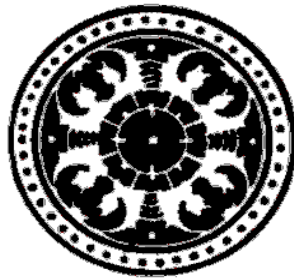


DIKTAT KULIAH

LINGKUNGAN DAN PRODUKTIVITAS TERNAK



Oleh:

I MADE NURIYASA

PROGRAM STUDI PETERNAKAN

FAKULTAS PETERNAKAN

UNIVERSITAS UDAYANA

2017

KATA PENGANTAR

Ilmu lingkungan ternak merupakan salah satu mata kuliah di Fakultas Peternakan, Universitas Udayana pada semester IV. Dalam usaha untuk mempermudah mahasiswa mempelajari Ilmu Lingkungan Ternak dan meningkatkan kompetensi lulusan maka dipandang perlu untuk membuat bahan bacaan yang berhubungan dengan mata kuliah tersebut.

Dengan membaca Bahan Ajar Ilmu Lingkungan Ternak, mahasiswa diharapkan mampu berpikir rasional, sistematis, kritis dan berwawasan luas tentang peran lingkungan ternak terhadap produktivitas ternak. Diharapkan pula mahasiswa dapat mengenal beberapa permasalahan yang berkaitan dengan lingkungan ternak kemudian dapat mengambil keputusan yang tepat sehingga pengaruh lingkungan yang tidak nyaman pada ternak dapat diminimalkan.

Bahan ajar ini disusun berdasarkan pengalaman mengasuh mata kuliah Klimatologi, Elektif Iklim dan Nutrisi serta mata kuliah Ilmu Lingkungan Ternak sendiri. Bahan Ajar ini juga mengambil bahan dari text book, jurnal, majalah ilmiah dan sumber yang lain.

Dalam penyusunan bahan ajar ini, penulis sangat menyadari adanya banyak kekurangan sehingga perbaikan merupakan hal yang berkelanjutan dan sangat diperlukan. Kritik dan saran yang konstruktif akan dapat memperkaya khasanah bahan ajar ini.

Akhirnya penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah memberikan sumbangan moral dan material dalam penyusunan bahan ajar ini. Semoga amal baik yang telah diberikan mendapat penghargaan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa (*Ide Sanghyang Widi Wase*).

Denpasar Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman	
BAB I	PENDAHULUAN	1
1.1	Peranan Faktor Lingkungan.....	1
1.2.	Klasifikasi Faktor Lingkungan.....	1
BAB II	UNSUR FISIK	4
2.1	Radiasi Matahari.....	5
2.2	Pengaruh Atmosfer bumi.....	5
2.3	Suhu Udara.....	6
2.4	Kelembaban Udara.....	10
2.5	Pergerakan Udara (Angin)	12
BAB III	UNSUR KIMIAWI	16
3.1	Energi.....	16
3.2	Definisi Energi.....	16
3.3	Fungsi Energi untuk Ternak.....	16
3.4	Sumber Energi untuk Ternak.....	17
3.5	Karbohidrat.....	18
3.6	Lemak.....	24
3.7	Energi Hidup Pokok.....	30
3.8	Protein.....	32
3.9	Vitamin.....	42
3.10	Meneral.....	49
BAB IV	UNSUR HAYATI	64
4.1	Kualitas Pakan dan Efek Penyakit.....	64
4.2	Konsumsi Pakan pada Ruminansia.....	72
4.3	Pengaruh Ternak terhadap Konsumsi.....	73
4.4	Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Konsumsi.....	74
BAB V	MEKANISME HOMEOSTATIS	76
5.1	Panas yang Hilang.....	78
5.2	Keseimbangan Panas.....	79
BAB VI	TINGKAH LAKU (BEHAVIOR)	81
6.1	Hubungan Sosial.....	81
6.2	Tabiat Makan.....	83
6.3	Cekaman Sosial.....	84
BAB VII	TOLERANSI TERNAK	87
7.1	Cekaman Panas.....	87
7.2	Hubungan Sosial dengan Temperatur Lingkungan.....	88
7.3	Produksi Panas dan Kehilangan Panas.....	90
7.4	Regulasi Temperatur.....	92
7.5	Zona Temperature Neutral.....	93
7.6	Efek Fisiologis Stres Panas.....	93
7.7	Efek terhadap Produksi Susu.....	94
7.8	Strategi Pengurangan Stres.....	94

7.9	Cekaman Polusi.....	95
BAB VIII	MODIFIKASI LINGKUNGAN	100
8.1	Kandang Ternak.....	101
8.2	Konsep Kandang Tropis.....	102
8.3	Orientasi Kandang.....	103
8.4	Bahan Atap Kandang.....	105
8.6	Lantai Kandang.....	107
8.7	Angin dan Kenyamanan Kandang.....	109
8.8	Evaporasi dan Kenyamanan Kandang.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....		111

I. PENDAHULUAN

1.1. Peranan Faktor Lingkungan

Secara umum produktivitas ternak dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Bibit unggul dimana telah mengalami kawin silang dan seleksi bertahap dan ketat tidak akan memberikan produktivitas yang maksimal jika tidak didukung oleh lingkungan ternak yang nyaman (*comfort zone*). Demikian pula sebaliknya lingkungan ternak yang nyaman tidak akan banyak membantu jika ternak yang dipelihara mempunyai mutu genetik yang rendah.

1.2. Klasifikasi Faktor Lingkungan

Lingkungan ternak dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu (1) lingkungan abiotik (2) lingkungan biotik. Lingkungan abiotik meliputi semua faktor fisik dan kimia. Lingkungan biotik merupakan interaksi diantara (perwujudan) makanan, air, predasi, penyakit serta interaksi sosial dan seksual. Faktor lingkungan abiotik merupakan faktor yang menentukan ternak apakah berada pada kondisi *hipotermia* (cekaman dingin), nyaman (*comfort zone*) atau hipertermia (*cekaman panas*). Pada daerah dataran rendah tropis persoalan cekaman panas mendominasi dalam problem lingkungan. Pada kondisi cekaman panas dan cekaman dingin dikatakan ternak mengalami stress fisiologi (Yousef, 1984).

Komponen lingkungan abiotik utama yang berpengaruh nyata terhadap ternak adalah temperatur udara, kelembaban udara, curah hujan dan kecepatan angin (Chantalakhana dan Skunmun, 2002). Interaksi dari ke empat unsur iklim ini akan menghasilkan panas lingkungan yang merupakan *The Physiologically effective temterature*. Berdasarkan interaksi komponen panas lingkungan, dua tempat yang mempunyai suhu berda jauh tetapi dengan kombinasi dari unsur iklim yang lain akan dapat menghasilkan respon fisiologi hampir sama. Sebagai salah satu contoh tempat A yang mempunyai suhu 25 °C dan kelembaban udara 50%. Tempat B mempunyai suhu 32°C dengan kelembaban udara 75%. Bila unsur iklim lain yaitu kecepatan angin di tempat B lebih tinggi daripada tempat A maka panas lingkungan yang ditimbulkan akan hampir sama pada kedua tempat. Kecepatan angin yang lebih tinggi akan mempercepat pelepasan panas dengan cara konduksi, konveksi dan evaporasi dari tubuh ternak ke lingkungan.

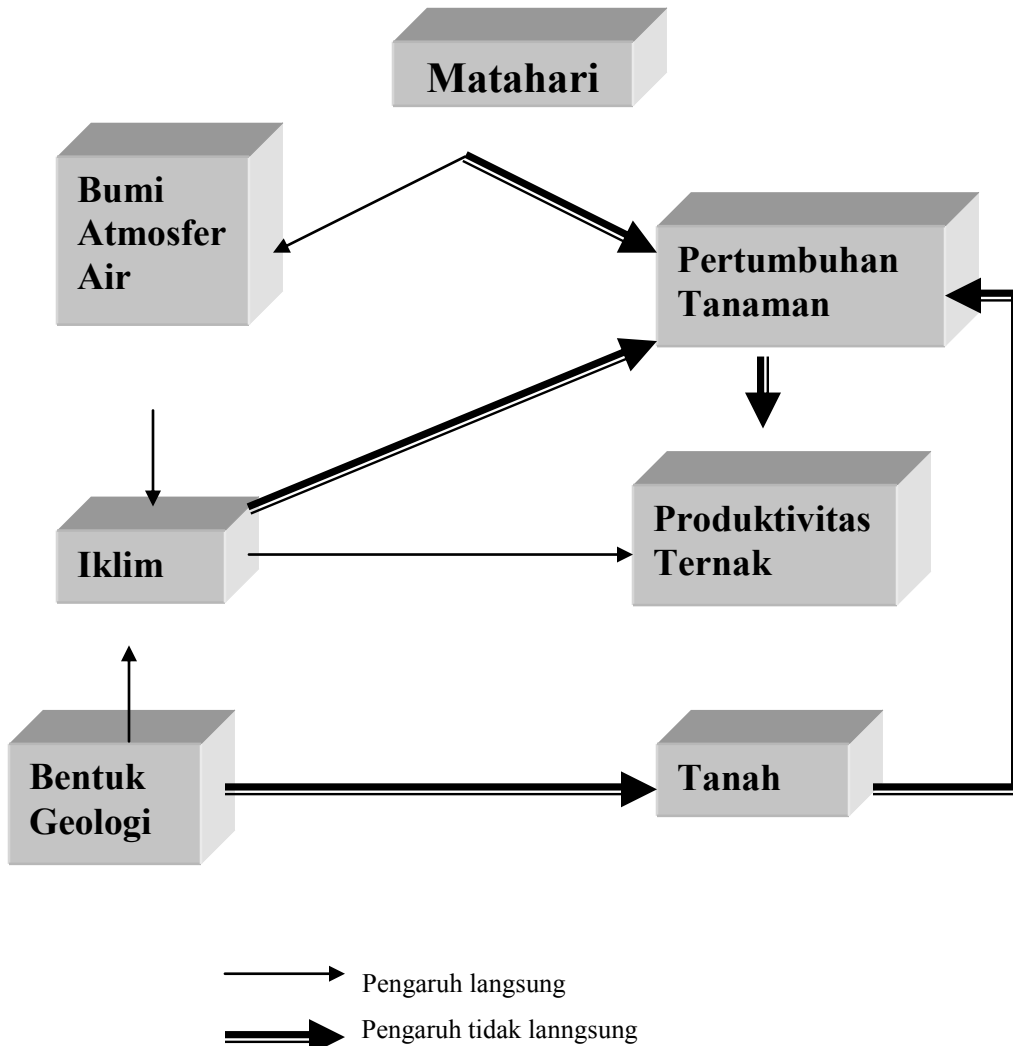
Faktor lingkungan (unsur-unsur iklim) mempengaruhi produktivitas ternak secara tidak langsung dan langsung. Pengaruh tidak langsung faktor lingkungan melalui tanaman makanan ternak. Tanaman pakan ternak dapat tumbuh dan berkembang kemudian menghasilkan bahan pakan ternak secara kuantitas dan kualitas tinggi tentu harus didukung oleh faktor lingkungan yang optimal. Foto sintesis tanaman pakan ternak perlu kondisi optimal dalam hal intensitas radiasi

matahari, suhu udara dan tanah, kelembaban udara dan tanah serta kecepatan angin (golak udara). Pada akekatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman pakan ternak dipengaruhi oleh bentuk geologi (tanah) dan kondisi atmosfer seperti pada gambar 1. Kondisi lingkungan juga mempengaruhi perkembangan mikroorganisme patogen yang berhubungan erat dengan kesehatan ternak dengan ujung implikasinya pada produktivitas ternak. Lingkungan yang panas dan lembab merupakan kondisi yang sangat disenangi oleh mikroba potogen.

Kondisi lingkungan ternak dapat berpengaruh secara langsung yang berkaitan dengan keseimbangan panas dalam tubuh ternak (homeostatis). Ternak mendapatkan beban panas dari (1) panas metabolisme (2) radiasi matahari langsung baik berupa gelombang panjang maupun gelombang pendek (3) radiasi baur dari atmosfer (4) pantulan (refleksi) dari tanah. Total beban panas ini akan diseimbangkan dengan ternak dengan melepaskan panas secara (1) konduksi (2) konveksi (3) radiasi dan (4) evaporasi. Ternak yang sanggup menyeimbangkan produksi panas dengan panas yang dilepaskan menyebabkan ternak berada pada kondisi nyaman. Sedangkan ketidak mampuan ternak menyeimbangkan panas tersebut menyebabkan kondisi cekaman. Kelebihan panas dalam tubuh ternak diistilahkan dengan cekaman panas sedangkan kekurangan panas dalam tubuh ternak menyebabkan cekaman dingin.

Berdasarkan ruang lingkup (luasan area) yang terdampak oleh pengaruh faktor lingkungan maka iklim dapat dibedakan menjadi iklim mikro dan iklim makro. Pengukuran unsur iklim dengan menggunakan peralatan fisik di stasiun klimatologi dikatagorikan sebagai iklim makro. Sedangkan pengukuran unsur iklim pada ruang lingkup yang sempit seperti dalm sebuah kandang atau areal penanaman pakan ternak dikatakan sebagai iklim mikro. Geiger (1959) menyatakan bahwa iklim mikro tersebut adalah iklim dalam ruangan terkecil dekat permukaan tanah (sampai ketinggian 2m). Gates (1968) berpendapat bahwa iklim mikro adalah iklim yang mengitari obyek seperti misalnya iklim di sekitar seekor ternak. Mc. Dowell (1972) menyatakan iklim mikro sebagai faktor bioklimatik dari obyek. Esmay (1978) berpendapat

bahwa iklim mikro itu merupakan fisiko termal pada areal yang terbatas. Rozari (1987) menyatakan bahwa sesungguhnya iklim mikro adalah keadaan serta struktur renik, proses fisik di dekat permukaan hingga batas dimana pengaruh permukaan masih dapat dirasakan



Gambar 1. Skema sederhana hubungan matahari, Bumi dan iklim dengan pertumbuhan tanaman dan peretumbuhan terna

I. UNSUR FISIK

Penyerapan energi radiasi matahari oleh permukaan bumi mengaktifkan molekul gas atmosfer sehingga terjadilah proses pembentukan unsur-unsur cuaca. Perubahan sudut datang sinar surya tiap saat dalam sehari dan tiap hari dalam setahun pada tiap titik lokasi di bumi mengakibatkan perubahan jumlah energi surya. Perubahan tersebut meliputi pemanasan dan pendinginan udara, gerakan vertikal dan horisontal uadar, penguapan dan kondensasi uap air (pengembunan), pembentukan awan dan presipitasi.

Keadaan sesaat dari cuaca serta perubahannya dapat dirasakan (kuantitatif) dan diukur (kuantitatif) berdasarkan peubah fisika atmosfer, yang kita istilahkan unsur cuaca (*weather elements*). Nilai rata-rata jangka panjang kita istilahkan unsur iklim (*climatic elements*)



Gambar. 2 Mekanisme pembentukan cuaca dan iklim.

Nilai rata-rata jangka panjangnya kita namai iklim (*climatic element*). Aktivitas dan gerakan atmosfer lebih jauh dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti fisiografi bumi, posisi tempat dan pencampuran udara dengan atmosfer lain pada lintasanya. Faktor lingkungan tersebut selanjutnya disebut faktor pengendali cuaca atau faktor pengendali iklim (*climatic controls*).

2.1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang diterima dipermukaan bumi merupakan sumber energi utama untuk proses-proses fisika atmosfer. Proses-proses fisika tersebut menentukan keadaan cuaca dan iklim atmosfer bumi. Radiasi matahari merupakan gelombang elektromagnetik, dibangkitkan dari proses fusi nuklir yang mengubah hidrogen menjadi helium. Suhu permukaan matahari berkisar 6000°K , sedangkan bagian dalamnya bersuhu jutaan derajat kalvin. Dengan suhu permukaan tersebut matahari mampu memancarkan gelombang elektromagnetik sebesar 73,5 juta watt tiap m^2 permukaan matahari. Dengan jarak rata-rata matahari dengan bumi sejauh 150 juta Km (Trewartha dan Horn, 1980), radiasi yang sampai di puncak atmosfer rata-rata 1360 Wm^{-2} . Radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi kira-kira setengah dari di puncak atmosfer. Wallace dan Hobbs, 1977) menyatakan pancaran radiasi matahari sebagian akan diserap dan dipantulkan kembali ke angkasa khususnya oleh awan.

Berdasarkan ketetapan (hukum) Stefan-Boltzman, pancaran radiasi matahari dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$F = E T^4$$

Dimana :

F : Pancaran radiasi (W m^{-2})

E : Emisivitas permukaan, bernilai satu untuk benda hitam, benda alam berkisar 0,9 - 1,0.

: Tetapan Stefan Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$).

T : Suhu permukaan (derajat Kelvin)

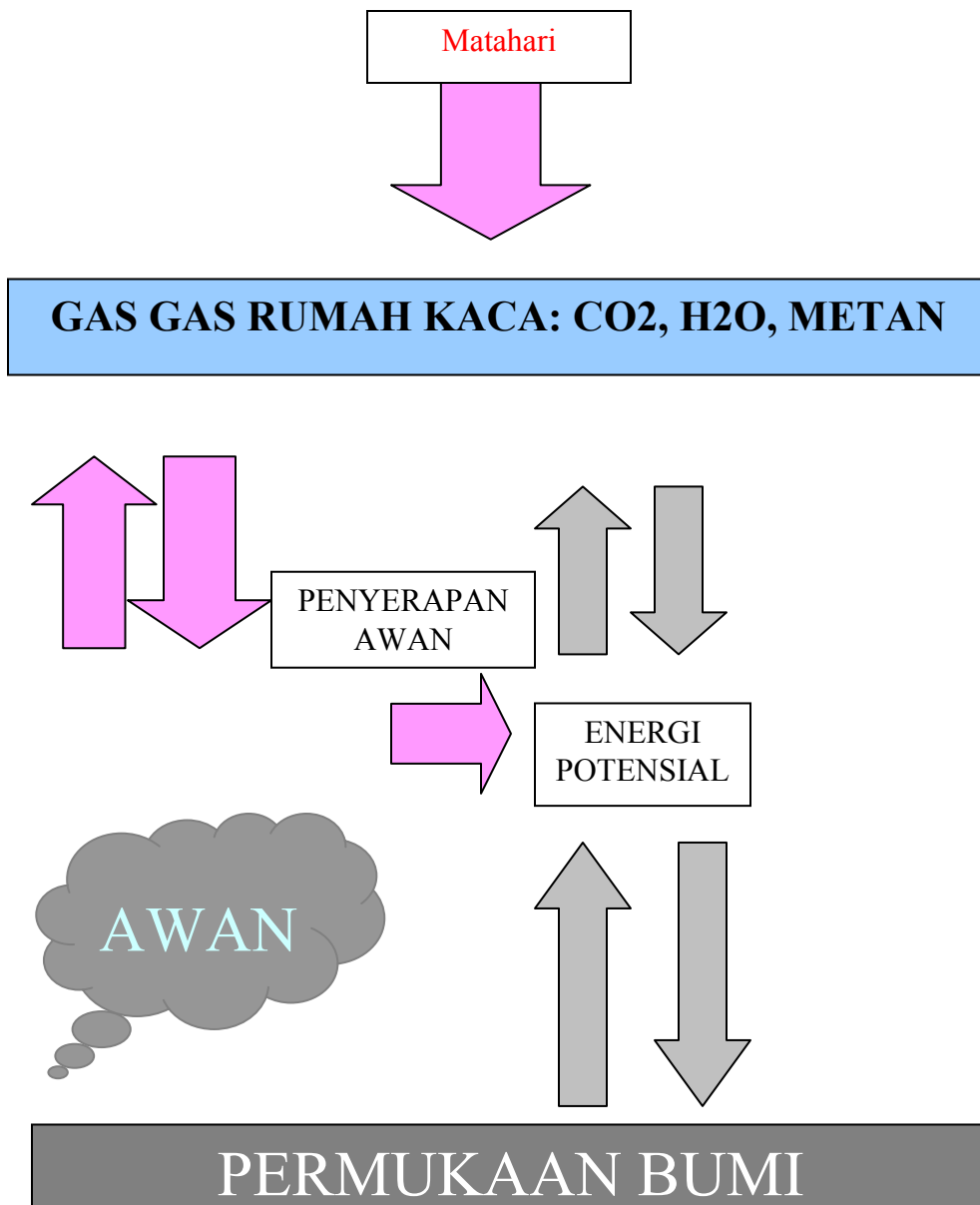
Matahari memancarkan radiasi dengan panjang gelombang 0,3 – 0,4 μm (mikron).

Sedangkan bumi dengan suhu rata-rata 300°K (27°C) memancarkan radiasi dengan panjang gelombang 4 – 120 μm . Dengan demikian radiasi matahari dikatakan radiasi gelombang pendek dan radiasi bumi dikatakan radiasi gelombang panjang.

2.2. Pengaruh Atmosfer bumi

Radiasi matahari memasuki sistem atmosfer menuju permukaan bumi (daratan dan lautan), radiasi tersebut akan dipengaruhi oleh gas-gas aerosol serta awan yang ada di atmosfer. Sebagian

radiasi akan dipantulkan kembali, sebagian diserap dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi berupa radiasi langsung (*direct*) maupun radiasi baur (*diffuse*). Jumlah radiasi matahari yang dipantulkan kebbali ke angkasa luar oleh atmosfer sekitar 30%. Sebesar 20 % diserap oleh gas-gas atmosfer dan 50% diteruskan ke permukaan bumi dan diserap oleh permukaan daratan dan lautan. Energi yang diserap permukaan daratan dan lautan selanjutnya akan dipergunakan untuk pemanasan udara, laut, tanah, untuk penguapan serta sebagian kecil untuk proses fotosintesis (kurang dari 5% radiasi yang datang). Pancaran radiasi matahari samapai ke permukaan bumi disajikan pada gambar 3..



Gambar 3. Pengaruh rumah kaca terhadap neraca energi di bumi

1. Necara Energi pada Permukaan Bumi

Necara energi pada suatu permukaan bumi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q_n = Q_s + Q_l - Q_s - Q_l$$

Dimana :

Q_n : Radiasi netto (Wm^{-2})

Q_s dan Q_s : Radiasi surya gelombang pendek yang datang dan ke luar (Wm^{-2})

Q_l dan Q_l : Radiasi surya gelombang panjang yang datang dan ke luar (Wm^{-2})

Besarnya radiasi netto (Q_n) yang diterima oleh permukaan bumi tergantung pada total radiasi yang datang berupa gelombang pendek dan panjang, disamping itu tergantung pula pada total radiasi gelombang pendek dan panjang yang dipantulkan (direfleksikan). Perbandingan antara radiasi gelombang pendek yang dipantulkan dengan yang datang disebut *albedo*.

Uap air, partikel debu dan uap air adalah komponen penyerap radiasi gelombang panjang di atmosfer. Energi radiasi yang diserap tersebut akan dipancarkan kembali ke permukaan bumi yang diindikasikan dengan peningkatan suhu bumi. Fenomena tersebut lebih dikenal dengan istilah pengaruh rumah kaca (*green house effect*). Kejadian yang sama terjadi pula pada rumah kaca penelitian. Dalam rumah kaca, radiasi matahari mampu menembus atap kaca karena energinya besar, sedangkan radiasi gelombang panjang dari dalam rumah kaca tidak mampu menembus atap kaca sehingga terjadi penimbunan energi yang berlebihan di dalam rumah kaca tersebut yang mengakibatkan peningkatan suhu dalam rumah kaca.

2.3 Suhu Udara

Suhu udara adalah ukuran dari intensitas panas dalam unit standar dan biasanya diekspresikan dalam skala derajat celsius (Yousef, 1984). Panas pada umumnya diukur dalam satuan Joule(J) atau dalam satuan kalori (cal) adalah suatu bentuk energi yang dikandung oleh

suatu benda. Suhu mencerminkan energi kinetik rata-rata dari gerakan molekul-molekul. Seperti pada udara, hubungan antara energi kinetik dengan suhu dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} NkT$$

Dimana :

E_k : Energi kinetik rata-rata dari molekul gas

m : Massa sebuah molekul

v^2 : Kecepatan kuadrat rata-rata dari gerakan molekul

N : Jumlah molekul per satuan volume

k : Tetapan Boltzman

T : Suhu mutlak (K)

Persamaan di atas menunjukkan hubungan yang linier antara energi kinetik dengan suhu (suhu mutlak). Berdasarkan hal ini, suhu merupakan gambaran umum keadaan energi suatu benda. Namun demikian, tidak semua bentuk energi yang dikandung suatu benda dapat diwakili oleh suhu seperti halnya pada energi kinetik

tersebut. Di atmosfer hal ini kita jumpai bahwa peningkatan *panas laten* akibat penguapan justru menurunkan suhu udara karena proporsi panas terasa (*sensible heat*) menjadi berkurang.

Satuan Suhu

Satuan suhu yang telah dikenal masyarakat secara umum ada empat yaitu (1) Celcius, (2) Fahrenheit, (3) Reamur dan (4) Kelvin. Perbandingan skala antara keempat sistem tersebut berbeda antara yang satu dengan yang lain, kecuali antara Celcius dan Reamur. Konversi dari satuan yang satu ke satuan yang lain harus memperhatikan titik awal serta skalanya. Konversi dari satuan celcius menjadi satuan yang lain sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X^{\circ}\text{C} &= (9/5 X + 32)^{\circ}\text{F} \\ &= (4/5 X)^{\circ}\text{R} \\ &= (X + 273)^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Penyebaran Suhu Menurut Ruang dan Waktu

Pada lapisan atmosfer, secara umum suhu semakin rendah semakin tinggi dari permukaan bumi. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan faktor-faktor berikut :

1. Udara merupakan penyimpan panas terburuk, sehingga suhu udara sangat dipengaruhi oleh permukaan bumi tempat persentuhan antara udara dengan daratan dan lautan. Permukaan bumi tersebut merupakan pemasok panas terasa untuk pemanasan udara
2. Lautan mempunyai kapasitas panas yang lebih besar daripada daratan, sehingga meskipun daratan merupakan penyimpan panas yang lebih buruk tetapi karena udara bercampur secara dinamis maka pengaruh permukaan lautan secara vertikal akan lebih dominan. Akibatnya suhu akan turun menurut ketinggian baik di atas lautan maupun daratan. Secara rata-rata penurunan suhu udara menurut ketinggian di Indonesia sekitar 5 – 6 °C tiap kenaikan tempat 1000 m.

Penyebaran Suhu Lintang Tempat

Penyebaran suhu udara menurut lintang, sumber energi utamanya berasal dari daerah tropika (antara 30°LU - 30°LS) yang merupakan daerah penerima radiasi matahari terbanyak. Sebagian energi tersebut dipindahkan ke lintang lebih tinggi untuk menjaga keseimbangan energi secara global. Pemindahan panas ini melalui sirkulasi udara secara global yang terjadi di permukaan bumi. Pada sirkulasi ini penguapan sangat intensif terjadi di sekitar katulistiwa pada pusat tekanan rendah yang sering disebut ITCZ (" Inter Tropical Convergence Zone") yang ditandai dengan banyaknya awan di daerah tersebut. Pada saat ITCZ berada pada suatu daerah maka daerah tersebut akan mengalami musim hujan. Energi panas yang dibawa dari permukaan akan sebagai panas laten dalam proses penguapan air akan dilepaskan di atmosfer pada saat terjadi proses kondensasi. Panas yang dilepas selanjutnya dibawa ke lintang lebih tinggi (30°LU dan 30°LS) sehingga terjadi sirkulasi udara dan penyebaran panas

Suhu Diurnal dan Harian

Fluktuasi suhu rata-rata di daerah tropis relatif lebih konstan sepanjang tahun sedangkan fluktuasi suhu diurnal (variasi antara siang dan malam) lebih besar daripada fluktuasi

suhu harian. Terdapat perbedaan rata-rata suhu bulanan sepanjang tahun pada daerah tropis daripada daerah lintang lebih tinggi. Perbedaan suhu bulanan pada daerah sub tropis nampak dengan jelas sedangkan pada daerah tropis (Indonesia) nampak seperti garis mendatar. Perbedaan suhu yang cukup signifikan pada daerah sub tropis disebabkan karena perbedaan penerimaan energi radiasi matahari diantara musim.

Suhu maksimum di Indonesia tercapai pada pukul 14.00 Wita yaitu setelah radiasi matahari maksimum terjadi. Sebelum suhu maksimum, radiasi matahari yang datang masih lebih besar daripada radiasi keluar berupa pantulan gelombang pendek dan pancaran radiasi bumi berupa gelombang panjang (radiasi neto positif). Sehingga pemanasan udara berlangsung terus meskipun radiasi matahari maksimum telah terjadi sekitar pukul 12.00 Wita. Dalam hal ini keterlambatan waktu ("time lag") antara radiasi matahari maksimum dengan suhu maksimum sekitar 2 jam. Setelah suhu maksimum tercapai, radiasi ke luar akan lebih besar dari yang datang (radiasi neto negatif) sehingga suhu akan terus menurun sehingga tercapai suhu minimum pada pagi hari (jam 04.00 wita). Setelah itu naik kembali pertama-tama adanya tambahan energi dari proses pengembunan yang melepaskan panas laten yang dikandung uap air. Selanjutnya energi berasal dari radiasi matahari dari pagi hingga sore hari berikutnya. Proses ini berlangsung bila tidak ada pengaruh perpindahan panas secara horizontal seperti "front" panas dan "front" dingin yang melewati daerah tersebut.

2.4 Kelembaban Udara

Kelembaban Mutlak dan Relatif

Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air di udara yang dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban nisbi (relatif) maupun defisit tekanan uap air. Kelembaban mutlak adalah kandungan uap air (masa uap air atau tekanannya) per satuan volume. Kelembaban nisbi membandingkan antara kandungan /tekanan uap air aktual dengan keadaan jenuhnya atau pada kapasitas udara untuk menampung uap air. Kemampuan udara untuk menampung uap air dikatakan udara jenuh. Sedangkan defisit tekanan uap air adalah selisih antara tekanan uap jenuh dan tekanan uap aktual. Masing-masing pernyataan kelembaban udara tersebut mempunyai arti dan fungsi tertentu dikaitkan dengan masalah yang dibahas. Laju penguapan dari permukaan tanah lebih ditentukan oleh defisit tekanan uap air daripada

kelembaban mutlak maupun nisbi. Sedangkan pengembunan akan terjadi bila kelembaban nisbi telah mencapai 100% meskipun tekanan uap aktualnya relatif rendah.

Kelembaban nisbi merupakan perbandingan antara kelembaban aktual dengan dengan kapasitas udara untuk menampung uap air. Bila kelembaban aktual dinyatakan dengan tekanan uap aktual (E_a) maka kapasitas udara untuk menampung uap air tersebut merupakan tekanan uap jenuh (E_s). Sehingga kelembaban nisbi (R_h) dapat dituliskan dalam persen (%) sebagai berikut :

$$R_h = E_a/E_s \times 100\%$$

Kelembaban udara (R_h) = 100% mengandung pengertian tekanan uap aktual sama dengan tekanan uap jenuh. Tekanan uap jenuh (kapasitas udara untuk menampung uap air) tergantung pada suhu udara. Semakin tinggi suhu udara maka kapasitas menampung uap air juga meningkat.

Sebaran Kelembaban Menurut Waktu

Kapasitas udara untuk menampung uap air semakin tinggi dengan naiknya suhu udara maka dengan tekanan uap aktual yang relatif tetap antara siang dan malam hari mengakibatkan R_h akan lebih rendah pada siang hari dan lebih tinggi pada malam hari. R_h mencapai maksimum pada pagi hari sebelum matahari terbit menyebabkan proses pengembunan bila udara bersentuhan dengan permukaan yang suhunya lebih rendah dari titik embun. Embun terbentuk pada tempat-tempat yang terbuka atau tidak ternaungi seperti bagian terluar tajuk tanaman. Tempat-tempat tersebut mempunyai suhu terendah pada malam hari karena paling banyak kehilangan energi melalui pancaran radiasi gelombang panjang.

Pada daerah tropika basah seperti Indonesia rata-rata kelembaban harian atau bulanan relatif tetap sepanjang tahun karena variasi rata-rata suhu harian relatif kecil. Kedaadan berbeda terjadi pada daerah iklim sub tropis yang memiliki variasi suhu harian berbeda cukup besar.

Sebaran Kelembaban Nisbi Menurut Tempat

Besaran kelembaban nisbi pada suatu daerah tergantung pada suhu daerah tersebut yang menentukan kapasitas udara untuk menampung uap air serta uap air aktual pada daerah tersebut. Kandungan uap air aktual ini ditentukan oleh ketersediaan air pada tempat tersebut serta energi

untuk menguapkannya. Daerah Kalimantan yang sumber air banyak dan tersedia cukup energi untuk menguapkannya (evapotranspirasi) maka daerah tersebut mempunyai kelembaban yang cukup tinggi.

Prinsip Pengukuran Kelembaban Udara

Prinsip dasar pengukuran kelembaban udara ada beberapa yaitu (1) metode pertambahan panjang (2) masa pada benda-benda higroskopis serta (3) metode termodinamika. Alat pengukur kelembaban udara secara umum disebut *higrometer*

Sedangkan yang menggunakan metode termodinamika disebut dengan *psikrometer*.

2.5 Pergerakan Udara (Angin)

Pengertian Angin

Angin adalah udara yang bergerak (berembus). Pergerakan udara ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan udara yang disebabkan oleh perbedaan pemanasan radiasi matahari. Angin yang berembus pada suatu waktu tertentu bukanlah suatu proses yang sederhana. Para ahli meteorologi telah lama mengetahui bahwa angin merupakan proses interaksi yang rumit dari pola angin umum dunia, angin-angin yang berhubungan dengan perpindahan sistem tekanan dan angin –angin yang ditimbulkan oleh kondisi lokal. Pola angin umum dunia, demikian juga dengan aliran angin di sekitar sistem tekanan yang berpindah biasanya disebut skala makro karena dimensinya lebih besar. Sistem skala meso hanya bertahan untuk beberapa hari dalam suatu waktu tertentu dan hanya meliputi daerah yang lebih kecil. Angin lokal seperti angin laut dan angin darat, angin lembah dan angin gunung masuk dalam skala meso. Sistem angin yang berskala mikro merupakan angin yang bertahan beberapa menit, termasuk diantaranya olak (“eddies”), hembusan (“gust”) dan putaran debu (“dust devils”).

Gaya Penggerak Angin

Angin pada akeketnya adalah pergerakan udara secara horisontal. Pergerakan udara (angin) secara vertikal pada umumnya sangat lemah yaitu kurang dari satu meter per detik sehingga biasanya dapat diabaikan. Di sisi lain pergerakan udara arah vertikal ini sangat penting dalam proses pembentukan awan dan hujan. Pergerakan udara arah horisontal jauh lebih kuat dari arah vertikal dan sangat mempengaruhi perubahan cuaca.

Gaya yang mampu menggerakkan angin di atmosfer umumnya dihitung per satuan massa udara (percepatan). Faktor utama penyebab terjadinya pergerakan udara di atmosfer adalah adanya gradien tekanan udara. Makin tinggi gradien tekanan udara yang terjadi maka makin

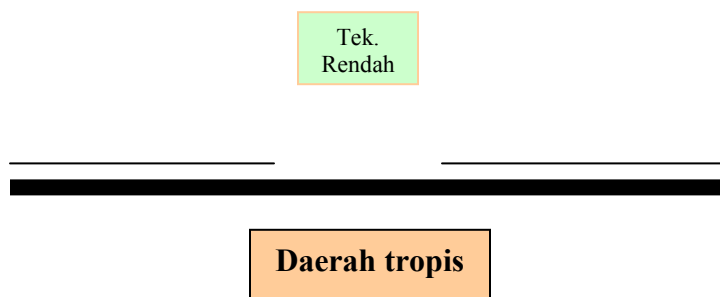
kencang pula angin yang berembus. Dalam hubungan ini permukaan air, permukaan bumi (daratan dan lautan) menerima energi radiasi matahari dengan laju pemanasan yang berbeda-beda. Perbedaan pemanasan ini tercermin dari suhu udara yang berada langsung di atas permukaan yang terpanasi sehingga menimbulkan ketidakseimbangan tekanan udara. Udara pada daerah yang bersuhu lebih tinggi akan mengembang dan bergerak ke atas sehingga tekanan udara menjadi lebih rendah dari sekitarnya. Perbedaan tekanan ini menimbulkan gradien tekanan udara yang memicu terjadinya angin.

Pengaruh Gaya Gesek

Setiap benda yang bergerak di atas permukaan bumi akan dipengaruhi oleh gaya gesekan yang timbul akibat interaksi benda yang bergerak di atas permukaan yang tidak rata. Pengaruh gaya gesek akan berkurang dengan bertambah tingginya tempat dari permukaan tanah (bumi), sampai pada ketinggian kurang lebih 600 m di atas permukaan bumi. Gaya gesek dapat memperlambat pergerakan udara karena arah gaya gesek berlawanan dengan arah pergerakan udara.

Daerah Konvergensi

Konvergensi dan perputaran ini diistilahkan siklonik, dan sistem tekanan rendahnya disebut siklon. Udara dari semua arah masuk ke dalam sistem, sehingga terjadi penumpukan massa udara dipusat tekanan dan terjadi pemaksaan udara naik ke atas (mengembang) seperti ditampikan pada gambar 4. Aliran udara konveksi ini membawa serta energi panas dan uap air dari permukaan bumi ke lapisan troposfer yang lebih tinggi. Gerakan udara ke atas ini menyebabkan udara menjadi dingin secara adiabatik kemudian kelembaban udara mencapai keadaan jenuh dan membentuk awan. Setelah mencapai titik kondensasi awan ini akan turun sebagai presipitasi (hujan)



Gambar. 4. Pergerakan udara di daerah tropis yang dapat menimbulkan Gerakan udara konvergensi.

Angin Lokal

Perbedaan pemanasan radiasi matahari antara permukaan daratan dan lautan di permukaan bumi merupakan penyebab utama terjadinya angin lokal. Peningkatan suhu permukaan daratan lebih cepat dibandingkan dengan permukaan lautan. Pada siang hari radiasi matahari memanasi permukaan daratan dan lautan. Permukaan daratan panas lebih cepat dari permukaan lautan sehingga menimbulkan tekanan udara lebih rendah pada permukaan daratan daripada permukaan lautan, sehingga terjadi angin yang bertiup dari lautan menuju daratan yang disebut angin laut. Pada malam hari, keadaan yang sebaliknya terjadi. Daratan mendingin lebih cepat daripada lautan, sehingga udara di atasnya menjadi lebih dingin dan terciptalah sel tekanan tinggi di atas permukaan daratan. Udara yang lebih dingin ini bergerak dari daratan menuju permukaan lautan yang dikenal dengan angin darat.

Perbedaan topografi juga dapat menyebabkan terjadinya angin lokal (angin gunung dan angin lembah). Pada siang hari puncak gunung menerima energi radiasi matahari lebih banyak daripada lembah yang terlindung di bawahnya. Udara di atas permukaannya mengembang dan naik ke atas. Keadaan ini menimbulkan gradien tekanan antara lembah yang lebih dingin dan bertekanan tinggi dengan puncak gunung yang lebih hangat dan bertekanan rendah. Gradien tekanan udara ini menyebabkan udara di lembah naik ke puncak gunung dan udara dari sisi gunung yang terbuka masuk ke lembah menggantikan udara yang bergerak ke atas. Angin ini disebut dengan angin lembah.

III. UNSUR KIMIAWI

Unsur kimiawi merupakan unsur dari luar yang mempengaruhi ternak seperti misalnya pakan. Pakan merupakan unsur kimiawi yang mempengaruhi ternak yang mengandung nutrisi meliputi : (1) Energi, (2)Protein, (3) Vitamin, dan(4)Mineral.

3.1. Energi

Energi sangat diperlukan pada setiap langkah makhluk hidup, tanpa adanya energi berarti tidak ada kehidupan. Sebagian besar porsi dari makanan/pakan yang dikonsumsi oleh ternak atau manusia digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi, karena reaksi anabolik dan katabolik dalam tubuh memerlukan energi.

3.2. Definisi Energi

Istilah energi merupakan kombinasi dari dua suku kata Yunani (Greek), yaitu: *en*, artinya *in* (bahasa Inggris) atau di dalam (bahasa Indonesia) dan *ergon*, artinya work (bahasa Inggris) atau kerja (bahasa Indonesia). Dari kombinasi kata tersebut, Scott *et al.*(1982) mendefinisikan bahwa ENERGI adalah sesuatu yang dapat menimbulkan kerja. Yang dimaksud kerja disini cakupannya sangat luas, dari mulai melakukan kegiatan yang sangat ringan (misalnya hanya menulis sesuatu atau bahkan hanya istirahat tanpa melakukan sesuatu kecuali bernapas dan berkedip) sampai kepada kegiatan yang memeras banyak keringat.

Terdapat berbagai macam definisi dan deskripsi tentang energi, tergantung dari sudut pandang ilmu yang menggunakannya, misalnya apakah energi digunakan dalam ilmu fisika atau biologi. Di dalam ilmu fisika, energi adalah segala sesuatu yang bisa dikonversi menjadi kerja. Dalam ilmu biologi, kerja (work), biasanya mendefinisikan hanya satu atau beberapa penggunaan dari energi, terutama pada hewan hidup.

3.3.. Fungsi Energi untuk Ternak

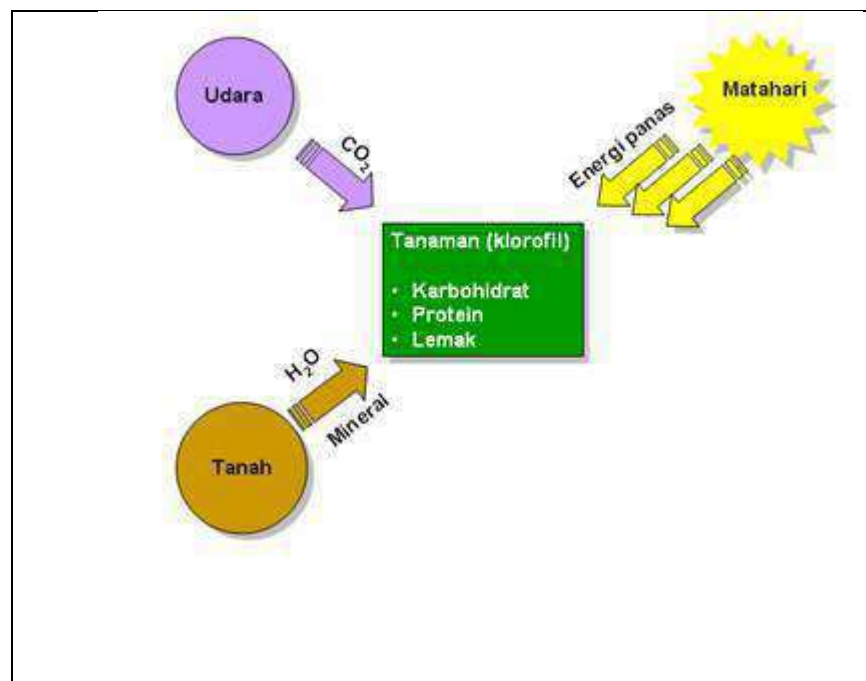
Energi sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup ternak diantaranya adalah untuk: (1) kerja secara mekanis dari aktivitas muskular yang esensial; (2) kerja secara kimiawi seperti

pergerakan zat terlarut melawan gradien konsentrasi; dan (3) sintesis dari konstituen tubuh seperti enzim dan hormon. Energi diperlukan untuk mempertahankan fungsi-fungsi tubuh (respirasi, aliran darah dan fungsi sistem syaraf), untuk pertumbuhan dan pembentukan produk (susu, telur, wool, daging).

3.4. Sumber Energi untuk Ternak

Sebagian besar energi yang ada di bumi berasal dari matahari, walaupun energi molekuler merupakan bentuk energi paling penting dan berguna untuk ternak. Pada dasarnya, para ahli nutrisi sepakat dengan konversi energi kimia yang tersimpan dalam molekul pakan (karbohidrat, protein, lemak) menjadi energi kinetik pada reaksi kimia dalam metabolisme dan dari kerja serta panas. Terbentuknya energi kimia berupa karbohidrat, protein dan lemak dalam molekul pakan terjadi karena adanya proses fotosintesis dalam tanaman dengan bahan baku klorofil yang ada dalam daun, CO₂ yang diserap tanaman dari udara, air dan mineral yang diserap oleh akar dari tanah serta cahaya matahari (dilustrasikan pada Gambar 5)

Gambar 5
Matahari sebagai sumber energi



Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa sumber energi untuk ternak adalah zat makanan karbohidrat, lemak dan protein. Karbohidrat terdiri atas 2(dua) fraksi, yaitu serat kasar

dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN/pati). 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 non ruminansia 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.

3.5. Karbohidrat

Karbohidrat melingkupi senyawa-senyawa yang secara kimia berupa hidroksi aldehida dan hidroksi keton. Karbohidrat adalah komponen utama di dalam jaringan tanaman: lebih dari 70 % terdapat pada hijauan, dan lebih dari 85 % terdapat pada biji-bijian/ sereal. Melalui proses fotosintesis, tanaman dapat mensintesa karbohidrat. Pada ternak, karbohidrat terdapat dalam bentuk glukosa dan glikogen yang meliputi kurang dari 1 % dari bobot ternak.

Klasifikasi karbohidrat

Karbohidrat diklasifikasikan dalam 5 jenis, yaitu: monosakarida, disakarida, trisakarida, polisakarida dan mixed polisakarida. Pada literatur lain, monosakarida dan oligosakarida (disakarida, trisakarida dan tetrasakarida) biasanya disebut kelompok sugar, sedangkan polisakarida yang terdiri dari homoglukan (arabinan, xilan, glukukan, fruktan, galaktan, mannan dan glukosamin) dan heteroglukan (pektin, hemiselulosa, gum, musilago asam, asam hialuronik dan kondroitin) disebut kelompok “non sugar”. Pada Tabel 1.1. diperlihatkan klasifikasi secara lengkap klasifikasi karbohidrat. Monosakarida, yang terpenting adalah glukosa. Glukosa dan fruktosa terdapat melimpah sebagai monosakarida bebas. Glukosa adalah sumber energi vital terpenting berupa cairan tubuh ternak, berperan dalam sistem syaraf, jaringan dan janin. Laktosa merupakan gula air susu. Laktosa yang mengalami proses fermentasi oleh sejumlah mikroorganisme termasuk *Streptococcus lactis* akan dikonversi menjadi asam laktat, misalnya dalam memproduksi yakult melalui peran *Laktobacillus casei sirota* atau memproduksi yogurt melalui peran *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobactillus bulgaricus*. Selobiosa: tidak terdapat bebas di alam, mempunyai ikatan β -(1,4). Ikatan tersebut tidak dapat dipecah oleh enzim yang dihasilkan oleh mamalia kecuali oleh enzim yang disintesis oleh mikroorganisme retikulorumen. Oligosakarida, terdiri dari disakarida, trisakarida, mengandung 2 atau 3 unit monosakarida yang dihubungi dengan ikatan glikosida (α , β).

Polisakarida, diklasifikasikan sebagai: heteropolisakarida dan homopolisakarida. Terdapat sebagai struktur dasar dari sel, hampir diseluruh jaringan, di mukus, beberapa hormon, enzim-enzim, bahan-bahan grup darah, dan zat-zat kekebalan. Homopolisakarida: glikogen, tersedia di jaringan ternak yang menyerupai pati tanaman dan merupakan simpanan energi jangka pendek. Hanya hati dan ginjal yang dapat melepaskan glukosa untuk masuk ke darah. Glikogen hati adalah glukosa terpenting. Proses pembentukan glikogen disebut glycogenesis (glycogen synthetase). Proses pemecahan glikogen disebut glycogenolysis (glycogen phosphorylase).

Tab3.1. Klasifikasi Karbohidrat

Compound	Monosaccharide content	Occurrence
MONOSACCHARIDES (SIMPLE SUGAR)		
<i>Pentoses (5-C sugars)</i> ($C_5H_{10}O_5$)		
Arabinose		Pectin; polysaccharide, araban corn cobs, wood ; polysaccharides nucleic acids.
Xylose		
Ribose		
<i>Hexoses (6-C sugars) ($C_6H_{12}O_6$)</i>		
Glucose		disaccharides; polysaccharides disaccharides (sucrose) milk (lactose) polysaccharides
Fructose		
Galactose		
Mannose		
DISACCHARIDES ($C_{12}H_{22}O_{11}$)		
Sucrose		
Maltose	glucose-fructose glucose-glucose	sugar cane, sugar beet
Lactose	(glucose-4- α -glucoside)	starchy plants and roots
Cellobiose	glucose-galactose glucose-glucose (glucose-4- β -glucoside)	milk fibrous portion of plants
TRISACCHARIDES ($C_{18}H_{32}O_{16}$)		
Raffinose	glucose-fructose- galactose	certain varieties of eucalyptus, cotton seed, sugar beets)
POLYSACCHARIDES		
<i>Pentosans ($C_5H_8O_4$)_n</i>		pectins corn cobs, wood
Araban		
Xylan	arabinose xylose	
<i>Hexosans ($C_6H_{10}O_5$)_n</i>		

Starch (a polyglucose glucides)		
Dextrin		grains, seeds, tubers
Cellulose	glucose	
Glycogen		partial hydrolytic product of starch
Inulin (a polyfructose fructoside)	glucose	cell wall of plants
	glucose	liver and muscle of animals
MIXED POLYSACCHARIDES	fructose	potatoes, tubers, artichokes
Hemicellulose		
	mixtures of pentoses and hexoses	fibrous plants
Pectins	pentoses and hexoses mixed with salts of	citrus fruits, apples
	complect acids	
Gums (partly oxidized to acids)	pentoses and hexoses	acacia trees and certain plants

Pati (starch) dan selulosa adalah dua komponen penting di dalam ransum ruminansia: konsentrat dan hijauan. Selulosa berikatan erat secara fisik dan kimia dengan hemiselulosa dan lignin. Selulosa dicerna dalam saluran pencernaan oleh enzim selulase menghasilkan selobiosa, lalu dihidrolisis menjadi glukosa oleh selobiase. Enzim selulase dihasilkan oleh mikroba rumen dan retikulum ruminansia. Hasil akhir dari pencernaan selulosa adalah asam-asam lemak terbang (VFA = volatile fatty acids) yang terdiri dari asetat, propionat dan butirat, dengan hasil sampingan antara lain berupa gas metan, dan CO₂ yang akan digunakan dalam metabolisme energi pada ternak ruminansia. Lignin merupakan polimer yang mengandung protein sulit dicerna. Lignin sangat tahan terhadap degradasi kimia dan enzimatik. Lignin sering digunakan sebagai indikator di dalam eksperimen studi pencernaan pada ternak ruminansia karena sifatnya yang tidak larut tersebut. Lignin bukan karbohidrat, tetapi sangat berhubungan erat dengan senyawa-senyawa kabohidrat. Kulit kayu, biji, bagian serabut kasar, batang dan daun mengandung lignin yang berupa substansi kompleks oleh adanya lignin dan polisakarida yang lain. Kadar lignin akan bertambah dengan bertambahnya umur tanaman.

Metabolisme Karbohidrat pada Ruminansia

Terdapat perbedaan mendasar antara ruminansia dan monogastrik dalam metabolisme karbohidrat, yaitu: jalur metabolisme dan produk akhir yang dihasilkan. Tanaman makanan ternak mengandung: 20 - 30% BK selulosa, 14 - 20% BK hemiselulosa, dan kurang dari 10% BK pektin dimana 2 -12% BK adalah lignin.

Ruminansia mempunyai mikroorganisme di dalam retiklorumen yang mensekresikan enzim-enzim sehingga dapat mencerna makanan yang masuk. Bagian terbesar karbohidrat terdiri dari: yang mudah larut (gula dan pati) dan yang sukar larut (selulosa dan hemiselulosa, misal hijauan dan limbah serat). Keduanya ini difermentasikan oleh mikroba rumen membentuk VFA (asam lemak terbang/atsiri) di dalam rumen dan retikulum. Pemecahan karbohidrat menjadi VFA terjadi di rumen terdiri dari 2 tahap: 1). Hidrolisis ekstraseluler dari karbohidrat kompleks (selulosa, hemiselulosa, pektin) menjadi oligosakarida rantai pendek terutama disakarida (selobiosa, maltosa, pentosa) dan gula-gula sederhana. 2). Pemecahan oligosakarida dan gula-gula sederhana menjadi VFA oleh aktifitas enzim intraseluler.

Komposisi VFA terbanyak di dalam cairan rumen adalah: asam asetat, propionat dan butirrat sedangkan yang dalam jumlah kecil: asam format, isobutirat, valerat, isovalerat dan kaproat. Pemecahan protein oleh bakteri juga menghasilkan asam lemak berantai cabang yang terdapat dalam jumlah kecil tersebut. Dalam pencernaan ini dihasilkan pula produk ikutan berupa beberapa gas: metan (CH_4), CO_2 dan H_2 ; yang dikeluarkan dari tubuh melalui proses eruktasi (belching/ bersendawa).

Sejumlah kecil karbohidrat yang dicerna dan sebagian dari polimer-polimer karbohidrat yang lolos dari fermentasi mikroba di perut depan akan masuk ke usus halus, dicerna selanjutnya diserap. Asam lemak terbang (VFA) yang dominan (Asetat, Propionat, dan Butirat) akan diserap melalui dinding rumen, masuk ke dalam sirkulasi darah dan di transportasikan ke jaringan tubuh ternak.

Senyawa-senyawa tersebut selanjutnya akan mengalami proses metabolisme: 1)Katabolisme, yang mensuplai energi, dan 2)Biosintesis misalnya: biosintesis lemak susu dari asam asetat dan butirrat; biosintesis glukosa dari asam propionat di dalam jaringan tubuh ternak.

Dalam metabolisme di jaringan dilibatkan pula sistem enzim, sehingga produk akhir metabolisme tersebut dapat dimanfaatkan.

Karena ruminansia dapat mensintesis glukosa dari asam propionat di dalam rumen, dan fungsinya sebagai energi tidak terlalu besar diharapkan oleh ruminansia (monogastrik: glukosa adalah sumber energi utama) maka glukosa di jaringan menjadi terbatas (di dalam darah: 40-70 mg%, sedang monogastrik 100 mg%). namun pada ternak baru lahir (pre-ruminan) sama dengan monogastrik, glukosa dalam darah: 100-120 mg%.

Energi yang Dihasilkan dari Pencernaan Karbohidrat

Dari dua tahap proses pencernaan karbohidrat didalam rumen (Gambar 1.2), dihasilkan sumber energi berupa ATP seperti berikut :

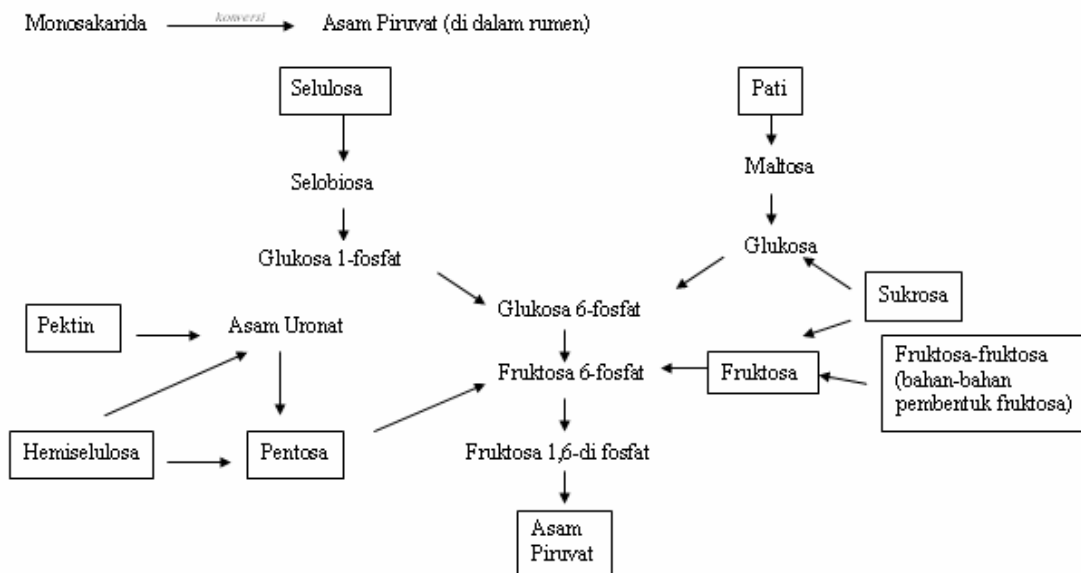
Tahap1:

- Heksosa (senyawa-senyawa yang mempunyai atom karbon 6 buah) $\rightarrow 2$ Piruvat + 4 (H) + **2 ATP**
- Pentosa (senyawa-senyawa yang mempunyai atom karbon 5 buah) $\rightarrow 1.67$ Piruvat + 1.67 (H) + **1.67 ATP**

Tahap 2:

- 2 Piruvat + $2\text{H}_2\text{O}$ $\rightarrow 2$ Asam Asetat + 2 CO_2 + 2 H_2 + **2 ATP**
- 2 Piruvat + 8 (H) $\rightarrow 2$ Asam Propionat + 2 H_2O + **2 ATP**
- 2 Piruvat + 4 (H) \rightarrow Asam butirat + 2 H_2 + 2 CO_2 + **2 ATP**

Energi yang dihasilkan tersebut akan digunakan untuk hidup pokok dan sintesis protein mikroba. Dengan cara demikian, mikroba akan memperbanyak diri, sehingga pada gilirannya mikroba-mikroba tersebut dapat dimanfaatkan oleh induk semang sebagai sumber protein yang bernilai hayati tinggi.



Gambar 6. Perombakan karbohidrat menjadi asam piruvat

3.6. Lemak

Lemak adalah senyawa organik yang terdapat pada jaringan tanaman dan hewan, mempunyai sifat larut dalam pelarut organik seperti benzene, ether atau chloroform dan hanya sebagian kecil larut di dalam air.

Lipida terbagi dua kelompok yaitu yang membentuk sabun (saponifiable) dan yang tidak membentuk sabun (non saponifiable). Yang membentuk sabun dalam bentuk sederhana adalah Trigliserida, ketika dihidrolisis dengan alkali menghasilkan gliserol dan sabun. Trigliserida akan berbentuk cairan pada suhu ruang (asam lemak tidak jenuh) dan akan menjadi padat (margarine) ketika ikatan rangkapnya mengalami hidrogenasi, misalnya asam oleat berubah menjadi stearat. Sedangkan yang lebih kompleks adalah fosfolipid misalnya lesitin dan glikolipid yaitu komponen utama pada tanaman. Senyawa lipid yang tidak membentuk sabun yang populer adalah steroid (sterol) dan karotinoid yaitu pigmen tanaman dan merupakan vitamin yang larut dalam lemak.

Asam-asam lemak tidak jenuh (mempunyai ikatan rangkap) yang esensial adalah: Asam linoleat (C 18:2), asam linolenat (C 18:3), dan arakidonat (C 20:4). Arakidonat dapat disintesa

dari asam linoleat. Pada alat pencernaan ruminansia, mikroba rumen dapat memetabolisasi senyawa lipid yang lebih kompleks, sedang monogastrik hanya dapat memanfaatkan trigliserida saja.

Metabolisme Lemak

Pada monogastrik, trigliserida dikonversi menjadi monogliserida lalu menjadi asam lemak bebas dan gliserol, membentuk misel dan masuk ke pembuluh darah. Menjadi kilomikron dalam bentuk trigliserida lalu ke limpa, atau asam lemak rantai pendek dan menengah langsung ke portal darah.

Pada ruminansia, lesitin dikonversi menjadi lisolesitin, bercampur dengan partikel digesta dan garam-garam empedu membentuk misel lalu ke pembuluh darah, membentuk kilomikron baik trigliserida, lesitin dan lipoprotein masuk ke limpa. Tidak ada asam lemak rantai pendek atau menengah yang langsung ke portal darah. Pakan hijauan dan biji-bijian umumnya berbentuk lemak tidak jenuh. Hidrolisis lipid yang teresterifikasi oleh lipase asal mikroba akan membebaskan asam-asam lemak bebas, sehingga galaktosa dan gliserol akan difermentasi menjadi VFA. Asam lemak tak jenuh (linoleat dan linolenat) akan dipisahkan dari kombinasi ester, dihidrogenasi oleh bakteri menghasilkan asam monoenoat (pertama) dan asam stearat (terakhir).

Sebagian besar asam lemak esensial akan rusak oleh karena proses biohidrogenasi, namun ternak tidak mengalami defisiensi. Sebagian kecil asam lemak esensial yang lolos dari proses di dalam rumen tersebut, sudah dapat memenuhi kebutuhan ternak.

Mikroba rumen juga mampu mensintesis beberapa asam lemak rantai panjang dari propionat dan asam lemak rantai cabang dari kerangka karbon asam-asam amino valin, leusin dan isoleusin. Asam-asam lemak tersebut akan diinkorporasikan ke dalam lemak susu dan lemak tubuh ruminansia.

Kebanyakan lipida ruminan masuk ke duodenum sebagai asam lemak bebas dengan kandungan asam lemak jenuh yang tinggi. Monogliserida yang dominan pada monogastrik, pada

ruminan akan mengalami hidrolisis di dalam rumen, sehingga sangat sedikit terdapat pada ruminan.

Ruminansia muda mempunyai kemampuan untuk mengkonversi glukosa menjadi asam-asam lemak, namun ketika rumen berfungsi, kemampuan itu hilang dan asetat menjadi sumber karbon utama yang digunakan untuk mensintesis asam-asam lemak. Asetat akan didifusi masuk ke dalam darah dari rumen dan dikonversi di jaringan menjadi asetil-CoA, dengan energi berasal dari hidrolisis ATP menjadi AMP. Jalur ini terjadi di tempat penyimpanan lemak tubuh yaitu jaringan adiposa (di bawah kulit, jantung dan ginjal). Konversi asetil-CoA menjadi asam-asam lemak rantai panjang sama terjadinya antara ruminan dan monogastrik.

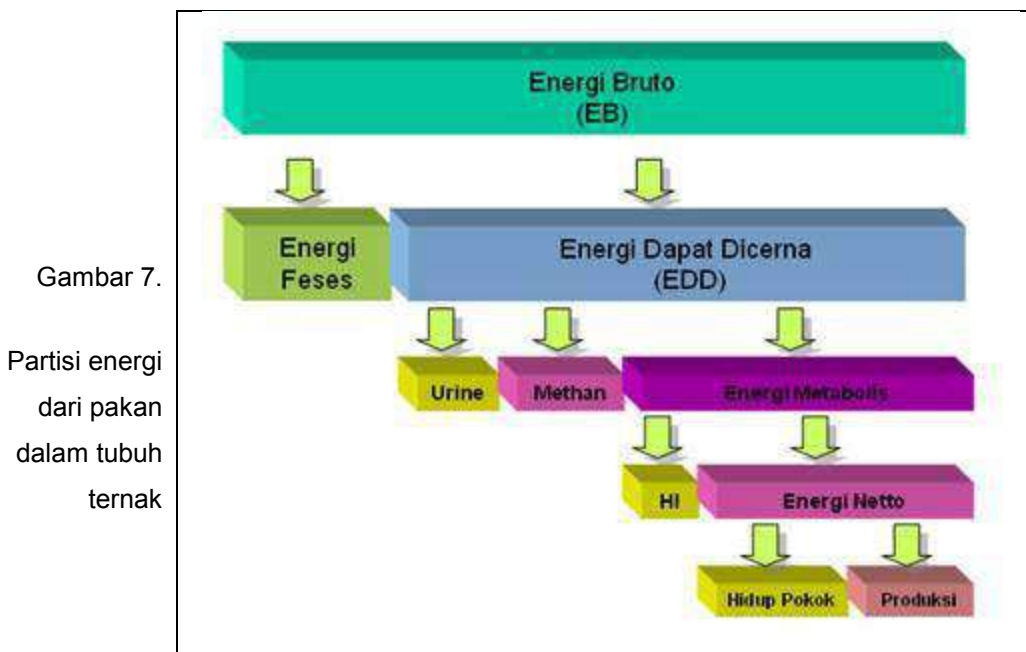
Lemak akan mengalami proses hidrolisis dan oksidasi, yang mana lebih lanjut akan mengalami ketengikan. Degradasi hidrolisis dari lemak menjadi asam-asam lemak dan gliserol merupakan hasil kerja dari enzim lipase, namun jika terjadi ketengikan hidrolisis, tidak akan mengubah nilai gizi namun kurang disukai manusia. Sedangkan jika terjadi proses oksidasi akan menimbulkan terjadinya ketengikan oksidatif dimana nilai gizi akan berubah, kandungan asam-asam lemak akan rusak

Penggunaan dan Partisi Energi dari Pakan

Energi pakan yang dikonsumsi ternak dapat digunakan dalam 3 cara: (1) menyediakan energi untuk aktivitas; (2) dapat dikonversi menjadi panas; dan (3) dapat disimpan sebagai jaringan tubuh. Kelebihan energi pakan yang dikonsumsi setelah terpenuhi untuk kebutuhan pertumbuhan normal dan metabolisme biasanya disimpan sebagai lemak. Kelebihan energi tersebut tidak dapat dibuang (diekskresikan) oleh tubuh ternak.

Energi disimpan di dalam karbohidrat, lemak dan protein dari bahan makanan. Semua bahan tersebut mengandung karbon (C) dan hidrogen (H) dalam bentuk yang bisa dioksidasi menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) yang menunjukkan energi potensial untuk ternak. Jumlah panas yang diproduksi ketika pakan dibakar secara sempurna dengan adanya oksigen dapat diukur dengan alat kalorimeter bom dan disebut **Energi Bruto (EB)** dari pakan. Persentase EB yang dapat dimanfaatkan oleh tubuh ternak dan digunakan untuk mendukung proses metabolik tergantung kemampuan ternak untuk mencerna bahan makanan. Pencernaan

mencerminkan proses fisika dan kimia yang terjadi dalam saluran pencernaan dan menyebabkan pecahnya senyawa kimia kompleks dalam pakan menjadi molekul lebih kecil yang dapat diserap dan digunakan oleh ternak. Energi yang diserap tersebut disebut **Energi Dapat Dicerna (EDD)**. Pada ternak non-ruminansia, kehilangan energi lebih lanjut terjadi melalui urin berupa limbah yang mengandung nitrogen dan senyawa lain yang tidak dioksidasi oleh tubuh ternak serta untuk ternak ruminansia selain melalui urin, kehilangan energi juga melalui pembentukan gas metan. EDD dikurangi energi yang hilang melalui urin (non-ruminansia) atau urin+metan (ruminansia) disebut **Energi Metabolis (EM)** pakan. Selama metabolisme zat makanan, terjadi kehilangan energi yang disebut *Heat Increment*. Sisa energi dari pakan yang tersedia bagi ternak untuk digunakan keperluan hidup pokok (maintenance) dan produksi disebut **Energi Netto (EN)**. Partisi energi pakan dalam tubuh ternak dapat dilihat pada Gambar 7. Untuk lebih memperjelas diperlihatkan dalam bentuk **ANIMASI PARTISI ENERGI**



Energi Bruto (EB)

Energi bruto dalam makanan/pakan dapat diukur dengan alat *bomb calorimeter*. Prinsip dari pengukuran EB pakan ini adalah konversi energi dalam pakan (karbohidrat, lemak, protein) menjadi energi panas dengan cara oksidasi zat makanan tersebut melalui pembakaran. Bomb calorimeter dapat digunakan untuk mengukur energi bruto dari pakan secara utuh (whole food) atau dari bagian-bagian pakan (misalnya glukosa, pati, selulosa), jaringan ternak dan ekskreta

(feses, urin). Nilai energi bruto dari suatu bahan pakan tergantung dari proporsi karbohidrat, lemak dan protein yang dikandung bahan pakan tersebut. Air dan mineral tidak menyumbang energi pakan tersebut. Nilai energi bruto tidak menunjukkan apakah energi tersebut tersedia untuk ternak atau tidak tersedia, tergantung dari pencernaan bahan pakan tersebut. Contoh nilai energi bruto dari beberapa bahan, baik makanan/pakan secara utuh, fraksi-fraksinya, produk fermentasi maupun jaringan ternak disajikan pada Tabel .2.

Tabel 3.2. Nilai Energi Bruto dari Beberapa Bahan

Jenis Bahan	Jumlah (MJ/kg BK)	Jenis Bahan	Jumlah (MJ/kg BK)
Komponen Pakan:		Jaringan Hewan:	
-Glukosa	15,6	-Otot (muscle)	23,6
-Selulosa	17,5	-Lemak (fat)	39,3
-Butterfat	38,5		
-Pati	17,7		
-Casein	24,5		
-Lemak biji-bijian	39,0		
Produk Fermentasi:		Makanan/Pakan	
-Asetat	14,6	Utuh:	18,5
-Butirat	24,9	-Jagung	18,5
-Propionat	20,8	-Jerami oat	24,9
-Methan	55,0	-Susu (4% lemak)	19,6

		-Oat	18,9
		-Rumput (hay)	

1 MJ (Mega Joule)= 238,9 kkal; BK= Bahan Kering

Energi Dapat Dicerna (EDD)

Nilai energi dapat dicerna dari suatu makanan/pakan diperoleh dengan percobaan pemberian pakan (feeding trial). EDD dihitung dari EB yang dikonsumsi dikurangi energi yang diekskresikan melalui feses (energi feses). Pada ternak unggas, EDD susah diukur karena feses+urin diekskresikan melalui saluran yang sama (bersatu), yaitu melalui kloaka.

Energi Metabolis (EM) Nilai energi metabolis dari suatu makanan/pakan adalah EDD dikurangi energi yang hilang dalam urin dan gas metan. Energi urin berada dalam bentuk zat yang mengandung nitrogen seperti urea, asam hippuric, creatinine dan allantoin, dan juga senyawa non-nitrogen seperti glucuronate dan asam sitrat. Jika produksi metan tidak dapat diukur secara langsung, dapat diduga dengan angka 8% dari EB yang dikonsumsi.

Pada unggas, energi metabolis lebih mudah diukur dibandingkan dengan energi dapat dicerna (EDD), karena feses dan urin dikeluarkan bersama-sama. Contoh nilai energi metabolis dari beberapa bahan pakan disajikan pada Tabel .3.

Tabel 3.3. Nilai Energi Metabolis dari Beberapa Bahan Pakan untuk Berbagai Ternak (MJ/Kg BK)

Bahan Makanan	Unggas	Babi	Domba	Sapi
Jagung	16,2	16,9	-	14,0
Barley	13,3	14,2	12,9	12,3
Rumput kering muda	-	-	13,0	-
Dedak gandum	-	-	-	10,6

Nilai energi metabolis, selain diperoleh dengan feeding trial, dapat juga diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

1. EM untuk hijauan yang diberikan pada ternak ruminansia;

$$EM \text{ (MJ/Kg BK)} = 0,016 \text{ BOT}$$

BOT = bahan organik tercerna (g/kg BK)

2. EM untuk bahan pakan pada ternak unggas;

a. Jagung: $EM \text{ (kkal/kg BK)} = 36,21 \text{ PK} + 85,44 \text{ LK} + 37,26 \text{ BETN}$

b. Dedak padi: $EM \text{ (kkal/kg BK)} = 46,7 \text{ BK} - 46,7 \text{ ABU} - 69,54 \text{ PK} + 42,94 \text{ LK} - 81,95 \text{ SK}$

PK = Protein Kasar

LK = Lemak Kasar

BETN= Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen/pati

BK= Bahan Kering (Dry Matter)

SK= Serat Kasar

3. EM untuk bahan pakan pada babi;

$$EDD \text{ (MJ/Kg BK)} = 17,47 + 0,0079 \text{ PK} + 0,0158 \text{ LK} - 0,0331 \text{ ABU} - 0,0140 \text{ NDF}$$

NDF = Neutral Ddetergent Fiber

Sistem dan Satuan Energi Pakan

Ruminansia dan Babi

Sistem Inggris

Sistem energi pakan yang digunakan untuk ternak ruminansia dan babi di Inggris adalah Energi Metabolis (EM) dan satuan energinya adalah Mega Joule (MJ)/Kg BK.

Sistem USA

Sistem energi yang digunakan adalah TDN (total digestible nutrient) dan satuan energinya adalah Mega kalori (Mkal) atau Kilokalori (kkal).

$$TDN = DCP + DNFE + DCF + 2,25 \text{ DEE}$$

DCP = Digestible Crude Protein (protein kasar dapat dicerna)

DNFE = Digestible Nitrogen- Free Extract (karbohidrat dapat dicerna)

DCF = Digestible Crude Fiber (serat kasar dapat dicerna)

DEE = Digestible Ether Extract (kernak kasar dapat dicerna)

Unggas

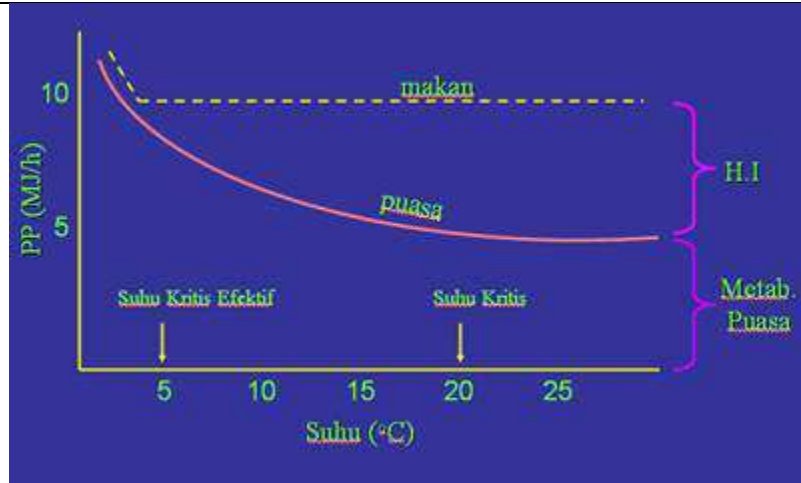
Sistem energi pada unggas yang digunakan di seluruh dunia adalah sistem energi metabolis (EM). Sistem ini paling praktis, karena feses + urin dikeluarkan bersama-sama dalam saluran yang sama, yaitu kloaka. Satuan energi yang digunakan adalah MJ/Kg (Eropa) dan Kkal/kg (USA).

3.7. Energi untuk Hidup Pokok

Hewan mamalia dan burung bersifat homeotermik, artinya suhu tubuhnya selalu konstan, yang berkisar antara 36 - 42 °C. Oleh sebab itu apabila tubuh menghasilkan energi bentuk panas, maka panas tersebut harus dikeluarkan. Proses pengeluaran panas tubuh tergantung dari perbedaan suhu tubuh dengan suhu lingkungannya.

Pada umumnya untuk memelihara suhu tubuhnya hewan sangat terpengaruh oleh lingkungan. Sebagai contoh babi kondisi basal dan dipelihara pada suhu 25°C, dipuaskan dan kondisi istirahat maka jika suhu udaranya diturunkan secara bertahap babi akan kehilangan panas lebih cepat sampai ketingkat suhu tubuh yang terendah. Babi dapat mempertahankan suhu tubuhnya dengan cara meningkatkan produksi panas (PP) tubuh melalui aktivitas otot dan menggigil. Temperatur kritis adalah temperature yang rendah dimana produksi panas mulai meningkat (pada suhu 20°C). Pada babi yang puasa, produksi panas juga dihasilkan untuk memelihara suhu tubuhnya dan lebih rendah dibandingkan babi yang diberi makan, hal ini disebabkan karena adanya HI dari proses pencernaan dan metabolisme pakan dari babi. Pada suhu di bawah 20°C, babi memerlukan konsumsi energi lebih tinggi untuk mengimbangi suhu lingkungan yang rendah, sedangkan babi yang dipelihara pada suhu 25°C tidak perlu ada ekstra energi karena suhu lingkungannya sudah nyaman. Titik efektif temperature kritis yaitu suhu pada 5°C dimana biasanya hewan memproduksi panas secara berlebih melalui proses menggigil. Selisih antara PP setelah makan dengan PP saat puasa itulah yang disebut dengan HI (Heat Increment). Hal ini dapat terlihat seperti Gambar 8.berikut

Gambar 8.
Pengaruh suhu terhadap produksi panas tubuh



Hewan yang baru lahir selalu menderita stress dingin, hal ini disebabkan karena hewan tersebut masih kecil, luas permukaan tubuhnya lebih luas dibandingkan dengan bobot tubuhnya dan jaringan pelindung tubuhnya masih tipis dikarenakan belum adanya perlemakan. Jika anak tidak menyusu pada induknya, maka *heat increment* dari proses makan akan rendah, sehingga produksi panas belum tinggi. Pada anak sapi dan domba terdapat sistem pertahanan khusus di bagian perut dan bahu, yang disebut dengan jaringan lemak coklat (*brown adipose*) yang berguna untuk menghasilkan panas tubuh apabila diperlukan. Pada lingkungan dingin, hewan berusaha memproduksi panas, sedangkan pada suhu panas maka hewan berusaha mengeluarkan panas. Pada babi dan unggas sangat kesulitan dalam mengevaporasikan panas, jadi pada lingkungan yang panas, kedua jenis hewan tersebut mengurangi produksi panas tubuh dengan cara menekan jumlah konsumsi pakan.

3.8. Protein

Definisi Protein

Setiap sel hidup mengandung protein. Protein adalah senyawa organik essential untuk makhluk hidup dan konsentrasinya paling tinggi di dalam jaringan otot hewan. Protein adalah senyawa organik yang terdiri dari satu atau lebih asam amino dan protein diserap tubuh dalam bentuk asam amino. Protein dibuat dari satu atau lebih ikatan asam amino. Ikatan ini disebut polypeptide sebab asam amino

berikatan bersama asam amino yang disebut ikatan peptide. Protein masuk ke dalam tubuh akan dicerna dengan berbagai enzim pencernaan untuk mendapatkan hasil akhir asam amino. Asam amino akan diserab ke dalam tubuh

Bahan makanan sebagai sumber energi akan mengandung protein atau asam amino yang tinggi, tetapi tidak semua bahan makanan yang mengandung protein dan asam amino yang tinggi dapat seluruhnya dimanfaatkan oleh tubuh, tergantung dari kualitas proteinnya. Ternak dapat tumbuh dan berproduksi dengan efisiensi maksimum bila di dalam tubuh terdapat asam amino dengan jumlah yang cukup, yaitu asam amino essensial yang harus ada dalam ransum dan asam amino non essensial yang disintesis di dalam tubuh.

Fungsi Protein

Protein sangat penting sebagai sumber asam amino yang digunakan untuk membangun struktur tubuh. Selain itu protein juga bisa digunakan sebagai sumber energi bila terjadi defisiensi energi dari karbohidrat dan/atau lemak. Apabila protein digunakan sebagai sumber energi, akan menghasilkan residu nitrogen yang harus dikeluarkan dari tubuh. Pada mamalia residu nitrogen adalah urea, sedangkan pada unggas disebut asam urat.

Kebutuhan protein untuk hidup pokok secara praktis didefinisikan sebagai jumlah protein endogen ditambah dengan protein cadangan untuk pembentukan antibody,enzim, hormone serta mempertahankan bulu dan bobot badan. Protein untuk ayam yang sedang tumbuh akan digunakan untuk : a) hidup pokok, b) tumbuh jaringan/otot, dan c) tumbuh bulu. Sedangkan kebutuhan protein untuk berproduksi dipengaruhi beberapa faktor yaitu : a) ukuran dan bangsa, b) suhu, c) fase produksi, d) kandang, e) kepadatan kandang, f) bentuk dan kedalaman tempat pakan, g) ketersediaan air minum dan h) penyakit.

Evaluasi Bahan Makanan Sebagai Sumber Protein

Protein Kasar

Pengukuran protein kasar bahan makanan digunakan untuk pertama kali mengetahui bahan makanan ini dapat digunakan sebagai sumber protein atau tidak. Protein kasar ditentukan dengan mengukur kandungan Nitrogen yang ada di dalam bahan makanan menggunakan metode kjehdahl. Sebagian besar nitrogen dalam bahan makanan ada dalam bentuk protein walaupun ada dalam bentuk lain senyawa lain, yaitu amide, asam amino, glycoside, alkaloid, garam ammonium dan senyawa lipid. Ada dua asumsi dalam menghitung kandungan protein kasar ini : 1) nitrogen dalam bahan makanan dalam bentuk protein, dan 2) semua protein yang ada dalam bahan makanan mengandung 160 g N/kg. Berdasarkan asumsi tersebut maka untuk menghitung protein kasar sebagai berikut :

Protein kasar (g/kg) = g N/kg x 1000 /160 atau Protein kasar (g/kg) = g N/kg x 6,25 Faktor konversi 6,25 digunakan untuk menduga kandungan protein bahan makanan, yaitu N x 6,25. Sebenarnya faktor konversi Nitrogen ke protein bervariasi dari 5,30 - 6,38.

Tabel 3.5. Faktor konversi dari beberapa bahan makanan

Protein	Nitrogen g/kg	Faktor konversi
Cottonseed	188,7	5,30
Soyabean	175,1	5,71
Barley	171,5	5,83
Maize	160,0	6,25
Oats	171,5	5,83
Wheat	171,5	5,83

Protein Murni

Pendugaan bahan makanan sebagai sumber protein menggunakan protein kasar belum tepat, terutama untuk unggas karena unggas tidak dapat memanfaatkan nitrogen yang bukan dari protein. Penentuan protein murni lebih dapat menggambarkan protein yang bisa dimanfaatkan oleh tubuh.

Protein Tercerna

Protein tercerna ditentukan dengan percobaan pencernaan secara biologis. Protein tercerna dihitung dengan mengukur jumlah nitrogen yang ada dalam bahan makanan dan jumlah nitrogen yang ada dalam feses sehingga menggambarkan jumlah protein yang terserap oleh tubuh.

Banyak faktor yang mempengaruhi pencernaan protein, seperti adanya zat antinutrisi (seperti tannin, anti trypsin), proses pengolahan yang tidak tepat (seperti proses pemanasan), dan ikatan protein yang sulit dicerna (seperti protein fibrous). Pada unggas adanya kandungan serat kasar yang tinggi dalam ransum dapat menurunkan pencernaan zat makanan sehingga pencernaan protein juga menurun, karena pada unggas sedikit sekali dapat memanfaatkan serat kasar.

Asam Amino

Pendugaan kandungan asam amino bahan makanan lebih mendekati pendugaan kebutuhan asam amino bagi tubuh. Kandungan asam amino bahan makanan dapat diukur melalui penggunaan alat (seperti Amino Acid Analyzer). Metode kimia ini mengukur seluruh asam amino yang terkandung di dalam bahan makanan maka disebut juga asam amino total. Dengan mengetahui kandungan asam amino bahan makanan, maka dapat pula diketahui asam amino pembatas dalam bahan makanan tersebut sehingga sangat diperlukan dalam penyusunan ransum.

Bahan makanan hewani umumnya mengandung asam amino pembatas (metionin, lisin dan tryptopan) lebih tinggi daripada bahan makanan nabati. Seperti tepung ikan mengandung asam amino metionin dan lisin tinggi, maka bisa dikatakan sebagai sumber asam amino metionin dan lisin. Bahan makanan nabati yang dikatakan sebagai sumber asam amino metionin dan lisin adalah bungkil kedele. Kedua bahan makanan ini digunakan dalam penyusunan ransum sebagai sumber protein atau sumber asam amino.

Tabel 3.6. Kandungan asam amino beberapa bahan makanan

Bahan Makanan	Lisin (%)	Methionin (%)
Tepung ikan	4,51	1,63

Bungkil kedele	2,69	0,62
Jagung	0,26	0,18
Dedak padi	0,59	0,26

Sumber NRC (1994)

Asam Amino

Kandungan asam amino yang cukup dan seimbang dalam ransum tidak menjamin seluruhnya dapat dicerna untuk memenuhi kebutuhan asam amino ternak. Pada kondisi tertentu, beberapa asam amino tidak tersedia sebab protein di dalam ransum tidak dicerna seluruhnya.

Faktor-faktor yang memengaruhi kecernaan protein akan mempengaruhi ketersediaan asam amino. Banyak asam amino esensial dari bahan makanan seperti jagung dan bungkil kedele dicerna dengan efisiensi 90 %, walaupun terdapat perbedaan antara individu asam amino. Beberapa bahan makanan sumber protein kecernaannya lebih rendah demikian juga protein hewani lebih bervariasi berhubungan dengan variasi proses pemanasan.

Pengukuran ketersediaan asam amino dilakukan dengan berbagai cara. Umumnya kecernaan asam amino ditentukan dengan dua bentuk uji, yaitu uji kecernaan excreta dan kecernaan ileal. Kecernaan excreta sering digunakan karena sangat sederhana. Metode ini mempunyai dua kelemahan, 1) yaitu adanya asam amino yang terdapat di urin tidak dapat dipisahkan dari feses, dan 2) adanya mikroflora dalam usus mempengaruhi jumlah individu asam amino yang diekskresikan dalam feses. Caecetomised pada unggas digunakan untuk mengatasi masalah tersebut.

Rumus untuk menghitung kecernaan asam amino metode ekskreta sebagai berikut. Apparent Amino Acid Digestibility (%)

$$\frac{\text{Konsumsi AA} - \text{Eksresi AA}}{\text{Konsumsi AA}} \times 100$$

True Amino Acid Digestibility (%)

$$\frac{\text{Kons AA} - (\text{Eks AA} - \text{Endo AA})}{\text{Kons AA}} \times 100$$

Kecernaan Ileal

Aktivitas microbial terkonsentrasi dalam *hindgut* dan tempat absorpsinya pada jejunum dan ileum. Kecernaan asam amino ini ada dua cara tergantung dari prosedur teknik pengumpulan sampel. Metode yang paling sederhana untuk koleksi isi ileal dengan membunuh unggas atau alternatif lain dengan membuat cannula ileal.

Tabel 3.7. Koefisien kecernaan murni asam amino (%)

Bahan makanan	Lisin	Metionin	Cystine	Arginin	Threonin
Jagung	81	91	85	89	84
Bungkil kedele	91	92	82	92	88
Dedak padi	75	78	68	87	70
Barley	78	79	81	85	77
Tepung ikan (60-63%)	88	92	73	92	89
Tepung daging (50-54%)	79	85	58	85	79
Tepung bulu	66	76	59	83	73
Tepung darah	86	91	76	87	87

Sumber NRC (1994) diukur dengan caeectomised

2.4 Evaluasi Kualitas Protein

Biological Value (BV)

BV adalah pengukuran langsung bagian protein yang bisa digunakan oleh hewan untuk mensintesis jaringan tubuh dan senyawa-senyawa lain yang di definisikan sebagai bagian nitrogen yang diabsorpsi oleh hewan.

Rumus BV sebagai berikut :

$$BV = \frac{N \text{ yang tinggal dalam tubuh}}{N \text{ yang diabsorpsi}}$$

BV dari protein tergantung oleh jumlah dan jenis asam amino yang ada. Protein makanan yang mendekati protein tubuh dan asam amino yang membangunnya mempunyai nilai BV lebih tinggi.

Protein makanan yang defisiensi atau kelebihan asam amino akan cenderung mempunyai nilai BV rendah seperti bahan makanan yang defisien lisin dan kaya metionin atau defisien metionin kaya lisin keduanya mempunyai nilai BV rendah sebab terdapat ketidakseimbangan dua asam amino tersebut. Bila kedua bahan makanan tersebut dicampur dan diberikan bersama maka keseimbangan asam amino lebih baik dan campuran ini mempunyai BV yang lebih tinggi dibandingkan bahan makanan sendiri-sendiri. Variasi protein yang besar mempunyai BV yang lebih tinggi dari pada ransum yang mengandung beberapa bahan makanan. Protein hewani umumnya mempunyai BV lebih tinggi daripada protein tanaman walaupun ada pengecualian seperti gelatin yang defisiensi beberapa asam amino esensial.

Tabel 3.8 Nilai BV dari beberapa protein bahan makanan

Bahan Makanan	Nilai BV
Milk	0,95 - 0,97
Fish meal	0,74 - 0,89
Soya bean meal	0,63 - 0,76
Cotton seed meal	0,63

Linseed meal	0,61
Maize	0,49 - 0,61
Barley	0,57 - 0,71
peas	0,62 - 0,65

Utilisasi Protein (Net Protein Utilization = NPU)

Penggunaan BV untuk mengevaluasi protein pada ayam sulit sebab berhubungan dengan pemisahan urin dan feses. NPU merupakan alternatif untuk unggas. Prosedurnya berdasarkan analisis karkas. NPU adalah perbedaan antara nitrogen pada karkas ayam yang diberi protein test dan nitrogen karkas pada ayam yang diberi ransum bebas nitrogen.

$$BV = \frac{Bf - Bk}{If}$$

Keterangan:

Bf = N karkas pada ayam yang makan ransum test

Bk = N karkas pada ayam yang makan ransum bebas N

If = Konsumsi N dari ayam yang makan ransum test

Tabel 3.9. Nilai NPU sumber protein hewani

Bahan Makanan	Nilai BV
Whole egg	91,0 (tikus)
Fish (cod)	83,0 (tikus)
Egg albumin	82,5 (tikus)
Meat meal	44,5-54,6 (ayam)
Fish meal	21,2-35,6 (ayam)
Feather meal	11,4-33,4 (ayam)
Hair meal	3,8 (tikus)
Blood	30,5 (tikus)

Tabel 3.10. Nilai NPU sumber protein nabati

Bahan Makanan	Nilai BV
Cottonseed meal	58,8

Soybean meal	56,0
Corn	55,0
Peanut meal	42,8

Protein Retention Efficiency = PRE

NPU bisa juga dengan metode lain yaitu penentuan PRE. Metode ini lebih sederhana, yaitu mengukur pertambahan bobot badan.

$$PRE = \frac{Gf - Gk}{Pf} \times 18.0$$

Keterangan:

Gk = PBB dari ransum bebas protein

Pf = konsumsi protein dari ransum Test

18 = rata-rata persentase protein karkas ayam

PBB= pertambahan bobot badan = (BB akhir ? BB awal)

Protein Efficiency Ratio = PER

Pengukuran kualitas protein bahan makanan dalam ransum pada level protein suboptimal. Standart metode AOAC pada tikus menggunakan protein kasar ransum 9 %. Kualitas protein yang tinggi merangsang pertambahan bobot badan per unit protein yang dikonsumsi daripada protein kualitas rendah. Pengujian ini biasanya menggunakan standar casein untuk menentukan hasilnya akurat dan konsisten. Anak ayam lebih sensitif terhadap perbedaan kualitas protein bila makan ransum dengan protein 10 %. Pada level protein lebih tinggi perbedaan antara berbagai sumber protein tidak terlihat.

Tabel 8. Perhitungan skor kimia gandum

Asam Amino	Protein dalam Telur (%)	Protein dalam Gandum	Defisiensi (%)
Arginin	6,4	4,2	34
Cystine	2,4	1,8	25
Cystine + methionine	6,5	4,3	34

Histidine	2,1	2,1	0
Isoleucine	8,0	3,6	55
Leucine	9,2	6,8	26
Lysine	7,2	2,7	63
Methionine	4,1	2,5	39
Phenilalanin	6,3	5,7	10
Threonine	4,9	3,3	33
Tryptophan	1,5	1,2	20
Tyrosine	4,5	4,4	2
Valine	7,3	4,5	38

Skor Kimia (Chemical Score)

Konsep ini mempertimbangkan kualitas protein yang ditentukan oleh adanya asam amino esensial yang paling besar defisiennya apabila dibandingkan dengan standar. Standar yang digunakan adalah protein telur, tetapi ada juga yang menggunakan campuran asam amino tertentu. FAO merekomendasikan suatu Reference Amino Acid Pattern. Kandungan setiap asam amino esensial dari protein digambarkan sebagai bagian dari standart. Contoh penentuan skor kimia terlihat pada Tabel 2.7. berikut ini.

Penggunaan Protein/AA dalam Monogastrik

Pada unggas pencernaan protein terjadi di lambung dan diusus halus dengan bantuan berbagai macam enzim protease untuk menghasilkan asam amino yang dapat diserap oleh tubuh. Tidak semua protein yang masuk kedalam tubuh dapat dimanfaatkan oleh ternak. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencernaan protein perlu dipertimbangkan dalam menentukan kandungan protein dalam rasum. Pada unggas, ransum yang menagndung protein berkualitas baik menghasilkan pertumbuhan atau produksi yang maksimum sehingga diperoleh efisiensi ransum yang tinggi demikian pula sebaliknya.

Ransum yang mengandung kualitas jelek dapat menghasilkan defisiensi protein atau asam amino yang berakibat pada pertumbuhan terhambat, produksi telur rendah, pertumbuhan bulu terganggu, penurunan besar telur dan meningkatnya penimbunan lemak dalam jaringan.

Apabila terdapat defisiensi protein yang parah maka unggas akan kehilangan pertumbuhan sebesar 6-7 %, rontok bulu dan produksi telur berhenti.

Kelebihan protein atau asam amino pada unggas dapat menyebabkan : 1)Ekskreta lebih basah, karena konsumsi air meningkat yang diperlukan untuk ekskresi asam urat, 2)Menimbulkan stres, dibuktikan dengan peningkatan besarnya kelenjar adrenal. 3)Penurunan sedikit pertumbuhan 4)Penurunan deposit lemak tubuh.

Penggunaan Protein/AA dalam Ruminasia

Keberadaan mikroba di dalam rumen, mengakibatkan metabolisme protein pada ruminansia berbeda dengan monogastrik. Mikroba mempunyai kemampuan mensintesis semua asam amino termasuk asam-asam amino yang dibutuhkan oleh induk semang. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas protein tidak menjadi unsur mutlak dalam ransum ruminansia, sehingga pemberian garam ammonium atau urea sudah mencukupi kebutuhan ternak ruminansia akan protein.

Penggunaan protein pakan yang dicerna oleh ruminansia meliputi :

- Protein pakan didegradasi menjadi peptida oleh *protease* di dalam rumen. Peptida dikatabolisasi menjadi asam amino bebas lalu menjadi amonia, asam lemak dan CO₂.
- Produk degradasi yang terbentuk dalam rumen, terutama amonia, digunakan oleh mikroba bersama-sumber energy untuk mensintesis protein dan bahan-bahan sel mikroba seperti bahan sel yang mengandung N dan asam nukleat.
- Bagian amonia bebas akan diserap masuk ke pembuluh darah ternak dan ditransformasikan menjadi urea di dalam liver. Sebagian besarnya tidak dapat digunakan oleh ternak dan diekresikan ke dalam urin.
- Sel-sel mikroba (bakteri dan protozoa) mengandung protein sebagai komponen utama, bersama protein pakan melalui omasum dan abomasum dan usus halus. Sel-sel pakan yang dicerna mengandung protein 70-80%, 30-40% adalah protein kurang larut. Protein hijauan dicerna dalam rumen sebesar 30-80%. Jumlah ini tergantung kepada waktu tinggal di dalam rumen dan tingkat pemberian makan.

Pencernaan dan penyerapan mikroba dan protein pakan terjadi di usus halus ternak (ruminan dan monogastrik) oleh *protease*. Asam amino esensial bagi semua jenis ternak. Komposisi asam-asam amino yang mencapai usus akan sangat tergantung kepada jenis protein, kuantitas dan kualitas sumber protein pensuplai. Ternak ruminan tergantung pada protein mikroba dan protein pakan yang lolos dari pencernaan dalam rumen untuk mensuplai asam amino esensial.

3.9 Vitamin

Definisi Vitamin

Vitamin adalah senyawa organik yang merupakan: a) komponen yang ada dalam makanan tetapi berbeda dari karbohidrat, protein, lemak dan air; b) terdapat didalam makanan dengan jumlah sedikit; c) sangat penting untuk pertumbuhan, hidup pokok dan kesehatan ternak; d) jika tidak ada dalam makanan atau penyerapan dan penggunaan yang rendah mengakibatkan penyakit atau sindrom defisiensi yang khas; serta e) tidak bisa disintesis oleh hewan dan harus ada dalam makanan.

Definisi tersebut diatas ada beberapa kecualian, yaitu vitamin D bisa disintesis pada permukaan kulit oleh adanya sinar ultraviolet. Asam nikotinat bisa disintesis dari asam amino triptopan, tetapi kucing dan ikan kurang efisiensi dalam mengkonversi metabolik ini atau pada ternak yang kekurangan triptopan. Sebagian hewan mampu mensintesis asam askorbat bila di dalam tubuhnya adan enzim L-gulonolactone axidase kecuali *guinea pig* dan manusia tidak bisa mensinetsis vitamin C. Sebagian besar hewan mempunyai kapasitas metabolik untuk mensintesis kholin, walaupun beberapa hewan seperti anak ayam dan Tikus tidak sanggup menggunakan kapasitas ini bila didalam makanannya kekurangan senyawa donor methyl.

Klasifikasi Vitamin

Berdasarkan kelarutannya vitamin dibagi menjadi vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air.

Tabel 3.11. Klasifikasi Vitamin

Vitamin yang larut dalam lemak

Vitamin A	Vitamin D
Vitamin E	Vitamin K
Vitamin yang larut dalam air	
Thiamin	Riboflavin
Niasin	Vitamin B6
Biotin	Asam Pantothenat
Folat	Vitamin B12
Vitamin B	

Vitamin Larut dalam Lemak dan Vitamin Larut dalam Air

Komposisi Kimia

Vitamin larut dalam lemak hanya mengandung carbon, hydrogen dan oksigen, tetapi vitamin yang larut dalam air mengandung carbon, hydrogen dan oksigen di tambah ada yang mengandung nitrogen, sulfur atau cobalt.

Kejadian

Vitamin umumnya berasal dari jaringan tanaman kecuali vitamin C dan D yang terdapat dalam jaringan hewan hanya jika hewan mengkonsumsi makanan yang mengandung mikroorganisme yang mensintesisnya. Vitamin yang larut dalam lemak terdapat dalam jaringan tanaman dalam bentuk provitamin (precursor vitamin) yang bisa diubah menjadi vitamin di dalam tubuh. Vitamin yang larut dalam air tidak ada dalam bentuk provitamin. Triptopan bisa diubah menjadi niasin, tetapi triptopan tidak disebut sebagai provitamin.

Kegiatan Fisiologis

Vitamin B larut dalam air sebagian besar terlibat di dalam transfer energi, karena vitamin ini ada disetiap jaringan hidup, tersedia dan dibutuhkan. Vitamin larut dalam lemak dibutuhkan di dalam pengaturan metabolisme.

Penyerapan

Vitamin yang larut dalam lemak diabsorpsi dari saluran pencernaan bila ada lemak. Banyak faktor yang meningkatkan penyerapan lemak, seperti ukuran partikel atau adanya empedu akan meningkatkan vitamin yang larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam air penyerapannya sederhana, seiring dengan penyerapan air dari saluran pencernaan masuk ke dalam aliran darah.

Penyimpanan

Vitamin yang larut dalam lemak dan dalam air berbeda dalam penyimpanannya di dalam tubuh. Vitamin larut dalam lemak bisa disimpan pada deposit lemak. Penyimpanan meningkat dengan meningkatnya konsumsi vitamin larut dalam lemak. Vitamin larut dalam air tidak disimpan, karena setiap sel hidup mengandung semua vitamin B. Gejala defisiensi tidak terlihat segera tetapi mengikuti kekurangannya dalam makanan.

Ekskresi

Vitamin larut lemak diekskresikan di dalam feses. Vitamin larut dalam air juga diekskresikan dalam feses (kadang-kadang ada dari sintesis mikroba) tetapi jalur ekskresinya terutama melalui urine.

3.4 Vitamin yang ada di Alam

Vitamin ditemukan pada konsentrasi yang sangat bervariasi dalam bahan makanan, tetapi tidak ada satupun bahan makanan yang mengandung semua vitamin dalam jumlah yang optimal untuk ternak (Tabel 10).

Tabel 3.12. Komposisi Vitamin pada beberapa bahan makanan

Vitamin	Ketersediaan (%)	Bahan Makanan
---------	------------------	---------------

Riboflavin	0	Corn/soybean meal
Niacine	0	Wheat, sorghum
	0-30	Corn
	100	Soybean meal
	10-15	Cereal grains
	60	Oilseeds
Pyridoxine	38-45	Corn
	58-65	Soybean meal
Pantothenat acid	20-40	Grains
	60	Barley, wheat, sorghum
Biotin	0	Barley, wheat
	100	Soybean meal
	10-20	Sorghum
	75-100	Corn
	86	Meat and bone
	<50	Barley, wheat, sorghum

Sumber NRC, 1994

Kontribusi vitamin yang ada pada semua bahan makanan harus diperhitungkan, jika kekurangan di dalam makanan harus disuplementasi dengan sumber vitamin sintetis yang mempunyai potensi tinggi.

Sebagian besar vitamin diperoleh dari makanan asal tanaman. Hewan mendapatkan vitamin bila mengkonsumsi makanan tersebut. Hewan yang mempunyai mikroorganisme didalam tubuhnya bisa mensintesis vitamin larut dalam air. Provitamin A (β -caroten) dan menaquinone (vitamin K2) bisa disintesis oleh mikroorganisme. Vitamin B12 hanya bisa disintesis oleh mikroorganisme tertentu tidak bisa disintesis oleh tanaman atau hewan.

Konsentrasi vitamin pada sebagian besar hasil panen sangat dipengaruhi oleh lokasi penanaman seperti tipe tanah, pupuk yang digunakan, varietas tanaman, umur panen dan kondisi

pengeringan dan penyimpanan. Demikian juga infeksi jamur pada jagung dan cereal lainnya umumnya menyebabkan rendahnya kadar vitamin larut dalam lemak, karena jamur selalu memanfaatkan bagian lembaga biji yang terdapat sebagian besar vitamin larut lemak.

Beberapa vitamin tidak stabil selama proses pemanasan khususnya vitamin A, D3, E, K, C dan tiamin. Selama penyimpanan makanan/bahan makanan dapat menurunkan ketersediaan semua vitamin.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ketersediaan Vitamin

Terjadinya defisiensi vitamin umumnya disebabkan oleh kekurangan zat makanan yang dikonsumsi. Ada sejumlah faktor yang mempengaruhi ketersediaan vitamin di dalam tubuh yaitu:

Ketersediaan

Tidak semua vitamin yang terkandung di dalam makanan dalam bentuk mudah diserap (Tabel 10.2). Seperti niasin pada sebagian besar cereal berikatan dengan protein dan tidak bisa diserap diseluruh dinding usus. Vitamin yang larut dalam lemak tidak bisa diserap bila terdapat kondisi di dalam tubuh yang menghalangi pencernaan dan penyerapan lemak. Vitamin B12 membutuhkan *intrinsic factor* untuk absorpsinya yang diproduksi di dalam tubuh.

Antivitamin

Antivitamin disebut juga *vitamin antagonis* atau *pseudovitamin* yaitu senyawa yang tidak berfungsi sebagai vitamin, tetapi secara kimia berhubungan dengan aktivitas biologi vitamin. Antivitamin menyebabkan defisiensi vitamin jika tubuh tidak mampu membedakan keduanya, sebagai contoh:

- **Avidin** yang terdapat pada telur mentah. Satu molekul avidin mengikat 3 molekul biotin.
- **Thiaminase** ditemukan pada tepung ikan tidak dimasak menghambat penyerapan tiamin
- **L-amino-D-prolin** yang terdapat pada flaxseed membentuk kompleks stabil dengan pyridoksin.

Provitamin

Provitamin adalah senyawa yang tidak termasuk vitamin tetapi dapat diubah menjadi vitamin. Seperti β -caroten bisa diubah menjadi vitamin A pada dinding usus, 7-dehydro cholesterol dapat diubah menjadi vitamin D3 oleh sinar ultraviolet. Iradiasi pada tanaman dapat mengubah ergosterol menghasilkan vitamin D2. Asam amino triptopan bisa diubah menjadi niasin walaupun reaksi ini tidak efisien (60 mg triptopan menghasilkan 1 mg niasin) tetapi asam amino ini tidak disebut provitamin.

Mikroorganisme dalam Saluran Pencernaan

Bakteri flora di saluran pencernaan (seperti rumen pada ruminansia) mampu mensintesis sejumlah vitamin tertentu termasuk sebagian besar vitamin B kompleks dan juga vitamin K. Tidak semua mikroorganisme di dalam tubuh dapat mensintesis vitamin, ada yang mengambil zat makanan dan ada yang menyebabkan penyakit sehingga penyerapan vitamin terganggu dan diekskresikan dalam feses.

Suplemen Vitamin

Semua vitamin bisa diproduksi komersial dalam bentuk murni. Sebagian besar merupakan produksi kimia sintetis tetapi beberapa diisolasi dari sumber alami (seperti vitamin A dari hati ikan, vitamin D3 dari minyak hati atau iradiasi yeast, vitamin E dari bungkil kedele atau minyak jagung dan vitamin K dari tepung ikan). Ada beberapa vitamin yang diproduksi secara mikrobiologi, seperti tiamin, riboflavin, folat, pyridoksin, biotin, asam pantotenat dan vitamin B12.

Individu yang sehat bisa mencukupi semua zat makanan termasuk vitamin dari makanan yang seimbang baik berdasarkan variasi makanan dan kualitas bagus. Dalam keadaan tertentu, ternak membutuhkan penggunaan suplemen vitamin seperti pada kondisi bunting, menyusui, stress, dll. Premix vitamin merupakan bentuk suplemen vitamin yang terdiri dari campuran vitamin dengan konsentrasi yang tinggi. Premix vitamin digunakan sebesar 0,5 - 10 %. Selain vitamin terdapat antioksidan sintetis (Ethoxyquin, BHT) didalam premix yang berguna untuk meningkatkan stabilitas vitamin selama penyimpanan. Pada beberapa kasus, trace mineral dimasukkan ke dalam premix vitamin-mineral.

Unggas dan anak babi sangat banyak membutuhkan berbagai macam suplemen vitamin diikuti oleh pedet (calve) dan hogs sedangkan sapi dewasa sangat sedikit membutuhkan suplemen vitamin. Unggas terutama ayam ras sangat banyak membutuhkan suplemen vitamin karena kondisi ayam yang mudah stres dan dalam pemeliharaannya sangat ditekankan untuk meningkatkan pertumbuhan atau produksi setinggi-tingginya dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Di pasaran bentuk suplemen vitamin ada yang dicampur dalam makanan (premik) dan umumnya penggunaannya dilarutkan dalam air minum

Stabilitas Vitamin

Penggunaan vitamin sebagai suplemen makanan dan sebagai pharmaceutical sangat perlu dipertimbangkan stabilitasnya. Pada umumnya, vitamin larut dalam lemak lebih tidak stabil terhadap oksidasi. Vitamin ini harus dilindungi dari panas, oksigen, ion metal dan sinar ultraviolet. Vitamin A dan E lebih stabil dalam bentuk ester, karena vitamin yang terdapat di dalam makanan tidak stabil dan jumlahnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh kondisi produksi dan pengolahan. Vitamin larut air cenderung lebih stabil kecuali riboflavin, vitamin B6 dan vitamin B12 yang bisa dipecah oleh sinar ultraviolet, sedangkan tiamin sensitive dari kondisi alkali.

Keracunan Vitamin

Vitamin bisa menjadi racun bila makanan mengandung vitamin dengan dosis tinggi. Umumnya vitamin larut dalam lemak kemungkinan besar tinggi keracunannya sebab terlihat pengaruhnya pada level 3- 30 kali normal. Vitamin B tingkat keracunannya lebih rendah yaitu terlihat pengaruhnya pada 100 kali normal. Pada situasi tertentu, keracunan ada hubungannya dengan bentuk vitamin seperti kolin, pyridoksin dan tiamin yang berikatan dengan chlorida.

3.10 Mineral

Semua mahluk hidup memerlukan unsur inorganik atau mineral untuk proses kehidupan yang normal. Semua jaringan ternak dan makanan/pakan mengandung mineral dalam jumlah dan proporsi yang sangat bervariasi. Unsur inorganik ini merupakan konstituen dari abu yang tersisa

setelah pembakaran dari bahan pakan. Mineral tersebut berada dalam bentuk oksida, karbonat dan sulfat. Penemuan pertama kali yang menunjukkan bahwa mineral sangat penting secara nutrisi ditunjukkan oleh Fordyce (1791), yang menemukan bahwa burung kenari pemakan biji-bijian memerlukan suplemen *calcareous earth* (Ca tanah) supaya tetap sehat dan memproduksi telur. Kemudian, Boussingault (1847) dalam penelitiannya menemukan bahwa sapi memerlukan garam. Chatin (1850-1854) menunjukkan adanya hubungan antara defisiensi mineral Iod pada lingkungan sekitar dengan kejadian gondok endemik pada manusia dan ternak. Raulin (1869) menemukan bahwa mineral Zn esensial untuk mikroorganisme *Aspergillus niger*. Leroy (1926) menemukan bahwa Mg dapat meningkatkan pertumbuhan tikus. Hart *et al.* (1928) melaporkan bahwa mineral kuprum (Cu) seperti halnya Fe sangat dibutuhkan dalam pembentukan hemoglobin. Sampai tahun 1950an, terdapat 13 mineral esensial (Ca, P, K, Na, Cl, S, Mg, Fe, I, Cu, Mn, Zn, Co). 1981- sekarang, ditemukan sebanyak 22 buah mineral esensial untuk ternak.

Untuk memahami lebih jauh tentang pentingnya mineral dalam nutrisi ternak, mahasiswa harus mempelajari pokok-pokok bahasan yang disajikan dalam materi kuliah di bawah ini. Pokok bahasan tersebut terdiri atas: klasifikasi mineral, fungsi mineral, sumber mineral untuk ternak, suplementasi mineral serta defisiensi dan kelebihan mineral.

Klasifikasi Mineral

Mineral yang esensial untuk ternak diklasifikasikan menjadi mineral makro (major elements) dan mineral mikro (trace elements). Klasifikasi tersebut berdasarkan pada konsentrasi mineral di dalam tubuh ternak atau jumlah yang dibutuhkan dalam ransum ternak. Secara normal, konsentrasi mineral mikro dalam tubuh ternak tidak lebih dari 50 mg/kg dan kebutuhan dalam ransum kurang dari 100 mg/kg ransum. Mineral esensial yang penting dari segi nutrisi serta konsentrasinya dalam tubuh ternak disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 3.13. Konsentrasi mineral dalam tubuh ternak

Mineral makro (7 buah)	Konsentrasi (g/kg)	Mineral mikro (15 buah)	Konsentrasi (mg/kg)
Kalsium (Ca)	15	Zat besi (Fe)	20-80
Fosfor (P)	10	Seng (Zn)	10-50
Potassium (K)	2	Kuprum (Cu)	1-5

Sodium (Na)	1,6	Molibdenum(Mo)	1-4
Chlor (Cl)	1,1	Selenium (Se)	1-2
Sulfur (S)	1,5	Iodium (I)	0,3-0,6
Magnesium (Mg)	0,4	Mangan (Mn)	0,2-0,5
		Kobalt (Co)	0,02-0,1
		Kromium (Cr)*	
		Tin (Sn)*	
		Vanadium* (V)	
		Fluor (F)*	
		Silikon (Si)*	
		Nikel (Ni)*	
		Arsenic (As)*	

*Konsentrasi dalam tubuh ternak kecil sekali

Mineral Cu dan Co adalah esensial pada ruminansia, sedangkan Se adalah esensial untuk semua ternak, kelebihanannya menimbulkan efek racun pada ternak. Penyerapan mineral dalam bentuk ion terjadi melalui sirkulasi darah. Penyerapan tersebut terjadi di usus halus dan bagian anterior usus besar. Beberapa penyerapan terjadi melalui dinding rumen. Ruminansia cenderung mengekskresikan kelebihan mineral Ca dan P melalui feses, sedangkan monogastrik melalui urin. Mineral Mg diserap di retikulorumen. Penyerapan di rumen akan menurun dengan tingginya level K, NH₃ dan P. Tingginya NH₃ pada rumen disebabkan oleh tingginya protein terlarut atau NPN hasil cerna.

Fungsi Mineral

Fungsi mineral secara umum dibagi menjadi 4 macam, yaitu: (1) untuk pembentukan struktur; (2) untuk fungsi fisiologis; (3) berfungsi sebagai katalis; dan (4) sebagai regulator.

Struktur

Mineral yang dapat membentuk komponen struktur dari organ-organ dan jaringan tubuh, seperti mineral Ca, P, Mg, F dan Si dalam tulang dan gigi; P dan S dalam protein otot.

Fisiologis

Mineral berada dalam cairan tubuh dan jaringan sebagai elektrolit untuk menjaga tekanan osmotik, keseimbangan asam-basa, permeabilitas membran dan iritabilitas jaringan; misalnya Na, K, Cl, Ca dan Mg dalam darah, cairan otak dan cairan saluran pencernaan.

Cobalt (Co) adalah mineral mikro esensial bagi ruminant. Fungsi fisiologis Co adalah perannya sebagai bagian integral dari molekul vitamin B₁₂. Co diperlukan oleh mikroba untuk biosintesis vitamin B₁₂, sehingga defisiensi Co akan mengakibatkan defisiensi vitamin B₁₂.

Katalis

Mineral dapat bekerja sebagai katalis dalam sistem enzim dan hormon, sebagai bagian dan komponen spesifik dari struktur metalloenzim atau sebagai aktivator enzim. Jumlah dan jenis metalloenzim yang telah teridentifikasi meningkat dalam dua dekade terakhir ini. Beberapa metalloenzim penting disajikan pada Tabel 12.

Tabel 3.14. Beberapa metalloenzim penting pada ternak

Metal (mineral)	Enzim	Fungsi
Fe	Succinate dehydrogenase	Oksidasi aerobik dari karbohidrat
	Cytochrome a, b dan c	Transfer elektron
	Catalase	Proteksi terhadap H ₂ O ₂
Cu	Cytochrome oxidase	Terminal oksidase
	Lysyl oxidase	Oksidasi lisin
	Ceruloplasmin (ferroxidase)	Utilisasi Fe; transpor Cu
Zn	Superoxide dismutase	Dismutasi dari radikal superoxide O ²⁻
	Carbonic anhydrase	Pembentukan CO ₂
	Alcohol dehydrogenase	Metabolisme alkohol
	Carboxypeptidase A	Pencernaan protein
	Alkaline phosphatase	Hidrolisis ester fosfat

Mn	Pyruvate carboxylase	Metabolisme pyruvate
	Superoxidase dismutase	Antioksidan dengan menghilangkan O_2^-
Mo	Xanthine dehydrogenase	Metabolisme purin
	Sulphite oxidase	Oksidasi sulphite
	Aldehyde oxidase	Metabolisme purin
Se	Glutathione peroxidase	Menghilangkan H_2O_2 dan hidroperoksida

Regulator

Akhir-akhir ini, ditemukan bahwa beberapa mineral ikut berperan dalam regulasi replikasi dan diferensiasi sel; sebagai contoh Ca mempengaruhi transduksi sinyal, Zn mempengaruhi transkripsi, mineral Iod (I) sebagai konstituen dari tiroksin. Fungsi mineral makro dan mikro secara spesifik masing-masing disajikan pada Tabel 13 dan Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Fungsi mineral makro dalam tubuh ternak

Mineral	Fungsi
Ca	Pembentukan tulang dan gigi, pembekuan darah, kontraksi urat daging, 12% terdapat dalam air susu
P	Pembentukan tulang dan gigi, metabolisme energi, bagian dari DNA dan RNA, 0,09% terdapat di dalam air susu
Na	Keseimbangan asam basa, osmoregulasi, transmisi syaraf
Cl	Keseimbangan asam basa, osmoregulasi, sekresi cairan (gastric)
K	Keseimbangan asam basa, osmoregulasi, eksitasi syaraf dan otot, aktivator enzim
Mg	Pembentukan tulang, aktivator enzim untuk metabolisme karbohidrat dan lipida

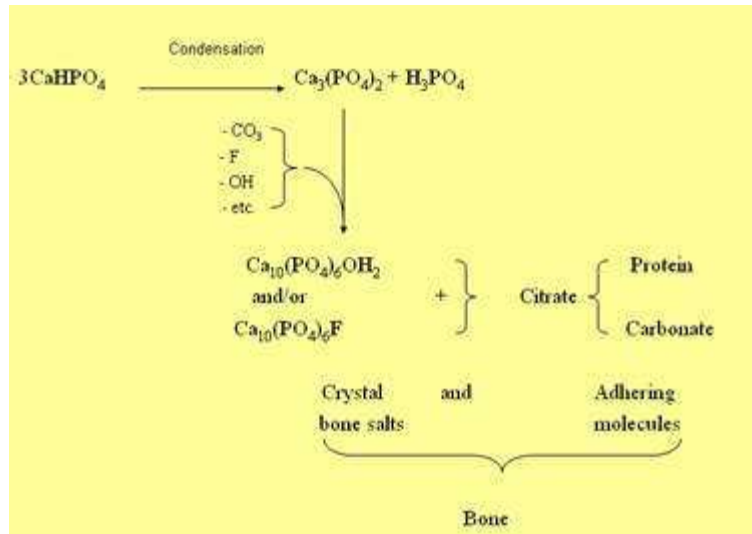
Mn	Aktivator enzim, pembentukan tulang, pertumbuhan
----	--

Tabel 3.16 Fungsi mineral mikro dalam tubuh ternak

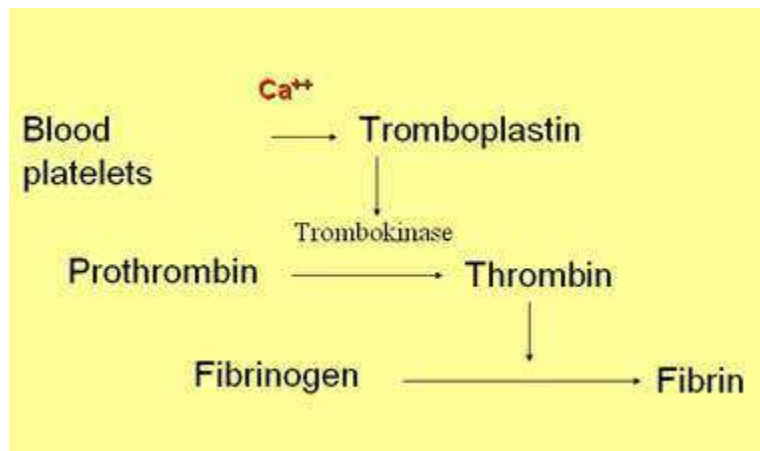
Mineral	Fungsi
Zn	Komponen dan aktivator enzim, penyembuhan luka
Fe	Pembentukan haemoglobin, bagian dari sistem enzim
Cu	Pembentukan haemoglobin, pigmen, koenzim
I	Konstituen hormon thyroid, pembentukan hormon tiroksin
S	Sintesis protein mikroba, otot, asam-asam lemak
Co	Bagian dari vitamin B12, untuk pertumbuhan mikroba rumen
F	Esensial untuk hewan-hewan laboratorium
Se	Sebagai metalloenzim dari enzim Glutathione peroxidase yang berfungsi untuk menghilangkan H ₂ O ₂ , berasosiasi dengan vitamin E, sistem imunitas
Mo	Bagian dari enzim sulphite oxidase yang berfungsi untuk oksidasi sulphite

Contoh mekanisme pembentukan tulang yang memperlihatkan peran Ca disajikan pada Gambar 9. Sedangkan contoh yang memperlihatkan fungsi Ca dalam proses pembekuan darah (blood clotting) dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 9.
Peran Ca dalam pembentukan tulang



Gambar 10
Peran Ca dalam pembekuan darah



Sumber Mineral Alami untuk Ternak

Ternak dan manusia memperoleh sebagian besar mineral yang dibutuhkannya berasal dari makanan/pakan, baik nabati (berasal dari tanaman) maupun hewani (berasal dari hewan), tetapi juga sebagian kecil dapat diperoleh dari air, tanah atau melalui kontaminasi. Sumber mineral yang dibutuhkan dapat berasal dari bahan pakan alami dan suplemen mineral.

Kandungan mineral dari bahan pakan nabati sangat bervariasi tergantung dari beberapa faktor seperti: genetik tanaman, keadaan tanah tempat tumbuh tanaman tersebut, iklim, musim, tahap kematangan dan ada tidaknya pemupukan terhadap tanaman. Leguminosa biasanya kaya akan mineral Ca, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Co, Ni dan S. Rumput-rumputan banyak mengandung mineral Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Mo dan Si. Bahan pakan hewani seperti tepung darah, tepung hati banyak mengandung mineral Fe, Cu, Zn, Se; tetapi rendah akan mineral Ca dan P. Tepung ikan banyak mengandung mineral Ca, P, Mg dan Zn. Susu sapi kaya akan mineral Ca, P, K, Cl dan Zn; tetapi rendah akan mineral Mg, Fe, Cu dan Mn.

Contoh kandungan mineral dari beberapa bahan pakan nabati disajikan pada Tabel 15. dan kandungan mineral dari beberapa bahan pakan hewani dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 3.16 Kandungan mineral dari beberapa bahan pakan nabati

Bahan pakan	Ca (%)	P total (%)	P tersedia (%)*	Mg (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
Jagung	0,02	0,28	0,08	0,12	3	18	45
Dedak padi	0,07	1,50	0,22	0,95	13	30	190
Bungkil	0,29	0,65	0,27	0,27	22	40	120
Kedelai							

* Pada ternak unggas

Tabel 3.17. Kandungan mineral dari beberapa bahan pakan hewani

Bahan pakan	Ca (%)	P total (%)	P tersedia	Mg (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)
			dia				

			(%)*				
Tepung ikan	5,11	2,88	2,88	0,16	11	147	440
Tepung bulu ayam	0,33	0,55	0,55	0,2	7	54	76
Meat Bone Meal	10,3	5,1	5,1	1,12	2	93	490

* Pada ternak unggas

Ketersediaan mineral secara biologis (diserap dan diutilisasi) bervariasi tergantung dari beberapa faktor diantaranya: (1) umur dan spesies ternak; (2) asupan (intake) dan kebutuhan mineral; (3) bentuk kimia dan fisik mineral yang dikonsumsi; (4) Jumlah dan proporsi komponen pakan lain yang berinteraksi secara metabolis.

Na, K dan Cl hampir seluruhnya diserap oleh ternak ruminansia maupun non-ruminansia. Beberapa mineral hanya sedikit yang diserap seperti Mn, Fe, Zn dan Cu. Mineral Mn hanya diserap sebanyak 3-4%.

Terdapat perbedaan persentase penyerapan antara Ca dan P pada ruminansia. Kecernaan sejati Ca berkisar antara 22-55% atau rata-rata 45%, sedangkan P sebesar 55%. Kemampuan penyerapan Ca dan P pada sapi pedaging menurun seiring dengan peningkatan umur. Penyerapan Ca dan P dari air susu lebih efisien (sekitar 90%) daripada dari hijauan dan campuran konsentrat. Rasio Ca dan P pada ruminansia yang sedang tumbuh dapat lebih tinggi dari ternak yang dewasa sampai 7:1. Ketika terdapat fitat atau oksalat di dalam pakan, Ca dan P tetap tersedia bagi ruminansia karena asam oksalat akan dioksidasi secara sempurna oleh enzim asal mikroba rumen menjadi CO₂ dan H₂O, sedang fitat akan dihidrolisis oleh fitase asal mikroba menjadi inositol dan asam fosfor. Pada monogastrik keberadaan fitat akan menurunkan ketersediaan Ca dan P di dalam ransum. Asam fitat yang terkandung dalam serealina menurunkan ketersediaan mineral, karena membentuk kompleks yang tidak larut dengan banyak mineral makro maupun mikro. Asam fitat adalah salah satu tipe khelat (ikatan) yang terdiri atas 6 molekul fosfor (P) yang bergabung dengan myo-inositol dan mengganggu penyerapan mineral P, Ca, dan mineral lainnya

termasuk Fe, Mn dan Zn. Didalam biji-bijian, sekitar 2/3 bagian P tidak tersedia, jadi hanya tersedia 1/3 bagiannya.

Suplementasi Mineral

Secara ideal, suplementasi mineral harus dilakukan jika kebutuhan mineral untuk ternak tidak dipenuhi dari pakan yang diberikan. Untuk melakukan suplementasi mineral diperlukan pengetahuan mengenai komposisi mineral dari bahan-bahan pakan yang digunakan. Sebagai contoh, penambahan konsentrat protein pada campuran biji-bijian meningkatkan kandungan mineral tertentu seperti Ca, P, Zn dan Iod. Dedak yang banyak tersedia untuk peternak merupakan sumber P yang baik untuk ruminansia. Sementara itu, penggantian(substitusi) produk hewani oleh sumber protein nabati, seperti tepung daging atau tepung ikan akan menyebabkan rendahnya ketersediaan beberapa mineral untuk babi dan unggas, terutama Zn dan P, karena adanya serat kasar yang tinggi dan fitat.

Dalam prakteknya, suplementasi mineral dilakukan secara rutin pada ransum yang disusun oleh peternak sendiri maupun secara komersial (pabrik) sebagai jaminan atau untukantisipasi terhadap berkurangnya ketersediaan mineral dari bahan-bahan pakan yang mengandung zat-zat anti nutrisi atau faktor-faktor lain yang menurunkan ketersediaan mineral dalam ransum. Dalam beberapa kondisi, suplementasi mineral sangat diperlukan, misalnya jika hijauan atau pakan mempunyai komposisi mineral abnormal yang disebabkan oleh pengaruh iklim dan keadaan tanah tempat tumbuh tanaman tersebut.

Saat ini, telah tersedia suplemen mineral inorganik yang meliputi semua mineral esensial dan penggunaannya semakin meningkat untuk fortifikasi ransum, oleh karena adanya peningkatan produksi ternak, menurunnya ketersediaan dan penggunaan hasil samping peternakan dalam formulasi pakan, meningkatnya penggunaan produk industri seperti urea yang menggantikan sebagian protein dalam ransum ruminansia. Suplementasi mineral sangat diperlukan pada ransum yang ditambah urea dan memegang peranan penting dalam meningkatkan nilai nutrisi dari hijauan berkualitas rendah atau limbah pertanian di negara berkembang. Beberapa suplemen mineral makro dan mikro yang dapat digunakan untuk ternak disajikan pada Tabel 3.19

Tabel 3.19. Suplemen beberapa mineral makro dan mikro untuk ternak

Mineral	Sumber
Ca	Tepung tulang, kulit kerang, dicalcium phosphate, CaCO ₃
P	Tepung tulang, dicalcium phosphate
Na	Garam (NaCl), monosodium glutamat
K	Potassium chlorida, potassium gluconate, potassium sulphate
Cl	Garam (NaCl), potassium chlorida
Mg	Magnesium oksida, magnesium sulphate
Mn	Manganese gluconate
Zn	Zinc carbonate, Zinc sulphate, ZnO, Zinc methionine
Fe	Ferrous gluconate, ferrous sulphate
Cu	CuSO ₄ , CuCO ₃ , CuO
S	Sodium sulphate, ferrous sulfide
I	Garam Iod
F	Rock phosphate
Se	Sodium selenite
Co	Garam Cobalt, cobalt oksida
Mo	Molybdate
Cr	Cr-pikolinat, Cr proteinat ragi

Defisiensi dan Kelebihan Mineral

Jika mineral yang dikonsumsi kurang atau berlebih dari yang dibutuhkan akan menyebabkan efek negatif pada ternak. Kejadian defisiensi beberapa mineral pada ternak serta efek negatif yang timbul disajikan pada Tabel 1.8. Kelebihan beberapa mineral pada ternak dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 3.20 Defisiensi mineral makro pada ternak

Mineral	Efek Negativ Akibat Defisiensi
Ca	Osteoporosis (rickets), osteomalacia, kerabang telur tipis, mengganggu proses pembekuan darah, milk fever, produksi susu menurun
P	Rickets, osteomalacia, pertumbuhan terhambat, napsu makan menurun, fertilitas jelek
K	Menurunkan napsu makan, pertumbuhan terhambat, otot lemah, paralysis, acidosis intraseluler, degenerasi organ vital, kelainan syaraf
Na	Dehidrasi, pertumbuhan jelek, produksi telur rendah
Cl	Alkalosis
Mg	Iritabilitas syaraf, convulsion, hypomagnesaemia
Mn	Abnormalitas kerangka, ataxia, perosis, star-gazing pada anak ayam, birahi terlambat (pada sapi perah), kemampuan bunting rendah (pada sapi perah)
Zn	Pertumbuhan bulu jelek, pertumbuhan terhambat, napsu makan menurun, dermatitis kaki, spermatogenesis dan produksi testosteron terhambat
Fe	Anemia
I	Gondok, rambut rontok
S	Pertumbuhan lambat, produksi susu menurun, efisiensi penggunaan pakan menurun
Cu	Diare, napsu makan menurun, pertumbuhan menurun, rambut kasar dan kekurangan pigmen, mengganggu fungsi fermentasi rumen, menghambat formasi tulang
Co	Anemia, napsu makan menurun, produksi susu menurun, rambut kasar
F	Napsu makan menurun, pembesaran tulang
Se	White muscle disease, plasenta tertinggal, gejala mastitis

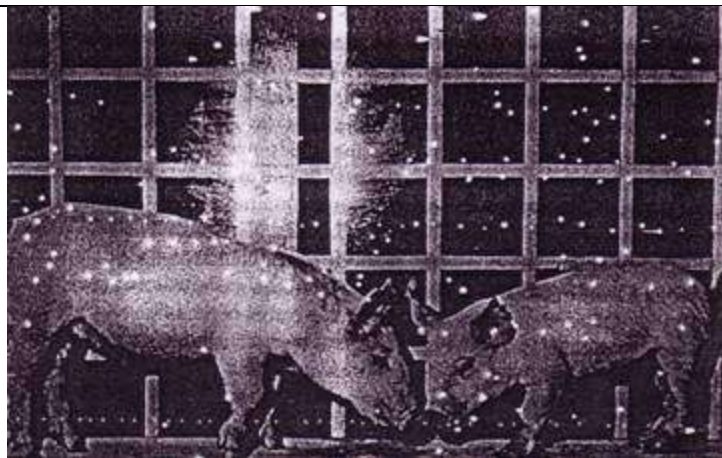
Mo	Diare, kehilangan bobot badan
Cr	Terganggunnya fungsi pankreas dalam memproduksi insulin, produksi susu menurun

Tabel 3.21 Toksisitas mineral pada ternak

Mineral	Efek Negativ Akibat Defisiensi
Ca	Hypophosphatemia sebagai akibat menurunnya absorpsi P, deposit Ca urat dalam ureter
P	Penurunan absorpsi Ca
Na	Hipertensi
Cl	Peningkatan keasaman
K	Penurunan absorpsi dan utilisasi Mg
Mg	Ekskreta basah, jarang terjadi jika diberikan ransum normal
Mn	Jarang terjadi jika diberikan ransum normal
Zn	Anemia, napsu makan turun
Fe	Hemosiderosis
I	Hyperparathyroid

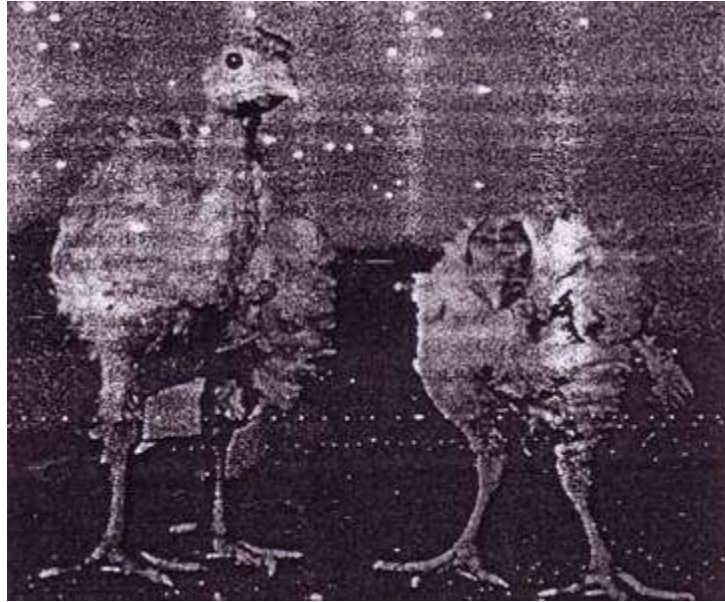
Gambar 11

Defisiensi mineral P pada babi



Gambar 12

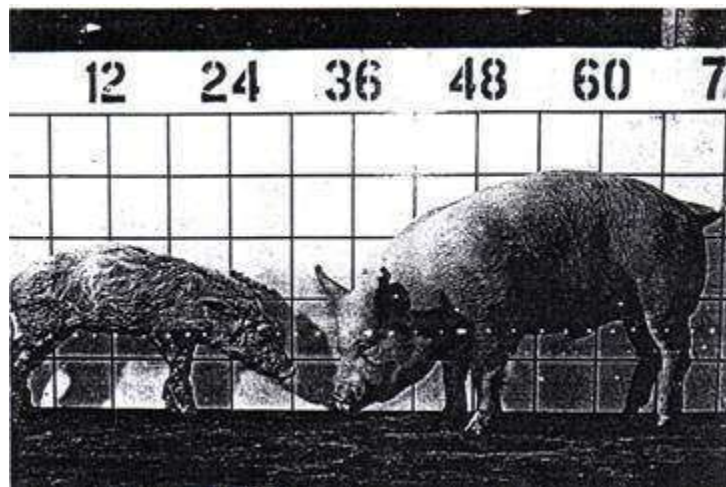
Defisiensi mineral P
pada ayam





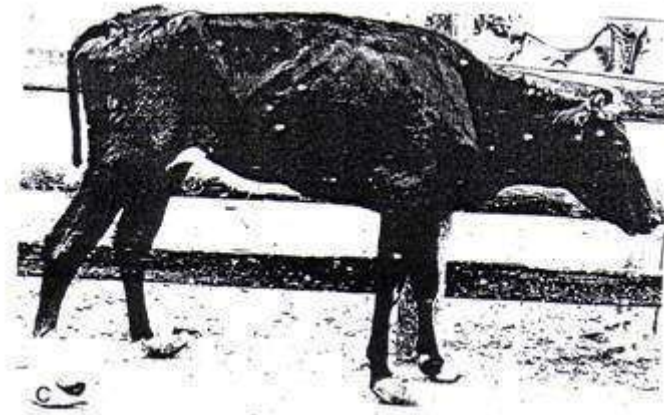
Gambar 13

Defisiensi mineral Zn
pada babi



Gambar 14

Toxistas mineral Se
pada sapi



Gambar 15

Toxistas mineral Se
pada domba



Gambar 16

Toxikitas mineral Se
pada ayam



IV. UNSUR HAYATI

Nutrisi manusia dengan ternak mempunyai kesamaan. Namun nutrisi manusia atau ternak berbeda dengan nutrisi tanaman, namun keduanya berhubungan erat satu dengan lainnya. Tanaman umumnya memerlukan unsur inorganik, seperti nitrat, ammonia, CO₂, dan energi matahari yang ditangkap oleh chlorophyll tanaman melalui photosynthesis. Manusia dan ternak dapat memanfaatkan komponen tanaman sebagai nutrisi untuk kelangsungan hidupnya. Hal ini menggambarkan bahwa tanaman menyediakan proses antara yang memungkinkan terjadi keterkaitan antara tanah dan hewan. Protein, karbohidrat, lemak dan vitamin adalah molekul organik yang terbentuk dalam tanaman dan merupakan nutrisi yang diperlukan manusia atau ternak.

Kebutuhan tanaman akan nutrisi sangat berbeda dengan ternak, karena nutrisi yang diperlukan tanaman sangat sederhana. Tanaman menggunakan nitrat atau ammonia sebagai sumber nitrogen disamping itu diperlukan berbagai unsur mineral inorganik, CO₂ dari udara melalui photosynthesis. Rincian kebutuhan nutrisi manusia, ternak dan tanaman disajikan dalam Tabel 20.

4.1. Kualitas Pakan dan Efek Penyakit

Tidak banyak informasi tentang status nutrisi untuk hewan lokal kita, apalagi dikaitkan dengan kondisi sakit. Kualitas pakan sangat menentukan berapa banyak zat makanan yang dapat dicerna dan dimetabolis. Makin baik kualitas pakan maka hewan akan mengkonsumsi secukupnya karena adanya mekanisme kontrol secara kimia sebagai indikator tercukupi nutrisi di dalam tubuh. Bila kualitas pakan jelek maka hewan akan mengalami defisiensi salah satu nutrient. Pada kasus defisiensi protein dalam pakan maka akan terjadi penurunan respon kebal tubuh hewan terhadap bakteri, virus dan jamur karena kurangnya zat antibodi. Sedangkan apabila pakan yang diberikan defisiensi vitamin A maka respon pada hewan antara lain meningkatnya kasus penyakit infeksius.

Tabel 4.1. Nutrien yang diperlukan tanaman (T), ternak (Te) dan manusia (M)

	Diperlukan			Nutrien	Diperlukan		
	T	Te	M		T	Te	M
Air	x	x	x	Fe	x	x	x
Energi	x	x	x	I	x	x	x
Karbohidrat		x	x	Mg	x	x	x
Lemak		x	x	Mo	x	x	x
Linoleat		x	x	P	x	x	x
Linolenat		x	x	K	x	x	x
Protein		x	x	Na	x	x	x
Nitrat, amonia	x			Se	x	x	x
Asam Amino		x	x	Zn	x	x	x
Arginine		x	x	Si	x		
Hisstidine		x	x	Al	x		
Isoleucine		x	x	Br	x		
Leucine		x	x	Ce	x		
Lysine		x	x	Sr	x		
Methionine		x	x	Vitamin			
Phenylalanine		x	x	Vit. A		x	x
Proline		x	x	Vit. C		x	x
Threonine		x	x	Vit. D		x	x
Tryptophan		x	x	Vit. E		x	x
Valine		x	x	Vit. K		x	x
Mineral		x	x	Vit. 12		x	x
Br	x			Biotin		x	x
Ca	x	x	x	Choline		x	x
Co	x	x	x	Folacine		x	x
Cu	x	x	x	Niacine		x	x
Cr	x	x	x	Pantothenat		x	x
Cl	x	x	x	Pyridoxine		x	x
F	x	x	x	Riboflavin		x	x

Church (1998) juga melaporkan bahwa faktor yang mempengaruhi konsumsi pakan antara lain adalah:

Palatabilitas

Selera makan terhadap suatu bahan pakan sangat mempengaruhi jumlah konsumsi bahan kering. Makin tinggi palatabilitas makan konsumsi akan meningkat, demikian pula sebaliknya.

Rasa

Walaupun tidak semua hewan memiliki keempat jenis indera perasa (manis, pahit, asam dan asin) secara sempurna, namun hewan mampu merasakan beberapa partikel larut yang masuk ke mulut disebabkan adanya alat perasa yang ada di lidah, langit-langit, pharing dan rongga mulut lainnya. Hewan kecil mempunyai indera perasa yang berada di antena dan kaki. Adapun jumlah indera rasa untuk setiap spesies berbeda-beda, seperti pada ayam 24, anjing 1700, manusia 9000, babi dan kambing 15000 dan sapi 25000 buah. Dilaporkan pula bahwa domba hanya sedikit menyukai rasa manis, sedangkan sapi lebih suka manis dan sedikit asam, kambing cenderung menyukai semua rasa.

Bau

Bau dihasilkan oleh senyawa yang mudah menguap. Hewan kurang terpengaruh oleh adanya efek bau pakan terhadap jumlah konsumsinya. Suatu percobaan yang melakukan operasi dengan menghilangkan indera penciuman namun hasilnya tidak mengubah jumlah konsumsi pakan. Bau pakan yang paling disukai domba adalah bau asam butirat.

Tekstur Fisik

Bentuk pakan (pellet, mash atau crumble) akan mempengaruhi jumlah konsumsi pakan. Adanya sifat pakan berdebu akan menurunkan jumlah konsumsi, sedangkan pakan yang partikel dan ukurannya besar juga akan menurunkan konsumsi. Bentuk pakan seperti pellet sangat berpengaruh terhadap peningkatan jumlah konsumsi.

Kandungan nutrisi pangan atau pakan dapat diketahui dengan mengurai (menganalisis) komponen pangan dan pakan secara kimia. Teknik analisis yang umum untuk mengetahui kadar nutrisi dalam pangan atau pakan adalah Analisis Proksimat (*Proximate analysis*) atau metode Weende. Metode ini tidak menguraikan kandungan nutrisi secara rinci namun berupa nilai perkiraan sehingga disebut analisis proksimat. Diagram analisis proksimat disajikan dalam Diagram 1.7. Contoh hasil analisis dan bentuk penyajiannya ditunjukkan dalam Tabel 21. Komposisi kimia hasil analisis yang lebih lengkap dan nilai energi jagung disajikan dalam Tabel 22.

Tabel 4.2. Komposisi kimia hasil analisis proksimat beberapa bahan pakan

No	Bahan	BK (%)	Komposisi BK (%)					Ca (%)	P (%)
			Abu	PK	LK	SK	BETN		
A	Rumput								
1	Rumput alam	23.50	14.30	8.82	1.46	32.50	42.80	0.40	0.25
2	<i>Brachiaria sp.</i>	27.50	7.07	9.83	2.36	28.90	51.80	0.24	0.18
3	Rumput.gajah	21.30	12.70	9.30	2.48	33.70	41.40	0.46	0.37
4	Alang-alang	31.00	6.61	5.25	2.23	40.40	40.90	0.40	0.26
B	Leguminosa								
1	<i>Calopogonium sp.</i>	22.60	8.50	30.31	4.73	30.20	26.30	0.76	0.46
2	<i>Centrocema sp.</i>	24.10	9.43	16.80	4.04	33.20	36.50	1.20	0.38
3	<i>Stylosanthes sp.</i>	21.40	8.86	15.60	2.09	31.80	41.60	1.16	0.42
4	Daun kacang tanah	22.80	9.18	13.80	4.94	25.20	46.90	1.68	0.27
C	Konsentrat								
1	Ampas tahu	14.60	4.98	29.36	10.24	22.70	32.70	0.53	0.38
2	Wheat pollard	88.50	5.90	18.46	3.88	9.70	62.00	0.23	1.10
3	Dedak padi halus	87.60	13.10	13.18	10.08	13.50	50.00	0.22	1.25
4	Jagung	86.80	2.20	10.78	4.33	2.70	80.00	0.21	0.40

Keterangan: BK=bahan kering, PK=protein kasar, LK=lemak kasar, SK=serat kasar

Tabel 4.3. Komposisi kimia hasil analisis lengkap jagung lokal

No	Deskripsi	Satuan	Nilai	BK	No	Deskripsi	Satuan	Nilai	BK
1	Berat	Kg	1	1	2	Bahan Kering	%	83.00	83.00
3	Air	%	17.00	20.48	4	Protein kasar	%	8.00	9.64
5	Abu	%	1.76	2.12	6	Serat kasar	%	2.20	2.65
7	Lemak kasar	%	3.80	4.58	8	BETN	%	84.24	101.49
9	Ca	%	0.02	0.02	10	P, total	%	0.28	0.34
11	P, tersedia/avail	%	0.09	0.11	12	P, avail Udang	%	0.0800	0.0964
13	P, avail Ikan	%	0.0800	0.0964	14	Ca:P		0.21	0.21
15	Na	%	0.02	0.02	16	Mg	ppm	0.01	0.01
17	K	%	0.30	0.36	18	Cl	%	0.04	0.05
19	S	%	0.08	0.10	20	Cu	ppm	3.00	3.61
21	Fe	ppm	45.00	54.22	22	Mn	ppm	5.00	6.02
23	Se	ppm	0.03	0.04	24	Zn	ppm	18.00	21.69
25	Lysine	%	0.2278	0.2745	26	Methionine	%	0.1690	0.2036
27	Met+Cys	%	0.3554	0.4282	28	Threonine	%	0.2908	0.3504
31	Tryptophan	%	0.0586	0.0706	32	Histidine	%	0.2165	0.2608
33	Leucine	%	0.9756	1.1754	34	Isoleucine	%	0.2736	0.3296
35	Phenylalanine	%	0.3576	0.4309	36	Phe+Tyr	%	0.6965	0.8391
37	Arginine	%	0.1290	0.1554	38	Valine	%	0.3840	0.4627
39	Cystine	%	0.1800	0.2169	40	Tyrosin	%	0.3000	0.3614
41	D. Lysin	%	0.1731	0.2086	42	D.	%	0.1386	0.1670

43	D. Met + Cys	%	0.2879	0.3468	44	Methionin D. Threonin	%	0.2326	0.2803
45	D. Tryptopan	%	0.0451	0.0544	46	D. Histidinne	%	0.1797	0.2165
64									
47	D. Leusin	%	0.8000	0.9638	48	D. Isoleucin	%	0.2244	0.2703
49	D. Phenylalanin	%	0.3004	0.3620	50	D. Arginin	%	0.1084	0.1306
51	D. Valin	%	0.3110	0.3747	52	Vitamin A	kIU/k	8.00	9.64
53	Vitamin E	mg/k	22.00	26.51	54	Thiamin	mg/k	3.50	4.22
55	Riboflavin	mg/k	1.00	1.20	56	Niacin	mg/k	24.00	28.92
64									
57	Pyridoxine	mg/k	7.00	8.43	58	Folic Acid	mg/k	0.40	0.48
59	Biotin	mg/k	0.07	0.08	60	Choline	mg/k	620.00	746.99
61	Pantothenic Acid	mg/k	4.00	4.82	62	Bulk density	g/L	610.00	734.94
63	Xanthophyll	ppm	13.00	15.66	64	Aflatoxin	ppb	50.00	60.24
65	TDN Sapi	%	70	84	66	TDN Domba	%	74	89
67	DE Sapi	Mcal/k	2.70	3.25	68	DE Domba	Mcal/K	3.28	3.95
69	DE Babi	Kcal/kg	3525	4247	70	DE Ikan	Kcal/kg	3186	3839
71	ME Babi	Kcal/kg	3420	4120	72	ME Ayam	Kcal/kg	3300	3976

Keterangan: TDN=total digestible nutrient, DE=digestible energy, ME=metabolizable energy

Gambar 17. menggambarkan bahwa analisis dapat dilakukan terhadap kadar air, abu, lemak atau ether ekstrak, nitrogen total, dan kadar serat. Komponen bahan ekstrak tanpa nitrogen adalah hasil pengurangan bahan kering dengan komponen , abu, lemak, nitrogen total, dan serat. Komponen lemak, protein dan serat sering disebut lemak kasar, protein kasar dan serat kasar. Methoda analisis proksimat menghasilkan komponen nutrien yang masih campuran. Komponen dari masing-masing kelompok nutrien dapat dilihat pada Gambar 17



Gambar 1.7. Diagram Komponen Nutrien Berdasarkan Analisis Metode Proksimat

Hasil analisis metoda proksimat masih menunjukkan kelemahan. Saluran pencernaan monogastrik tidak mampu mencerna komponen serat bahan. Lain halnya ternak ruminansia yang mempunyai perut fermentasi (retikulo-rumen) mampu mencerna sebagian komponen serat akibat adanya aktifitas mikroba di dalam bagian perut tersebut. Sehubungan dengan hal tersebut Van Soest mengembangkan metoda analisis lain khususnya untuk pakan sumber serat seperti rumput. Metoda Van Soest mengelompokkan komponen isi sel dan dinding sel. Isi sel merupakan komponen sangat mudah dicerna. Komponen dinding sel adalah kelompok yang larut dalam deterjen netral (*Netral Detergent Fiber* atau NDF) dan komponen NDF ada yang hanya larut dalam deterjen asam (*Acid Detergent Fiber* atau ADF). Hubungan antara hasil analisis proksimat dengan metoda Van Soest disajikan dalam Gambar 18.

Analisis kimia komponen pakan dapat dilakukan lebih detil menggunakan metoda yang lebih kompleks atau menggunakan peralatan yang lebih canggih. Hasil analisis kadar abu yang

berupa abu dapat dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui komponen abu tersebut, misalnya menganalisis kadar Ca dan P. Analisis Ca dan P

dapat dilakukan dengan menggunakan metode titrasi atau menggunakan alat yang modern seperti *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Alat AAS dapat digunakan untuk menganalisis komponen mineral lainnya.

Komponen Pakan				
Metode Detergen		Senyawa Nitrogen	Protein NBP	Metode Proksimat
ISI SEL Neutral Detergent Soluble (NDS)			Lipid: Larut Ether	Protein Kasar
			Senyawa Larut Air, Pectin, Pati	Lemak Kasar
			Hemiselulosa	
DINDING SEL Neutral Detergent Insoluble (NDF)	Acid Detergent Soluble	Protein Tidak Terlarut		Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen
	Acid Detergent Insoluble (ADF)	Protein Larut H₂SO₄	Lignin Larut Alkali	
		Tidak Larut H₂SO₄	Selulosa Lignin Tidak Larut	Serat Kasar

Gambar 18. Hubungan antara hasil analisis proksimat dengan metoda Van Soest disajikan

Analisis lebih detail dapat dilakukan terhadap bahan sesuai dengan tujuannya. Komponen protein dapat diketahui lebih jauh asam amino penyusunnya menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) atau *Amino Acids Analyzer*. Alat HPLC dapat digunakan juga untuk analisis asam lemak sebagai komponen penyusun lemak dan vitamin. Mengingat metode analisis sangat bervariasi baik bahan yang digunakan maupun tingkat ketelitiannya, maka pemilihan dan penetapan metode analisis merupakan suatu keharusan.

Hewan mendapatkan pakan sebagai bahan yang kompleks. Nutrien berbentuk molekul besar, dan sebelum dapat digunakan tubuh, pakan dicerna atau dihidrolisis menjadi unit zat

makan utama (asam amino dari protein atau glukosa dari karbohidrat). Pemecahan nutrisi terjadi di dalam saluran pencernaan melalui gerakan mekanik dan aktifitas enzim. Komponen nutrisi diserap dinding sel saluran

pencernaan yang selanjutnya memasuki dan diangkut melalui sistem peredaran darah menuju berbagai organ tubuh (hati, ginjal, otot dan sel di dalam organ lainnya). Di dalam organ, nutrisi digunakan untuk menunjang metabolisme yang terjadi dalam jaringan dan sel, serta digunakan untuk pembentukan daging, susu, telur dan wool atau tergantung pada jenis ternaknya.

4.2 Konsumsi Pakan pada Ruminansia

Karakteristik Pakan yang Menentukan Intake

Ruminansia dapat mencerna pakan kasar, karena memiliki kemampuan dalam menfermentasi serat. Proses fermentasi adalah proses yang lambat, serat pakan diproses dalam waktu yang lama di dalam saluran pencernaan untuk memperoleh zat-zat yang dapat dicerna. Jika terlalu banyak bahan yang tidak dapat dicerna maka intake akan menurun. Intake dipengaruhi oleh kapasitas rumen, reseptor dinding rumen menyampaikan sinyal dari isi rumen ke otak. Tapi kapasitas maksimum dan pakan yang mengisi rumen tidak dapat diketahui secara pasti.

Pakan yang voluminous (bulky) seperti hay, akan mengisi rumen dengan jumlah lebih banyak dari pada konsentrat jika rumput tersebut dipotong-potong. Berdasarkan kapasitas rumennya, ternak ruminansia makan dalam jumlah yang konstan. Hal ini dibuktikan dengan beberapa eksperimen. Pada pakan dengan kandungan air yang berbeda-beda mempengaruhi kapasitas rumen serta intake pakan. Pemberian pakan dengan kandungan air tinggi dapat menurunkan intake BK bila dibandingkan dengan pakan kandungan air rendah.

Intake makanan pada ruminansia berbeda dengan intake pada monogastrik. Hal tersebut dapat dilihat dari metabolisme glukosa. Pada ruminansia glukosa yang diserap dalam saluran pencernaan relatif sedikit dan level glukosa dalam darah pun rendah. Hal ini ada keterkaitannya

dengan kebiasaan makan ruminansia. Mekanisme intake pada ruminansia berhubungan dengan proses penyerapan VFA dalam rumen.

Penyerapan acetat dan propionat oleh dinding rumen dapat menurunkan intake konsentrat oleh ruminansia. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat reseptor-reseptor dalam lumen/dinding retikulo-rumen. Proses penyerapan VFA ke dalam hepar portal juga menurunkan intake. Hal ini dilakukan dengan cara pengiriman sinyal dari hati ke hipotalamus. Butirat mempengaruhi intake dalam level lebih rendah bila dibandingkan dengan asetat dan propionat, karena butirat dapat dimetabolisme menjadi aceta. Pakan dengan kandungan BK tinggi berpengaruh terhadap terhadap intake. Pada ruminansia intake dipengaruhi oleh tingkat penyerapan dan bentuk pakan.

Persentase daya cerna dan tingkat konsumsi tidak hanya dipengaruhi oleh proporsi dinding sel pakan tetapi bentuk fisik dari dinding sel tersebut. Hijauan yang digiling, struktur dinding selnya rusak sehingga proses pencernaannya lebih cepat dan tingkat konsumsi meningkat. Partikel hijauan yang digiling tersebut berjalan dengan cepat meninggalkan rumen, sehingga rumen cepet kosong. Hal ini yang menyebabkan terjadi peningkatan konsumsi. Bagian daun dapat dicerna dan dikonsumsi lebih tinggi dibandingkan batang, karena dinding sel pada daun lebih mudah dihancurkan dari pada batang. Ternak yang diberi daun dapat mengkonsumsi lebih dari 40% BK per hari bila dibandingkan dengan pemberian batang.

Kekurangan zat makanan tertentu pada ransum dapat menurunkan aktivitas mikroba rumen sehingga tingkat konsumsi menurun. Beberapa nutrien yang berpengaruh terhadap intake adalah protein, sulfur, fosfor, sodium dan kobal.

Silase yang mengandung produk-produk fermentasi yang tinggi. Namun pada silase dengan kandungan amonia yang tinggi, karena prosesnya yang kurang baik, akan menurunkan tingkat konsumsi, walaupun silase tersebut memiliki dinding sel yang mudah dicerna. Disamping itu bentuk fisik silase juga mempengaruhi tingkat konsumsinya, silase dari hijauan yang digiling terlebih dahulu memiliki tingkat konsumsi yang lebih tinggi.

4.3 Pengaruh Ternak terhadap Tingkat Konsumsi

Kapasitas rumen merupakan faktor yang menentukan tingkat konsumsi ternak ruminansia. Kapasitas rumen berbagai ternak ruminansia berbeda sehingga konsumsi ternak ruminansia berbeda-beda. Konsumsi ternak ruminansia ditentukan oleh bobot badan metabolik ($BB^{0.75}$). Jumlah konsumsi pada sapi lebih besar dari pada domba per unit bobot metabolik. Contoh, sapi dengan berat 300 kg, yang diberi pakan mengandung 11 MJ ME/Kg BK akan mengkonsumsi sekitar 90 g BK per Kg $BB^{0.75}$ per hari (6.3 kg/ekor/hari). Domba (40 Kg) akan mengkonsumsi 60 g BK per kg $BB^{0.75}$ per hari (0.96 g per ekor). Ternak gemuk memiliki konsumsi yang seimbang, dengan kata lain tidak bertambah sesuai dengan pertambahan BB. Hal ini dikarenakan lemak abdomen yang dideposit menurunkan volume rumen, bisa juga karena efek metabolisme. Ternak dengan kandungan daging lean yang tinggi memiliki jumlah konsumsi per BB metabolik yang tinggi. Hal ini dapat ditunjukkan oleh ternak yang mengalami pertumbuhan kompensasi karena pemberian makan yang dibatasi dan kandungan zat makanan dalam ransum yang rendah.

Pada ternak yang bunting, ada dua hal yang berlawanan mempengaruhi konsumsi. Peningkatan kebutuhan nutrisi fetus meningkatkan konsumsi ransum. Sedangkan, akibat lain dari kebuntingan adalah menurunkan kapasitas rumen karena pertumbuhan foetus yang semakin besar. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan konsumsi terutama jika pakan terdiri dari hijauan saja.

Konsumsi pada ruminansia berhubungan dengan fase laktasi. Awal laktasi, sapi perah kehilangan bobot badannya. Hal ini terganti pada fase akhir laktasi, dimana produksi susu mulai turun dan konsumsi bahan kering meningkat. Konsumsi energi bruto pada sapi laktasi 50% lebih tinggi dari pada sapi yang tidak laktasi.

4.4. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Konsumsi

Tingkat konsumsi ternak ruminansia yang digembalakan di pastura atau padang penggembalaan dipengaruhi oleh komposisi kimia dan daya cerna hijauan serta struktur dan distribusi hijauan di padang penggembalaan tersebut. Konsumsi ternak di padang penggembalaan tergantung dari :

1. Ukuran renggutan (kuantitas/jumlah bahan kering yang dapat diperoleh dalam satu gigitan)

2. Kecepatan renggutan (jumlah gigitan dalam satu menit)
3. Waktu yang dibutuhkan untu merumput

Sebagai contoh, sapi (600 kg) memiliki ukuran renggutan 0.6 g BK, dengan kecepatan gigi 60 kali per menit dan mendapatkan hijauan 36 g BK per menit atau 2.16 kg BK perjam. Untuk mendapatkan konsumsi 16 kg BK perhari maka sapi harus merumput selama $16/2.16 = 7.4$ jam per hari. Sapi perah biasanya merumput selama 8 jam perhari. Sapi dapat mengkonsumsi dalam jumlah banyak bila ukuran gigitan dan kecepatan gigitan tinggi yang dapat terjadi jika distribusi hijauan merata. Hijauan diusahakan pendek (12 - 15cm) dan tebal agar ukuran gigitan maksimum. Ternak lebih menyukai bagian daun dari pada batang karena batang lebih sulit dicerna. Ternak juga lebih menyukai hijauan berwarna hijau (masih segar) dari pada hijauan yang layu. Tidak semua hijauan di makan ternak karena hijauan yang berduri dan terkontaminasi feses tidak disukai ternak.

Pada kondisi pastura yang baik ternak dapat mengkonsumsi hijauan sebanyak mungkin. Tetapi pada kondisi pastura yang buruk ternak hanya akan mengkonsumsi hijauan yang mudah dicerna dan dapat di metabolis.

Suhu lingkungan sangat berpengaruh terhadap tingkat konsumsi. Pada temperatur dibawah temperatur netral ternak akan meningkatkan konsumsi dan pada suhu diatas suhu netral ternak akan menurunkan konsumsi. Sapi Bos Taurus akan menurunkan 2% konsumsinya setiap kenaikan suhu 1°C diatas suhu rata-rata 25°C. Panjang hari juga mempengaruhi tingkat konsumsi. Semakin pendek hari maka tingkat konsumsi pada domba semakin menurun. Panjang hari tidak terlalu berpengaruh pada tingkat konsumsi sapi.

Kondisi kesehatan ternak berpengaruh terhadap tingkat konsumsi. Ternak yang sakit cenderung menurunkan tingkat konsumsinya. Hal ini dikarenakan daya serap saluran pencernaan terhadap zat makanan menurun dan sistem kekebalan tubuh ternak dengan adanya parasit yang masuk berespons untuk menurunkan tingkat konsumsi.

V. MEKANISME HOMEOSTATIS

Ternak dapat menghasilkan energi panas dalam tubuhnya dengan cara merubah energi kimia yang tersimpan dalam pakan ternak menjadi energi daya kerja. Selain memiliki energi panas yang berasal dari dalam tubuh, ternak juga menerima beban panas dari lingkungan. Sapi yang dijemur akan menerima beban panas dari lingkungan berupa radiasi matahari. Radiasi matahari yang diterima oleh ternak dapat secara langsung atau tidak langsung. Secara langsung, pancaran radiasi matahari dapat mengenai permukaan tubuh ternak yang terluar. Secara tidak langsung dapat berasal dari pantulan radiasi matahari oleh permukaan bumi yang selanjutnya mengenai permukaan luar tubuh ternak. Radiasi matahari yang secara langsung maupun tidak langsung ini akan menambah beban panas pada ternak. Kelebihan beban panas pada tubuh ternak tersebut harus dikeluarkan dari tubuh ternak agar ternak merasa nyaman ("comfort")

Jumlah panas yang dihasilkan dalam tubuh ternak dapat diduga dengan menghitung konsumsi oksigen (O_2), sebab konsumsi oksigen mencerminkan tingkat pembakaran (metabolisme) yang terjadi dalam tubuh ternak. Makin tinggi konsumsi oksigen, makin tinggi pula pembakaran zat-zat makanan dalam tubuh ternak sehingga makin tinggi pula produksi panas metabolisme pada ternak. Konsumsi Oksigen pada setiap alat tubuh beragam tergantung dari kerja alat tubuh tersebut. Contoh penggunaan Oksigen untuk beberapa alat tubuh disajikan pada tabel 2. Pada tabel 2.3. nampak bahwa, konsumsi Oksigen tertinggi terjadi organ tubuh otak yaitu sebesar 9,9 ml per gram otak per menit. Berdasarkan konsumsi Oksigen dapat dikatakan bahwa pembakaran tertinggi pada organ tubuh otak. Keadaan ini dapat dimengerti karena otak memerlukan energi yang tinggi untuk berfikir. Konsumsi Oksigen paling rendah terjadi pada urat daging disekitar tulang yaitu sebesar 0,4 ml per 100 gram per menit. Pada daerah ini pembakaran yang terjadi relatif kecil sehingga produksi panas juga kecil.

Tabel 23. Keragaman konsumsi Oksigen dari berbagai organ tubuh ternak kelinci dan anjing Yang sedang istirahat

Organ Tubuh	Konsumsi Oksigen(ml) /100 gram/menit
Urut daging	0,4
Jantung	1,1
Hati	1,1
Usus	1,8
Ginjal	2,6
Kelenjar Ludah	2,8
Kelenjar Adrenalin	4,4
Limpa	5,0
Pankreas	5,3
Otak kelinci	9,4
Otak anjing	9,9

Jumlah panas yang diproduksi tergantung pada ukuran tubuh ternak. Ternak yang berukuran lebih besar, akan menghasilkan panas lebih kecil per satuan berat badan yang sama dibandingkan ternak berukuran kecil. Dari beberapa hasil percobaan didapatkan bahwa laju metabolisme dapat diduga dengan formulasi sebagai berikut :

$$M = W^{0,75}$$

Dimana :

M adalah laju metabolisme (Kcal/menit)

W adalah bobot badan (Kg)

0,75 adalah konstanta berdasarkan hasil percobaan.

Selain ukuran tubuh, produksi panas juga dipengaruhi oleh faktor jumlah dan jenis makanan yang dikonsumsi. Makin banyak konsumsi makanan maka makin banyak pula

produksi panas yang dihasilkan dari proses metabolisme dalam tubuh ternak. Jenis bahan makanan yang dicerna juga mempengaruhi produksi panas pada tubuh ternak. Bahan dari nabati menghasilkan panas lebih rendah dibandingkan dengan bahan dari hewani. Meningkatnya kerja mikroorganisma di dalam rumen akan dapat meningkatkan produksi panas. Ternak dalam keadaan

5.1 Panas yang Hilang

Panas yang dihasilkan dalam tubuh dapat dilepaskan ke lingkungan sekitar dengan cara radiasi, konduksi, konveksi dan proses penguapan. Penguapan air melalui saluran pernafasan ("panting") biasanya dilakukan oleh ternak yang kelenjar keringatnya sangat sedikit (misalnya broiler dan anjing). Penguapan air melalui kelenjar keringat ("sweating") sering dilakukan oleh ternak yang kelenjar keringatnya banyak (misalnya ternak kuda dan sapi). Ternak akan senantiasa melepaskan panas ke lingkungan karena suhu tubuh ternak lebih tinggi dari suhu lingkungan. Menurut hukum Newton besarnya panas yang diantarkan tergantung daripada selisih suhu sumber (ternak) dengan suhu tubuh lingkungan yang dikenal dengan istilah gradien suhu. Makin tinggi gradien suhu maka makin banyak pula panas yang dapat diantarkan. Disamping gradien suhu, unsur-unsur iklim yang juga cukup besar perannya dalam proses pengantaran panas tubuh ternak. Makin tinggi kecepatan angin maka proses pengantaran panas tubuh makin cepat. Molekul angin akan mengabsorpsi panas tubuh melalui sentuhan media kemudian membuang ke lingkungan. Kelembaban udara mencerminkan banyaknya uap air yang terdandung dalam udara tersebut. Kelembaban makin tinggi berarti kemampuan udara tersebut untuk mengabsorpsi air makin kecil. Keadaan ini menunjukkan bahwa makin tinggi kelembaban udara dari kebutuhan optimal maka ternak akan mengalami kesulitan untuk melepaskan kelebihan beban panas tubuhnya. Hilangnya panas tubuh dengan konveksi dimungkinkan karena adanya molekul-molekul udara di sekitar ternak yang pergerakannya molekul udara tersebut akan membantu hilangnya panas dengan cara konveksi. Pelepasan panas dengan cara konduksi memerlukan medium perantara tanpa disertai perpindahan dari medium perantara. Ternak babi yang mengalami cekaman panas akan berusaha mengurangi beban panas tubuhnya dengan

cara menempelkan badan ke dinding kandang atau tidur di lantai kandang. Sentuhan tubuh dengan media yang bersuhu lebih rendah akan memungkinkan terjadinya aliran panas dari tubuh ternak ke lingkungan.

Pegantaran panas tubuh ternak juga dipengaruhi oleh tahanan tubuh (insulasi) yang dimiliki oleh ternak tersebut. Makin tinggi insulasi tubuh tentu pengantaran panas tubuh makin sulit. Lemak di bawah kulit ("sub cutan") dan bulu merupakan contoh insulasi yang dimiliki ternak. Makin tebal lemak sub cutan atau bulu yang dimiliki ternak maka banyak panas yang akan tertahan sehingga pengantaran panas ke lingkungan makin sulit. Aliran panas dari bagian dalam tubuh ke permukaan tubuh ternak mengandalkan peredaran darah. Makin lancar peredaran darah maka makin cepat pula panas tubuh sampai ke permukaan tubuh yang selanjutnya akan diantarkan dengan cara radiasi, konduksi dan konveksi.

5.2 Keseimbangan Panas

Ternak di daerah tropis umumnya lebih banyak mengalami cekaman panas daripada cekaman dingin. Penyesuaian diri terhadap cekaman panas pada prinsipnya merupakan hasil keseimbangan antara panas yang dihasilkan dengan panas yang hilang. Secara sederhana keseimbangan panas dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\text{Produksi panas} = \text{Panas yang hilang} \pm \text{Panas yang disimpan}$$

Keseimbangan akan terjadi apabila jumlah panas yang diproduksi sebanding dengan jumlah panas yang dilepas ke lingkungan. Pada posisi seperti ini, ternak dikatakan berada dalam kondisi nyaman ("comfort"). Panas yang ada dalam tubuh ternak dapat berasal dari panas hasil metabolisme zat-zat makanan atau dari beban panas lingkungan ternak (radiasi matahari). Panas akan dilepas ke lingkungan dengan berbagai cara seperti radiasi, konduksi, konveksi dan penguapan. Jika jumlah panas yang diproduksi lebih tinggi daripada jumlah panas yang dilepaskan ke lingkungan maka ternak dikatakan dalam keadaan cekaman panas ("hipertermia"). Sebaliknya jika produksi panas lebih kecil daripada jumlah panas yang dilepaskan maka ternak dikatakan mengalami cekaman dingin ("hipotermia").

Hubungan antara semua faktor yang terkait dalam hal penyesuaian diri terhadap suhu lingkungan ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut :

$$M = \frac{T_c - T_a}{I_t + I_{cl} + I_a} + E$$

Dimana :

M : Laju metabolisme

T_c : Suhu tubuh ternak

T_a : Suhu lingkungan di sekitar ternak

I_t : Insulasi (tahanan tubuh) pada jaringan dainging

I_{cl} : Insulasi dari tebal bulu

I_a : Insulasi dari udara sekitar (“insulationboundry layer”)

E : Penguapan dari kulit

Makin tinggi selisih suhu tubuh dengan suhu lingkungan berarti suhu lingkungan semakin rendah . Penurunan suhu lingkungan menyebabkan laju metabolisme semakin tinggi. Keadaan sebaliknya yang terjadi berarti suhu lingkungan akan makin tinggi dan laju metabolisme semakin rendah. Ketebalan lemak sub cutan, keadaan bulu dan kecepatan angin merupakan faktor yang berpengaruh terhadap laju metabolisme. Makin tebal lemak sub cutan dan bulu serta kecepatan angin yang rendah menyebabkan menyebabkan laju metabolisme semakin rendah. Hal ini berarti panas tubuh dapat dipertahankan agar tidak banyak panas tubuh yang hilang.

Penguapan merupakan proses pendinginan, baik dengan jalan berkeringat maupun pernafasan. Makin tinggi penguapan maka suhu tubuh akan semakin dingin yang berarti pula ada peningkatan laju metabolisme.

VI. TINGKAH LAKU (BEHAVIOR)

Tingkah laku ternak dapat dipilah menjadi dua bagian yaitu tabiat makan ternak dan hubungan sosial ternak. Tingkah laku ternak dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu membentuk kelompok ("Agregation") dan tingkahlaku agonistik. Hubungan sosial ternak merupakan interaksi individu ternak di dalam kelompok ternak.

Penyimpangan pola tingkah laku ternak dari pola umumnya adalah merupakan gejala penurunan dalam manajemen peternakan. Tingkah laku ternak yang menyimpang ini akan berujung pada penurunan produktivitas ternak. Dalam penyimpangan tingkah laku akan terjadi pemborosan penggunaan energi yang dikonsumsi ternak. Energi yang semestinya dipergunakan untuk produksi (telur, daging, bulu dll) akan dipergunakan untuk pola tingkah laku yang menyimpang tersebut. Kebanyakan ternak, terutama unggas mempunyai tingkah laku agonistik seperti tabiat saling mematuk, mengancam, mengindar dan berkelahi. Sifat agonistik ini dipengaruhi oleh sifat genetik ternak tersebut disamping faktor lingkungan. Ayam kampung memiliki sifat agonistik jauh lebih tinggi daripada ayam pedaging (broiler). Menurut hasil penelitian Astiningsih dan Roger (1987) mendapatkan bahwa ayam feral Australia lebih agresif daripada ayam Australia White (White Leghorn X Austrolop) walaupun perkembangan sifat saling patuk sama-sama dimulai dari umur tiga minggu. Menurut Jull (1951) perkembangan status sosial ("peck order") pada ayam broiler dimulai pada umur delapan minggu. Ayam broiler jenis kelamin jantan lebih agresif daripada ayam betina. Cekaman panas atau kebisingan lingkungan peternakan dapat memicu sifat agonistik ternak. Tingkah laku ternak dapat pula dipakai sebagai barometer kenyamanan dan kesehatan ternak.

6.1. Hubungan Sosial

Ternak yang dipelihara dengan jumlah lebih dari satu ekor pada satu luasan dikatakan ternak hidup dalam kelompok. Pada kelompok tersebut, ternak akan saling berinteraksi satu dengan yang lainnya sampai pada akhirnya terbentuk urutan penguasa diantara ternak ("ranking order"). Ternak yang lebih kuat akan menguasai ternak lebih rendah, demikian selanjutnya.

Hubungan sosial ternak merupakan hubungan hirarki dimana kalah menang suatu individu ditentukan setelah memenangkan sekali atau lebih perkelaian . Berkaitan dengan hubungan ini tidak berarti akan terjadi perkelaian yang berkepanjangan tetapi justru akan tercipta ketenangan dan kesetebilan di dalam kelompok. Keadaan ini disebabkan karena setelah urutan kekuasaan terbentuk, masing-masing ternak mengetahui tingkatan sosial di dalam kelompoknya (Thorpe, 1969). Pada kelompok yang kecil biasanya hirarki kekuasaan berbentuk garis lurus dan jarang berbentuk segi tiga. Berbeda keadaannya pada jumlah kelompok ternak yang besar, dimana hirarki kekuasaan sering berbentuk garis tidak beraturan. Sebagai contoh, ternak ayam yang mempunyai status sosial paling tinggi akan mematok semua individu dalam kelompok tersebut. Ayam dengan status sosial nomor dua akan mematok semua ayam dalam kelompoknya kecuali ayam dengan status sosial nomor satu. Selanjutnya ayam ketiga mematok semua ayam dengan status sosial di bawahnya kecuali ayam yang memiliki status sosial nomor dua dan nomor satu. Demikian seterusnya sehingga ayam yang paling bawah status sosialnya dalam kelompok dipatok oleh semua ayam lain. Peristiwa patuk mematok ini tidak berkepanjangan karena setelah hirarki tingkat sosial ayam terbentuk, semua individu ayam tenang kembali.

Pada umumnya kejadian patuk mematok ("peck order") berhubungan dengan agresivitas. Terdapat banyak cara untuk mengukur tingkat agresivitas ternak, diantaranya seringnya kejadian (frekuensi). Makin sering ternak dengan status sosial lebih tinggi mematok, mengancam, mengindar bahkan berkelahi ternak yang mempunyai status sosial lebih rendah berarti tingkat agresivitas jenis ternak bersangkutan tinggi.

Menurut pendapat ahli Holabird (1955) tingkahlaku ternak pada perilaku agonistik meliputi (1) mematok, (2) mengancam, (3) berkelahi, (4) mengindar. Definisi mematok tersebut adalah serangan dengan mempergunakan paruh yang dilakukan oleh seekor ternak terhadap ternak yang lainnya. Serangan tersebut langsung pada kepala atau leher lawan dan pada waktu yang bersamaan bulu-bulu lehernya akan berdiri tegak dengan mata ditujukan pada kepala lawan. Mengancam adalah gerakan yang dilakukan seekor unggas dengan mengangkat tubuh setinggi-tingginya kemudian berdiri tegak di depan unggas yang lain dan pada saat bersamaan bulu lehernya juga berdiri tegak. Selanjutnya mengindar adalah gerakan menjauh yang dilakukan seekor ternak secara tiba-tiba atau tergesa-gesa untuk menghindari serangan ternak yang lain.

6.2 Tabiat Makan

Tabiat makan adalah segala tingkah laku yang berhubungan aktivitas pada waktu makan. Barometer yang dapat dipakai mengukur tabiat makan diantaranya frekuensi ternak mengunjungi tempat makan dan lama ternak menggunakan waktu ditempat makan. Faktor faktor dari makanan yang berpengaruh terhadap tabiat makan ternak adalah bentuk, ukuran, warna dan keadaan permukaan makanan. Ternak yang sering mengunjungi tempat makanan belum tentu konsumsi ransum ternak yang bersangkutan lebih banyak. Jumlah konsumsi ransum pada ternak ditentukan oleh faktor jenis ternak, umur ternak, aktivitas ternak, jenis kelamin ternak, suhu lingkungan, kandungan energi ransum dan kesehatan ternak.

Makin tua umur ternak, jumlah konsumsi ransum ternak makin tinggi karena umur yang semakin tua lebih banyak membutuhkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangan. Aktivitas ternak yang meningkat memerlukan energi untuk melakukan aktivitas tersebut lebih banyak daripada saat istirahat sehingga ternak perlu mengkonsumsi ransum lebih banyak. Keadaan yang sama terjadi pada faktor jenis kelamin. Ternak jantan secara umum lebih agresif daripada ternak betina sehingga ternak jantan mengkonsumsi ransum lebih banyak dibandingkan ternak betina. Kondisi lingkungan (suhu udara) berpengaruh terhadap konsumsi ransum ternak. Ternak yang mengalami cekaman dingin (hipotermia) akan berusaha untuk mengkonsumsi ransum lebih banyak daripada saat kondisi lingkungan nyaman. Konsumsi ransum lebih tinggi ini bertujuan untuk menghasilkan lebih banyak energi di dalam tubuh. Ternak perlu energi lebih banyak karena sebagian dari energi yang dikonsumsi dirubah dalam bentuk panas agar bisa mengimbangi kondisi lingkungan yang dingin. Konsumsi ransum juga dipengaruhi oleh kandungan energi yang terdapat dalam ransum tersebut. Ransum dengan kandungan energi lebih tinggi akan mengkonsumsi ransum lebih sedikit daripada ransum dengan kandungan energi

tinggi. Keadaan ini disebabkan karena pada akibatnya ternak mengkonsumsi ransum bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energinya. Kondisi ternak dalam keadaan sakit tentu akan mengkonsumsi ransum lebih sedikit daripada ternak yang sehat. Hal ini disebabkan karena ternak sakit mengalami gangguan metabolisme sehingga nafsu makan ternak turun. Bentuk makanan turut pula mempengaruhi tabiat makan ternak. Anak ayam yang diberi makanan berbentuk pelet menghabiskan makanan lebih sedikit daripada anak ayam yang diberi

makanan berbentuk tepung. Ayam dewasa lebih menyukai makanan berbentuk butiran lebih besar daripada butiran kecil dan lebih menyukai permukaan makanan lembut daripada kasar.

6.3. Cekaman Sosial

Kondisi cekaman (stress) didefinisikan sebagai respon tubuh terhadap gangguan dan tekanan yang dipaksakan dalam lingkungannya sehingga mengakibatkan hilangnya keseimbangan fisiologis dan kejiwaan. Perubahan tingkah laku seperti berkelahi, mematuk, melompat, serta menghindar merupakan respon ternak terhadap cekaman. Respon tersebut di atas akan menyebabkan terjadinya perubahan fisiologi seperti peningkatan denyut jantung, perubahan sirkulasi darah yang mempengaruhi suplai darah ke jaringan tubuh ternak. Respon yang bersifat lambat akan mengarah pada penghambatan pertumbuhan, penurunan produksi dan berkurangnya daya tahan terhadap penyakit.

Cekaman umumnya terjadi pada ternak adalah karena faktor alam yaitu perubahan cuaca atau iklim, dimana terjadi perubahan dari panas ke dingin atau dari dingin ke panas secara drastis. Apabila panas terlalu tinggi, cekaman akan ditandai dengan terjadinya patuk mematuk dalam kandang, berkelahi, kelaparan, kehausan, tempat makanan dan minum terlalu kotor, mutu ransum tidak baik serta adanya kebisingan akibat bunyi-bunyian terlalu keras.

Kepadatan kandang tingkat pergerakan udara (angin) di dalam kandang juga mempengaruhi tabiat makan dan hubungan sosial ternak di dalam kandang. Kepadatan kandang mengandung pengertian banyaknya jumlah ternak yang dipelihara pada suatu luasan tertentu. Makin tinggi kepadatan ternak maka suhu dan kelembaban udara di dalam kandang meningkat yang dapat menurunkan tingkat kenyamanan ternak dalam kandang. Pergerakan angin mempengaruhi proses pelepasan panas dari tubuh ternak ke lingkungan dengan cara konduksi, konveksi dan evaporasi. Makin tinggi kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan kandang maka makin mudah pula ternak melepaskan kelebihan beban panas tubuhnya ke lingkungan. Hasil penelitian mengenai pengaruh kepadatan kandang dan tingkat kecepatan angin dalam kandang terhadap tabiat makan dan hubungan sosial ayam pedaging disajikan pada tabel 24.

Tabel 24. Pengaruh kepadatan ternak dan kecepatan angin dalam kandang

terhadap tingkah laku ayam pedaging umur 2 – 6 minggu.

Perlakuan	Variabel							
	Frek. Makan (kali)	Frek. Minum (kali)	Frek. Istirahat (kali)	Lama Makan (kali)	Lama Mengais (kali)	Lama Minum (kali)	Lama Istirahat (kali)	Lama Panting Menit)
A1	2,104a	0,816a	1,747a	10,054b	0,054a	0,074a	3,827a	0,162a
A2	2,032a	0,699a	1,403b	11,210a	0,047a	0,499a	3,758a	0,248a
SEM	0,093	0,109	0,109	0,329	0,016	0,297	0,496	0,063
K1	2,068a	0,673a	1,597a	10,490a	0,040a	0,530a	4,150a	0,135a
K2	2,055a	0,657a	1,557a	10,310a	0,060a	0,870a	3,480a	0,147a
K3	2,073a	0,897a	1,572a	10,120a	0,049a	0,380a	3,830a	0,335a
SEM	0,122	0,094	0,203	0,724	0,017	0,532	0,371	0,335

Sumber : Nuriyasa, Astiningsih (2002)

Keterangan:

Kecepatan angin 0,4 m/dt (A1), kecapatan angin 0,8 m/dt (A2)

Kepadatan ternak 8 ekor/m² (K1), 10 ekor/m²(K2) dan 12 ekor/m² (K3)

Dari tabel 3 nampak bahwa tidak ada respon signifikan tingkat kepadatan ternak terhadap variabel tingkah laku. Hal ini disebabkan karena tingkat kepadatan ternak maksimal yang dipergunakan perlakuan (10 ekor/m²) masih berada pada batas kepadatan optimal untuk ayam pedaging yang memiliki sikap tenang dan tekun di tempat makan sehingga sifat agresivitasnya belum muncul. Terdapat kecendrungan frekuensi ke tempat makan ayam yang dipelihara dengan kecepatan angin lebih rendah lebih sering ke tempat makan. Pada kandang dengan kecepatan angin lebih rendah kondisi lingkungan kandang kurang nyaman sehingga ayam mengalami cekaman panas. Ayam pada kondisi cekaman memerlukan energi lebih banyak sehingga lebih sering ketempat makan untuk memenuhi kebutuhan energi untuk "maintenance"

dan produksi. Frekuensi ayam ke tempat makan berbanding lurus dengan frekuensi ke tempat minum. Air yang diminum ternak dipergunakan untuk melunakkan makanan. Kecepatan angin lebih tinggi menyebabkan ayam lebih lama berada di tempat makan. Pada kondisi lingkungan yang lebih nyaman, ternak lebih tekun makan dan menghabiskan waktunya lebih lama di tempat makan.

VII. TOLERANSI TERNAK

Pengaruh lingkungan terhadap ternak dapat secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh lingkungan secara langsung adalah terhadap tingkat produksi melalui metabolisme basal, konsumsi makanan, gerak laju makanan, kebutuhan pemeliharaan, reproduksi pertumbuhan dan produksi susu. Sedangkan pengaruh tidak langsung berhubungan dengan kualitas dan ketersediaan makanan (Anderson, et al. 1985).

Faktor lingkungan adalah faktor yang memberikan pengaruh cukup besar terhadap tingkat produksi. Di antara sekian banyak komponen faktor lingkungan, yang paling nyata pengaruhnya terhadap sapi perah, terutama pada masa laktasi (produksi susu) adalah temperatur, yang selalu berkaitan erat dengan kelembaban. Supaya dapat berproduksi baik, sapi perah harus dipelihara pada kondisi lingkungan yang nyaman (comfort zone), dengan batas maximum dan minimum temperatur dan kelembaban lingkungan berada pada thermo neutral zone. Di luar kondisi ini sapi perah akan mengalami stres. Stres yang banyak terjadi adalah stres panas. Hal ini disebabkan THI berada di atas THI normal. Menurut Davidson, et al. (2000), induk sapi perah yang berada pada Temperature Humidity Index (THI) kritis, akan mengalami penurunan produksi dan komposisi susu. Itu berarti, induk sapi perah laktasi yang mengalami cekaman panas (stres panas), akan mengalami gangguan fisiologis dan produktivitas.

7.1. Cekaman Panas

Ternak akan selalu beradaptasi dengan lingkungan tempat hidupnya. Adaptasi lingkungan ini tergantung pada ciri fungsional, struktural atau behavioral yang mendukung daya tahan hidup ternak maupun proses reproduksinya pada suatu lingkungan. Apabila terjadi perubahan maka ternak akan mengalami stres (Curtis, 1999).

Stres adalah respon fisiologi, biokimia dan tingkah laku ternak terhadap variasi faktor fisik, kimia dan biologis lingkungan (Yousef, 1984). Dengan kata lain, stres terjadi apabila terjadi perubahan lingkungan yang ekstrim, seperti peningkatan

temperatur lingkungan atau ketika toleransi ternak terhadap lingkungan menjadi rendah (Curtis, 1999). Stres panas terjadi apabila temperatur lingkungan berubah menjadi lebih tinggi di atas ZTN (upper critical temperature). Pada kondisi ini, toleransi ternak terhadap lingkungan menjadi rendah atau menurun, sehingga ternak mengalami cekaman (Yousef, 1985). Stres panas ini akan berpengaruh terhadap pertumbuhan, reproduksi dan laktasi sapi perah termasuk di dalamnya pengaruh terhadap hormonal, produksi susu dan komposisi susu (Mc Dowell, 1972).

7.2. Hubungan Stres Panas dengan Temperatur Lingkungan

Temperatur Lingkungan

Lingkungan dapat diklasifikasikan dalam dua komponen, yaitu :

- (1) Abiotik : semua faktor fisik dan kimia
- (2) Biotik : semua interaksi di antara (perwujudan) makanan, air, predasi, penyakit serta interaksi sosial dan seksual.

Faktor lingkungan abiotik adalah faktor yang paling berperan dalam menyebabkan stres fisiologis (Yousef, 1984). Komponen lingkungan abiotik utama yang pengaruhnya nyata terhadap ternak adalah temperatur, kelembaban (Yousef, 1984 ; Chantalakhana dan Skunmun, 2002), curah hujan (Chantalakhana dan Skunmun, 2002), angin dan radiasi matahari (Yousef, 1984 ; Cole and Brander, 1986).

Temperatur

Temperatur lingkungan adalah ukuran dari intensitas panas dalam unit standar dan biasanya diekspresikan dalam skala derajat celsius (Yousef, 1984). Secara umum, temperatur udara adalah faktor bioklimat tunggal yang penting dalam lingkungan fisik ternak. Supaya ternak dapat hidup nyaman dan proses fisiologi dapat berfungsi normal, dibutuhkan temperatur lingkungan yang sesuai. Banyak species ternak membutuhkan temperatur nyaman 13 – 18 °C (Chantalakhana dan Skunmun, 2002) atau Temperature Humidity Index (THI) < 72 (Davidson, et al. 2000).

Kelembaban

Kelembaban adalah jumlah uap air dalam udara. Kelembaban udara penting, karena mempengaruhi kecepatan kehilangan panas dari ternak. Kelembaban dapat menjadi kontrol dari evaporasi kehilangan panas melalui kulit dan saluran pernafasan (Chantalakhana dan Skunmun, 2002).

Kelembaban biasanya diekspresikan sebagai kelembaban relatif (Relative Humidity = RH) dalam persentase yaitu ratio dari mol persen fraksi uap air dalam volume udara terhadap mol persen fraksi kejenuhan udara pada temperatur dan tekanan yang sama (Yousef, 1984). Pada saat kelembaban tinggi, evaporasi terjadi secara lambat, kehilangan panas terbatas dan dengan demikian mempengaruhi keseimbangan termal ternak (Chantalakhana dan Skunmun, 2002).

Curah Hujan

Selama musim hujan, rata-rata temperatur udara lebih rendah, sedangkan kelembaban tinggi dibanding pada musim panas. Jumlah dan pola curah hujan adalah faktor penting untuk produksi tanaman dan dapat dimanfaatkan untuk suplai makanan bagi ternak.

Curah hujan bersama temperatur dan kelembaban berhubungan dengan masalah penyakit ternak serta parasit internal dan eksternal. Curah hujan dan angin juga dapat menjadi petunjuk orientasi perkandangan ternak.

Angin

Menurut Yousef (1984), angin diturunkan oleh pola tekanan yang luas dalam atmosfer yang berhubungan dengan sumber panas atau daerah panas dan dingin pada atmosfer. Kecepatan angin selalu diukur pada ketinggian tempat ternak berada. Hal ini penting karena transfer panas melalui konveksi dan evaporasi di antara ternak dan lingkungannya dipengaruhi oleh kecepatan angin.

Radiasi Matahari

Menurut Yousef (1984), Radiasi matahari dalam suatu lingkungan berasal dari dua sumber utama : (1) suhu matahari yang tinggi, (2) radiasi termal dari tanah, pohon, awan dan atmosfer. Petunjuk variasi dan kecepatan radiasi matahari, penting untuk mendesain perkandangan ternak, karena dapat mempengaruhi proses fisiologi ternak (Cole and Brander, 1986).

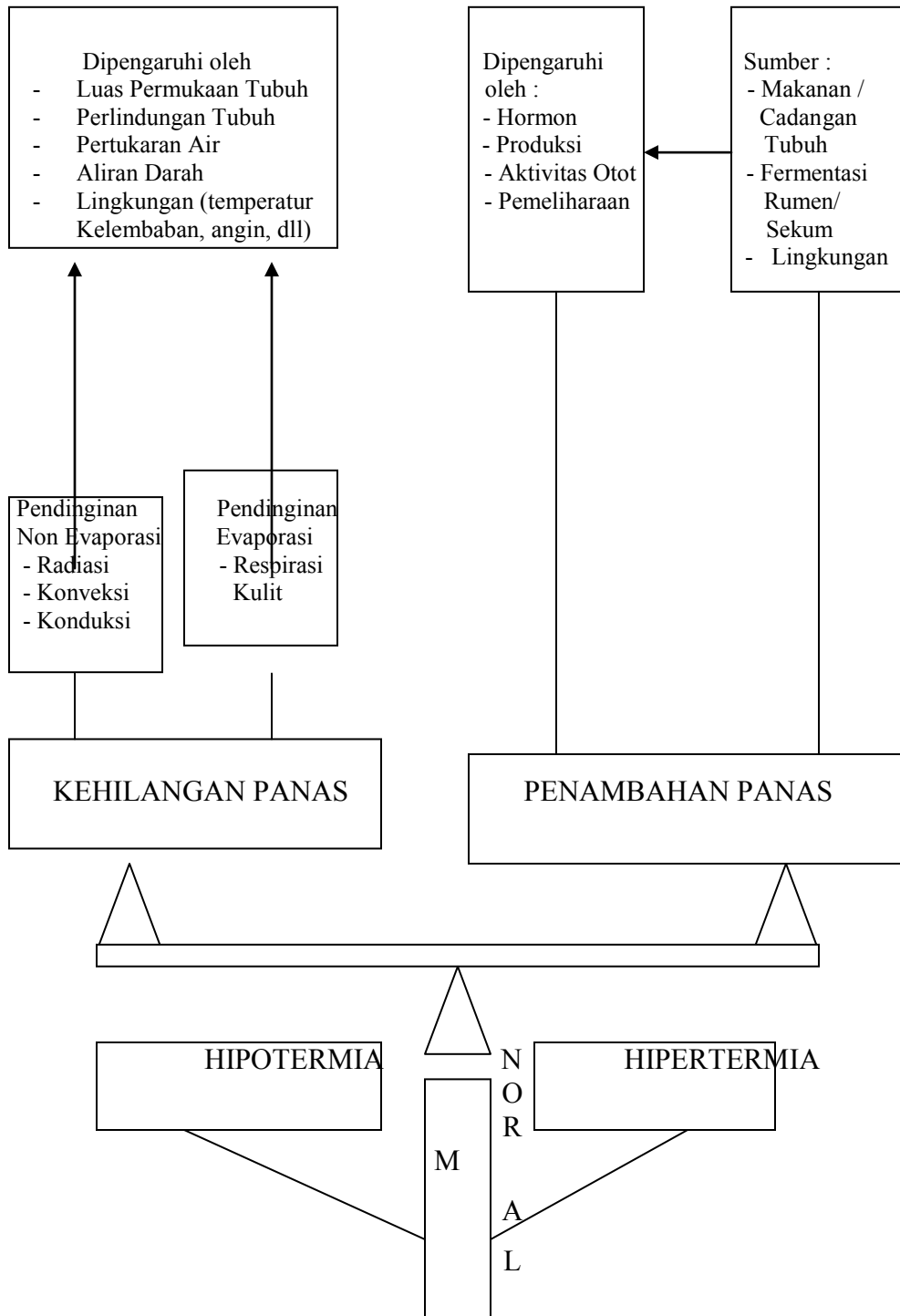
Lingkungan termal adalah ruang empat dimensi yang sesuai ditempati ternak.. Mamalia dapat bertahan hidup dan berkembang pada suatu lingkungan termal yang tidak disukai, tergantung

pada kemampuan ternak itu sendiri dalam menggunakan mekanisme fisiologis dan tingkah laku secara efisien untuk mempertahankan keseimbangan panas di antara tubuhnya dan lingkungan (Yousef, 1984).

7.3. Produksi Panas dan Kehilangan Panas

Mamalia termasuk di dalamnya sapi perah, temperatur tubuhnya dikontrol pada level konstan. Hal itu dilakukan dengan termoregulasi. Kondisi khusus ini disebut homeotermis, untuk memelihara proses fisiologis tubuh agar tetap optimum (Sturkie, 1981). Homeotermis dapat terjaga dikarenakan keseimbangan sensitif di antara produksi panas (Heat Production = HP) dan kehilangan panas (Heat Loss = HL). Hal tersebut digambarkan dalam skema berikut.

Produksi panas tubuh ternak diukur dengan kalorimetri langsung dan tidak langsung. Sedangkan kehilangan panas diketahui melalui kehilangan non evaporasi dan evaporasi (Yousef, 1984).

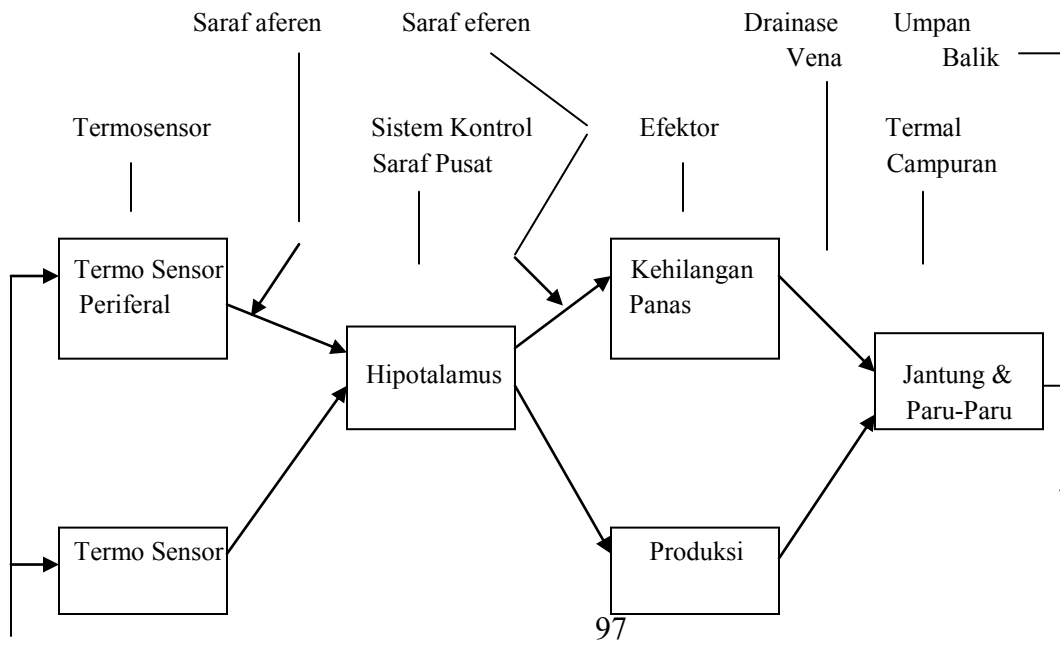


Gambar. 19. Keseimbangan HP dan HL Menurut Sturkie (1981) dan Yousef (1984)

7.4.Regulasi Temperatur

Regulasi temperatur tubuh adalah suatu integrasi fungsi yang meliputi sifat dasar fungsi regulasi secara umum, yaitu deteksi oleh suatu sensor dari gangguan pada sistem; transmisi informasi dari sensor ke suatu pusat interpretasi; interpretasi signal dari sensor dan inisiasi instruksi signal yang sesuai, kemudian ditransmisi ke respon; eksekusi respon dan umpan balik keefektifan efektor respon ke dalam sensor, dengan mengurangi atau mengaktifkan gangguan sistem. Pada mamalia, ada dua jenis temperatur sensor yaitu sensor panas atau sensor yang berasal dari periferal termosensor dan sensor dingin yaitu sensor dari pusat termosensor (Yousef, 1984).

Sistem kontrol termoregulasi terdiri dari suatu seri elemen yang fungsinya interrelasi. Informasi termal diperoleh melalui periferal atau sensor temperatur tubuh dalam. Keluaran dari sensor ini dibawa oleh saraf aferen ke pusat kontrol termoregulasi dalam hipotalamus. Aktivasi efektor akan bervariasi tergantung kecepatan produksi panas atau kehilangan panas. Umpan balik ke sistem kontrol oleh sistem saraf atau aliran darah, terjadi dengan adanya modifikasi masukan reseptor (Sturkie, 1981). Keadaan ini digambarkan dalam skema berikut.



Gambar 20. Sistem Kontrol Kehilangan dan Produksi Panas (Sturkie, 1981)

Menurut Curtis (1999), kontrol termoregulasi terdiri atas tiga jenis yaitu kontrol termoregulasi fisik, kontrol termoregulasi kimia dan kontrol termoregulasi tingkahlaku.

7.5 Zona Temperatur Netral

Zona temperatur netral atau zona termonetral (ZTN) adalah zona yang relatif terbatas dari temperatur lingkungan yang efektif dalam memproduksi panas minimal dari ternak (Curtis, 1999). ZTN disebut juga profil termonetral atau zona nyaman atau zona termopreferendum (Yousef, 1984). Pada zona ini, tidak ada perubahan dalam produksi panas dan temperatur tubuh dapat dikontrol oleh adanya perubahan kecil dalam konduksi ternak melalui variasi tubuh, aliran darah dari pusat ke periferi atau peningkatan keringat (Sturkie, 1981).

Pada temperatur di bawah ZTN, ternak akan meminimalkan semua jalur pengeluaran panas dan meningkatkan produksi panas. Pada temperatur di atas ZTN ternak akan memaksimalkan pengeluaran panas (Yousef, 1984).

7.6. Efek Fisiologis Stres Panas

Efek Terhadap Hormonal

Temperatur berhubungan dengan fungsi kelenjar endokrin. Stres panas memberikan pengaruh yang besar terhadap sistem endokrin ternak disebabkan perubahan dalam metabolisme (Anderson, et al. 1985).

Ternak yang mengalami stres panas akibat meningkatnya temperatur lingkungan, fungsi kelenjar tiroidnya akan terganggu. Hal ini akan mempengaruhi selera makan dan penampilan

(MC Dowell, 1972). Stres panas kronik juga menyebabkan penurunan konsentrasi growth hormone dan glukokortikoid. Pengurangan konsentrasi hormon ini, berhubungan dengan pengurangan laju metabolik selama stres panas. Selain itu, selama stres panas konsentrasi prolaktin meningkat dan diduga meningkatkan metabolisme air dan elektrolit. Hal ini akan mempengaruhi hormon aldosteron yang berhubungan dengan metabolisme elektrolit tersebut. Pada ternak yang menderita stres panas, kalium yang disekresikan melalui keringat tinggi menyebabkan pengurangan konsentrasi aldosteron (Anderson, et al. 1985).

7.7.Efek Terhadap Produksi Susu

Produksi susu akan menurun selama ternak mengalami stres panas. Pengaruh langsung stres panas terhadap produksi susu disebabkan meningkatnya kebutuhan maintenance untuk menghilangkan kelebihan beban panas, mengurangi laju metabolik dan menurunkan konsumsi makanan. Penurunan produksi susu pada sapi perah yang menderita stres panas terjadi karena adanya pengurangan pertumbuhan kelenjar mammae, yang pada awalnya mengurangi pertumbuhan fetus dan plasenta (Anderson, et al. 1985).

Di Indonesia, temperatur lingkungan yang mencapai 29 °C menurunkan produksi susu menjadi 10,1 kg/ekor/hari dari produksi susu 11,2 kg/ekor/hari jika temperatur lingkungan hanya berkisar 18 – 20 °C (Talib, et al. 2002).

Efek Terhadap Komposisi Susu

Komposisi susu sangat dipengaruhi oleh stres panas. Sapi perah yang mengalami stres panas akan mendapatkan pengaruh negatif terhadap komposisi susu, seperti kadar lemak, protein dan laktosa susu (Anderson, et al. 1985). Hasil penelitian Talib, et al. (2002), mendapatkan penurunan kadar lemak susu sapi perah di Indonesia menjadi 3,2 % pada temperatur lingkungan mencapai 29 °C, jika dibandingkan dengan kadar lemak susu 3,7 % pada temperatur lingkungan 18 – 20 °C. Demikian halnya hasil penelitian di Taiwan yang dilakukan oleh Mei and Hwang (2002), mendapatkan % lemak susu ($3,58 \pm 0,49$), % protein susu ($3,13 \pm 0,11$) dan % bahan padat bukan lemak ($8,87 \pm 0,41$) dari susu pada sapi yang menderita stres panas dan hasil ini lebih rendah dibanding sapi yang tidak mengalami stres panas, namun kemudian diatasi dengan pemberian ransum dengan keseimbangan energi dan protein.

7.8. Strategi Pengurangan Stres

Stres panas harus ditangani dengan serius, agar tidak memberikan pengaruh negatif yang lebih besar. Beberapa strategi yang digunakan untuk mengurangi stres panas dan telah memberikan hasil positif adalah :

- ⇒ Perbaiki sumber pakan/ransum, dalam hal ini keseimbangan energi, protein, mineral dan vitamin (Ha, 2002 ; Mei and Hwang, 2002 ; Churng, 2002).
- ⇒ Perbaiki genetik untuk mendapatkan breed yang tahan panas (Kwang, 2002).
- ⇒ Perbaiki konstruksi kandang, pemberian naungan pohon dan mengkontinyu kan suplai air (Velasco, et al. 2002).
- ⇒ Penggunaan naungan, penyemprotan air dan penggunaan kipas angin serta kombinasinya (Liang, 2002).

7.9. Cekaman Polusi

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982).

Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara berfaedah bagi tumbuhan, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

Sifat polutan *adalah:*

1. merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak rusak lagi
2. merusak dalam jangka waktu lama.

Contohnya Pb tidak merusak bila konsentrasinya rendah. Akan tetapi dalam jangka waktu

yang lama, Pb dapat terakumulasi dalam tubuh sampai tingkat yang merusak.

Macam-macam Pencemaran

Macam-macam pencemaran dapat dibedakan berdasarkan pada tempat terjadinya, macam bahan pencemarnya, dan tingkat pencemaran.

a. Menurut tempat terjadinya

Menurut tempat terjadinya, pencemaran dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu pencemaran udara, air, dan tanah.

1. Pencemaran udar Pencemar udara dapat berupa gas dan partikel. Contohnya sebagai berikut.

- a. Gas H₂S. Gas ini bersifat racun, terdapat di kawasan gunung berapi, bisa juga dihasilkan dari pembakaran minyak bumi dan batu bara.
- b. Gas CO dan CO₂. Karbon monoksida (CO) tidak berwarna dan tidak berbau, bersifat racun, merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna dari bahan buangan mobil dan mesin letup. Gas CO₂ dalam udara murni berjumlah 0,03%. Bila melebihi toleransi dapat mengganggu pernapasan. Selain itu, gas CO₂ yang terlalu berlebihan di bumi dapat mengikat panas matahari sehingga suhu bumi panas. Pemanasan global di bumi akibat CO₂ disebut juga sebagai efek rumah kaca.
- c. *Partikel SO₂* dan NO₂. Kedua partikel ini bersama dengan partikel cair membentuk embun, membentuk awan dekat tanah yang dapat mengganggu pernapasan. Partikel padat, misalnya bakteri, jamur, virus, bulu, dan tepung sari juga dapat mengganggu kesehatan.

d. *Batu bara* yang mengandung sulfur melalui pembakaran akan menghasilkan sulfur dioksida. Sulfur dioksida bersama dengan udara serta oksigen dan sinar matahari dapat menghasilkan asam sulfur. Asam ini membentuk kabut dan suatu saat akan jatuh sebagai hujan yang disebut hujan asam. Hujan asam dapat menyebabkan gangguan pada manusia, hewan, maupun tumbuhan. Misalnya gangguan pernapasan, perubahan morfologi pada daun, batang, dan benih.

Sumber polusi udara lain dapat berasal dari radiasi bahan radioaktif, misalnya, nuklir. Setelah peledakan nuklir, materi radioaktif masuk ke dalam atmosfer dan jatuh di bumi. Materi radioaktif ini akan terakumulasi di tanah, air, hewan, tumbuhan, dan juga pada manusia. Efek pencemaran nuklir terhadap makhluk hidup, dalam taraf tertentu, dapat menyebabkan mutasi, berbagai penyakit akibat kelainan gen, dan bahkan kematian.

Pencemaran udara dinyatakan dengan ppm (part per million) yang artinya jumlah cm^3 polutan per m^3 udara.

Pencemaran air

Polusi air dapat disebabkan oleh beberapa jenis pencemar sebagai berikut.

- a. Pembuangan limbah industri, sisa insektisida, dan pembuangan sampah domestik, misalnya, sisa detergen mencemari air. Buangan industri seperti Pb, Hg, Zn, dan CO, dapat terakumulasi dan bersifat racun.
- b. Sampah organik yang dibusukkan oleh bakteri menyebabkan O_2 di air berkurang sehingga mengganggu aktivitas kehidupan organisme air.
- c. Fosfat hasil pembusukan bersama H_2O dan pupuk pertanian terakumulasi dan menyebabkan *eutrofikasi*, yaitu penimbunan mineral yang menyebabkan pertumbuhan yang cepat pada alga (*Blooming*

alga). Akibatnya, tanaman di dalam air tidak dapat berfotosintesis karena sinar matahari terhalang.

Salah satu bahan pencemar di laut ada lah tumpahan minyak bumi, akibat kecelakaan kapal tanker minyak yang sering terjadi. Banyak organisme akuatik yang mati atau keracunan karenanya. (Untuk membersihkan kawasan tercemar diperlukan koordinasi dari berbagai pihak dan dibutuhkan biaya yang mahal. Bila terlambat penanggulangan-nya, kerugian manusia semakin banyak. Secara ekologis, dapat mengganggu ekosistem laut.

Bila terjadi pencemaran di air, maka terjadi akumulasi zat pencemar pada tubuh organisme air. Akumulasi pencemar ini semakin meningkat pada organisme pemangsa yang lebih besar.

Pencemaran

tanah

Pencemaran tanah disebabkan oleh beberapa jenis pencemaran berikut ini :

- a. sampah-sampah plastik yang sukar hancur, botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng
- b. detergen yang bersifat *non bio degradable* (secara alami sulit diuraikan)
- c. zat kimia dari buangan pertanian, misalnya insektisida.

Polusi suara. Polusi suara disebabkan oleh suara bising kendaraan bermotor, kapal terbang, deru mesin pabrik, radio/tape recorder yang berbunyi keras sehingga mengganggu pendengaran.

Menurut macam bahan pencemar. Macam bahan pencemar adalah sebagai berikut.

1. Kimiawi; berupa zat radio aktif, logam (Hg, Pb, As, Cd, Cr dan Hi), pupuk anorganik, pestisida, detergen dan minyak.
2. Biologi; berupa mikroorganisme, misalnya *Escherichia coli*, *Entamoeba coli*, dan *Salmonella thyposa*.
3. Fisik; berupa kaleng-kaleng, botol, plastik, dan karet.

Menurut tingkat pencemaran. Menurut WHO, tingkat pencemaran didasarkan pada kadar zat pencemar dan waktu (lamanya) kontak. Tingkat pencemaran dibedakan menjadi 3, yaitu sebagai berikut :

1. Pencemaran yang mulai mengakibatkan iritasi (gangguan) ringan pada panca indra dan tubuh serta telah menimbulkan kerusakan pada ekosistem lain. Misalnya gas buangan kendaraan bermotor yang menyebabkan mata pedih.
2. Pencemaran yang sudah mengakibatkan reaksi pada faal tubuh dan menyebabkan sakit yang kronis. Misalnya pencemaran Hg (air raksa) di Minamata Jepang yang menyebabkan kanker dan lahirnya bayi cacat.
3. Pencemaran yang kadar zat-zat pencemarnya demikian besarnya sehingga menimbulkan gangguan dan sakit atau kematian dalam lingkungan. Misalnya pencemaran nuklir.

2.Parameter Pencemaran. Dengan mengetahui beberapa parameter yang ada pada daerah/kawasan penelitian akan dapat diketahui tingkat pencemaran atau apakah lingkungan itu sudah terkena pencemaran atau belum. Parameter-parameter yang merupakan indikator terjadinya pencemaran adalah sebagai berikut :

a. Parameter kimia Parameter kimia meliputi CO₂, pH, alkalinitas, fosfor, dan logam-logam berat.

b. Parameter biokimia

Parameter biokimia meliputi BOD (Biochemical Oxygen Demand), yaitu jumlah oksigen dalam air. Cara pengukurannya adalah dengan menyimpan sampel air yang telah diketahui kandungan oksigennya selama 5 hari. Kemudian kadar oksigennya diukur lagi. BOD digunakan untuk mengukur banyaknya pencemar organik. Menurut menteri kesehatan, kandungan oksigen dalam air minum atau BOD tidak boleh kurang dari 3 ppm.

Parameter fisik. Parameter fisik meliputi temperatur, warna, rasa, bau, kekeruhan, dan radioaktivitas.

Parameter biologi. Parameter biologi meliputi ada atau tidaknya mikroorganisme, misalnya, bakteri coli, virus, bentos, dan plankton.

VIII. MODIFIKASI LINGKUNGAN

Produktivitas ternak pada dasarnya dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu genetik dan lingkungan. Genetik yang unggul saja belum cukup untuk bisa menapikan produktivitas ternak optimal jika faktor lingkungan yang nyaman. Demikian pula sebaliknya lingkungan peternakan atau kandang yang nyaman tidak akan banyak berarti jika ternak yang dipelihara tidak mempunyai mutu genetik yang tinggi. Faktor lingkungan dapat dikategorikan menjadi dua yaitu lingkungan biotik (makanan, air, perkembangan mikroba dan hubungan sosial ternak). Lingkungan abiotik merupakan kondisi fisioterma lokasi peternakan yang menyangkut keadaan unsur-unsur iklim (iklim mikro).

Faktor makanan yang berpengaruh terhadap produktivitas ternak meliputi kuantitas dan kualitas makanan yang diberikan pada ternak. Dalam konteks kualitas yang perlu mendapat perhatian adalah imbang energi protein ransum. Penyimpangan imbang energi protein dari kebutuhan optimal akan menurunkan tingkat efisiensi produksi. Imbang lebih tinggi dari kebutuhan optimal menyebabkan tidak tersedia cukup asam-asam amino untuk proses pembentukan jaringan daging (anabolisme) dan kelebihan kandungan energi akan disimpan dalam bentuk lemak. Sebaliknya imbang lebih rendah dari kebutuhan optimal menyebabkan tidak ada energi yang cukup untuk memetabolisme kandungan protein tinggi pada ransum sehingga kelebihan asam amino akan disekresikan melalui urine. Air dikonsumsi ternak bertujuan untuk melunakkan makanan sebelum dicerna dan membantu ternak dalam hal pengaturan panas tubuh. Mikroba yang ada di luar tubuh ternak berkaitan dengan kesehatan ternak. Mikroba bersifat patogen menyebabkan ternak sakit, metabolisme terganggu kemudian berujung pada penurunan produksi bahkan mortalitas. Keberadaan mikroba di dalam rumen justru dapat membantu pencernaan ternak ruminansia. Interaksi antara individu ternak dalam satu kelompok atau kandang (hubungan sosial) mempengaruhi status sosial (hirarki), tingkah laku (behavior) serta tabiat makan ternak. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap hubungan sosial ternak antara lain: kepadatan ternak dalam kandang, konstruksi kandang, ventilasi kandang (pergerakan udara) serta kemampuan lingkungan kandang dapat meredam radiasi matahari. Faktor fisiko termal yang mempengaruhi adalah unsur-unsur cuaca seperti suhu dan kelembaban udara, kecepatan angin dan curah hujan (presipitasi). Unsur-unsur cuaca ini saling berinteraksi yang menghasilkan panas lingkungan.

Diantara unsur cuaca yang lain, suhu udara merupakan unsur cuaca yang paling dominan pengaruhnya terhadap pertumbuhan ternak. Chantalakhana (2001) menyatakan bahwa suhu udara optimal untuk pertumbuhan ternak berkisar 13 – 18°C. Sedangkan Oldeman dan Frere (1987) menyatakan bahwa suhu rata-rata di daerah tropis berkisar 27,5°C. Berdasarkan data suhu di atas maka persoalan peternakan di Indonesia mayoritas beradapan dengan persoalan cekaman panas. Pergeseran suhu lingkungan dari kebutuhan optimal baik peningkatan ataupun penurunan akan berakibat pada masalah cekaman pada ternak. Cekaman pada ternak dapat terjadi apabila sistem homeostatis ternak tidak mampu lagi mengatasi perubahan faktor lingkungan. Dalam hal ini terjadi ketidak seimbangan antara panas yang diproduksi dengan panas yang dilepaskan ke lingkungan.

Indikator yang dapat dilihat pada ternak yang sedang mengalami cekaman adalah (1) denyut jantung, (2) Respirasi, (3) Tekanan darah, (4) Suhu tubuh ternak. Ternak dalam kondisi cekaman panas akan mempercepat denyut jantung dengan tujuan agar peredaran darah meningkat sehingga panas tubuh cepat sampai ke permukaan tubuh ternak, kemudian di lepaskan ke lingkungan. Keadaan sebaliknya akan terjadi pada ternak yang mengalami cekaman dingin. Dalam keadaan cekaman dingin ternak cenderung mempertahankan panas tubuhnya. Respirasi juga akan kelihatan meningkat pada saat ternak mengalami cekaman panas. Melalui respirasi ternak akan melepaskan panas tubuh dengan cara penguapan air dari saluran pernafasan. Tekanan darah meningkat pada saat cekaman panas dengan tujuan yang sama yaitu mempercepat peredaran darah. Suhu tubuh akan senantiasa dipertahankan tetap normal walaupun kondisi lingkungan berubah karena ternak tergolong homeoterm. Jika cekaman panas terus berlanjut maka suhu tubuh ternak juga akan mengalami sedikit peningkatan. Demikian juga hal yang sama terjadi bila cekaman dingin terus berlanjut. Bagi peternak, usaha yang dapat dilakukan untuk meminimalkan cekaman adalah dengan melakukan modifikasi lingkungan.

9.1 Kandang Ternak

Keberadaan kandang bagi ternak sangat tergantung pada kebutuhan fisiko termal ternak. Ternak ruminansia besar seperti sapi dan kerbau, keberadaan kandang ternak tidak mutlak. Berbeda halnya dengan ternak non ruminansia seperti ayam, kandang menjadi lebih penting keberadaannya. Suhu udara dalam kandang merupakan unsur iklim paling penting diperhatikan

agar ternak merasa lebih nyaman. Dalam hal suhu udara dalam kandang, lintang tempat mempengaruhi suhu udara yang nyaman. Kandang di daerah tropis diupayakan agar suhu udara dalam kandang sama atau mendekati suhu udara lingkungan. Dalam hal ini tentu harus ada upaya agar panas pada atap kandang tidak banyak menambah beban panas pada ruangan kandang. Pada daerah sub tropis diupayakan agar suhu udara dalam kandang lebih tinggi 20 – 30°F dari suhu udara lingkungan kandang.

8.2.Konsep Kandang Tropis

Peternakan di daerah tropis, masalah cekaman panas lebih mendominasi daripada cekaman dingin. Tingkat kenyamanan kandang di daerah tropis dapat ditingkatkan dengan memperhatikan beberapa aspek diantaranya :

1. Minimalkan beban panas dari radiasi matahari
2. Maksimalkan pelepasan panas dari tubuh ternak ke lingkungan.

Radiasi matahari yang sampai ke atap kandang dan permukaan bumi akan dirubah menjadi gelombang panjang (panas) kemudian dipancar ke segala arah. Limapahan radiasi matahari dapat diminimalkan dengan pemilihan bahan kandang pada bagian yang berhadapan dengan radiasi matahari berwarna cerah. Warna cerah memiliki reflektivitas terhadap radiasi matahari yang tinggi sehingga jumlah radiasi matahari yang diabsorpsi lebih rendah. Pantulan radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang dari permukaan bumi juga dapat dikurangi beban panasnya dengan pemilihan dinding kandang cerah atau putih. Beban panas radiasi matahari yang sampai dipermukaan bumi juga dapat dikurangi dengan menanam pohon peneduh disekitar areal peternakan. Pohon peneduh akan berfungsi untuk mengurangi jumlah radiasi matahari yang dapat ditransmisikan ke permukaan tanah. Beban panas pada ruangan kandang di daerah tropis dapat pula dilakukan dengan cara memaksimalkan pelepasan panas dengan cara: (1) konduksi, (2) konveksi, (3) radiasi dan (4) evaporasi. Pemilihan material kandang pada bagian dinding atau tiang dengan konduktivitas tinggi akan mempercepat pembuangan panas ke lantai atau tanah. Penyediaan ventilasi memadai atau dengan menggunakan kipas angin sebagai penggerak udara merupakan salah satu usaha untuk mempercepat pelepasan panas dengan cara konveksi. Radiasi berupa emisi gelombang panjang (panas) dari bagian bawah atap kandang merupakan faktor paling dominan mempengaruhi suhu udara dalam kandang. Cekaman panas dalam ruangan kandang tentu dapat dikurangi dengan memilih bahan atap kandang dengan

emisivitas rendah. Evaporasi merupakan proses pelepasan panas dengan menggunakan panas laten. Perubahan wujud air yang cair menjadi wujud gas (uap) memerlukan energi berupa panas laten. Adanya sumber air disekitar areal peternakan membantu mengabsorbsi radiasi matahari yang sampai dipareal peternakan,. Setelah merupa uap air dan masuk ke dalam kandang dengan bantuan pergerakan udara, ua air ini akan mengabsorbsi panas ruangan kandang secara difusi kemudian panas dilepaskan ke lingkungan luar kandang.

8.3. Orientasi Kandang (arah memanjang kandang)

Orientasi kandang yang sesuai atau dapat memberikan tingkat kenyamanan lebih tinggi tergantung pada topografi (ketinggian tempat dari permukaan laut). Berdasarkan ketinggian tempat dari permukaan laut suatu daerah dapt digolongkan menjadi tiga yaitu :

1. Daerah dataran rendah adalah daerah yang mempunyai ketinggian tempat 0 – 250m dpl (dari permukaan laut)
2. Daerah dataran sedang adalah daerah yang mempunyai ketinggian tempat 250 – 750m dpl.
3. Daerah dataran tinggi adalah daerah yang mempunyaio ketinggian tempat Di atas 750m dpl.

Pada daerah dataran rendah, dengan suhu rata-rata harian lebih tinggi daripada dataran sedang dan tinggi akan lebih menguntungkan jika memilih orientasi kandang timur – barat. Orientasi kandang seperti ini dapat mengurangi limpahan total radiasi matahari yang diterima oleh bahan atap kandang. Dari pagi sampai sore hari, hanya sisi kandang sebelah timur menerima limpahan radiasi sedangkan sisi sebelah barat tidak. Makin kecil luasan area atap kandang yang mendapat radiasi matahari tentu intensitas radiasi matahari yang diterima makin kecil pula. Pada sore hari, hanya sisi atap kandang sebelah barat menerima limpahan radiasi matahari sedangkan sisi sebelah timur tidak. Masalah yang perlu mendapat perhatian pada sistem orientasi kandang seperti ini adalah kelembaban kandang dan sistem ventilasi kandang. Orientasi kandang timur – barat mempunyai konsekuensi sinar matahari pagi yang sangat berguina untuk membunuh mikroorganisme patogen hanya sebagian kecil masuk ke dalam kandang. Kandang dengan ventilasi minimum atau jelek jika ditambah dengan permasalahan kelembabab kandang yang tinggi maka sangat baik bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganiosme patogen.

Orientasi kandang utara – selatan lebih baik dipakai pada kandang di daerah dataran sedang dan tinggi. Pertimbangan pemilihan ini karena di daerah dataran sedang dan tinggi suhu udara kandang sudah mendekati kisaran suhu nyaman bagi pertumbuhan ternak. Kandang dengan orientasi utara – selatan memungkinkan limpahan radiasi matahari secara maksimal dapat diterima oleh bahan atap kandang. Radiasi matahari pagi dapat masuk pada semua sisi kandang sebelah timur (menghadap matahari). Sinar matahari ini sangat berguna untuk mengendalikan perkembangan mikroorganisme patogen pada ternak. Pagi sampai siang hari, permukaan atap pada sisi timur secara keseluruhan dapat menerima radiasi matahari sehingga atap kandang mendapat panas secara maksimal. Pada siang sampai sore hari, sisi kandang sebelah barat mendapat radiasi matahari secara total. Pada kandang dengan sistem orientasi utara – selatan, ventilasi kandang harus diperhatikan untuk mengatasi cekaman panas pada siang hari (pukul 14.00 wita) dimana intensitas radiasi matahari sangat tinggi.

Secara prinsip pemilihan orientasi kandang seharusnya mempertimbangkan faktor topografi lokasi peternakan (dataran rendah, sedang dan tinggi). Topografi menjadi penting diperhatikan karena pada topografi berbeda, iklim mikro di daerah tersebut berbeda pula. Ventilasi kandang menentukan tingkat pergerakan udara di dalam kandang. Kandang dengan ventilasi yang kurang (jelek) menyebabkan udara didalam kandang tersekap sehingga proses pelepasan panas dari dalam kandang ke lingkungan menjadi terganggu.

8.4. Bentuk Atap Kandang

Kenyamanan kandang dapat dilihat pula dari bentuk atap kandang. Berdasarkan bentuk atap kandang, kandang dapat dibedakan menjadi : bentuk biasa (standar), Bentuk semi monitor dan bentuk monitor penuh. Atap kandang standar yang dimaksud adalah bentuk atap kandang yang tertutup pada semua bagian tap kandang seperti bentuk atap rumah. Bentuk seperti ini tidak memungkinkan adanya ventilasi (aliran udara) dari tap kandang. Kandang dengan atap bentuk semi monitor adalah kandang yang salah satu bagian atapnya dibuat terbuka. Bagian terbuka ini bertujuan untuk memungkinkan terjadinya aliran udara dari bagian atap kandang yang terbuka tersebut. Tingkat kenyamanan kandang pada kandang dengan atap seperti ini tentu lebih nyaman daripada bentuk standar. Panas pada bagian bawah atap kandang lebih cepat dapat di buang ke lingkungan sebelum sampai ke permukaan bawah kandang dimana ternak berada. Kelemahan atau kejelekan bentuk atap seperti ini adalah biaya pembuatan kandang sedikit lebih

tinggi daripada bentuk standar. Sistem atap kandang monitor penuh adalah kandang dengan atap yang terbuka pada kedua sisi kandang. Dua sisi atap kandang terbuka memungkinkan adanya aliran udara dari sisi atap kandang yang satu ke sisi atap kandang yang lain tanpa melalui dinding kandang. Ventilasi dibagian atap ini dapat dengan cepat membuang panas pada bagian bawah atap kandang. Golakan udara yang tercipta di bagian atas ruangan kandang (atap kandang) memungkinkan pelepasan panas ruangan kandang secara konveksi dapat berjalan lancar sehingga tingkat kenyamanan kandang menjadi lebih tinggi. Biaya pembuatan atap kandang tentu merupakan salah satu kelemahan sistem atap kandang seperti ini. Lama pembuatan dan material yang diperlukan sedikit lebih banyak dari pada bentuk standar.

8.5. Bahan Atap Kandang

Peningkatan produktivitas ternak di dalam kandang memerlukan pengetahuan tentang ransum cukup secara kuantitas dan kualitas dan pengendalian faktor lingkungan. Nuriyasa (1991) berpendapat bahwa keadaan faktor lingkungan tidak selamanya dapat memberikan kenyamanan pada ternak. Sampai saat ini ditengerai masih banyak peternak belum memperhatikan bahan atap kandang yang dipergunakan, padahal bahan atap kandang turut menentukan tingkat kenyamanan kandang. Panas pada bagian atas atap kandang diteruskan ke bagian bawah kandang dengan proses konduksi. Panas pada bagian bawah atap kandang tersebut akan berpengaruh besar terhadap kenyamanan ruangan kandang.

Pembuatan kandang akan lebih baik jika telah mempertimbangkan bentuk, ukuran serta material bahan atap kandang yang dipergunakan. Bahan atap kandang dapat berupa daun-daunan kering (hay) seperti misalnya alang-alang, daun kelapa, daun lontar dan daun giwang. Peternak juga dapat memilih genteng, asbes dan seng sebagai bahan atap kandang. Masing-masing material bahan atap kandang ini memberikan kontribusi kenyamanan kandang yang berbeda. Semua bahan akan merefleksi, transmisi dan absorpsi radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang yang datang dengan porsi masing-masing bagian berbeda-beda tergantung pada jenis bahan. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan suhu absolut bahan, keadaan fisik dan kimia bahan dan daya antar panas bahan.

Esmay (1978) menyatakan nilai absorpsi bahan terhadap radiasi gelombang pendek adalah 0,65 ; 0,80; 0,55 dan 0,68 secara berturut-turut untuk bahan seng baru, seng bekas, genteng dan alang-alang. Sedangkan nilai emisivitas terhadap radiasi gelombang panjang untuk

bahan yang sama masing-masing adalah 0,13; 0,28; 0,93 dan 0,90. Bahan dengan rasio absorpsi dengan emisivitas kecil lebih baik digunakan pada bagian luar kandang. Sedangkan rasio yang tinggi baik digunakan pada bagian dalam kandang. Hal ini bertujuan untuk mengurangi cekaman panas ternak dalam kandang. Aluminium di cat putih, seng dicat putih, seng baru, seng bekas dan aluminium tanpa dicat mempunyai rasio masing-masing 0,22; 0,24; 5,0; 2,9 dan 3,0.

Radiasi matahari yang diabsorpsi oleh bahan atap kandang akan dirubah menjadi panas kemudian diantarkan ke bagian yang bersuhu lebih dingin atau dipancarkan kembali sebagai radiasi gelombang panjang. Kemampuan mengantarkan panas (konduksi) masing-masing bahan dari yang terendah sampai tertinggisecara berturut-turut adalah kayu, asbes, beton, baja dan aluminium (Charles, 1981). Bahan atap yang tipis seperti kebanyakan logam mempunyai kofisien konduksi tinggi sehingga suhu bagian atas atap dan bagian bawah atap hampir sama.

Makin tinggi suhu bahan atap kandang bagian bawah makin tinggi pula suhu udara dalam kandang. Keadaan ini disebabkan karena adanya penyebaran panas dari bahan baik secara konduksi, konveksi maupun radiasi. Hasil pengamatan Wathes (1981) mendapatkan bahwa konduktivitas bahan dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan bahan. Hasil penelitian mendapatkan bahwa genteng mempunyai konduktivitas $0,43 - 1,150 \text{ WM}^{-1}\text{K}^{-1}$ dengan kepadatan material $1600 - 2325 \text{ KgM}^{-3}$. Sedangkan besi dan aluminium mempunyai konduktivitas panas $160 \text{ WM}^{-1}\text{K}^{-1}$ dengan kepadatan material 2800 KgM^{-3} .

Pada hantaran panas dengan konduksi, yang perlu diperhatikan adalah nilai konduktivitas dan kapasitas panas. Rasio antara konduktivitas dan kapasitas panas merupakan daya difusivitas panas yang mencerminkan kemampuan bahan untuk melakukan difusi panas ke lingkungan. Kapasitas panas dari bahan atap tergantung pada kandungan air bahan. Makin tinggi kandungan air bahan maka kapasitas panasnya makin tinggi Mount (1979).

8.6.Lantai Kandang

Penting atau tidaknya keberadaan kandang bagi ternak tergantung pada jenis ternak. Bagi ternak besar seperti ruminansia (sapi dan kerbau) lantai kandang dengan alas tanah atau semen tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Ternak kecil seperti unggas (broiler), keberadaan kandang berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ternak. Lantai kandang untuk ternak unggas dapat dibedakan menjadi tiga katagori yaitu :

1. Lantai litter
2. Lantai berlubang (slatt)
3. Lantai litter panggung

Lantai jenis liter mempunyai efek menghangatkan ternak dalam kandang fermentasi liter menghasilkan gas metan yang memberikan efek panas. Lantai liter juga mempunyai keunggulan lain yaitu mampu menterap faeses dan urine. Hasil fermentasi liter juga dapat berupa Vit B12 yang sangat berguna untuk pertumbuhan ternak. Disamping kebaikan liter di atas, lantai kandang jenis ini juga mempunyai beberapa kelemahan antara lain :

1. Kesalahan menejemen liter menyebabkan liter kering dan berdebu sehingga dfapat mengganggu pernafasan.
2. Liter terlalu basah merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroba patogen dan dapat meningkatkan hasil samping berupa gas metan yang menimbulkan efek panas.
3. Memberikan andil cukup besar dalam peningkatn suhu udara dalam kandang sehingga bahaya akan gas metan meningkat.

Permasalahan yang perlu diwaspadai dalam pemakaian kandang dengan lanati liter adalah munculnya gas beracun yaitu : NH_3 , CO_2 dan H_2S . Gas CO_2 ini dihasilkan dari pembakaran sempurna dengan bahan bakar (HC). Gas CO_2 bisa berasal dari alat-alat pemanas , polusi udara dari industri yang mungkin ada di sekitar lokasi peternakan. Gas CO berasal dari hasil pembakaran dari bahan bakar HC yang tidak sempurna karena kekurangan oksigen. CO berbahaya bagi ternak.. Gas H_2S merupakan gas beracun hasil dekomposisi dari zat-zat organik yang mengandung S. Gas ini bisa menimbulkan gangguan pada ternak, bahkan dapat mengakibatkan kematian. Hewan yang keracunan gas H_2S biasanya mempunyai tanda-tanda : respirasi terhenti, sebelum terjadi kematian timbul kejang-kejang dan tidak sadarkan diri, sedang paru-parunya tampak pucat dan membengkak.. Amoniak (NH_3) merupakan gas alkalin yang memepunyai daya iritasi tinggi pada mata. Gas ini umumnya terakumulasi pada udara lapisan bawah karena mempunyai berat molekul yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara. Gas amoniak dapat menyebabkan penyakit ngorok pada unggas. Suhu kandang tinggi, lembab, ventilasi buruk akan dapat meningkatkan bahaya amoniak. Gas NH_3 merupakan dekomposisi kotoran ternak dan dari material sumber N yang ada. . NH_3 10 mg/m³ dalam udara dapat dideteksi oleh manusia melalui baunya yang khas. Pada konsentrasi 14 mg/m³ produksi telur

layer mulai turun. Konsentrasi 17-24 mg/m³ pedas pada mata dan ternak menjadi stress. Pada konsentrasi 40-50 mg/m³ akan menyebabkan iritasi mata dimana korneamata akan mengalami erosi (pelarutan). Material litter dapat berupa Jerami, skam padi, tongkol jagung, tatalan kayu. Masing-masing material ini memberikan efek kenyamanan kandang berbeda tergantung daya absorpsi bahan terhadap air.

Lantai berlubang (Slatt) merupakan lantai kandang yang lebih tinggi dari permukaan lantai dasar (tanah). Lantai kandang jenis ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya :

- Ventilasi dari dua arah
- Lebih tinggi dari permukaan tanah
- Tidak ada efek panas dari litter

Jenis lanantai kandang ini memiliki ventilasi dua arah yaitu dari samping dan dari bawah sehingga pergerakan udara dalam kandang menjadi lebih baik. Pergerakan udara yang bagus akan mempermudah pelepasan panas dari tubuh ternak ke lingkungan sehingga ternak merasa lebih nyaman. Lanantai kandang slatt berada dia tas permukaan tanah (75 Cm di atas tanah). Makin tinggi tempat dari permukaan tanah, lapisan gesek udara makin rendah yang menyebabkan kecepatan angin meningkat. Disaping keunggulan diatas lantai jenis ini juga mempunyai kelemahan diantaranya (1) Membersihkan lantai kandang slatt lebih sulit daripada litter, (2) Biaya pembuatan jenis lantai ini lebih mahal.

Lanantai liter panggung mempunyai pengertian lantai dari litter (skam padi) dalam bentuk panggung(75 Cm ari tanah). Panggung terbuat dari bilah-bilah bambu dg jarak 2 Cm. Adanya bilah-bilah bambu ini berperan sebagai ventilas dan memungkinkan terjadinya tetesan air litter yang berlebihan sehingga lantai kandang tidak basah dan lembab. Lanantai kandang mempunyai kebaikan lantai kandang litter dan juga kebaikan lantai kandang jenis slatt. Mahalnya biaya pembuatan merupakan salah satu kelemahan dari sistem lantai kandang ini. Ada beberapa poin manajemen litter antara lain :

1. Persiapan kandang yang benar guna melepaskan amoniak yang terperangkap di dalam litter → meminimalisir amoniak
2. Memperbaiki sistem ventilasi selama beberapa minggu pertama jika level amoniak menjadi terlalu tinggi.
3. Menggunakan sirkulasi kipas angin untuk memindahkan udara yang ada dalam kandang.

4. Jangan takut untuk menambahkan panas untuk memfasilitasi perpindahan kelembaban. Udara yang hangat akan meningkatkan kemampuan mempertahankan kelembaban. Kombinasi antara pemansan dan ventilasi akan memindahkan kelembaban dalam kandang.
5. Cek dan atur sistem pemberian air minum untuk mencegah peningkatkan kelembaban litter. Atur tinggi tempat air minum dan tekanan air sesuai pertumbuhan ayam untuk mencegah kelebihan tumpahan air ke litter.
6. Litter yang rusak harus dipindahkan dari kandang dan segera diganti dengan litter yang kering.

8.7. Angin dan Kenyamanan Ternak

Angin (pergerakan udara dalam kandang) sangat diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan ternak dalam kandang. Dataran rendah daerah tropis (0 – 250m dari permukaan laut) mempunyai suhu rata - rata harian (27,5 °C) lebih tinggi daripada suhu udara yang diperlukan oleh ternak pada umumnya (15 – 25 °C). Suhu yang lebih tinggi ini akan menyebabkan cekaman ("*stress*") pada ternak (Oldeman dan Frere, 1978). Suhu udara kandang yang lebih tinggi daripada kebutuhan optimum akan menambah beban panas pada tubuh ternak. Kelebihan beban panas pada ternak akan dilepas ke lingkungan kandang dengan cara : (1) Konduksi, (2) Konveksi, (3) Evaporasi) dan (4) Radiasi. Pelepasan panas dengan cara konveksi dan evaporasi memerlukan peran angin. Makin tinggi kecepatan angin yang masuk dalam kandang maka proses pelepasan panas dengan cara konveksi dan evaporasi makin

cepat. Menurut laporan Annex (1990) kecepatan angin optimum yang diperlukan oleh ternak dipengaruhi pula oleh musim. Pada musim dingin, ayam petelur memerlukan kecepatan angin optimum 0,3m/dt sedangkan pada musim panas kecepatan angin yang diperlukan sedikit lebih tinggi yaitu 0,5 m/dt. Nuriyasa (2003) melaporkan bahwa terjadi perbedaan indeks ketidaknyamanan kandang dan penampilan broiler pada kecepatan angin 0,4 m/dt dibandingkan dengan 0,6 m/dt dan 0,8m/dt . Makin tinggi kecepatan angin dalam kandang makin rendah nilai indeks ketidaknyamanan kandang (makin nyaman). Hal ini disebabkan karena pertukaran panas antara kandang dengan lingkungan menjadi lebih baik.

Modifikasi kandang yang dapat dilakukan agar pertukaran panas antara kandang dengan lingkungan menjadi lebih baik adalah dengan memasang kipas angin disamping memperbaiki ventilasi. Putaran baling-baling kipas akan memaksa pergerakan angin di dalam kandang.

8.9. Evaporasi dan Kenyamanan Kandang

Pengadaan kolam yang melingkari kandang ternak khususnya broiber merupakan salah satu usaha modifikasi lingkungan yang mengarah pada perbaikan tingkat kenyamanan kandang. Radiasi matahari yang mengarah ke kolom akan diabsorpsi dan ditransmisikan ke lapisan air lebih dalam sehingga intensitas radiasi matahari berkurang. Kandang yang tidak melingkari kolam, akan menerima radiasi matahari pantulan dari permukaan bumi yang tentu menambah beban panas ke ruangan kandang. Panas radiasi matahari yang diterima air kolam akan menjadi panas laten penguapan air kolam. Adanya bentukan angin yang berembus ke ruangan kandang dengan membawa uap air akan dapat mengabsorpsi panas ruangan kandang dan akhirnya dilepaskan ke lingkungan diluar kandang. Keadaan ini dapat membantu meningkatkan kenyamanan kandang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, B. 1977. Solar Energy. Fundamental in Building Design. Mc. Graw-Hill London.
- Anonim. 2008. *Pemeliharaan Kelinci*, Penerbit Kanisius, Jakarta.
- Champbell, G.S. 1977. An Introduction to Environmental Biophysics, Springer Verlag, New York.
- Carvera, C and J.F. Carmona. 1998. *Climatic Environment*. . In. The Nutrition of the Rabbit. Ed. C. de Blas and J. Wiseman. CABI Publishing, New York.
- Esmay, M.L. 1978. Principles of Animal Environment. Avi Publishing Company INC. Westport, Connecticut.
- Handoko. 1995. *Klimatologi Dasar, Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-Unsur Iklim*. Penerbit Pustaka Jaya, Jakarta.
- KLeiber, M. 1971. The Fire of Live an Introduction to Animal Energetics. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Lean, J., D. Rin. 1996. *The Sun and Climate*. <http://grico.org/CONSEQUENCES/winter96/index.html>. Disitir Tanggal 24 Juli 2010.
- Leeson, S. 1986. *Nutritional Considerations of Poultry During Heat Stress*. Poultry Sci. 42 : 69-81.
- Mc.Nitt, J.I., N.M. Nephi, S.D. Lukefahr and P.R. Cheeke. 1996. *Rabbit Production*. Interstate Publishers, Inc.p. 78-109.

- Mount, L.E. 1979. *Adaptation to Thermal Environment, Man and His Productive Animal*. Edward Arnold Publishing, London.
- Nuriyasa, I.M. 1991. Pengaruh Bahan Atap dan Kepadatan Kandang terhadap Penampilan Ayam Pedaging. Thesis Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Ogunjimi, L.A.O., S.O. Oseni and F.Lasisi. 2008. *Influence of Temperature-Humidity Interaction on Heat and Moisture Production in Rabbit*. Department of Agricultural Engineering, Obafemi Awolowo University, Nigeria.
- Oke. T.R. 1978. *Boundry Layer Climate*. Methmen dan Co. London.p.3-58.
- Robertshaw, D. 1981. *The Environmental Physiology of Animal Production*, In J. A. Clark, Ed., Environmental Aspect of Houshngm for Animal Production. Butterworths, London. P.3-17.
- Rozari, Mr.Bl,de. 1987. *Iklim Mikro*. Bahan Training Dosen Tinggi Negeri Indonesia Bagian Barat Dalam Bidang Agroklimatologi. IPB ,Bogor.
- Sinurat, A.P. 1988. Produktivitas Unggas pada Suhu Lingkungan yang Panas. Meningkatkan Prakiraan dan Pemanfaatan Iklim untuk Mendulung.
- Suc, Q. N. D.V. Binh,L.T.T. Ha and T.R. Preston. 1996. *Effect of Houshing System (Cage versus Underground Shelter) on Performance of Rabbits on Farm*. Finca Ecologica, University of Agriculture and Forestry .http://www.Irrd.org/Irrd8/4/cont_84.htm. Disitir Tanggal 12 Nopember 2010.
- Soeharsono. 1977. *Respon Broiler terhadap Berbagai Lingkungan*. Disertasi. Direktorat Pembinaan dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.Pengembangan Pertanian Tahun 2000. Proseding Simposium II Meteorologi. Pertanian , Bogor.

- Thwaites, C.J., N.B. Baillie and W. Kasa. 1990. *Effect of Dehydration on the Heat Tolerance of Male and Female New Zealand White Rabbits*. Journal of Agricultural Science. Cambridge (1990), 115: 437-440.
- Tom, A.S. 1975. *Momentum, Mass and Heat Exchange of Plant Communities in Vegetation and the Atmosphere*, J.L. Monteith ed. Acad Press Inc.Ltd., London. Vol. 1 : 57-108.
- Wathes, C.M. 1981. Insulation of Animal Houses. pp. 379-412. in. J.A. Clark, Ed. Environment Aspects of Houshing for Animal Production. University of Nottingham.
- Yates, D. 1987. *The Energy Budget Concept. Bahan Training Dosen Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Barat Dalam Bidang Agroklimatologi*. IPB ,Bogor
- Yan, Y and Li, M. 2008. *Feeding Management and Technology of Breeding Rabbit in Hot Climate*. Qingdao Kanada Food Company Limited Kanada Group, Qingdao, 266400, China.Yanyk@vip.sina.com.

