahulu ditimbang, kemudian dimasukan kedalam bom
2. Tutupnya disekrup rapat
3. Bom diisi dengan 25-30 atmosfer oksigen
4. Bom ditempatkan dalam tabung kalori yang dikelilingi oleh sejumlah air yang diketahui vol. Pada temperatur tertentu.
5. Isi dinyalakan dengan aliran listrik
6. Akan terjadi kenaikan temperatur (energi bruto bahan pakan)

2.2. Pemakaian Energi Pada Ternak Proses pemakaian energi pada ternak

adalah:

1. Energi Bruto (gross Energy) adalah semua panas yang bebas pada pembakaran. Panas ini dihasilkan dari suatu bahan makanan yang seluruhnya dibakar hingga menghasilkan zat-zat terakhir seperti CO₂, H₂O dan gas lain. Energi bruto yang tersimpan dalam bahan makanan pada proses pencernaan tidak dapat digunakan seluruhnya sebagian energi akan hilang pada waktu proses pencernaan berlangsung. GE belum mempunyai nilai apa-apa karena sangat tergantung pada kecernaan dan utilisasi metabolit pada ternak karena dapat hilang melalui feses, urine dan HI.
2. Energi dapat dicerna (digestible energy) adalah nilai energi bruto bahan makanan dikurangi zat-zat yang tak dapat dicerna (energi dalam feses). Energi bruto yang terhimpun dalam bahan makanan itu pada proses pencernaan tidaklah seluruhnya dapat dipergunakan. Melainkan sebagian terbuang dalam energi kotoran.
3. Energi tersedia (Metabolizable energy (ME) adalah nilai energi yang terhimpun pada zat-zat yang dapat dicerna dikurangi nilai energi yang keluar sebagai air kencing dan gas-gas usus. Pada ternak unggas produksi gas diabaikan, feses dan urin jadi satu sehingga biasanya penggunaan energinya langsung ke ME.

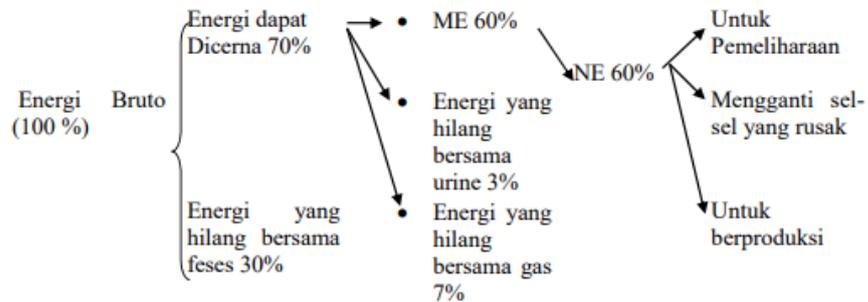
Pada ternak ruminansia menggunakan DE.

4. Gas-gas hasil metabolisme hampir semuanya terdiri dari gas metan. Produksi gas metan tergantung dari konsumsi pakan dan jumlah makanan yang dimakan dapat mencapai 6-7% dari energi total.
5. Energi netto adalah energi tersedia dikurangi energi thermis (ME-HI). Energi thermis adalah energi yang dipergunakan untuk mengunyah dan proses pencernaan. Energi netto ini dapat dipergunakan untuk keperluan berproduksi, mengganti sel-sel yang telah rusak dan untuk pemeliharaan. Atau NE untuk maintenace dan NE untuk produksi yaitu energi yang disimpan sebagai jaringan baru dalam tubuh atau energi yang muncul sebagai produk. Kebutuhan energi untuk HP termasuk didalamnya :

- Metabolisme basal
- Aktivitas normal

Basal metabolisme adalah jumlah panas yang dihasilkan pada saat ternak pada saat pengaruh ransum, suhu sekeliling dan aktivitas bebas diabaikan. atau jumlah panas yang dihasilkan pada saat berpuasa. Produksi panas basal bervariasi dengan besarnya hewan. Hewan besar perunit bb produksi panas basal berkurang.

Diagram Penggunaan Energi :



2.3. Metabolisme energi

Metabolisme biasanya terdiri atas tahapan-tahapan yang melibatkan enzim, yang dikenal pula sebagai jalur metabolisme. Metabolism total merupakan semua proses biokimia di dalam organisme. Metabolisme sel mencakup semua proses kimia di dalam sel. Tanpa metabolisme, makhluk hidup tidak dapat bertahan hidup. Produk metabolisme disebut metabolit. Metabolisme energi

adalah proses pemecahan zat-zat gizi didalam tubuh untuk menghasilkan energi atau untuk pembentukan jaringan tubuh. Didalam proses metabolisme terdapat rentetan reaksi kimia yaitu anabolisme dan katabolisme. Reaksi anabolisme adalah reaksi pembentukan dari ikatan sederhana ke ikatan lebih besar (komplek) memerlukan energi. Sedangkan reaksi katabolisme adalah reaksi pemecahan ikatan kompleks menjadi ikatan yang lebih sederhana dan memerlukan energi.

Jalur katabolisme yang menguraikan molekul kompleks

menjadi senyawa sederhana mencakup: Respirasi sel, jalur metabolisme yang menghasilkan energi (dalam bentuk ATP dan NADPH) dari molekul-molekul bahan bakar (karbohidrat, lemak, dan protein). 10 Jalur-jalur metabolisme respirasi sel juga terlibat dalam pencernaan makanan.

Katabolisme karbohidrat :Glikogenolisis, perubahan glikogen menjadi glukosa. Glikolisis perubahan glukosa menjadi piruvat dan ATP tanpa membutuhkan oksigen. Jalur pentosa fosfat, pembentukan NADPH dari glukosa. Jalur anabolisme yang membentuk senyawa-senyawa dari prekursor sederhana mencakup: glikogenesis pembentukan glikogen dari glukosa. glukoneogenesis pembentukan glukosa dari senyawa organik lain. Bahan pakan sumber energi mengandung unsure CHO, yaitu : Glukosa, asam laktat, alcohol,gliserol + asam lemak dan asam amino. Glukosa merupakan karbohidrat terpenting dalam kaitannya dengan penyediaan energi dalam tubuh, diikuti dengan lemak dan yang protein yang terakhir. Jalur pembentukan energi ada :

1. Jalur glikolitik yang terjadi pada keadaan anaerob artinya tanpa oksigen (sedikit oksigen)
2. Jalur siklus asam trikarboksilat (TCA) yang terjadi dalam keadaan aerobik.
3. Proses/rantai transpor elektron

Materi 13 : Kecernaan

Pokok Bahasan : Penentuan nilai kecernaan

Sub Pokok Bahasan :

- a) Pengertian Kecernaan
- b) Penentuan nilai kecernaan

Kecernaan adalah zat-zat makanan dari konsumsi pakan yang tidak diekskresikan ke dalam feses, selisih antara zat makanan yang dikonsumsi dengan yang diekskresikan dalam feses merupakan jumlah zat makanan yang dapat dicerna. Jadi kecernaan merupakan pencerminan dari kemampuan suatu bahan pakan yang dapat dimanfaatkan oleh ternak. Tinggi rendahnya kecernaan bahan pakan memberikan arti seberapa besar bahan pakan itu mengandung zat-zat makanan dalam bentuk yang dapat dicernakan ke dalam saluran pencernaan.

Kecernaan dapat dipergunakan sebagai salah satu cara untuk menentukan nilai pakan dan selanjutnya dikatakan tinggi nilainya kecernaan suatu bahan pakan penting karena, semakin tinggi nilai kecernaan suatu bahan pakan makin besar zat-zat makanan yang diserap. Walaupun tinggi kandungan zat makanan, jika nilai kecernaannya rendah, maka tidak ada gunanya. Untuk mengetahui seberapa besar zat-zat yang dikandung pakan yang

dapat diserap untuk kehidupan pokok, pertumbuhan dan produksi.

Nilai pencernaan suatu bahan pakan menunjukkan bagian dari zat-zat makanan yang dicerna dan diserap, sehingga siap untuk mengalami metabolisme. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencernaan suatu bahan pakan adalah:

- 1) Penyiapan makanan
- 2) Jumlah makanan
- 3) Komposisi ransum
- 4) Jenis ternak
- 5) Komposisi zat makanan
- 6) Bentuk fisik bahan pakan
- 7) Kandungan lemak dalam pakan tersebut
- 8) defisiensi zat makanan
- 9) antinutrisi.

Pengujian pencernaan dilakukan untuk mengetahui kualitas dari suatu bahan pakan, karena salah satu faktor penting yang harus dipenuhi oleh suatu bahan pakan adalah tinggi rendahnya daya cerna bahan tersebut.

Teknik Analisa Daya Cerna

Teknik analisa daya cerna bahan pakan pada ruminansia dapat diukur melalui beberapa teknik diantaranya teknik in vitro,

in sacco dan in vivo. Teknik in vitro digunakan untuk mengukur fermentasi mikroba terhadap pakan yang diuji

menggunakan rumen tiruan, tanpa menggunakan ternak.

Teknik in sacco mengukur pencernaan bahan pakan menggunakan kantong nilon yang dimasukkan dalam rumen melalui fistula rumen. Teknik in vivo mengukur pencernaan bahan pakan langsung pada ternak melalui percobaan pemberian makanan (feeding trial).

- Teknik in vitro

Menurut Hungate (1966) metode in vitro adalah proses metabolisme yang terjadi di luar tubuh ternak. Prinsip dan kondisinya sama dengan proses yang terjadi pada tubuh ternak meliputi proses metabolisme dalam rumen dan abomasum. Metode yang biasa digunakan dalam penelitian in vitro diantaranya :

- a. Metode in vitro Tilley and Terry (1963)

Pengukuran pencernaan terdiri dari 2 tahap yaitu pencernaan fermentatif di rumen dan pencernaan enzimatik di abomasum dan usus halus. Tahap 1 adalah menguji pencernaan fermentatif di rumen dengan cara menginkubasi sampel pakan, cairan rumen dan saliva buatan dalam rumen tiruan (menggunakan alat shaker

water bath) selama 48 jam secara an aerob pada suhu 39°C. Dalam proses inkubasi tersebut terjadi pengadukan seperti pada rumen sesungguhnya, pengeluaran gas yang dapat diukur menggunakan, dan dilanjutkan dengan mengkoleksi residu hasil pencernaan. Tahap 2 merupakan tahap pencernaan enzimatik dilakukan dengan menginkubasi residu hasil tahap 1 dengan penambahan HCl dan enzim pepsin dan diinkubasi secara aerob dengan suhu 39°C, pengadukan dan analisa nutrien dalam residu. Residu hasil pada tahap 2 ini disaring dan dilanjutkan pengukuran kecernaan bahan kering dan bahan organik.



Pengukuran Kecernaan dengan Metode Tilley And Terry

b. Metode in vitro produksi gas (Menke et al. 1979)

Metode ini mengukur kecernaan rumen melalui produksi gas fermentasi menggunakan syringe (sprit). Syringe glass dengan volume 100 ml dimasukkan sampel pakan yang akan diuji dan ditambahkan saliva buatan dan cairan rumen. Gas hasil

fermentasi dapat diukur dengan naiknya tuas yang dapat dibaca pada skala spuit (ml).



Metode Pengukuran Gas Test

c. Metode Rusitec (rumen simulation technique)

Metode ini mengukur pencernaan rumen menggunakan rumen tiruan dan simulasi rumen dengan saliva dan pengaliran hasil fermentasi pasca rumen. Pada metode rusitec cairan rumen dimasukkan dalam botol 800 ml dan disimulasikan seperti kerja rumen yaitu ada masukan saliva dan ada pengeluaran gas dan aliran pakan ke usus. Berbeda dengan metode Tilley and Terry, pada rusitec dilakukan suplai saliva buatan dan ada aliran pakan keluar rumen, sedangkan Tilley and Terry tidak ada. Kelebihan teknik in vitro diantaranya:

- lebih efektif, efisien dan mudah
- biaya dan waktu yang dibutuhkan lebih sedikit
- memungkinkan mengontrol kondisi fermentasi sesuai dengan

kebutuhan

- d. volume sampel yang dibutuhkan sedikit sangat cocok digunakan untuk evaluasi pakan yang banyak ragamnya
- e. tidak membutuhkan banyak tenaga kerja dan
- f. mudah diulang.

Kelemahan teknik ini adalah mengabaikan adanya suplai nitrogen dari saliva dan adanya penyerapan nutrien pada dinding rumen.

c. Teknik In vivo

Teknik in vivo menguji pencernaan pakan langsung pada ternak. Tahap pelaksanaan terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap preliminari dan tahap koleksi data. Tahap preliminari atau tahap pendahuluan bertujuan untuk menghilangkan pengaruh pakan sebelumnya. Lama preliminari minimal 1 minggu agar pengaruh pakan baru telah hilang lebih dari 75%. Tahap koleksi data yaitu pengumpulan data konsumsi, jumlah feses, dan urin serta pengumpulan sampel pakan, feses, dan urin untuk analisa zat makanan/nutrien. Semakin lama waktu pengumpulan data semakin tinggi akurasi data yang didapatkan. Biasanya dilakukan selama 1 minggu. Data yang dikumpulkan selama tahap koleksi diantaranya konsumsi

ransum, jumlah feses, jumlah urin. Sampel ransum, feses dan urin

dikumpulkan untuk analisa zat makanan di laboratorium.

Penampungan Feses Pengujian In Vivo Menggunakan Ternak

Sapi



d. Metode in sacco

Metode in sacco dilakukan dengan memasukkan sampel pakan dalam kantong nilon kemudian dimasukkan ke dalam rumen melalui fistula rumen.



DAFTAR PUSTAKA

- Church, D.C., & Pond, W.G. (1988). *Basic Animal Nutrition and Feeding* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., & Wilkinson, R.G. (2011). *Animal Nutrition* (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited.
- NRC (National Research Council). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (7th Revised Edition). Washington, D.C.: National Academies Press.
- Kearl, L.C. (1982). *Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries*. Logan: International Feedstuffs Institute, Utah State University.
- Tillman, A.D., Hartadi, H., Reksohadiprodjo, S., Prawirokusumo, S., & Lebdosoekojo, S. (1998). *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Anggorodi, R. (1994). *Ilmu Makanan Ternak Umum*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Pulungan, H. (2008). *Dasar-dasar Ilmu Nutrisi Ternak*. Medan: Universitas Sumatera Utara Press.
- Sutardi, T. (2000). *Ilmu Nutrisi Ternak*. Bogor: IPB Press.