

*Termoregulasi Ternak Dan Ilmu
Lingkungan Ternak*

Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002, tentang Hak Cipta

PASAL 2

- (1) Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut perundang-undangan yang berlaku.

PASAL 72

- (1) Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (Satu Juta Rupiah), atau paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah).
- (2) Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

*Termoregulasi Ternak Dan Ilmu
Lingkungan Ternak*



Termoregulasi Ternak Dan Ilmu Lingkungan Ternak

Penulis: Ir. Eniza Saleh, MS & Edi Erwan SPt, MSc., Ph.D

ISBN: 978-602-1096-99-4

Editor :

Tata Letak/Cover: Andik April/Dewi

Penerbit:

Asa Riau (CV. Asa Riau)

Anggota IKAPI

Jl. Kapas No 16 Rejosari,

Kode Pos 28281 Pekanbaru - Riau

e-mail: asa.riau@yahoo.com

Percetakan: CV Mulia Indah Kemala

Jl. Pembangunan No. 9 B Pekanbaru

Email:cvmuliaindahkemala@yahoo.co.id

Cetakan Pertama, 2016

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak Karya Tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Kata Pengantar

Ilmu lingkungan Ternak dan kajian thermoregulasi merupakan suatu cabang ilmu yang ditetapkan sebagai suatu kajian penting di beberapa perguruan tinggi. Selama ini buku dan jurnal hasil penelitian yang berhubungan dengan ilmu lingkungan ternak masih sulit didapat. Oleh karena itu tulisan ini diketengahkan untuk menambah bahan bacaan, pengetahuan maupun wawasan bagi mahasiswa atau siapa saja yang memerlukan.

Ilmu lingkungan Ternak adalah bagian dari Ilmu lingkungan hidup, yang mengacu pada ilmu dasar yaitu ilmu ekologi. Pada ilmu lingkungan ternak dipelajari hubungan antara ternak dengan lingkungannya, didalamnya berbagai disiplin ilmu (antara lain sosiologi, ekonomi, geografi, meteorologi, nutrisi, fisiologi, produksi dan kesehatan ternak) sekaligus dipandang dalam suatu ruang lingkup serta perspektif yang luas dan saling berkaitan.

Secara garis besar tulisan ini mencakup tentang pengaruh lingkungan terhadap kondisi fisiologis, produktivitas dan kesejahteraan ternak. Lebih jauh disini dijelaskan apa dan bagaimana pengaruh suhu lingkungan

tinggi terhadap suhu tubuh, frekuensi pernafasan, denyut jantung, konsumsi, penambahan bobot badan ternak. Selain itu, ilmu ini juga membahas cara memodifikasi lingkungan dan status fisiologis ternak dalam usaha peningkatan produktivitas pada daerah yang beriklim panas, termasuk pengaruh pemberian naungan pada padang penggembalaan terhadap kenyamanan dan kesejahteraan ternak yang dipelihara secara penggembalaan.

Walaupun tulisan ini hanya merupakan hasil kompilasi dan mengungkapkan bagian terkecil dari kajian yang begitu luas, namun yang diharapkan dapat memberikan gambaran umum tentang ilmu lingkungan ternak, terutama untuk daerah tropis basah. Seperti Indonesia ini. Untuk mahasiswa dan pembaca lainnya harus lebih banyak lagi mencari/menggali literatur yang lain agar sesuatu yang akan dibahas dapat tuntas dan lengkap. Berhubung dengan berjalannya waktu dan kemajuan ilmu pengetahuan, diperlukan penggantian, atau penyisipan bahan disana-sini, dengan bahan yang “terkini”. Oleh karena itu dibutuhkan saran dan kritik yang membangun dari para ahli agar perbaikan tulisan ini menjadi lebih baik lagi.

Pekanbaru, 20 Februari 2016

Penulis

Daftar Isi

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Defenisi yang Berkaitan dengan Ilmu Lingkungan Ternak.....	2
1.2. Ruang Lingkup Ilmu Lingkungan Ternak	8
II. FAKTOR-FAKTOR LINGKUNGAN DI BIDA- NG PETERNAKAN.....	10
2.1. Faktor-faktor Lingkungan Makro	11
2.2. Faktor-faktor Lingkungan Mikro	21
III. PENGARUH IKLIM PANAS TERHADAP PRODUKTIVITAS TERNAK	32
3.1. Pengaruh Langsung Iklim terhadap Ternak.....	33
3.2. Pengaruh Tak Langsung Iklim terhadap Ternak.....	45

IV. PENGARUH LINGKUNGAN TERHADAP KONDISI FISIOLOGIS TERNAK	50
4.1. Pengaruh Suhu Udara	54
4.2. Pengaruh Kelembaban Udara	69
4.3. Stres, Resistensi dan Kerentanan Ternak terhadap Stres	71
4.4. Keseimbangan Panas	79
4.5. Termoregulasi Pada Ternak.....	82
4.6. Kebutuhan Zat Makanan Selama Cekaman Panas	95
DAFTAR PUSTAKA	104

Daftar Gambar

	Halaman
1. Konsep Model Lingkaran	4
2. Pengaliran Materi dan Energi dalam Ekosistem .	5
3. Faktor-faktor Lingkungan di Bidang Peternaka..	14
4. Faktor-faktor Ekologik terhadap Produksi Hijauan Pakan Ternak.....	18
5. Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Ternak	27
6. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Suhu Rektal	35
7. Pengaruh Suhu Lingkungan Terhadap Suhu Rektal Ayam Pedaging.....	36
8. Pemberian Asam Amino D-Aspartat secara Oral dapat menurunkan suhu tubuh ayam petelur pada kondisi HT.....	38
9. Kisaran Suhu Nyaman dan Pola Perubahan Produksi Panas pada Tubuh Ternak Akibat Perubahan Suhu Lingkungan.....	57

10. Pertukaran Energi antara Ternak dan Lingkungan	
11. Keseimbangan Panas	82
12. Suhu Tubuh Sebagai Suatu Keseimbangan Penambahan Panas dan Kehilangan Panas.....	86
13. Pendinginan Tubuh Secara Penguapan Melalui Pernafasan pada Ayam	90
14. Diagram Mekanisme Termoregulasi dari Mamalia.....	92
15. Mekanisme Umpan Balik sekresi Hormon Akibat Perubahan Lingkungan	94
16. Metabolisme Air; Sumber Pemasukan Air dan Cara Kehilangan Air	100

Daftar Tabel

	Halaman
1. Total produksi daging dan susu pada tahun 2008 dan perubahan produksi antara tahun 1998 dan tahun 2008	12
2. Daftar satuan ternak	22
3. Kisaran suhu yang nyaman bagi ternak	55
4. Pengaruh cekaman panas akibat sinar matahari (pukul 12:00 sampai dengan 14:00) terhadap respon fisiologis kerbau dibandingkan dengan sapi	68
5. Tipe suhu tubuh dari ternak domestik	84
6. Kebutuhan air minum sapi pedaging pada suhu lingkungan yang berbeda	98

Ir. Eniza Saleh, MS & Edi Erwan SPT, MSc., Ph.D

1. Pendahuluan

Secara keilmuan, ilmu lingkungan ternak merupakan bagian dari ilmu lingkungan hidup, karena ternak merupakan salah satu dari makhluk hidup yang mengacu pada suatu ilmu dasar yaitu ilmu ekologi. Adapun definisi ilmu lingkungan ternak yakni ilmu yang mempelajari hubungan antara ternak dengan lingkungannya yang di dalamnya terdapat berbagai disiplin ilmu (antara lain sosiologi, ekonomi, geografi, meteorologi, nutrisi, fisiologi, produksi dan kesehatan ternak) sekaligus dipandang dalam suatu ruang lingkup serta perspektif yang luas dan saling berkaitan.

Seiring dengan adanya perubahan yang besar dalam lingkungan hidup maka secara langsung juga mempengaruhi kehidupan makhluk hidup. Menurut para ilmuwan sejarah menyatakan bahwa telah terjadi proses punahnya ribuan jenis hewan dan tumbuhan, tapi belum diketahui secara pasti apa penyebab dari kepunahan tersebut. Dugaan sementara bahwa kepunahan tersebut disebabkan oleh bencana alam, perubahan iklim, kekurangan pakan, wabah penyakit, kalah bersaing

dengan makhluk lain atau kombinasi faktor-faktor tersebut yang kesemuanya merupakan terkait dengan masalah lingkungan. Guna menjaga agar tidak terjadi kepunahan tersebut, kita perlu menjaga keseimbangan ekosistem, serta memenuhi kebutuhan/kenyamanan hidup hewan atau ternak khususnya.

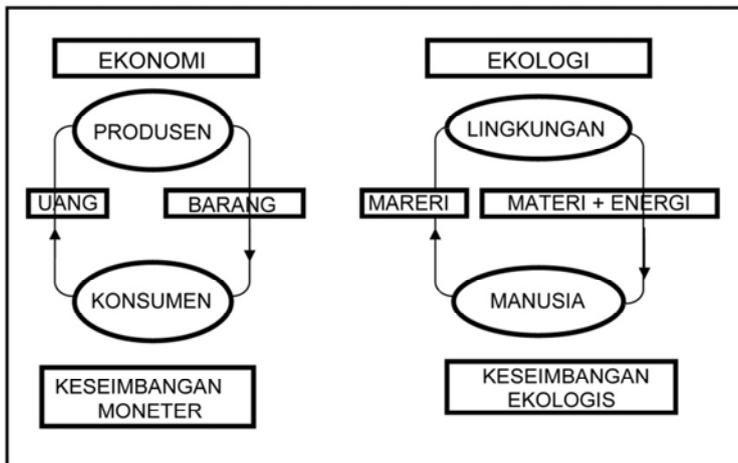
1.1. Beberapa Definisi yang Terkait dengan Ilmu Lingkungan Ternak :

1. Ilmu lingkungan hidup: Ilmu yang mempelajari hubungan antara jasad hidup dengan lingkungannya, didalamnya berbagai disiplin ilmu seperti sosiologi, epidemiologi, kesehatan masyarakat, planologi, geografi, ekonomi, meteorologi, hidrologi, bahkan pertanian, perikanan dan peternakan sekaligus dipandang dalam suatu ruang lingkup serta perspektif yang luas dan saling berkaitan.
2. Lingkungan hidup : Diartikan sebagai ekosistem dimana terdapat keberadaan manusia atau kepentingan manusia di dalamnya. Ruang yang ditempati suatu makhluk hidup bersama benda hidup dan tak hidup di dalamnya, disebut lingkungan hidup makhluk tersebut (Soemarwoto, 1985)
3. Ekologi : Ilmu tentang hubungan timbal balik makhluk hidup dengan lingkungan hidupnya (Soemarwoto, 1985). Menurut Thohir (1985) istilah ekologi berasal dari bahasa Yunani; "oikos" artinya rumah dan "logos" sama artinya dengan ilmu.

Sehingga secara harfiah dikatakannya ilmu ekologi ialah ilmu yang mempelajari “tata rumah” atau “tata rumah tangga” manusia. Lambat laun bidang penelitian ilmu ekologi tidak terbatas lagi pada penelitian atas manusia dan lingkungannya, akhirnya penelitiannya melebar sampai pada penelitian atas semua jasad-jasad hidup dan lingkungannya.

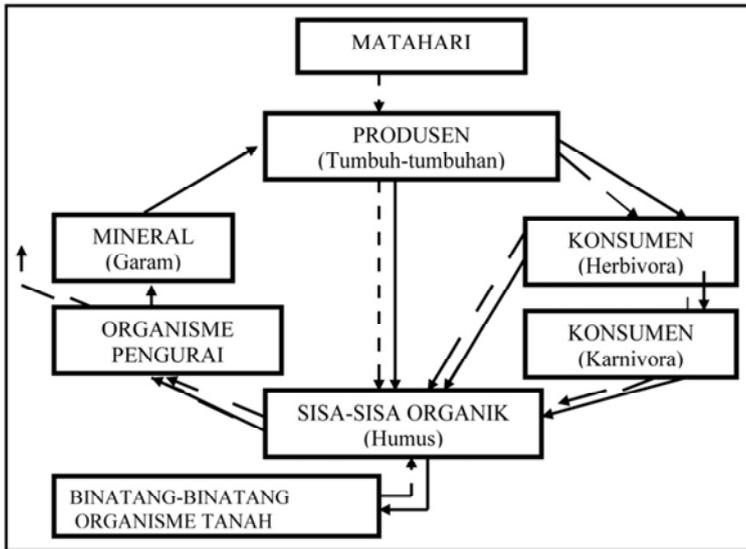
Ada suatu ilmu yang namanya mirip dengan ilmu ekologi yaitu ilmu ekonomi. Berasal dari bahasa Yunani; “oikos” artinya rumah dan “nomos” artinya penataan atau pengaturan. Secara harfiah ilmu ekonomi ialah ilmu yang mempelajari “pengaturan atau penataan rumah tangga” manusia. Pada kedua ilmu ini dalam hakikatnya mempelajari hal ikhwal tata rumah tangga manusia dan karenanya banyak terdapat persamaan. Dalam ilmu ekologi dan ekonomi kita mengenal istilah-istilah seperti produsen, konsumen, sirkulasi, keseimbangan, krisis dan sebagainya. Selain itu sama-sama mempergunakan konsep model “lingkaran” (Gambar 1) dalam melakukan penelitiannya atas tata rumah tangga manusia. Lingkaran yang melukiskan kehidupan ekonomi lazim dikenal dengan nama “*lingkaran ekonomi*”. Pada lingkaran ini kita jumpai dua golongan, yakni: (1) Golongan produsen yang memproduksi/menghasilkan barang-barang dan/atau jasa dan (2) Golongan konsumen yang mengkonsumsi barang-barang/jasa-jasa yang dihasilkan oleh golongan produsen. Selama seluruh produk/jasa (produk nasional) yang dihasilkan oleh produsen terkonsumsi dan dapat

diimbangi dengan pengeluaran nasional (jumlah uang yang dikeluarkan oleh konsumen) selama itu proses kehidupan ekonomi akan berjalan terus seacara lancar. Keadaan kehidupan ekonomi yang demikian coraknya lazim dinamakan “*kehidupan ekonomi dalam keseimbangan moneter*”. Lingkaran yang melukiskan proses rumah tangga lingkungan lazim dikenal dengannama “*lingkaran energi, materi dan informasi*.” Pada lingkaran ini kita jumpai dua golongan, yakni : (1) Golongan produsen dan (2) Golongan konsumen (termasuk jasad-jasad hidup pengurai). Selama proses pengaliran energi dan materi itu tidak terganggu, selama itu tata lingkungan tetap dalam keadaan “*keseimbangan ekologis*”.



Gambar 1. Konsep Model Lingkaran (Thohir, 1985)

Tata lingkungan yang melukiskan proses kehidupan dalam suatu lingkungan yang harmonis, stabil dan dinamis dapat juga kita lukiskan sebagai suatu lingkaran arus energi dan materi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Pengaliran Materi dan Energi dalam Ekosistem (Thohir, 1985)

(Keterangan : → = Aliran materi, ----> = Aliran energi.)

4. Ekosistem : Adalah suatu sistem ekologi yang merupakan gabungan satu atau beberapa komunitas yang berinteraksi bersama komponen benda mati dalam suatu sistem.

Ekosistem dapat dikelompokkan kedalam ekosistem kecil dan ekosistem besar. Ekosistem kecil misalnya : Akuarium, hutan. Ekosistem besar misalnya : Bumi. Ekosistem terbagi lagi menjadi sub ekosistem ; misalnya : Ekosistem bumi terdiri dari sub ekosistem lautan, daratan, danau, sungai. Sub ekosistem daratan terdiri dari hutan, belukar, padang pasir.

Ekosistem terbentuk oleh komponen hidup dan tak hidup disuatu tempat yang berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang teratur. Keteraturan itu terjadi oleh adanya arus materi dan energi yang terkendali oleh arus informasi antara komponen dalam ekosistem itu. Masing-masing komponen itu mempunyai fungsi. Selama komponen-komponen itu melakukan fungsinya dan bekerjasama dengan baik, keteraturan ekosistem itu pun terjaga. Keteraturan ekosistem menunjukkan ekosistem tersebut ada dalam keseimbangan tertentu.

Hal yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem antara lain adalah penebangan pohon secara tidak beraturan (*illegal logging*). Menumbangkan pohon di hutan tanpa perhitungan terhadap kehidupan berkelanjutan dapat merusak sebuah habitat dimana makhluk hidup bergantung, tanah menjadi retak dan mudah longsor. Misalnya, perambahan hutan dapat menyebabkan hilangnya habitat lalat di hutan. Dengan hilangnya habitat lalat di hutan maka lalat tersebut akan masuk ke perkampungan ataupun ladang masyarakat. Hal ini dapat kita lihat beberapa waktu yang lalu,

tanaman jeruk petani di Tanah Karo gugur dari tangkainya sebelum buah jeruk itu tua, akibat dari serangan hama lalat tersebut. Contoh lain yang menyebabkan ketidakseimbangan ekologis yang terjadi di Riau dan Sumatera Utara adalah penebangan hutan secara liar (*illegal logging*) antara lain disekitar daerah aliran sungai (DAS) di Bahorok.

Perjalanan materi dalam ekosistem merupakan suatu rantai yang berbentuk lingkaran atau merupakan siklus. Materi yang diserap oleh tumbuh-tumbuhan pada permulaan proses fotosintesis meninggalkan tumbuh-tumbuhan dalam berbagai bentuk dan melalui jalur-jalur tertentu akhirnya diserap kembali oleh tumbuh-tumbuhan sebagai materi. Tidak demikian halnya dengan energi. Energi matahari dengan melalui proses-proses tertentu diubah menjadi energi kimia dan akhirnya energi kimia yang tersimpan dalam humus oleh proses mineralisasi terurai menjadi energi panas yang tak dapat diserap oleh tumbuh-tumbuhan. Dengan kata lain, dalam ekosistem pengaliran energi tidak merupakan siklus atau daur.

5. Komunitas : Sekumpulan populasi dari berbagai jenis makhluk hidup yang menghuni suatu wilayah, ruang atau relung (*niche*) tertentu.
6. Relung (*niche*) : Suatu habitat atau ruang hidup yang menjadi sesuai dengan fungsi dari makhluk hidup yang menghuninya.

7. Populasi : Kumpulan dari sejenis atau spesies makhluk hidup tertentu yang mempunyai ciri tumbuh, sehingga menimbulkan gejala dinamik.
8. Daya dukung lingkungan (*carrying capacity*): Adalah batas teratas dari pertumbuhan suatu populasi, diatas mana jumlah populasi tak dapat didukung lagi oleh sarana, sumber daya dan lingkungan yang ada.

1.2. Ruang Lingkup Ilmu Lingkungan Ternak :

Pengertian ilmu lingkungan ternak yakni ilmu yang mempelajari pengaruh lingkungan internal dan eksternal terhadap kondisi fisiologis, produktivitas dan kesejahteraan ternak. Lebih jauh disini dijelaskan apa dan bagaimana mekanisme pengaruh suhu lingkungan tinggi terhadap suhu tubuh, frekuensi pernafasan, denyut jantung, konsumsi, penambahan bobot badan, daya cerna, penyerapan zat makanan dan proses metabolisme pada ternak.

Selain itu ilmu lingkungan juga membahas cara memodifikasi lingkungan baik melalui nutrisi serta status fisiologis ternak dalam usaha peningkatan produktivitas pada daerah yang beriklim panas, termasuk pengaruh pemberian naungan pada padang penggembalaan terhadap kenyamanan dan kesejahteraan ternak yang dipelihara secara penggembalaan.

99. *Faktor-Faktor Lingkungan di Bidang Peternakan*

Walaupun banyak tantangan bagi produsen ternak termasuk permasalahan lingkungan, penyakit, tekanan ekonomi, ketersediaan pakan, namun diprediksi bahwa untuk produktivitas ternak pada negara-negara berkembang tetap akan dapat bertahan produktivitasnya kedepan. Pada umumnya, produktivitas negara-negara berkembang secara umum lebih rendah dibanding negara-negara di Eropa dan Amerika Utara sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Dari beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas ternak tersebut, faktor iklim merupakan faktor yang paling krusial pada perkembangan ternak di negara-negara yang beriklim hangat atau tropis. Seiring dengan itu pemanasan global merupakan ancaman yang serius terkait dengan heat stress/cekaman panas (Renaudeau *et al.*, 2011). Sebagai salah satu negara yang beriklim tropis lembab, Indonesia memiliki masalah-masalah khusus yang terkait dengan

produksi ternak. Produksi ternak adalah hasil interaksi antara genotipe dan faktor lingkungan

Sementara itu, Tomaszewska *et al.* (1993) menyatakan bahwa banyak faktor lingkungan yang mempengaruhi penyebaran dan tipe ternak di daerah tertentu. Hal itu meliputi suhu kelembaban, curah hujan, jenis pakan ternak yang tersedia, dan interaksi dari faktor-faktor tersebut. Pakan dan iklim adalah faktor-faktor yang paling dominan dari pengaruh lingkungan terhadap produksi. Faktor iklim yang terpenting adalah suhu dan kelembaban, tetapi angin dan sinar matahari mempengaruhi kombinasi suhu dan kelembaban yang dibutuhkan untuk produksi yang optimum.

Faktor-faktor lingkungan (Gambar 3) yang perlu diperhatikan sebelum mengambil keputusan untuk berusaha di bidang peternakan dapat dikelompokkan pada : 1. Faktor-faktor lingkungan makro dan 2. Faktor-faktor lingkungan mikro (DIRJENNAK, 1983).

2.1 Faktor-faktor Lingkungan Makro

Tujuh faktor makro yang perlu dipelajari sebelum mengambil keputusan untuk berusaha, mencakup faktor-faktor iklim, edafik, biotik, teknologi, ekonomi finansial, sosial budaya dan kebijakan umum pemerintah. Namun demikian didalam pembahasan pada buku ini penulis hanya terfokus untuk menjelelaskan beberapa faktor diantaranya iklim, edafik, biotik dan teknologi.

2.1.1. Faktor Iklim :

Faktor iklim meliputi curah hujan, suhu udara, kelembaban udara, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin. Payne (1990) menyatakan bahwa faktor iklim yang utama berpengaruh langsung pada ternak ternak domestik adalah suhu, kelembaban, pergerakan udara dan radiasi sinar matahari. Sebagai tambahan, lamanya cahaya sangat penting bagi beberapa spesies ternak yang berpengaruh pada berbagai aspek reproduksi dan fungsi biologi lainnya. Kombinasi dari berbagai faktor iklim ini dapat membuat suasana dimana produktivitas maksimum bisa dicapai oleh ternak (Tabel 1).

Tabel 1. Total Produksi Daging dan Susu pada Tahun 2008 (juta ton/tahun) dan Perubahan Produksi antara Tahun 1988 dan Tahun 2008

	Daging		Susu	
	<i>Produktivitas</i>	<i>% Perubahan</i>	<i>Produktivitas</i>	<i>% Perubahan</i>
Afrika	13.53	29.3	36.4	42.5
Amerika				
Utara	47.7	20.6	94.3	18.5
Tengah	7.0	38.8	14.4	33.9
Selatan	36.3	57.5	59.3	35.6
Asia				
Tengah	2.1	36.7	13.8	55.7
Timur	80.1	24.6	50.8	135.2
Selatan	12.8	43.8	156.3	43.8
Selatan-Timur	14.1	55.3	3.3	80.9
Barat	5.2	42.5	23.0	30.7

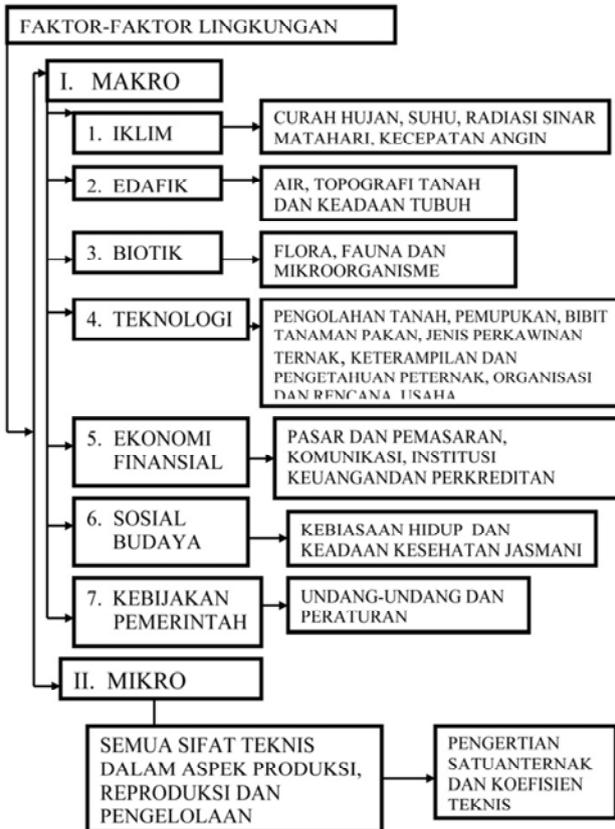
	Daging		Susu	
	<i>Produktivitas</i>	<i>% Perubahan</i>	<i>Produktivitas</i>	<i>% Perubahan</i>
Eropa				
Timur	15.1	7.3	76.6	-1.8
Utara	7.9	-4.9	34.4	-3.5
Selatan-	11.9	3.6	29.2	0.8
Barat	18.8	-1.5	75.8	-0.1
Oceania	5.8	16.2	24.4	17.4

Sumber: FAOSTAT (<http://faostat.fao.org/>)

Curah hujan; memiliki arti yang sangat penting dalam penyediaan air minum ternak, pengadaan hijauan pakan ternak sepanjang tahun. Peta curah hujan setiap bulan perlu dipelajari untuk mengetahui jumlah bulan kering dan bulan basah selama satu tahun. Terutama untuk ternak ruminansia, peta curah hujan dapat digunakan dalam program perkawinan terkontrol dan penyerentakan birahi dalam program kawin suntik, agar program kegiatan untuk masa bunting ternak, masa kelahiran dan pembesaran anak, dapat berlangsung sesuai dengan pengadaan rumput alam setempat.

Suhu Udara; ternak hanya dapat hidup pada selang suhu tertentu saja. Hal ini disebut toleransi panas atau "*heat tolerance*". Suhu yang ekstrim yaitu terlalu panas atau terlalu dingin, pada umumnya berpengaruh buruk terhadap produktivitas ternak. Ternak lokal atau asli umumnya dapat bertahan terhadap suhu tropis yang panas, ternak hasil persilangan dari ternak lokal dengan

ternak ras asal daerah subtropis, dapat bertahan di daerah yang memiliki suhu dengan panas sedang, sedangkan ternak ras murni asal daerah subtropis hanya dapat bertahan di lokasi yang sejuk. Alat pengukur suhu udara adalah *thermometer*.



Gambar 3. Faktor-faktor Lingkungan di Bidang Peternakan (DIRJENNAK, 1983)

Kelembaban udara; mempengaruhi kesehatan ternak oleh karena itu perlu diperhatikan di daerah tropik basah. Kelembaban yang terlalu tinggi mempertinggi kejadian penyakit saluran pernafasan yang pada gilirannya memakan biaya perawatan kesehatan yang tinggi pada usaha produksi ternak. Alat pengukur kelembaban udara adalah *Asmann psychrometer*.

Radiasi sinar matahari; di daerah khatulistiwa, sinar matahari melimpah. Khusus bagi unggas petelur, dimana cahaya dibutuhkan selama waktu tertentu setiap hari untuk produktivitas telur, terlalu banyak mendung disiang hari selama waktu yang panjang, akan menurunkan produksi. Atau dengan kata lain biaya produksi dipertinggi, karena penambahan biaya pengadaan cahaya, misalnya dari lampu atau listrik. Radiasi (ultraviolet) mengubah prekursor vitamin D dalam kulit menjadi aktif; hal ini dapat menerangkan jaranganya terjadi *rakhitis* di daerah tropis. Komponen ultraviolet dari matahari juga menyebabkan terbentuknya pigmen gelap (melanin) dalam kulit,; mungkin sebagai mekanisme protektif, karena ultraviolet tersebut mempunyai sifat karsinogenik bila kulit berpigmen tipis diekspos pada cahaya tersebut. Selain '*burning*', efek dari radiasi sinar matahari adalah tingginya suhu kulit pada ternak.

Radiasi sinar matahari tidak hanya meningkatkan beban panas pada ternak tetapi juga berpengaruh

langsung pada kulit, yaitu kanker kulit dan penyakit yang disebabkan peka terhadap radiasi lainnya. Warna dan ketebalan kulit sangat penting untuk mekanisme adaptasi. Kulit ternak yang berpigmen sangat diinginkan dari pada kulit yang tidak berpigmen untuk daerah tropik. Kebanyakan bangsa ternak di daerah tropik memiliki kulit yang berpigmen sedangkan ternak di daerah beriklim sedang (*temperate*) memiliki kulit tidak berpigmen. Sapi Hereford sering menderita sakit mata yang dikenal dengan *epithelioma*, karena tidak memiliki pigmen pada kelopak matanya. Babi "*Large white*" sangat peka terhadap sengatan sinar matahari. Ternak yang berdiri menerima radiasi sinar matahari lebih sedikit dibandingkan ternak yang berbaring. Ternak yang mempunyai bulu berwarna putih, menyerap radiasi sinar matahari 20%, sedangkan ternak yang mempunyai warna bulu hitam dapat menyerap radiasi sinar matahari 100% (Payne, 1990).

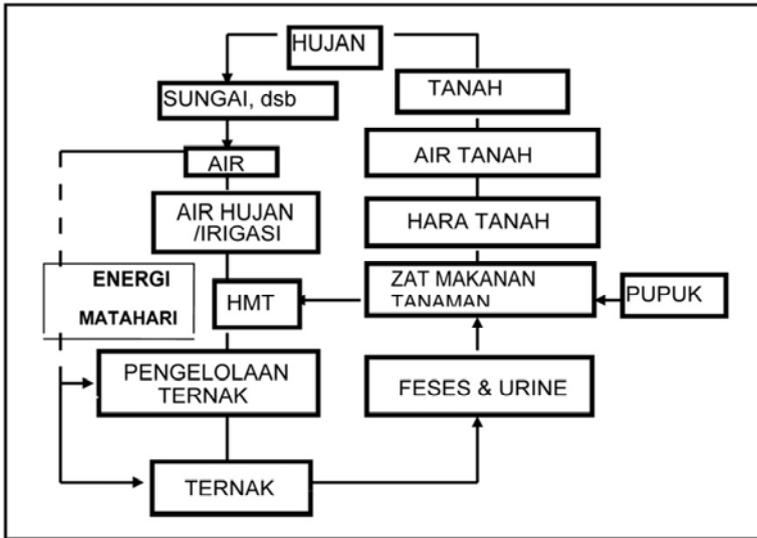
Tomaszewska *et al.* (1993) menyatakan bahwa ternak yang dipelihara dengan cara ditambatkan biasanya terkena sinar matahari langsung, dan tampaknya menderita karena cekaman panas. Ciri ternak tropis adalah berbulu tipis yang berarti rendahnya perlindungan terhadap panas. Namun, bulu yang menutupi tubuh kambing dan domba tropis memberi perlindungan yang memadai terhadap pengaruh langsung sinar matahari.

Murfi *et al.* (2003) dan Yousef (2000) menyatakan bahwa radiasi sinar matahari diukur dengan mencatat suhu benda hitam (*black globe temperature*), kemudian dihitung dengan rumus Stefan Boltzmann, yaitu **radiasi sinar matahari** = $\epsilon\sigma T^4$, dengan σ = konstanta Stefan Boltzmann ($4,93 \times 10^{-12}$) dan T = Suhu mutlak (°K).

Kecepatan angin; gerak udara yang normal baik untuk kesegaran lingkungan. Seringnya terjadi badai atau angin topan disuatu lokasi, perlu pula dilihat dalam catatan klimatologis setempat. Selain itu kecepatan gerak angin diperlukan juga pada penggunaan teknologi kincir angin untuk pengadaan air, di tempat yang hanya ada air tanah. Kecepatan angin diukur dengan alat "*hot wire anemometer*". Pada penelitian yang mempelajari pengaruh kecepatan angin terhadap kondisi fisiologis ternak maka kecepatan angin biasanya diukur pada pagi hari pukul 06.00 – 08.00 dan siang hari pada pukul 12.00 – 14.00.

Tipe dan distribusi padang rumput (*pasture*) terutama ditentukan oleh iklim dan interaksinya dengan tanah. Jumlah curah hujan, distribusi hujan mengatur adaptasi, pertumbuhan dan produksi rumput, *legume* dan tanaman lain yang direnggut ternak, meskipun faktor lain seperti suhu udara, kelembaban, penyinaran, ketinggian tempat, kemiringan dan bentuk lahan juga sangat berperan terhadap adaptasi, pertumbuhan dan produksi tanaman *pasture* tersebut. Faktor-faktor ekologi yang

mempengaruhi produksi hijauan pakan ternak dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Faktor-faktor Ekologik yang Mempengaruhi Produksi Hijauan Pakan Ternak (Reksohadiprodjo, 1984)

Tanah akan mempengaruhi padang rumput dalam hubungannya dengan kandungan humus, komponen nutrisi, seperti keseimbangan nitrogen, tingkat *phosphate* dan juga mineral (*trace element*) seperti Cu (*copper*) dan Zn (*zinc*). Sebagai ilustrasi misalnya apabila tingkat nitrogen dari tanah rendah maka kandungan nitrogen padang rumput akan menjadi rendah dan pertumbuhan rumput

lambat. Pada tanah yang kekurangan Cu berat, ternak akan memperlihatkan kekurangan Cu karena padang rumput juga kekurangan Cu pada waktu kemarau tiba dimana tingkat humus rendah disebabkan sifat retensi air tanah yang buruk. Kotoran ternak dan pupuk mungkin digunakan memperbaiki kekurangan dan untuk menyediakan nutrisi bagi padang rumput. Penggunaan pupuk kimia untuk padang rumput alam biasanya tidak ekonomis. Pengelolaan akan mempengaruhi komposisi rumput dan tanaman penutup tanah.

2.1.2. Faktor Edafik

Termasuk kedalam edafik adalah air dan tanah.

Air ; air minum ternak adalah esensial. Dapat dipastikan, bahwa usaha peternakan adalah tidak layak dilokasi yang tidak memiliki sumber pengadaan air, baik air tanah maupun air permukaan. Selain itu derajat kebersihan air perlu diteliti, misalnya beracun atau terpolusi oleh bahan-bahan pembasmi serangga atau air limbah industri.

Topografi tanah; menyangkut tinggi dari permukaan laut yang memiliki hubungan dengan suhu dan kelembaban udara, dan jenis tanaman alam yang tumbuh disuatu lokasi. Permukaan tanah sangat penting dilihat secara langsung misalnya berbukit, bergunung, dataran tinggi, dataran rendah, bergelombang atau datar dan derajat kemiringannya. Pada daerah yang tinggi, suhu udara lebih rendah dari daerah yang rendah. Setiap kenaikan

elevasi sebesar 100 meter, menyebabkan turunnya suhu udara sebesar 0,65 °C.

Kedadaan tubuh tanah; meliputi tekstur dan kesuburan tanah. Kekurangan mineral tertentu akan berpengaruh terhadap hijauan pakan ternak setempat, yang pada ternak akan timbul dalam bentuk penyakit-penyakit defisiensi.

2.1.3. Faktor Biotik

Termasuk kedalam faktor biotik adalah flora dan fauna setempat. Adanya jenis pohon tanaman keras misalnya bambu dan pepohonan lainnya yang selain dapat digunakan untuk pelbagai sarana produksi misalnya pagar, dapat juga berfungsi sebagai tempat berteduh ternak, dan penyanggah angin. Fauna liar setempat misalnya ular atau binatang buas lainnya dapat menjadi predator terhadap ternak.

Kedadaan virus, bakteri, fungus, protozoa dan parasit setempat perlu diketahui, karena dapat menjadi sumber pelbagai jenis penyakit viral, bacterial, fungal, protozoal dan parasiter. Sejarah berjangkitnya penyakit hewan pada ternak yang ada di lokasi tersebut perlu dipelajari.

2.1.4. Faktor Teknologi

Harus dicermati tingkat teknologi mana yang akan digunakan di daerah setempat. Apakah teknologi sederhana, madya ataukah teknologi tinggi yang akan digunakan, tergantung dari "*status*" yang ada.

Teknologi dapat diartikan sebagai *perangkat keras (hard ware)*, dan *perangkat lunak (soft ware)*.

Perangkat keras teknologi dilihat dari tiga segi, yaitu *segi mekanis*, misalnya apakah pengolahan tanah akan lebih murah dengan mesin traktor ataukah dengan padat karya; *segi kimia*, misalnya pemupukan tanah dengan pupuk buatan ataukah dengan pupuk kandang; *segi biologis*, misalnya bibit tanaman ternak lokal ataukah bibit unggul yang digunakan. Atau apakah perkawinan ternak secara alam atau kawin suntik yang digunakan.

Perangkat lunak teknologi meliputi keterampilan dan pengetahuan tenaga kerja, organisasi, rencana/disain usaha. Khusus yang menyangkut keterampilan dan pengetahuan tenaga kerja, perlu diketahui karena berhubungan dengan biaya perbaikan mutu tenaga kerja, sebagai salah satu biaya produksi dan menyangkut latihan dan pendidikan teknis.

2. 2. Faktor-faktor Lingkungan Mikro

Faktor-faktor lingkungan mikro usaha peternakan meliputi semua sifat teknis komoditi dalam aspek produksi, reproduksi dan pengelolaan, dilihat dari segi usaha peternakan atau dalam bahasa teknis peternakan adalah segitiga peternakan: pakan (*feeding*), perkawinan (*breeding*) dan pengelolaan (*management*). Termasuk ke dalam faktor-faktor mikro ini adalah pengertian Satuan Ternak dan Koefisien Teknis.

2.2.1. Satuan Ternak (ST) atau *Animal Unit* (AU) adalah ukuran yang digunakan untuk menghubungkan berat badan ternak dengan jumlah hijauan pakan ternak yang dimakan. Jadi satuan ternak memiliki arti ganda, yaitu ternak itu sendiri atau jumlah hijauan pakan yang dimakannya. Daftar satuan ternak disajikan pada Tabel2.

Tabel 2. Daftar Satuan Ternak

JENIS TERNAK	KELOMPOK UMUR	UMUR TERNAK	SATUAN TERNAK
Sapi 1 ekor	Dewasa	> 2 tahun	1,00
	Muda	>1-2 tahun	0,50
	Anak	< 1 tahun	0,25
Kerbau	Dewasa	> 2 tahun	1,00
	Muda	>1-2 tahun	0,50
	Anak	< 1 tahun	0,25
Kambing/ Domba	Dewasa	> 1 tahun	0,14
	Muda	>1/2-1 tahun	0,07
	Anak	< 1 tahun	0,035
Babi	Dewasa	> 1 tahun	0,40
	Muda	1/2-1 tahun	0,20
	Anak	< 1/2 tahun	0,10
Ayam/ Itik 100 ekor	Dewasa	> 1/2 tahun	1,00
	Muda	1/6-1/2 tahun	0,50
	Anak	< 1/6 tahun	0,21

Sumber: DIRJENNAK (1983).

Satuan ternak digunakan disamping untuk menghitung daya tampung hijauan pakan ternak suatu padang rumput atau daya tampung sisa hasil usaha tani suatu areal tanah pertanian terhadap jumlah ternak, dapat juga digunakan untuk perhitungan pelbagai masukan dan keluaran fisik. Dengan demikian biaya masukan dan penerimaan dapat pula diperhitungkan. Masukan (input) fisik misalnya rumput, hijauan dan tanaman pakan ternak lainnya, luas kandang, luas padang rumput, jumlah air minum, obat, perkawinan ternak dan tenaga buruh. Keluaran (output) fisik misalnya jumlah pupuk kandang, jumlah berat badan dan tenaga kerja ternak.

Sebagai contoh untuk menghitung daya tampung padang rumput: Sebidang padang rumput seluas 5 Ha misalkan dapat menghasilkan 52 ton rumput segar dan dedaunan atau hijauan lain setahun. Oleh karena Satuan Ternak memerlukan 35 kg hijauan sehari, maka setahun dibutuhkan $365 \times 35 \text{ kg} = 12.775 \text{ kg}$. Jadi daya tampung padang rumput tersebut adalah $52.000/12.775 = 4,07 \text{ ST}$ per tahun atau 4 ekor sapi dewasa. Bila orang ingin beternak kerbau, maka daya tampungnya adalah 4 ekor kerbau dewasa. Untuk kambing atau domba maka daya tampungnya adalah $4,07/0,14 = 29$ ekor ternak dewasa. Bila sapi atau kerbau muda yang dipelihara, maka jumlah hijauan pakan ternak yang tersedia adalah untuk dua kali ternak diatas.

2.2.2. Koefisien Ternak (KT)

Sistem pengukuran memerlukan patokan-patokan tertentu. Untuk menghitung suatu besaran yang bersifat linier, luas bidang, besaran volume atau jumlah berat, diperlukan angka standar yang mematuhi kaidah-kaidah yang sudah ditentukan, yang dipilih, disebut **Koefisien Teknis (KT)**, dan dapat berbentuk persentase (%), ukuran linier (m, cm), ukuran berat (kg, ton), ukuran volume (l, cc), ukuran luas (m², Ha), ukuran waktu (jam, hari, minggu, bulan, tahun), rasio antar sumber daya (*feed-egg ratio*, *gain-feed ratio*). Di dalam menghitung produksi, KT sangat diperlukan.

Di bidang peternakan koefisien teknis dikelompokkan sebagai berikut:

1. Koefisien teknis yang berhubungan dengan masukan,
misal: Satuan ternak dan tingkat penggunaan sumber daya untuk masukan.
2. Koefisien teknis yang berhubungan dengan reproduksi,
misal : Angka kelahiran, *service per conception* pada kawin suntik
3. Koefisien teknis yang berhubungan dengan produksi,
misal : Pertambahan bobot harian, produksi susu/telur per hari

4. Koefisien teknis yang berhubungan dengan ratio sumber daya,
misal : *Sex- ratio, feed-egg ratio, feed gain ratio, bull-cow ratio*.
5. Koefisien teknis yang berhubungan dengan sifat teknis non biologis,
misal : Depresiasi tahunan bangunan, umur mesin, pemakaian bahan bakar.

Bila ditinjau dari segi ternaknya sendiri, maka faktor lingkungan dapat diklasifikasikan dalam 3 kategori yaitu :

- 1) Lingkungan fisik, meliputi :
 - a) Ruang (*space*),
 - b) Suara (*sound*),
 - c) Cahaya (*light*),
 - d) Tekanan (*pressure*),
 - e) Termik (suhu udara, kelembaban udara, angin dan radiasi matahari).

Campbell dan Lasley (1985) mengklasifikasikan faktor lingkungan fisik menjadi dua, yaitu alamiah (*natural*) dan buatan (*artificial*). Faktor-faktor alamiah termasuk i) Suhu (panas dan dingin), ii) Kelembaban udara, iii) Pergerakan udara (angin), iv) Tekanan barometrik, v) Curah hujan dan pengaruh air terhadap kulit, vi) Ketinggian tempat, vii) Debu, viii) Radiasi (Langsung, ultraviolet, dan infrared) dan ix) Radiasi cosmic dan

listrik atmosfer. Adapun yang termasuk faktor-faktor buatan adalah: i) Pencemaran atmosfer dari industri, asap dan gas; ii) Senyawa beracun pada air; iii) Faktor-faktor mekanis (suara, ultrasonic); iv) Radiasi ion (Isotop, X-ray) dan v) ionisasi buatan dari udara.

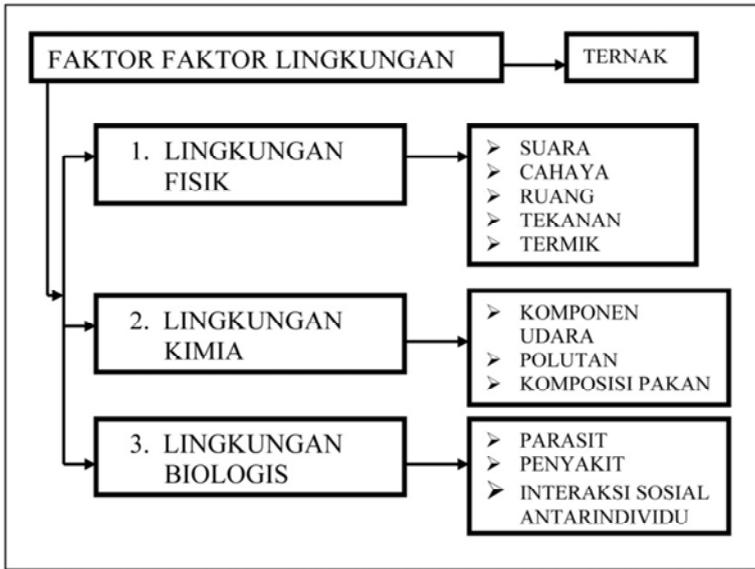
2) Lingkungan kimia, meliputi :

- a) Komponen udara
- b) Polutan
- c) Komposisi Pakan

3) Lingkungan biologis, meliputi :

- a) Parasit,
- b) Penyakit,
- c) Interaksi sosial antar individu ternak

Faktor-faktor lingkungan (Gambar 5) tersebut mempengaruhi fisiologi dan produksi ternak baik secara tunggal maupun secara sinergis dengan faktor lain. Meskipun demikian, diantara faktor-faktor tersebut, iklim dan terutama faktor termik dilaporkan merupakan faktor yang mempunyai pengaruh paling dominan terhadap produksi ternak.



Gambar 5. Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Ternak Sumber: DIRJENNAK (1983)

Ruang, suara dan cahaya seringkali mempengaruhi ternak. Sebagai contoh; ternak merasa tidak nyaman apabila diikat atau dibatasi dalam ruang yang tidak memungkinkan pergerakan bebas, atau ternak bila dikandangkan dalam lingkungan gelap cenderung akan bergerak menuju sumber cahaya. Suara-suara yang tidak dikenal atau terlalu bising, juga menimbulkan cekaman bagi banyak ternak. Hal ini semua penting diperhatikan terutama selama memasarkan ternak. Sebagian ternak menjadi ketakutan pada lingkungan yang tidak

dikenalnya, sementara ternak lainnya menjadi bermusuhan. Perbedaan dalam bereaksi ini mungkin berkaitan dengan banyak faktor dalam ternak seperti keseimbangan hormon, kelelahan dan penanganan sebelumnya.

Komponen udara sangat menentukan kesehatan dan kenyamanan ternak serta dipengaruhi oleh bahan pencemar udara. Kenyamanan yang berkurang atau hilang dari ternak dapat ditimbulkan karena terjadinya iritasi pada mata karena adanya fotokimia oksidan atau dapat pula terjadi iritasi menyebabkan kesulitan bernafas karena berbagai macam zat pencemar.

Miller (1979) disitasi Soeratmo (1988) membagi bahan pencemar udara menjadi :

- a) Karbon oksida (CO, CO₂)
- b) Sulfur oksida (SO₂, SO₃)
- c) Nitrogen oksida (N₂O, NO, NO₂)
- d) Hidrokarbon (CH₄, CH₄H₁O, C₆H₆)
- e) Fotokemis oksidan (O₃, PAN dan aldehida)
- f) Partikel (asap, debu, jelaga, asbestos, logam, minyak dan garam)
- g) Senyawa inorganik (asbestos, HF, H₂S, NH₃, H₂SO₄, H₂NO₃)
- h) Senyawa inorganik lain (pestisida, herbisida, alkohol, asam-asam dan zat kimia lainnya.)
- i) Zat radio aktif
- j) Panas

k) Kebisingan

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai adanya satu atau lebih pencemar yang masuk kedalam udara atmosfer yang terbuka, yang dapat berbentuk sebagai debu, uap, gas, kabut, bau, asap, atau embun yang dicirikan bentuk jumlahnya, sifatnya dan lamanya. Pencemaran ini dapat mengganggu pandangan mata, kenyamanan hidup dan penggunaan benda-benda.

Mengenai parasit, embun yang cukup merupakan hal yang sangat penting bagi perkembangan stadium preparasitik dan perjalanan larva cacing ke rerumputan, curah hujan yang berlebihan secara fisik akan membersihkan larva cacing dari padang penggembalaan sehingga ketersediaannya bagi ternak berkurang. Jadi ironisnya di daerah tropis lembab, penyebaran parasit terbanyak dalam setahun justru pada bulan-bulan 'lebih kering'

Infestasi oleh endo dan ektoparasit merupakan kendala yang serius bagi produktivitas ruminasia kecil pada sistem manajemen yang diterapkan di daerah tropis lembab. Selain karena parasit, ditambah oleh nutrisi yang buruk menyebabkan kegagalan pertumbuhan, penurunan berat badan ternak, pengurangan produksi susu serta angka kematian yang tinggi (Tomaszewska *et al.*, 1993). Daerah penggembalaan yang tercemar atau hijauan pakan ternak berasal dari daerah tersebut merupakan sumber infeksi utama oleh endoparasit. Penularan oleh kedua jenis parasit baik endoparasit (cacing pita, cacing

hati, cacing paru-paru, cacing perut) maupun ektoparasit (caplak, kutu, lalat) dapat terjadi di dalam atau disekitar bangunan atau kandang yang merupakan tempat tinggal ternak semalam atau untuk waktu lebih lama.

Salah satu faktor yang mempengaruhi produksi ternak di Indonesia adalah kesehatan ternak. Bila kesehatan ternak terganggu maka produksi ternak akan terganggu. Penyakit pada ternak tentu saja akan menyebabkan penurunan selera makan, konsumsi pakan dan air minum, penambahan bobot badan, produksi lainnya dan reproduksi

Pelaksanaan program pengendalian penyakit ternak sangat penting karena penyakit tersebut dapat mengakibatkan kerugian ekonomi yang sangat besar. Para peternak di Indonesia seringkali tidak mampu membeli obat farmasi yang mahal untuk mengobati ternak yang sakit. Akan tetapi mereka telah mengobati ternak yang sakit dengan ramuan alami yang tumbuh disekitarnya. Misalnya, campuran belerang dan oli bekas dianggap cukup ampuh untuk mengobati kudis, buah pinang giling (5 hingga 10 gram/ternak) diberikan pada kambing dewasa (tidak untuk ternak yang bunting) untuk mengurangi infestasi endoparasit. Untuk meningkatkan nafsu makan dan mencegah perut kembung, larutan yang mengandung asam jawa dan molase diberikan secara paksa pada ternak yang kembung.

Interaksi sosial antar individu ternak merupakan hal yang penting juga diperhatikan Untuk hal ini perlu pengetahuan tentang tingkah laku ternak/hewan dan kepadatan kandang. Ternak betina yang semestinya sudah waktunya kawin, harus dikawinkan atau disatukan dengan pejantan. Ternak yang baru melahirkan dipisah dari pejantan, agar anak tidak terinjak. Selain itu kepadatan kandang yang terlalu tinggi bisa menyebabkan ternak tidak bebas bergerak, kepanasan; pada unggas bisa menyebabkan '*kanibal*' yang dapat menyebabkan gangguan berproduksi.

999. Pengaruh Iklim Panas Terhadap Produktivitas Ternak

Karakteristik lingkungan khususnya iklim merupakan salah satu faktor yang berpengaruh besar terhadap produktivitas ternak. Betapapun superiornya genetik ternak tidak akan mampu memberikan hasil yang optimal jika dipelihara pada daerah yang tidak sesuai lingkungannya. Hal ini menunjukkan betapa besarnya pengaruh iklim terhadap performans ternak. Reksohadiprojo (1984) dan Payne (1990) menyatakan bahwa produksi ternak di semua negara tropis dipengaruhi oleh iklim dengan jalan :

1. Pengaruh langsung terhadap ternak yang dternakkan
2. Pengaruh tak langsung, yaitu terhadap lingkungan ternak.

Perubahan panas dapat diukur langsung melalui indikator fisiologi yang meliputi rektal, kloaka dan kulit, laju pernapasan dan produksi panas) secara tidak langsung

dari performan ternak (tingkat pertumbuhan, produksi telur dan produksi susu) yang terkait dengan kemampuan atau tidak mempunya ternak secara efisien dalam menghadapi suhu panas baik secara kronik atau akut.

3.1. Pengaruh Langsung Iklim terhadap Ternak

3.1.1. Efek Negatif Suhu Panas terhadap Performans Hewan Monogastrik dan Unggas

a) Babi

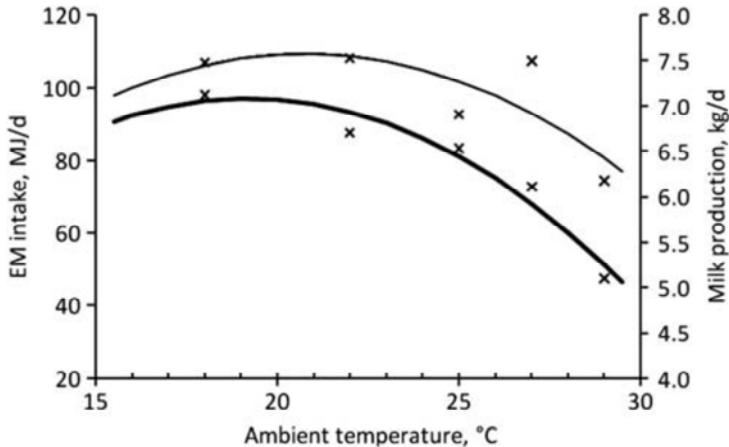
Performans babi pada iklim yang panas tergantung kepada umurnya. Sebagai contoh, pada masa pertumbuhan, puncak temperatur yang dapat menyebabkan konsumsi ransum dan pertumbuhan menurun akan berakibat menurunnya pertambahan bobot badan (Collin *et al.*, 2001; Renaudeau *et al.*, 2011). Babi yang memiliki bobot badan yang lebih berat lebih dapat menyesuaikan diri dari HS dibandingkan dengan babi yang muda karena terkait asupan energi untuk memenuhi kebutuhan pokok atau kemampuan untuk menghadapi panas.

Beberapa faktor lain yang terkait dengan karakteristik hewan (genotype, jenis kelamin) atau kondisi *breeding*/pembibitan yang meliputi tata laksana pemberian pakan, system perkandangan, manajemen, parameter iklim selain temperatur dan tingkat kebersihan juga dapat

mempengaruhi efek HT terhadap performans ternak. Penurunan tingkat pertumbuhan yang dikaitkan dengan HS adalah disebabkan oleh menurunnya konsumsi ransum, walaupun beberapa peneliti melaporkan adanya sedikit peningkatan pada feed conversion ration pada ternak dalam kondisi temperatur yang panas Collin *et al.*, 2001; Renaudeau *et al.*, 2011).

Rendahnya karkas juga dilaporkan karena terkait pembatasan dalam pemberian pakan pada keadaan HS (Le Dividich *et al.*, 1998). Namun demikian, pada babi yang dipelihara pada keadaan HT yang diberi ransum yang segar hanya sedikit mengalami efek yang tidak signifikan (Lefaucheur *et al.*, 1991). Pada babi dewasa, pengaruh kenaikan temperatur lingkungan juga berpengaruh terhadap tingkat reproduksi. Masalah utama yang timbul adalah tertundanya masa pubertas, lambannya masa interval estrus dan turunnya persentase betina yang berkeinginan kawin. Beberapa penelitian juga menemukan bahwa HS berpengaruh terhadap tingkat kesuburan ternak.

Ternak babi pada masa pertumbuhan, menurunnya tingkat konsumsi ransum lebih disebabkan oleh seiring dengan meningkatnya temperatur sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6.

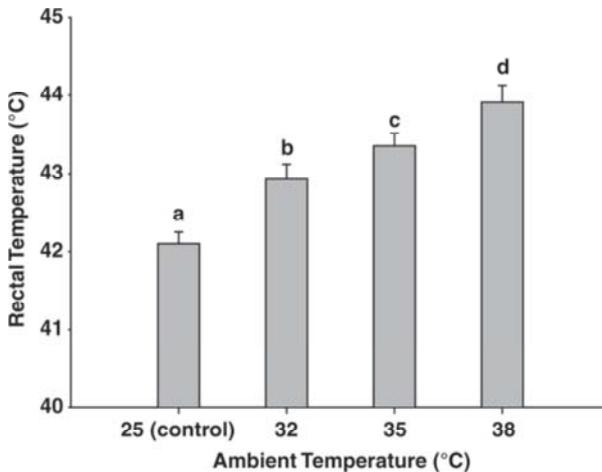


Gambar 6. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap performans babi pada masa menyusui selama 21 hari. Note: (—, ME intake (MJ/day); - -, milk production Quiniou and Noblet (1999)

b) Ayam Pedaging

Cekaman panas dari suhu lingkungan yang panas atau yang dikenal dengan *heat ambient temperature* (HT) terhadap ayam dapat menyebabkan *heat stress* (HS). Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa suhu udara yang panas merupakan faktor utama dari lingkungan yang berpengaruh terhadap menurunnya produktivitas unggas khususnya apabila diikuti dengan kelembaban udara yang tinggi. Peningkatan suhu lingkungan secara linier dapat menurunkan produktivitas ayam pedaging. HS dapat menyebabkan rangkaian perubahan baik fisiologi dan metabolisme pada ayam pedaging

misalnya peningkatan suhu tubuh, bernapas cepat dengan mulut dan pernapasan alkalosis (Deyhim dan Teeter, 1991) serta perubahan proses metabolisme tersebut disebabkan juga menurunnya plasma triiodothyronine. Selanjutnya, Lin *et al.* (2006) melaporkan bahwa peningkatan suhu tubuh dapat mengakibatkan perubahan metabolisme yang menyebabkan terjadinya *oxidative stress* pada ayam pedaging/broiler. Tan *et al.* (2010) menyimpulkan bahwa perubahan peningkatan suhu perlakuan mulai dari 25°C sampai 38°C mengakibatkan peningkatan secara signifikan suhu tubuh, aktivitas enzim *antioxidative*, formasi *malondialdehyde* dan *protein carbonyl* dan disfungsi rantai respirasi mitokondria dibandingkan dengan kontrol (Gambar 7)



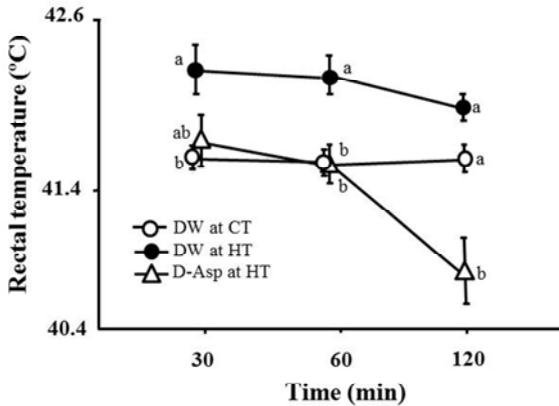
Gambar 7. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Suhu Rectal Ayam Pedaging (Tan *et al.*, 2010)

Selanjutnya, resistansi terhadap HT pada ayam broiler lebih tinggi dibanding ayam petelur (Washburn *et al.*, 1980) dan seleksi terhadap ayam yang cepat pertumbuhannya dikaitkan karena ayam broiler lebih lebih dapat menyesuaikan dengan HT (Washburn *et al.*, 1980; Cahaner *et al.*, 1995; Berrong and Washburn, 1998).

b) Ayam Petelur

Pada ayam petelur HS mengakibatkan penurunan konsumsi pakan, produksi telur, berat dan ketebalan kulit/cangkang serta kualitas telur (Ciftci *et al.*, 2005). Penurunan konsumsi pakan linier berbanding lurus seiring dengan meningkatnya suhu dengan lamanya ternak mengalami HT. (Hurwitz *et al.* (1980) melaporkan bahwa penurunan nafsu makan merupakan respon utama yang diakibatkan oleh HS. Penurunan bobot badan yang dialami ternak adalah konsekwensi dari penurunan konsumsi pakan yang diakibatkan peningkatan cekaman suhu lingkungan. Mardsen dan Morris (1987) melaporkan bahwa ayam petelur yang dipelihara dibawah cekaman panas akan mengalami penurunan konsumsi pakan yang berbanding lurus dengan dengan produksi hormon. Travel *et al.* (2010) mendapatkan bahwa terjadi penurunan konsumsi pakan sebesar 1% hingga 1.5% per derajat antara 20°C dan 30°C dan 5% per derajat antara 32° C dan 38° C. Erwan *et al.* (2014) melaporkan bahwa anak ayam petelur yang berumur 5-6 hari mengalami peningkatan suhu tubuh seiring dengan penurunan

konsumsi pakan apabila di tempatkan pada suhu ruangan dengan temperatur tinggi dibandingkan dengan pada suhu ruangan yang normal (Gambar 8).



Gambar 8. Pemberian Asam Amino D-Aspartat Secara Oral Dapat Menurunkan Suhu Tubuh Ayam Petelur pada Kondisi HT (Erwan *et al.*, 2014)

Keterangan : DW : distilled water (control)
CT : temperature normal
HT : *heat ambient* temperatur
D-Asp : Asam amino D-aspartat

3. 1.2. Efek Negatif Suhu Panas terhadap Ruminansia

a) Pengaruh Iklim terhadap Kebiasaan Merenggut

Pengaruh iklim pada ternak sapi tercermin terhadap kebiasaan merenggut hijauan pakan di padang penggembalaan. Payne (1990) menyatakan bahwa lamanya waktu merenggut pada siang hari bervariasi

tergantung: Derajat stress iklim, tipe dan bangsa sapi, serta kuantitas dan kualitas hijauan padang penggembalaan yang tersedia.

Bila derajat stress iklim tinggi (suhu tinggi) maka waktu merenggut akan lebih singkat dibandingkan dengan derajat stres iklim yang rendah. Penggembalaan di terik matahari adakalanya menyebabkan ternak pingsan, hal ini disebabkan karena pengaruh langsung pada selaput otak.

Bila tipe bangsa sapi *Bos Taurus* yang tinggi kemurniannya, dibiarkan merenggut pada siang hari (dikelola dari pagi hingga sore hari) di padang penggembalaan dengan iklim tropik humida maka lamanya perenggutan akan sangat berkurang. Lama perenggutan malam hari bervariasi tergantung derajat stress iklim, sehingga dapat dikatakan bahwa dengan meningkatnya suhu, radiasi sinar matahari dan curah hujan pada siang hari, akan menurunkan waktu ternak untuk merenggut hijauan pakan. Bahkan curah hujan yang tinggi akan membuat ternak tidak merenggut hijauan sama sekali.

Bila jumlah/kuantitas hijauan pakan yang tersedia terbatas maka lama waktu merenggut hijauan bertambah, sama halnya bila kualitas hijauan pakan itu rendah, ternak menjadi sangat selektif dalam perenggutannya. Sebagian waktu merenggut hijauan harus dijalankan pada malam hari bila faktor iklim sangat parah pada

siang harinya. Demikian juga pada sapi *Bos indicus* sangat memerlukan perenggutan pada malam hari

b) Pengaruh Iklim terhadap Konsumsi Pakan

Suhu udara yang tinggi dapat menekan selera makan ternak, sehingga berakibat menurunkan konsumsi pakan ternak. Pada suhu lingkungan yang masih belum mempengaruhi konsumsi pakan *Bos indicus*, sudah mempengaruhi *Bos Taurus*. Pada suhu diatas 40°C konsumsi pakan *Bos Taurus* telah berkurang.

Kenaikan kelembaban udara pada temperatur diatas 23,9°C juga telah menurunkan konsumsi pakan semua bangsa ternak. Sedangkan kenaikan stress penyinaran mempengaruhi konsumsi pakan *Bos Taurus* tetapi tidak mempengaruhi *Bos indicus*.

Hasil penelitian sapi kembar identik di Fiji New Zealand (*Bos turus*) yang diberi hay dan konsentrat, dimana sapi yang pertama dipelihara di daerah tropik dan yang lainnya di daerah *temprate* (sedang), ternyata konsumsi hay di daerah *tropic* kurang dibandingkan di daerah *temprate*, meskipun TDNnya sama.

c) Pengaruh Iklim terhadap Konsumsi Air Minum

Pengaruh langsung iklim terhadap konsumsi air minum pada ternak sangat kompleks. Air dibutuhkan hewan untuk dua tujuan: 1. Sebagai zat makanan essensial dan komponen tubuh hewan. 2. Membantu

hewan mengeluarkan panas dengan cara pendinginan konduktif dan evaporatif.

Suhu lingkungan mempunyai pengaruh berbeda terhadap konsumsi air minum pada tipe/bangsa ternak yang berbeda. Kenyataannya ternak yang dapat beraklimatisasi dengan baik, membutuhkan air kurang dibandingkan ternak yang tidak dapat beraklimatisasi, bila ditenakkan di daerah dengan suhu udara tinggi.

Kelembaban udara juga mempengaruhi konsumsi air minum pada ternak. Payne (1990) menyatakan bahwa kenaikan suhu sampai 29,4°C menyebabkan konsumsi air minum meningkat, (hal ini guna mengantisipasi suhu tubuh yang meningkat), sehingga konsumsi pakan menurun, yang dapat mengakibatkan produktivitas ternak menurun.

Naiknya kelembaban udara di atas suhu 23,9°C akan mengurangi konsumsi air minum, tetapi frekuensi minum sapi naik. Kenaikan intensitas radiasi sinar matahari menyebabkan naiknya konsumsi air minum oleh ternak. Hal ini disebabkan karena naiknya penggunaan air oleh ternak untuk proses pendinginan dan penguapan bila stressradiasi.

Selain itu terlihat bahwa perut sapi di daerah tropik lebih besar dibandingkan perut sapi di daerah *temprate*, karena minum air lebih banyak.

d) Pengaruh Iklim terhadap Efisiensi Pemanfaatan Pakan

Percobaan membuktikan bahwa dalam kondisi terkendali, kenaikan suhu udara menurunkan efisiensi pemanfaatan pakan, meskipun pada kondisi lapangan tiap perbedaan tidak menunjukkan beda yang nyata.

e) Pengaruh Iklim terhadap Pertumbuhan Ternak

Bila stres iklim terjadi, maka akan menekan nafsu makan ternak, mengurangi konsumsi pakan dan waktu merenggut hijauan, maka akibatnya terjadi pengurangan produktivitas ternak yang tercermin dari pertumbuhan dan hasil air susu yang kurang. Penelitian ternak kembar *Bos taurus* seperti dikatakan diatas, memperlihatkan bahwa pertumbuhan pada daerah *temperate* hanya 9,6% lebih berat dari pada yang di daerah tropik. Tidak banyak penelitian pengaruh iklim terhadap kecepatan pertumbuhan sapi *Bos indicus*. Bila pakan diberikan secara tidak dibatasi (*adlibitum*) pada ternak domba di daerah dengan suhu yang berbeda maka pertambahan bobot badan harian (ADG) domba dewasa lebih tinggi pada ternak yang dipelihara di lingkungan yang lebih sejuk.

f) Pengaruh Iklim terhadap Produksi Susu

Pengaruh lingkungan panas terhadap produksi susu tergantung pada umur dan masa laktasi ternak. Produksi susu lebih tinggi atau meningkat dengan meningkatnya

jumlah kali melahirkan. Respon atas stres panas pada sapi-sapi yang lebih tua akan semakin sensitif, dengan kata lain bahwa sapi yang baru pertama kali melahirkan lebih tahan terhadap stres dari pada sapi yang lebih tua dan sudah melahirkan beberapa kali. Kebanyakan bukti penelitian menyatakan bahwa produksi air susu, lemak, bahan padat tanpa lemak berkurang dengan naiknya suhu. Pada penelitian ternak sapi kembar tersebut menyatakan bahwa iklim berpengaruh nyata terhadap produksi air susu dan lemak, tetapi tak nyata terhadap bahan padat tanpa lemak. Ternak yang ditempatkan di daerah *temperate* (iklim sedang) produksi susunya lebih tinggi 44%, dari pada ternak yang ditempatkan di daerah tropik, sedangkan produksi lemaknya lebih tinggi 56% di daerah *temperate*.

Suhu optimal untuk produksi susu bagi ternak perah *temperate* adalah 10°C, dan suhu kritis 21 – 27°C, diatas suhu ini produksi sapi Jersey dan Holstein Frisian turun cepat. Suhu kritis sapi Brown swiss adalah 29 – 32°C, untuk sapi tropis suhu kritis lebih tinggi lagi. Bila dibandingkan dengan suhu termonetral angka penurunan produksi susu pada ternak yang dipelihara pada suhu kritis adalah 10-15% pada suhu 27°C, 20-25% pada suhu 30°C dan 35% pada suhu 32°C. Penurunan produksi susu pada suhu lingkungan tinggi ini disebabkan oleh turunnya konsumsi pakan dan turunnya kualitas hijauan.

g) Pengaruh Iklim terhadap Reproduksi Ternak.

Faktor iklim utama yang mempengaruhi reproduksi adalah : Suhu udara, kelembaban udara dan lamanya siang hari. Ditemukan Rivera *et al.* (1987) yang dikutip oleh Tomaszewska *et al.* (1993) bahwa kambing dan domba yang dipelihara di lingkungan bersuhu tinggi menunjukkan angka konsepsi rendah, perpanjangan siklus birahi, perpendekan waktu birahi, angka kematian embrio lebih besar, kualitas semen rendah, dan berat lahir yang ringan sehingga mengakibatkan angka kematian anak domba lebih besar. Payne (1990) menyatakan bahwa iklim berpengaruh terhadap reproduksi antara lain adalah terhadap ketahanan hidup embrio, birahi (*estrus*) dan menyebabkan kemandulan/steril atau ternak tidak subur.

Pada domba-domba betina di lapangan memberikan bukti bahwa kematian embrio yang dikandungnya dan anak domba kerdil yang dilahirkannya disebabkan karena lingkungan hidupnya yang panas. Dari percobaan ruang iklim dengan domba yang diberi suhu ruangan yang tinggi terus-menerus yang menyebabkan kenaikan suhu rektal domba $1,1^{\circ}$ sampai $1,7^{\circ}\text{C}$ akan segera membunuh embrio yang dikandung. Payne (1990) menyatakan bahwa suhu lingkungan 33°C mempengaruhi ova dan semen dalam saluran kelamin domba betina, hal ini disebabkan naiknya suhu tubuh domba betina tersebut. Pada domba jantan akan mempengaruhi suhu testis. Pada unggas

akan mempengaruhi laju produksi telur, berat telur dan ketebalan kulit telur, yaitu terjadi penurunan bila tetap pada suhu kritis tertinggi. Produksi telur paling tinggi bila suhu udara berada dalam kisaran suhu netral.

Bila ternak *temperate* di tempatkan di daerah tropik, ternak tersebut akan mengalami pengurangan aktivitas *glandula thyro-adrenal* dengan akibat menurunnya produksi energi basal dan ada pengaruhnya terhadap reproduksi. Depresi tersebut dapat langsung disebabkan oleh suhu lingkungan yang tinggi.

Pengaruh iklim terhadap reproduksi ternak yang disebabkan lamanya panjang hari bervariasi. Dengan meningkatnya lama panjang hari, dapat mempengaruhi fertilitas. Pada daerah tropik lamanya panjang hari, tidak berpengaruh atau kecil pengaruhnya.

3.2. Pengaruh Tak Langsung Iklim terhadap Ternak

a) Pengaruh Tak Langsung Iklim terhadap Persediaan Hijauan Pakan

Karena iklim tropik, di sebagian besar daerah-daerah Indonesia terdapat musim hujan dan musim kemarau. Jadi ada saat-saat yang relatif banyak hijauan pakan ternak dan ada saatnya bergantian dengan kekurangan. Terutama di daerah-daerah rumput merupakan hijauan pakan ternak utama seperti di Timor dan Sumba.

Di daerah-daerah pertanian berpenduduk padat, kekurangan hijauan pakan ternak dapat terjadi pada waktu semua ladang-ladang ditanami dengan tanaman pangan dan tanaman yang mudah untuk menghasilkan uang. Seringkali terjadi, umpamanya, karena terlalu banyak hujan, jagung gagal sebagai tanaman pangan. Ini mengakibatkan dengan mendadak tersedia tanaman jagung hijau dalam jumlah banyak. Tanaman tersebut cocok sebagai pakan ternak (*fodder*), tetapi jumlahnya terlalu banyak untuk diberikan dalam waktu yang singkat. Tanpa pengawetan, sebagian besar akan membusuk dan mubazir.

Faktor iklim yang membatasi pertumbuhan tanaman (kuantitas pakan) adalah: 1. Suhu udara, 2. Curah hujan efektif, 3. Lamanya siang hari, dan 4. Intensitas radiasi sinar matahari. Kualitas hijauan pakan terutama tergantung pada curah hujan efektif dan intensitas radiasi sinar matahari. Kadar N rumput dan legum menurun bila diekspos pada suhu lingkungan tinggi, dalam waktu lama.

Payne (1990) menyatakan bahwa bahan pakan hijauan lebih banyak mengandung zat nutrisi pada musim hujan. Terdapat korelasi yang positif antara curah hujan dengan protein kasar, abu bebas Si dan BETN. Bila curah hujan tinggi maka kandungan protein kasar, abu bebas Si dan BETN tanaman hijauan pakan, tinggi. Sebaliknya terdapat korelasi negatif antara curah hujan dengan serat kasar. Bila curah hujan tinggi maka

kandungan serat kasar tanaman hijauan pakan rendah. Serat kasar hijau daerah tropik lebih tinggi dari serat kasar hijauan daerah *temperate*.

Pastura tentu dapat pula menyebabkan defisiensi substansi organik mikro. Penyakit otot menyusut (*muscular dystrophy*) dapat terjadi pada domba, sapi dan babi (terutama yang muda) bila tidak cukup tokoferol, terutama bila ransum mengandung asam lemak tak jenuh.

b) Pengaruh Tak Langsung Iklim terhadap Parasit dan Penyakit :

Pada suatu daerah tertentu dimana ternak itu hidup, biasanya terjadi perubahan cuaca. Perubahan-perubahan ini baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kesehatan ternak. Pada permulaan pergantian musim, biasanya timbul bermacam-macam penyakit. Misalnya pada permulaan musim hujan udarayang biasanya rendah kelembabannya berubah menjadi kelembaban yang tinggi. Hal ini dapat mempengaruhi sistim alat pernafasan. Pada musim hujan mikro-organisme akan berkembang dengan cepat, sehingga kejadian timbulnya penyakit-penyakit infeksi lebih banyak dijumpai.

Suhu dan kelembaban yang tinggi menyebabkan perkembangan yang baik bagi parasit, jamur, dan sumberpenyakit. Parasit-parasit cacing akan meningkat populasinya pada musim hujan, hal ini karena daur

hidupnya dapat berlangsung dengan baik. Spora kuman tanah (*Clostridium tetani* penyebab penyakit tetanus, *Bacillus anthracis*, penyebab penyakit radang limpa dan *Clostridium chauvoei*, penyebab radang paha) yang pada musim panas tinggal diam di tempat, maka pada musim hujan akan terbawa air kebagian-bagian lain yang lebih rendah dan tersebar kemana-mana dan tumbuh berkembang lagi karena keadaan sekitarnya memungkinkan.

Serangga memberikan kontribusi bagi cekaman lingkungan dengan dua cara; 1) Sebagai pembawa penyakit seperti *theileriasis*, *babesiasis*, *anaplasmosis*, *heartwater* (kutu), atau *trypanosomiasis* (lalat tse-tse) atau *Rift Valley Fever* (nyamuk). 2) Mengganggu dan menghisap darah seperti lalat *Stomoxys* atau lalat kandang, dan *Tabanides* atau lalat kuda, atau lalat unta.

Pada daerah yang mempunyai curah hujan tinggi (Afrika), menyebabkan belukar menjadi tumbuh lebat. Adanya lalat tse-tse (*Glossina Spp*) menyebabkan hewan sukar ditenakkan. Kemudian di negara Mauritius, adanya lalat *Stomoxys Spp* menyebabkan tidak memungkinkan peternak menggembalakan ternak diluar, pada saat tertentu pada suatu tahun. Dengan demikian pemilik ternak terpaksa mengeluarkan biaya mahal untuk pembuatan kandang guna mencegah serangan lalat.

Ternak lokal (*native animal*) kurang bermasalah dengan lalat dari pada ternak asing (*exotic animal*) karena ternak lokal bisa mengejangkan daerah kulitnya sebagai

tempat lalat hinggap. Sapi-sapi yang diimpor dari negara-negara dengan iklim yang lebih dingin, lebih peka terhadap serangan parasit dibandingkan dengan bangsa lokal.

c) Pengaruh Tak Langsung Iklim terhadap Penanganan dan Penyimpanan Produk Ternak.

Pada iklim tropik, baik lembab, maupun kering (arid) menyebabkan cepatnya kerusakan produk ternak yang disimpan, sehingga menaikkan biaya pengolahan dan penanganannya. Pengaruh tak langsung terhadap produk ternak adalah dengan naiknya biaya pengolahan, penanganan dan penyimpanannya, maka biaya produksi tidak ekonomis di daerah terbatas sehingga yang cocok adalah industri peternakan bukan produksi peternakan.

Sebagai contoh yang disebutkan di atas adalah penyimpanan dalam gudang yang basah dapat menyebabkan bahan dapat menyerap air, misalnya terjadi '*hardening*' pada tepung-tepung yang kering sehingga tepung-tepung tersebut mengeras atau membatu. Proses pengeringan yang tidak tepat pada tepung albumen dapat mengakibatkan rendahnya daya buih telur tersebut atau menyebabkan daya rehidrasi yang sangat rendah. Kerusakan-kerusakan yang terjadi karena lembabnya penyimpanan dapat menyebabkan aw (*water activity*) dari bahan meninggi, sehingga memberi peluang pada bentuk-bentuk kerusakan lain untuk ikut aktif.

IV. Pengaruh Lingkungan Terhadap Kondisi Fisiologis Ternak

Indonesia termasuk daerah tropis, dengan rata-rata suhu dan kelembaban yang udara tinggi. Pada dataran rendah rata-rata suhu harian adalah 29°C, maksimum 34°C dan pada dataran tinggi rata-rata suhu adalah 22,5°C pada kisaran minimum 19°C dan maksimum 26°C, sedangkan kelembaban udara berkisar antara 70% - 90% pada dataran rendah dan 67% - 96% pada dataran tinggi.

Lingkungan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh besar terhadap produktivitas ternak ruminansia, karena dapat menyebabkan perubahan keseimbangan panas dalam tubuh, keseimbangan air, energi dan tingkah laku ternak. Selain itu faktor lingkungan mempengaruhi ketersediaan hijauan pakan ternak, air minum serta berbagai penyakit yang ditimbulkan oleh lingkungan.

Mahluk hidup dalam batas tertentu mempunyai kelenturan. Kelenturan ini memungkinkan mahluk itu untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Penyesuaian diri itu secara umum disebut adaptasi. Kemampuan adaptasi mempunyai nilai untuk kelangsungan hidup. Makin besar kemampuan adaptasi, makin besar peluang kelangsungan hidup suatu jenis.

Sapi Brahman dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi tropis, karena toleran terhadap panas dan tahan terhadap penyakit. Bangsa sapi Eropah berkembang pada daerah beriklim sedang, tidak begitu dapat beradaptasi pada daerah tropis dan semi tropis, tetapi bila disilangkan dengan Brahman, akan menghasilkan sapi *crossbred* seperti Brangus, Santa Gertudis dan Beef master dapat beradaptasi di daerah tropis dan semitropis. Bangsa sapi yang dapat beradaptasi pada daerah sedang, juga dapat tampil dengan memuaskan pada daerah dingin seperti di Kanada dan Alaska. Sapi Hereford mempunyai performan yang baik pada daerah Amerika Utara untuk beberapa tahun. Hasil persilangannya dengan Bison Amerika disebut "Cattalo" dapat beradaptasi lebih baik di daerah dingin.

Apabila ternak dipindahkan ke lingkungan yang tidak dikenal, ternak tersebut dapat menjadi gelisah, lelah, kepanasan atau kedinginan. Semua kondisi tersebut akibat dari respon dalam tubuh ternak yang disebabkan oleh beragam faktor dalam lingkungan baru.

Yani dan Purwanto (2006) menyatakan bahwa sapi FH menunjukkan penampilan produksi terbaik apabila ditempatkan pada suhu lingkungan 18,3°C dengan kelembaban 55%. Bila melebihi suhu tersebut, ternak akan melakukan penyesuaian secara fisiologis dan secara tingkah laku (*behavior*). Usaha peternakan sapi FH di Indonesia, pada umumnya dilakukan pada daerah yang memiliki ketinggian lebih dari 800 m di atas permukaan laut, dengan tujuan untuk penyesuaian lingkungan.

Ada tiga tipe adaptasi secara fisiologis yang telah diketahui (Tomaszewska *et al.*, 1993) :

1. Aklimatisasi, merupakan proses yang kompleks dimana seekor hewan mampu menyesuaikan dirinya pada lingkungannya dimana ia harus hidup. Bila seekor ternak dibawa ke lingkungan baru dan mengalami stress yang amat berat maka ternak tadi akan gagal beraklimatisasi dan ternak tersebut akan merana. Hal ini sering terjadi bila ternak *temperate* dari daerah dingin dibawa ke daerah tropik. Biasanya aklimatisasi terhadap panas bisa bersifat temporer dan bisa permanen dan ini tergantung pada apakah panas yang hilang atau dilepaskan bertambah, berkurangnya produksi panas atau naiknya toleransi dari jaringan-jaringan tubuh terhadap fluktuasi naiknya suhu tubuh.

Reksohadiprodjo (1984) dan Payne (1990) menyatakan bahwa aklimatisasi permanen pada ternak akiba stres iklim dapat terjadi karena perubahan-perubahan kebiasaan hewan ternak atau reaksi fisiologik

yang didapat atau yang tidak didapat dari sifat keturunan. Seleksi alam atau buatan untuk memperoleh sifat-sifat morfologik dapat mendukung aklimatisasi ternak.

Tidak jarang kita temui bahwa sapi yang dibawa kesuatu daerah baru memperlihatkan tanda-tanda defisiensi mineral tertentu. Hal ini disebabkan oleh kehilangan keringat dan saliva sebelum adanya aklimatisasi, sedangkan sapi yang sudah terbiasa di daerah itu tidak memperlihatkan gejala tersebut.

2. Aklimasi, merupakan adaptasi yang timbul dari pengaruh peubah lingkungan tunggal yang biasanya pada situasi percobaan dalam ruangan yang iklimnya terkontrol.

3. Kebiasaan, adalah adaptasi yang melibatkan pengurangan respon terhadap rangsangan berulang dan biasanya terkait dengan penurunan persepsi setelah rangsangan yang berulang.

Adaptasi secara fisiologis oleh ternak terhadap lingkungan tropik bisa dalam bentuk berbeda. Hal ini termasuk; penurunan laju metabolis tubuh dan suhu tubuh yang bervariasi agar stres panas berkurang; penurunan pergantian air, sebagian oleh konsentrasi produk buangan pada urin, agar menghemat air tubuh; menghemat nitrogen dengan daur ulang urea, agar menyesuaikan kekurangan hijauan pada musim kering; dan toleransi berbeda pada konsentrasi garam pada air minum (Payne, 1990).

4.1. Pengaruh Suhu Udara :

Kemampuan organisme atau hewan untuk dapat bertahan pada suhu lingkungan, tidak sama. Secara normal suhu lingkungan yang dapat ditoleransi oleh organisme berkisar antara 0-40°C, tetapi beberapa hewan secara normal hidup pada suhu dibawah titik beku atau diatas suhu 50°C. Suhu lingkungan yang sesuai untuk melangsungkan kehidupan ternak yang nyaman disebut zona termonetral (TNZ = *Thermoneutral zone/comfort zone*).

Lebarnya kisaran suhu nyaman bagi ternak tergantung pada umur, spesies dan bangsa, level nutrisi, level produktifitas, kondisi kandang dan pen, insulasi termasuk tissue insulasi (lemak, kulit). Kisaran suhu yang sesuai bagi beberapa jenis ternak dapat dilihat pada Tabel 3.

Zona kenyamanan (*comfort zone*) ternak unggas adalah antara 13 – 27°C, karena ternak unggas terutama ayam termasuk pada kelompok hewan yang memiliki kemampuan untuk mempertahankan suhu tubuhnya tetap stabil pada suhu kisaran yang sempit walaupun suhu lingkungan berubah-ubah dalam kisaran yang luas (Yousef, 2000).

Tabel 3. Kisaran Suhu yang Nyaman Bagi Ternak

TERNAK	KISARAN SUHU YANG NYAMAN (°C)
Sapi perah, sedang menyusui/ dua minggu setelah melahirkan	4 – 24
Anak sapi (calves)	10 – 26
Sapi pedaging	4 – 26
Domba	4 – 24
Unggas :	
Fase Pertumbuhan(>10 hari)	13 – 27
Ayam petelur	7 – 21

Sumber : Yousef (2000)

Perubahan lingkungan yang secara serius cukup menantang bagi satu individu mungkin kurang menghasilkan respon yang dapat diukur pada individu lain. Kecakapan bertingkah laku kadang-kadang dihambat oleh praktik manajemen dan pada situasi seperti itu respon internal menjadi sangat menonjol. Selama faktor pengganggu ada, respon pertahanan yang cepat diganti oleh mekanisme adaptasi yang berlangsung lebih lama yang cenderung mengurangi beban fisiologis pada ternak. Dalam kapasitas genetiknya, ternak secara terus menerus menyesuaikan dirinya untuk mengatasi pengaruh kondisi lingkungan yang baru. Di lingkungan

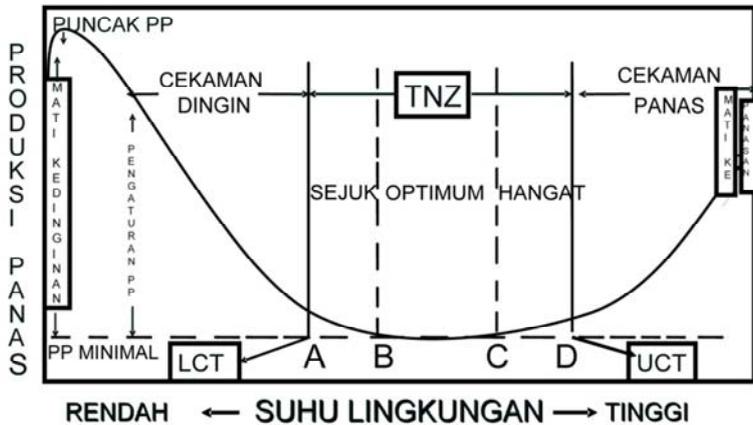
yang buruk, penyesuaian seperti ini diperlukan oleh ternak semata-mata untuk hidup. Kemampuan berkembang biak dan tumbuh harus ditambahkan dalam hal kelangsungan hidup.

Tingginya suhu lingkungan merupakan pengaruh langsung yang dapat mengakibatkan cekaman panas pada ternak dan secara tidak langsung mempengaruhi kualitas, kuantitas dan kontinuitas hijauan pakan. Suhu tinggi akan mempengaruhi suhu dan metabolisme tubuh sehingga akan terjadi akumulasi panas yang berlebihan dalam tubuh. Akibatnya konsumsi air akan meningkat sedangkan konsumsi pakan menurun yang akhirnya akan menurunkan bobot badan.

Tomaszewska *et al.* (1993) menyatakan bahwa apabila dihadapkan pada cekaman panas, prioritas tingkah laku ruminansia akan berubah dari kegiatan merumput dan mengkonsumsi pakan untuk menghindari kondisi yang tidak menyenangkan. Konsekuensi yang cepat adalah mengurangi konsumsi pakan dan energi metabolis yang tersedia. Gangguan lain terhadap keseimbangan energi berasal dari perubahan fisiologis, endokrin dan pencernaan yang selanjutnya menurunkan energi yang tersedia, dan konsekuensinya menurunkan produksi ternak.

Wilayah lingkungan dibagi berdasarkan perubahan produksi panas hewan, sehingga didapatkan batasan suhu nyaman bagi ternak. Kisaran suhu nyaman dan pola

perubahan produksi panas pada tubuh ternak akibat perubahansuhu lingkungan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kisaran Suhu Nyaman dan Pola Perubahan Produksi Panas pada Tubuh Ternak Akibat Perubahan Suhu Lingkungan (Yousef, 2000)

Daerah termoneutral terdiri atas 3 sub daerah, yaitu daerah dingin/sejuk (AB), daerah optimal (BC) dan daerah hangat (CD). Daerah AB : Daerah produksi panas tetap normal, namun ternak melakukan penyesuaian dengan tingkah laku/mekanisme otomatis untuk menghasilkan panas tubuh dalam rangka mengimbangi keadaan yang mulai dingin. Daerah BC : Daerah yang paling optimum untuk penampilan ternak (dimana terlihat produktifitas, efisiensi dan penampilan yang

optimum) dimana produksi panas tidak bergantung pada suhu lingkungan. Daerah CD : Daerah dengan produksi panas minimum, tetapi mekanisme termoregulasi telah mulai bekerja dengan cara meningkatkan diameter pembuluh darah (vasodilatasi) dan meningkatkan evaporasi untuk membuang panas. Pada daerah termonetral (TNZ)/*comfort zone*, dimana produksi panas metabolik tidak tergantung pada suhu udara, selain itu pada daerah tersebut ternak dapat memanfaatkan energi pakan untuk tumbuh atau berproduksi dan memanfaatkan energi yang paling rendah dalam pemeliharaan.

Jika suhu udara di bawah suhu kritis terendah (*low critical temperature/LCT*) maka tubuh ternak akan meningkatkan produksi panas (dengan meningkatkan konsumsi pakan) untuk menjaga agar tubuh tidak kedinginan dan ternak akan menggunakan energi lebih banyak untuk kehangatan tubuhnya. Ternak akan mati kedinginan bila beban dingin terus meningkat. Jadi dalam hal ini, ternak meningkatkan produksi panas untuk menghindari *hypothermia*. Demikian juga jika suhu udara di atas suhu kritis tertinggi (*upper critical temperature/UCT*) maka akan terjadi peningkatan produksi panas sebagai akibat dari usaha untuk mengimbangi beban panas dari luar tubuh yang pada akhirnya akan terjadi peningkatan suhu tubuh ternak. Ternak akan mati kepanasan jika beban panas terus meningkat.

Pada suhu lingkungan rendah ada beberapa tindakan yang harus dilakukan hewan berdarah panas untuk mencegah turunnya suhu tubuh. Penyesuaian terhadap pendinginan ini pertama-tama dengan *penyesuaian fisik* yaitu dengan pengurangan panas yang dilepas. Pengurangan panas yang dilepas dapat dicapai dengan mengurangi bagian permukaan yang terekspos terhadap dingin menjadi minimum, seperti posisi melingkar pada hewan saat beristirahat dalam dingin.

Bila penyesuaian fisik gagal mempertahankan suhu tubuh maka dilakukan *penyesuaian kimia* dengan. Meningkatkan produksi panas, hal ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu 1) Menggigil (*shivering*), yang merupakan kontraksi otot berirama, dengan frekuensi kira-kira 40 perdetik, dan 2) Tanpa adanya aktifitas otot yang terlihat (*nonshivering*/penyesuaian suhu tanpa menggigil). Hal ini secara dominan akibat pengaruh kalorigenik dari epinephrine dan nonepinephrine yang keduanya dilepas saat suhu menurun.

Pendekatan yang dilakukan hewan berdarah panas pada cuaca dingin menurut Campbell dan Lasley (1985):

1. Meningkatkan aktivitas thyroid.
2. Mengonsumsi pakan dalam jumlah besar
3. Mencari tempat berteduh dari angin dan dingin
4. Berhimpit-himpitan
5. Meningkatkan aktivitas olahraga dan menggigil.
6. Produksi bulu dan deposisi lemak subkutan
7. Mengurangi penguapan air dan kecepatan respirasi

Pendekatan yang dilakukan hewan berdarah panas pada cuaca panas :

1. Penguapan air
2. Menghindarkan sinar matahari
3. Penekanan aktivitas thyroid
4. Menghentikan kerja (seperti: bertelur, produksi susu/daging)

Secara fisiologis, ternak mengatasi tekanan panas dengan cara :

1. Radiasi : Pelepasan panas dalam bentuk pancaran panas yang keluar dari tubuh ternak. Mekanisme radiasi panas dari ternak ke lingkungan terjadi akibat perbedaan temperatur permukaan tubuh dan temperatur udara sekitarnya. Radiasi tergantung pada luas permukaan tubuh, suhu lingkungan, produksi panas tubuh. *Bos indicus* mempunyai kulit berlipat-lipat, permukaan tubuhnya lebih luas dibandingkan *Bos taurus*. Dengan demikian pelepasan panas *Bos indicus* lebih besar.
2. Konveksi : Pelepasan panas melalui gerakan aliran udara. Pada unggas pelepasan panas dengan cara ini terjadi melalui aliran udara dari jengger, pial, wajah, kaki, jari-jari, leher, tubuh dan sayap. Konveksi tergantung pada suhu permukaan, suhu udara, kecepatan pergerakan udara. Semakin banyak udara yang bergerak atau semakin cepat pergerakan udara maka semakin cepat pelepasan panas tubuh. Begitu juga semakin tinggi

suhu udara maka semakin cepat pula pelepasan panas tubuh.

3. Konduksi : Pemindahan panas dari media ke media lainnya yaitu dari benda lebih panas ke benda lebih dingin tergantung lama dan suhu media kontak. Konduksi terjadi dengan menyalurkan panas dari tubuh ternak ke permukaan benda, misalnya litter, lantai atau dinding kandang. Semakin lama sentuhan dengan media kontak maka semakin cepat pelepasan panas tubuh. Semakin rendah suhu media kontak maka semakin cepat pelepasan panas tubuh.

4. Evaporasi : Pelepasan panas yang paling umum dilakukan ternak dengan cara penguapan, baik melalui kulit maupun saluran pernafasan. Hal ini tergantung dari:

1. Luas permukaan tubuh ternak,
2. Frekuensi dan volume pernafasan,
3. Suhu, kelembaban, dan kecepatan perpindahan udara,
4. Suhu dan kelembaban kulit,
5. Air yang tersedia untuk penguapan,
6. Kondisi bulu penutup.

Semakin besar/luas permukaan tubuh ternak maka semakin besar pula pelepasan panas melalui penguapan. Begitu pula untuk frekuensi dan volume pernafasan serta air yang tersedia, berkorelasi positif terhadap pelepasan panas tubuh. Bulu yang tebal pada ternak akan mengurangi gerak udara atau menghalangi penguapan,

contohnya pada *Bos taurus* yang merupakan bangsa sapi yang berbulu panjang dan lebat. Campbell dan Lasley (1985) menyatakan bahwa ternak yang mempunyai luas permukaan yang relatif kecil dapat beradaptasi dengan baik pada iklim yang dingin, seperti pada bangsa sapi Eropah. Sebaliknya, sapi Zebu mempunyai luas permukaan yang tinggi (yang disebabkan gelambir yang besar, lipatan pusar dan telinga-telinga yang besar), dapat lebih baik beradaptasi pada daerah beriklim panas.

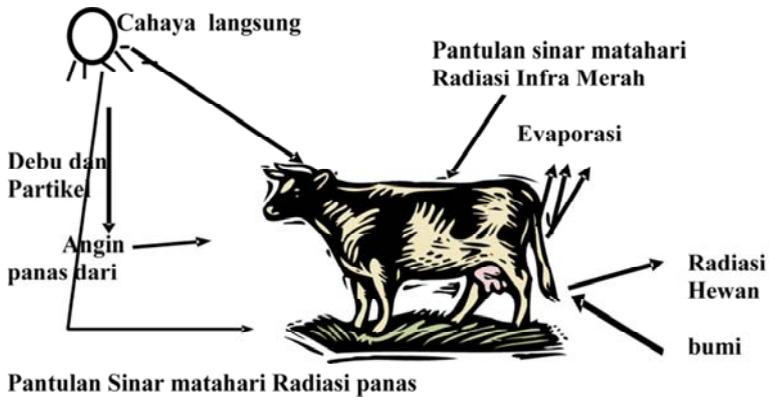
Banyak bangsa ternak yang berkembang di daerah beriklim sedang (*temperate*) dan secara alam memilih lingkungan yang sesuai. Ada beberapa ciri yang membedakan antara sapi India dari sapi Eropah: 1) Sapi India merupakan sapi yang mengeluarkan panas melalui radiasi terbaik. Badannya kecil, tetapi daerah permukaan per unit bobot badannya luas, telinga panjang dan kulitnya mempunyai sedikit bulu. Sebaliknya, sapi Eropah mempunyai lemak, berbulu, kulitnya padat, dan telinga relatif kecil. 2) Sapi India mempunyai sistem pendinginan dengan penguapan yang ekstensif, sehingga (Zebu/Brahman) dapat beradaptasi lebih baik pada iklim panas. Pada suhu termonetral, sapi Shorthorn mempunyai total kecepatan penguapan melalui kulit, dan pernafasan lebih besar dari pada sapi Brahman. Walaupun demikian apabila diekspos pada suhu tinggi, akan menyebabkan suhu rektal meningkat. Sapi Eropah tahan/toleran terhadap dingin. 3) Warna bulu sapi India lebih terang, disebabkan pantulan sinar matahari yang

lebih banyak dari sapi Eropah. 4) Sapi India lebih tahan terhadap kutu, lalat, nyamuk dan serangga lainnya dari pada sapi Eropa.

Hendaknya diingat bahwa energi radiasi matahari lebih banyak diserap oleh warna gelap dan direfleksi lebih banyak oleh warna yang lebih cerah, dengan demikian dapat diharapkan banyak sapi tropis yang berwarna kulit lebih terang. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Huitema (1986) bahwa warna kulit berpengaruh terhadap penyerapan panas matahari.

Penguapan air merupakan cara yang efektif dalam pendinginan tubuh. Banyaknya panas yang dilepas melalui penguapan per satu gram air kira-kira 0,58 kalori. Secara umum, pada suhu dan kelembaban yang normal, kira-kira 25% panas yang dilepas mamalia yang beristirahat adalah berupa air dari kulit dan saluran pernafasan. Pada ayam pelepasan itu lebih sedikit, rata-rata 17%.

Untuk mempertahankan hidup, produksi dan reproduksi yang baik hewan membutuhkan keseimbangan pertukaran energi yang baik antara tubuh dan lingkungan seperti terlihat pada Gambar 10. Kulit, bulu hewan (fur) atau bulu ternak unggas merupakan permukaan paling luar dari ternak yang berinteraksi langsung dengan fisiologi internal.



Gambar 10. Pertukaran Energi Antara Ternak dan Lingkungan (Gebremedhin, 2000)

Sumber energi/panas masuk ke dalam tubuh ternak melalui radiasi sinar matahari langsung, penyebaran sinar matahari, pantulan sinar matahari dari tanah atau dari bangunan, radiasi infra merah dari lingkungan alam atau atmosfer, dan radiasi panas bumi bila ternak diluar ruangan. Besarnya penambahan panas yang berasal dari radiasi matahari di daerah tropis dapat mencapai empat kali lebih besar dari produksi panas hasil metabolisme. Selain itu sumber panas berasal dari metabolisme basal, pencernaan makanan di dalam rumen, kegiatan otot, proses produksi

Ternak akan kehilangan energi/panas kelingkungan melalui konduksi; dengan persamaan: $H_{cd} = Ac(T_1-T_2)$.

k/d , dimana A_c = Area kontak, T_1 dan T_2 = suhu tubuh pada kontak, k = *thermal conductivity*, dan d = ketebalan benda penghalang; konveksi, dengan persamaan $H_{cv} = kA(T_i - T_e) \cdot V$, dimana T_i = suhu permukaan tubuh, T_e = Suhu udara, V = kecepatan aliran udara.; radiasi, dengan persamaan $H_r = A\sigma eT^4$, dimana A = profil dari kulit atau bulu, σ = Konstanta Stefan Boltzmann ($1,37 \times 10^{-12}$ cal/sec cm^2), e = emisifitas dari kulit atau bulu dan T = Suhu mutlak permukaan kulit ($^{\circ}K$ atau $^{\circ}C + 273$), dan evaporasi; dengan persamaan: $H_e = A_w(E_s - E_a) \cdot V$. dimana A_w = daerah basah dari tubuh, E_s = Tekanan uap air pada kulit, E_a = Tekanan uap air pada udara sekitar (Hafez and Dyer, 1969).

Bila suhu udara lebih dingin dari suhu permukaan ternak, energi akan hilang dari ternak ke udara melalui konveksi dan konduksi. Bila suhu udara lebih panas dari suhu permukaan ternak, konveksi akan menambah panas pada ternak

Pada penelitian yang mempelajari pengaruh lingkungan terhadap kondisi fisiologis ternak sapi maka peubah yang diamati biasanya kondisi iklim dan fisiologis sapi. Peubah iklim meliputi suhu udara minimum-maksimum, kelembaban udara relatif, kecepatan angin dalam kandang, radiasi matahari dan curah hujan. Peubah fisiologis sapi terdiri atas konsumsi pakan, konsumsi air minum, suhu rektal, suhu

permukaan kulit, laju denyut jantung, frekuensi pernafasan, suhu tubuh, potensi pendinginan (*cooling potensial*) dan keefisienan pendinginan (*cooling efficiency*). Suhu udara biasanya diukur pada pagi hari pukul 06.00 – 08.00 dan siang hari pada pukul 12.00 – 14.00. Cara mengukur peubah iklim dapat dilihat pada faktor-faktor lingkungan (Bab II)

Untuk peubah fisiologis, yaitu konsumsi pakan (dalam kg) dihitung dengan mengurangkan jumlah pakan yang diberikan dengan sisa yang tidak dimakan setiap hari. Konsumsi air minum (dalam kg) diperoleh dengan menghitung selisih antara air yang diberikan dengan sisa yang tidak diminum setiap hari. Suhu rektal (TR) diukur dengan memasukkan *thermometer* ke dalam rektal sedalam lebih kurang 10 cm selama tiga menit. Suhu permukaan kulit diukur pada empat titik lokasi pengukuran yaitu punggung (A), dada (B), tungkai atas (C) dan tungkai bawah (D). Rataan suhu permukaan kulit (TS) dihitung berdasarkan rumus McLean et al. (1983) yang disitasi oleh Qisthon (1997); $TS = 0,25 (A+B) + 0,32 C + 0,18 D$. Laju denyut jantung diukur dengan cara menempelkan stetoskop di dekat tulang axilla (dada) sebelah kiri selama satu menit. Frekuensi pernafasan (RR) diukur dengan cara menghitung gerakan bagian *flank* selama satu menit. Suhu tubuh (Tb) tercatat dalam derajat *Celsius* dan dihitung dengan menggunakan rumus $Tb = 0,86 TR + 0,14 TS$. Nilai *cooling potential* (CP, dalam

kJ) dihitung berdasarkan persamaan Purwanto et al. (1996), yaitu $CP = 4,19 \times (bTB-TW) \times Wi$; dimana bTB adalah suhu tubuh sebelum diberi perlakuan ($^{\circ}C$), TW adalah suhu air minum ($^{\circ}C$), dan Wi adalah konsumsi air minum (Kg). *Cooling efisiensi* (CE, dalam %) dihitung dengan menggunakan rumus Purwanto et al. (1996), yaitu $CE = (3,47 \times \delta T \times BB)/CP$, dimana $\delta T = aTB - bTB$, adalah selisih antara suhu tubuh minimum setelah perlakuan (aTB) dengan suhu tubuh sebelum perlakuan (bTB), dan BB adalah rataan bobot tubuh sapi.

Suatu hasil penelitian Shafie (2000) yang menguji pengaruh cekaman panas akibat radiasi sinar matahari (pukul 12:00 sampai dengan 14:00) terhadap respon fisiologis kerbau dibandingkan dengan sapi dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa stres panas yang hebat karena radiasi matahari langsung selama musim panas subtropik di Mesir menyebabkan peningkatan suhu tubuh dan kecepatan pernafasan lebih besar dan lebih cepat pada kerbau daripada kedua bangsa sapi setempat dan bangsa sapi impor dari daerah *temperate* seperti *dairy shorthorn*.

Tabel 4. Pengaruh Cekaman Panas Akibat Radiasi Sinar Matahari (Pukul 12:00 sampai dengan 14:00) terhadap Respon Fisiologis Bangsa Kerbau Dibandingkan Bangsa Sapi

Respon Fisiologis (Meningkat)	Bangsa Sapi			
	Kerbau	Egyptian	Dairy Shorthorn	Sh. Egyptian
Suhu tubuh (°C)	1.7	0.3	1.5	1.5
Permukaan bulu (°C)	-	1.5	2.9	3.1
Permukaan kulit (°C)	2.3	1.3	2.6	2.6
Kecepatan Pernafasan/menit	70.0	14.0	47.0	100.0
Kecepatan nadi/menit	18.0	6.0	19.0	11.0
Tekanan arteri (mmHg)	23.0	3.0	50.0	20.0

Sumber : Shafie (2000)

Pengaruh yang timbul akibat cekaman panas terhadap kondisi fisiologis ternak umumnya adalah :

1. Nafsu makan dan konsumsi pakan menurun
2. Konsumsi air minum meningkat
3. Bobot badan, produksi susu dan telur menurun
4. Penurunan anabolisme dan peningkatan katabolisme
5. Peningkatan pelepasan panas melalui penguapan,
6. Peningkatan respirasi
7. Perubahan konsentrasi hormon dalam darah

8. Peningkatan suhu tubuh dan tidak berjalannya mekanisme termoregulasi
9. Peningkatan denyut jantung

4.2. Pengaruh Kelembaban Udara

Kelembaban relatif udara merupakan faktor kedua yang sangat penting dan berhubungan dengan suhu udara. Pada suhu udara yang tinggi yang disertai kelembaban yang tinggi pula, menyebabkan masalah atau gangguan pengeluaran uap air melalui pernafasan. Kelembaban udara dari daerah yang satu dengan daerah lainnya tidak sama. Kelembaban udara harian di Indonesia berkisar 60-90%. Kelembaban udara di atas 75% menurunkan tingkat penguapan melalui pernafasan dan menyebabkan cekaman panas.

Indonesia beriklim panas, dimana terdapat :

1. Intensitas sinar matahari yang tinggi menyebabkan peningkatan suhu udara sehingga akibatnya ternak menerima panas semakin besar.
2. Kandungan air di udara yang tinggi akan mengakibatkan tingginya kelembaban sehingga menghambat proses penguapan dari permukaan tubuh ternak.

Pada kenyataannya, interaksi antara kedua faktor tersebut akan sangat menentukan tingkat kenyamanan ternak. Secara umum, kelembaban yang tinggi akan meningkatkan ketidaknyamanan hewan yang diekspos

baik untuk pada suhu yang dingin maupun pada suhu yang panas untuk waktu yang singkat. Ketika ternak membutuhkan pendinginan pada saat panas, uap air di udara akan menyebabkan kehilangan panas tubuh melalui pernafasan menjadi lebih sulit. Sedangkan pada suhu dingin, uap air yang ada di udara akan meningkatkan laju kehilangan panas dari tubuh.

Pada penelitian yang menguji pengaruh kelembaban terhadap kondisi fisiologis ternak maka parameter kelembaban udara biasanya diukur pada pagi hari pukul 06.00 – 08.00 dan siang hari pada pukul 12.00 – 14.00.

Hubungan besaran suhu dan kelembaban udara biasa disebut "*indeks suhu kelembaban/Temperature Humidity Index*" (*THI*), yang dihitung dengan menggunakan rumus $THI = t\ DBT + t\ WBT + 41,2$, dengan $t\ DBT$ = Suhu bola kering, $t\ WBT$ = Suhu bola basah .

Tingkat kelembaban memiliki pengaruh atas:

1. Laju kehilangan panas dari ternak, terutama pada suhu ambang batas tertinggi. Bila suhu lingkungan mencapai suhu tubuh ternak, maka penguapan merupakan cara untuk membuang panas.
2. Penyebaran penyakit dan parasit:
Misal: Kambing yang dipelihara di wilayah basah cenderung lebih mudah mati karena infeksi parasit/penyakit lain dari pada yang dipelihara di wilayah kering

4.3. Stres, Resistensi dan Kerentanan Ternak terhadap Stres

Stres adalah suatu gambaran umum yang merujuk pada penyesuaian fisiologis, seperti perubahan detak jantung, laju pernafasan, suhu tubuh, tekanan darah yang terjadi selama ternak dibiarkan terhadap kondisi yang merugikan. Secara keseluruhan stres menggambarkan keadaan mencekam ternak dan menyebabkan gangguan metabolisme dalam tubuh ternak. Stres akibat suhu lingkungan dapat dikategorikan pada dua kelompok yaitu stres panas (*heat stress*) dan stress dingin (*cold stress*). Stres panas (*heat stress*) adalah suatu cekaman pada ternak yang disebabkan suhu udara yang melebihi zona nyaman (*comfort zone*) sedangkan stress dingin (*cold stress*) adalah suatu cekaman pada ternak yang disebabkan suhu udara yang lebih rendah dari zona nyaman (*comfort zone*).

Penyebab stres panas pada ternak antara lain adalah perubahan suhu lingkungan, tinggi tempat (*altitude*), ketakutan, perkelahian, pengangkutan, hiperaktif, bahan yang mengandung racun dan defisiensi zat-zat makanan. Apabila ternak dihadapkan pada suatu faktor penyebab stress (*stressor*) seperti perubahan suhu lingkungan yang tinggi maka secara cepat terjadi perubahan dari hormon endokrin.

Pada usaha peternakan, satu faktor yang menyebabkan stres yang penting ditinjau dari segi ekonomi adalah cekaman panas (*heat stress*). Apabila

ternak diekspos pada suhu tinggi, akan memperlihatkan *polypnea* (pernafasan yang cepat dan dangkal, yaitu pernafasan dengan frekuensi antara 200-400 tiap menit dengan mulut terbuka). Keterengah-engahan biasanya diikuti dengan peningkatan pengeluaran ludah (*saliva*). Pada kondisi peningkatan kecepatan pernafasan ini dapat menyebabkan peningkatan pendinginan secara penguapan pada pernafasan yang cukup banyak apabila kelembaban udara yang panas tersebut tidak terlalu tinggi. Pendinginan secara penguapan ini terjadi pada saluran pernafasan bagian atas dan bukan pada paru-paru.

Beberapa faktor penyebab stres menurut Parakkasi (1995) yaitu : Pemindahan atau transportasi/pengangkutan; pemeliharaan dalam kandang yang luasnya tidak cukup (berdesak-desakan); menyatukan hewan yang berlatar-belakang berbeda; penggantian sistem pemeliharaan (misalnya dari pastora ke kandang); cuaca (suhu, kelembaban dan radiasi matahari); penyapihan; suara, terutama yang aneh buat hewan bersangkutan dan penanganan rutin (misalnya identifikasi dengan *tag/brand*, *dehorning*, kastrasi, vaksinasi, pengobatan parasit internal/eksternal dan lain sebagainya).

Pada suhu tinggi, konsumsi pakan ternak lebih rendah dengan demikian produksi panas tubuhnya berkurang. Sebagai akibat dari penurunan konsumsi

pakan, maka produktifitas (telur, daging, susu dan wol) juga berkurang.

Transportasi menyebabkan ternak mengalami urinasi dan defikasi lebih sering terutama pada awal perjalanan, sehingga ternak akan kehilangan bobot badan. Disamping itu, ternak juga kehilangan air, bukan saja disebabkan karena lebih sering urinasi tetapi juga karena bernafas dan berkeringat. Manifestasi dari stres transportasi selain pengurangan bobot badan adalah penurunan persentase karkas, luka-luka, kekurangan nafas atau O₂, dan kekurangan glikogen otot sebelum pemotongan.

Tanda-tanda ternak terkena stres panas :

1. Bernafas cepat, terengah-engah dan sayap direntangkan (pada unggas).
2. Berkeringat (pada ruminansia)
3. Nafsu makan berkurang
4. Kotoran basah disebabkan mencret
5. Pingsan, jalan sempoyongan dan kejang
6. Lamban dan lesu
7. Kanibalisme meningkat dan kualitas karkas lebih jelek
8. Bobot badan ringan, kulit kasar dan warnanya tidak menarik
9. Produksi susu dan telur menurun
10. Bobot telur menurun dan kualitas kerabangnya jelek

11. Pada ayam bibit, fertilitas menurun karena kurangnya frekuensi kawin, kualitas semen yang kurang subur

Tubuh ternak mempunyai simpanan pertahanan alami untuk melawan kondisi-kondisi yang merugikan (*stressor*). Pertahanan ini berupaya mempertahankan kondisi internal yang membuat ternak mampu mempertahankan kondisi tubuh sehingga tetap dapat melanjutkan proses kehidupannya ("*homeostatis*"). Misal : Bila suhu rendah menyebabkan ternak menggigil dan terjadi aktivitas-aktivitas yang menghasilkan panas lainnya. Sebagian energi yang disimpan dalam karbohidrat/lemak dilepas dan dikonversikan menjadi panas tubuh oleh proses metabolisme.

Penyesuaian dalam metabolisme yang terjadi selama periode stres dibantu dengan pelepasan hormon tertentu yaitu :

1. *Epinephrine* dan *norepinephrine* dari medulla adrenal
2. Steroid-steroid adrenal dari cortex adrenal
3. *Thyroxyn* dari kelenjar *thyroid*.

Sebelum melangkah pada hal lebih lanjut, perlu diketahui definisi berikut :

1. Glikogen : Adalah senyawa kimia yang mirip pati, terdapat dalam tubuh hewan (hati dan otot) sebagai cadangan makanan.
2. Glikogenesis : Adalah pembentukan glikogen dari glukosa dalam hati dan otot.

3. Glikolisis : Adalah proses pemecahan glikogen dalam plasma sel daging dengan bantuan hormone menjadi asam laktat, asam piruvat, hydrogen dan energi dalam bentuk ATP.

Peranan hormon :

1. *Epinephrine* : Membantu merombak lemak tubuh serta glikogen yang tersimpan hati dan otot untuk menyediakan sumber energi yang tersedia.
2. *Epinephrine* dan *norepinephrine*: Membantu mempertahankan sirkulasi darah yang seksama pengaruhnya terhadap jantung dan pembuluh darah.
3. Steroid-steroid adrenal : Efektif dalam memperkuat kemampuan jaringan untuk tanggap selama stres.

Hormon thyroxin dan adrenalin sangat berperan dalam suhu tubuh. Aktivitas dari kedua hormon tersebut akan menurun apabila suhu lingkungan naik dan sebaliknya. Parakkasi (1995) menyatakan bahwa hormon tiroid meningkatkan metabolisme; dengan demikian meningkatkan energi yang dapat digunakan oleh hewan.

Proses Stres :

Bila stress terjadi, kontraksi otot akan meningkat sehingga memerlukan suatu laju aliran darah yang meningkat dalam otot. Penyesuaian sirkulasi tersebut dibuat berdasarkan permintaan nutrisi, oksigen dan kebutuhan akan pengaturan suhu. Seringkali sistem sirkulasi tidak mampu menyediakan jumlah darah yang

dibutuhkan untuk mempertahankan suhu yang tepat dan untuk mendukung kontraksi yang berlangsung dalam otot. Pada saat seperti ini suhu otot akan meningkat dan otot akan terkuras sampai oksigen yang tersimpan akan mencapai tingkat dibawah normal.

Apabila permintaan pada jaringan otot begitu besar sehingga metabolisme aerob menghasilkan energi yang tidak mencukupi, maka terjadi perombakan glikogen anaerob, sehingga kondisi yang tak wajar dapat berkembang dalam otot, dimana serabut putih mendominasi. Perombakan glikogen pada kondisi anaerob ini menyebabkan pembentukan asam laktat yang didukung oleh aksi epinephrine. Karena asam laktat tidak dapat dirombak dalam serabut otot kerangka putih, maka asam ini harus dihilangkan atau diangkut menuju hati untuk ditransformasi menjadi glikogen, atau menuju jantung, dimana asam ini dapat digunakan secara langsung untuk energi. Ternak-ternak yang mengakumulasi asam laktat yang berlebihan dalam ototnya memerlukan suatu penghentian (adaptasi) dari kondisi-kondisi yang menyebabkan stres. Untuk hal ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk membuang asam laktat yang berlebihan pada otot-ototnya. Bila asam Laktat yang memasuki pembuluh darah semakin banyak, dapat menyebabkan asidosis dan dapat mengakibatkan kematian.

Akibat dari stres adalah otot kekurangan glikogen. Dengan waktu dan nutrisi yang memadai, glikogen dapat

disimpan kembali dalam otot dengan jumlah yang wajar (sekitar satu persen dari bobot otot). Adapun waktu pengembalian cadangan glikogen sampai normal di dalam otot sekitar 3-4 hari

Respon ternak terhadap stres yang diakibatkan faktor-faktor lingkungan berbeda tergantung pada : Spesies, bobot, umur, jenis kelamin, daya tahan stres bawaan dan status emosional dari ternak.

Secara umum adaptasi terhadap cekaman panas terbagi tiga fase yaitu fase alarm, fase resisten dan fase payah. Pada fase alarm ini ditandai dengan peningkatan tekanan darah, kontraksi otot, percepatan respirasi dan kandungan glukosa dalam darah meningkat. Hormon yang mempunyai peranan dalam fase alarm ini adalah hormon adrenalin yang dihasilkan pada ujung syaraf dan hormon norepinepherin (noradrenalin) yang dihasilkan oleh medulla adrenal. Selain hormon yang dihasilkan oleh kelenjar adrenal, hormon yang berasal dari hypothalamus juga berperan pada fase alarm ini, dimana hypothalamus mensekresikan *corticotrophin releasing hormone factor* (CRF) ke hypopise anterior. Selanjutnya hypopise anterior mensintesa *adreno corticotrophin* (ACTH) dan selanjutnya disekresikan keseluruh pembuluh darah. Jaringan corticoadrenal bertanggung jawab terhadap ACTH dengan peningkatan sintesa dan pelepasan steroid.. Pada ayam hasil akhir adalah ditandai dengan peningkatan hormon kortikosteron dan kortisol dalam darah.

Hormon kortikosteron dan kortisol diklasifikasikan sebagai glukokortikoid dan bertanggung jawab terhadap fase resisten. Peranan utama hormon ini adalah pada perubahan metabolik yaitu pada peristiwa glukoneogenesis yaitu perubahan dari non karbohidrat yaitu protein yang masuk kedalam darah dan diubah menjadi energi.

Resistensi stres dan Kerentanan Stres

Ternak yang sangat rentan mengalami *stroke*, *shock* dan kegagalan sirkulasi apabila dibiarkan terhadap suatu *stresor*. Bahkan suatu stres ringan, tidak berkaitan dengan suhu tinggi bisa menyebabkan kematian. Misalnya pada babi dikenal '*porcine stress syndrome*'. Dengan tanda-tanda perototan yang ekstrim (gemetar), gelisah dan pemerahan warna kulit.

Ternak yang rentan stres memiliki suhu tidak wajar, glikolisis cepat (pH menurun), asam laktat semakin banyak, ATP terkuras, warna otot pucat, tekstur lunak dan basah setelah 18-24 jam pendinginan (*pale, soft, exsudative*).

Ternak yang resisten stres mampu mempertahankan suhu normal dan kondisi homeostatik dalam otot-ototnya meskipun stres relatif berat. Ternak yang resisten stres ini, dapat mengatasi stress dengan mengorbankan simpanan glikogen otot.

Defisiensi glikogen otot:

Defisiensi glikogen pada otot terjadi bila ternak bertahan terhadap stres seperti : kelelahan, berkelahi, terkekang, puasa, gelisah, terkena kejutan listrik atau injeksi adrenalin. Defisiensi glikogen otot dapat menyebabkan kecepatan glikolisis yang lamban setelah kematian.

4.4. Keseimbangan Panas

Kesulitan utama dalam mempertahankan hidup, produksi dan reproduksi yang baik pada dataran rendah tropik adalah kenyataan bahwa hewan sering tidak mampu mempertahankan suhu tubuhnya dalam batas-batas yang normal. Keseimbangan suhu tubuh terjadi apabila keseluruhan penambahan panas (*heat gain*) diimbangi oleh seluruh kehilangan panas (*heat losses*). Produksi panas melebihi kemampuan pembuangan panas yang maksimum (*maximum heat loss*) menyebabkan kematian setelah ayam menunjukkan cekaman panas yang intens (akut) atau cekaman panas yang berlangsung dalam waktu lama (kronis). Suhu tubuh ayam harus dijaga sekitar 41 °C atau lebih, ayam akan mati apabila suhu tubuh meningkat sebanyak 4°C atau lebih (DEFRA, 2005).

Perolehan/Penambahan Panas (*Heat Gain*)

Penambahan panas tubuh ternak berasal dari aktivitas produksi panas metabolisme basal, produksi panas pencernaan, aktivitas otot dan proses produksi

(Payne, 1990). Produksi panas dari pencernaan tergantung pada jumlah bahan makanan yang dikonsumsi dan komposisinya, yakni persentase protein dan serat kasar. Penambahan panas (*heat gain*) dalam tubuh ternak tergantung pada :1. Iklim lingkungan (suhu, kelembaban, angin, radiasi sinar matahari.), 2. Cadangan panas tubuh, 3. Konsumsi pakan dan air, 4. Fermentasi saluran pencernaan, 5. Aktivitas otot, 6. Tingkat produksi, 7. Genotip dan 8. Manajemen.

Yousef (2000) menyatakan bahwa sumber penambahan panas (*heat gain*) berasal dari pakan, cadangan panas tubuh, fermentasi rumen/caecum dan lingkungan. Perolehan panas dipengaruhi oleh *calorigenichormone* (yaitu hormon yang mampu memacu metabolisme untuk menghasilkan panas), proses produksi (susu, daging dan wool), aktivitas otot dan sistem pemeliharaan

Ada perbedaan dalam metabolisme basal diantara bangsa-bangsa sapi. Sapi Zebu (*Bos indicus*) mempunyai produksi panas dari metabolisme basal yang lebih rendah dari pada sapi Eropah (*Bos taurus*). Bangsa-bangsa sapi Indonesia yang asli, sapi Bali (*Bos banteng*) dan sapi Madura (*Bos banteng* x *Bos indicus*) dalam hal ini juga lebih menyerupai *Bos indicus* dari pada *Bos taurus*.

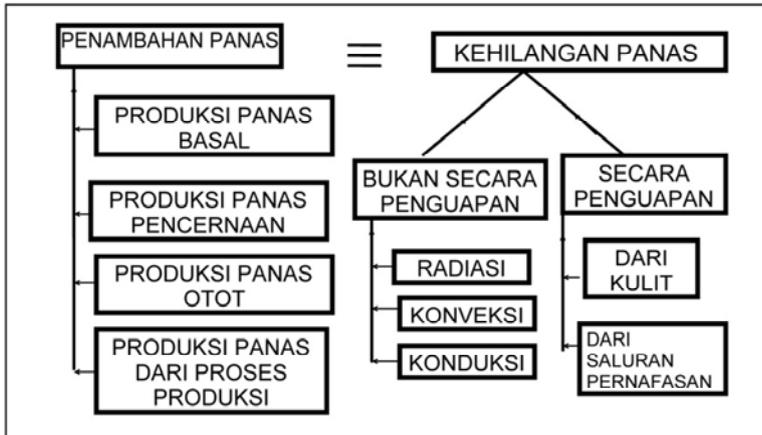
Pengeluaran /kehilangan panas (*Heat losses*)

Kehilangan panas (*heat losses*) tubuh terjadi melalui proses radiasi, konveksi dan konduksi dan penguapan air

oleh kulit dan alat pernafasan. Atau dengan kata lain Kehilangan panas (*heat losses*) tubuh dapat melalui dua cara yaitu 1). Pendinginan dengan cara penguapan (yaitu pelepasan panas melalui pernafasan dan melalui kulit), dengan catatan suhu udara lebih rendah dari suhu tubuh, serta 2). Pendinginan dengan cara selain penguapan (radiasi, konveksi dan konduksi). Kehilangan panas dari tubuh ternak tergantung pada :1. Iklim (suhu, kelembaban, angin, radiasi sinar matahari), 2. Genotip, 3. Manajemen, 4. Morphology :Luas permukaan tubuh dan bulu penutup tubuh, kecepatan aliran darah dan respirasi. Yousef (2000) menyatakan kehilangan panas tubuh dipengaruhi oleh luas permukaan tubuh, bulu penutup tubuh, pertukaran air, aliran darah dan lingkungan (suhu, kelembaban, angin).

Menurut Huitema (1986) pada peternakan di Surabaya yang sapi Grati betina nya ditempatkan di dalam kandang berdinding 1,40 m dimuka dan dikedua sisinya, kehilangan panas melalui radiasi, tidak begitu berarti karena panas yang dipancarkan dari tubuh hewan sebagian besar dipantulkan oleh dinding dan lantai. Kehilangan panas melalui konduksi mungkin lebih penting karena lantai sering basah karena percikan hewan dan pelimpahan alat persediaan air. Namun air minum itu sendiri akan segera menyerap suhu lingkungan. Kehilangan panas melalui konveksi tergantung pada suhu permukaan (kulit), suhu udara,

kecepatan pergerakan udara. Untuk lebih jelas mengenai keseimbangan panas dapat dilihat Gambar 11.



Gambar 11. Keseimbangan Panas (Payne, 1990)

Bila panas tubuh terlalu berlebihan atau rendah dapat menyebabkan kematian bila keadaan tersebut berlangsung lama.

4.5. Termoregulasi Pada Ternak

Termoregulasi (pengaturan suhu tubuh) adalah suatu sistem/proses pada hewan homeotermik (berdarah panas) untuk mempertahankan suhu tubuh agar relatif tetap konstan walaupun suhu lingkungannya berubah-ubah diatas atau dibawah suhu netral, sehingga aktifitas biologis dalam tubuh tetap dapat berjalan secara optimum. Proses ini akan aktif bila hewan mulai merasa tidak nyaman.

Seperti kita ketahui hewan secara garis besar dapat digolongkan menjadi hewan berdarah panas (homeotermik) dan hewan berdarah dingin (poikilotermik). Ternak yang berdarah panas dalam mempertahankan hidupnya, suhu tubuh tidak tergantung pada suhu udara. Maksudnya walaupun suhu udara dingin atau panas tetapi suhu tubuh tetap stabil. Ternak berdarah dingin suhu tubuhnya sangat ditentukan oleh suhu udara. Apabila fluktuasi suhu udara tinggi maka perubahan suhu tubuh juga besar. Hal ini terlihat pada lebah madu dan ulat sutra.

Karakteristik termoregulasi setiap hewan tidak sama. Oleh karena itu kita perlu pengetahuan tentang hal tersebut bila kita ingin berhasil menurunkan panas tubuh hewan. Ternak ayam mempunyai karakteristik suhu tubuh bagian dalam yang lebih tinggi dari pada ternak lainnya, serta ritmis suhu hariannya sangat berhubungan dengan siklus siang dan malam. Level suhu tubuh ayam terlihat tinggi pada siang hari dan rendah saat malam hari. Termoregulasi pada ayam tidak hanya berhubungan dengan suhu lingkungan, tetapi juga berhubungan erat dengan keadaan terang dan gelap. Pada keadaan terang, ayam umumnya terlihat aktif dengan produksi panas yang tinggi, sementara ketika lampu dipadamkan atau pada saat senja, ayam akan beristirahat dan menurunkan suhu tubuh dan secara cepat akan menyebarkan panas tubuhnya dalam waktu singkat.

Karakteristik termoregulasi ternak sapi dapat diketahui dari perubahan level suhu tubuh dan ritmis harian suhu tubuh. Untuk hal ini kita perlu mengetahui tipe suhu tubuh dari berbagai jenis ternak domestik seperti tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Tipe Suhu Tubuh dari Ternak Domestik

Tipe ternak	Suhu tubuh (°C)
Kuda	37,2 -38,2
Unta	36,0-38.0
Kerbau	36,0 -38,5
Sapi	38,0 -39,3
Domba	38,3 – 39,9
Kambing	38,7 – 40,7
Babi	38,9 – 39,4
Unggas (Ayam)	41,9
Itik	42,1
Angsa	41,3
Kalkun	41.2

Sumber : Payne (1990)

Perubahan suhu tubuh ditentukan oleh dua hal, yaitu 1). Adanya ritmis harian dimana suhu rektal akan rendah pada pagi hari dan tinggi pada senja sampai malam hari serta 2). Adanya variasi dalam suhu tubuh yang sejalan dengan suhu lingkungan dan level nutrisi yang diberikan. Peningkatan suhu tubuh tergantung pada tingkat atau lamanya waktu pengekposan (pendedahan) pada suhu lingkungan tinggi dan produksi

panas tubuh. Hal ini sesuai dengan pendapat Parakkasi (1995) bahwa peningkatan suhu tubuh hewan dapat dibagi atas 2 menurut sebabnya: 1) pengaruh dari luar/lingkungan (misalnya radiasi matahari); 2) yang disebabkan oleh proses dalam tubuh hewan itu sendiri (metabolisme)

Pengaturan suhu tubuh tersebut yaitu dengan cara menyeimbangkan panas antara perolehan panas dengan pelepasan panas (Payne, 1990) sebagai berikut :

$$M = E \pm F \pm Kd \pm Kv \pm R, \text{ dimana :}$$

M = perolehan panas (metabolis + tubuh)

E = pelepasan panas melalui evaporasi

F = perolehan/pelepasan panas pencernaan makanan

Kd = perolehan/pelepasan panas melalui konduksi

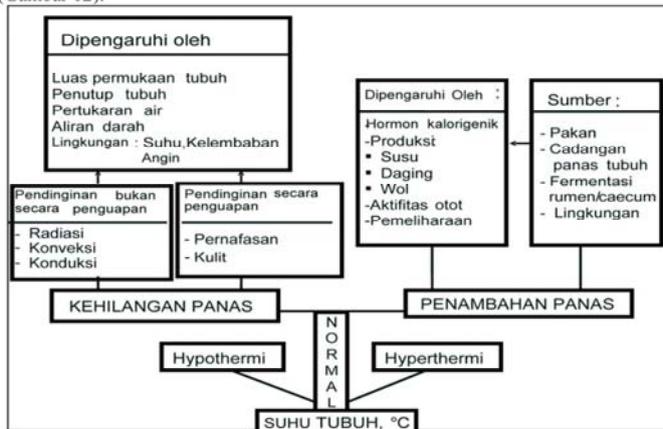
Kv = perolehan/pelepasan panas melalui konveksi

R = perolehan/pelepasan panas melalui radiasi

Panas yang dibentuk di dalam tubuh diperoleh dari panas dari hasil kegiatan metabolisme di dalam tubuh dan panas dari luar tubuh. Produksi/perolehan panas di dalam tubuh antara lain berasal dari metabolisme basal, panas hasil kegiatan pencernaan (fermentasi rumen/caecum), kerja dari otot dan cadangan panas di dalam tubuh. Perolehan/penambahan panas yang berasal dari luar tubuh adalah dari lingkungan antara lain yaitu dari sinar matahari dan radiasi panas dari bumi. Perolehan/penambahan panas dipengaruhi oleh hormon

kalorigenik, aktifitas produksi, aktifitas otot dan pengelolaan. Pelepasan panas/kehilangan panas (heat loss) tubuh dapat melalui dua cara yaitu 1). Pendinginan dengan cara penguapan (yaitu pelepasan panas melalui pernafasan dan melalui kulit) serta 2). Pendinginan dengan cara selain penguapan. (radiasi, konveksi dan konduksi). Kehilangan panas dari tubuh ternak dipengaruhi oleh luas permukaan tubuh, bulu penutup tubuh, pertukaran air, aliran darah dan lingkungan (suhu, kelembaban dan angin).

Yousef (2000) menyatakan hewan berdarah panas (homeotermik) selalu menjaga suhu tubuh tetap konstan dengan menjaga keseimbangan panas tubuh, yaitu antara penambahan panas (HG) dan kehilangan panas (HL) harus seimbang (Gambar 12).



Gambar 12. Suhu Tubuh Sebagai Suatu Keseimbangan Penambahan Panas dan Kehilangan Panas (Yousef, 2000)

Bila penambahan panas lebih besar dari kehilangan panas, maka terjadi peningkatan suhu tubuh ternak dari suhu tubuh normal. Keadaan ini disebut *hyperthermia*, sebaliknya bila penambahan panas lebih kecil dari kehilangan panas, maka terjadi penurunan suhu tubuh ternak dari suhu tubuh normal. Keadaan ini disebut *hypothermia*

Pada kondisi produksi panas atau beban panas lebih besar, ternak berusaha melepaskan panas sebanyak-banyaknya baik secara *sensible* (radiasi, konduksi dan konveksi) dan *insensible* (penguapan melalui pernafasan dan melalui kulit/berkeringat).

Ternak ruminansia mempunyai kelenjar keringat. Oleh karena itu pengeluaran/disipasi panas tubuhnya melalui kulit dengan cara berkeringat (*sweating*) dan melalui pernafasan. Sapi Zebu memiliki kelenjar keringat lebih besar dan lebih efektif dari pada sapi Eropa. Dibandingkan dengan manusia, sapi lebih sedikit berkeringat. Dibandingkan dengan kerbau, domba, kambing, dan babi, sapi juga kurang dapat berkeringat. Meskipun demikian pengeluaran panas tubuhnya diimbangi dengan naiknya frekuensi pernafasan. Pengeluaran panas tubuh secara penguapan melalui saluran pernafasan dikenal dengan istilah *panting/hyperpnea/thermal polypnea*. Ada dua kerugian dari pernafasan dipercepat yaitu 1) Terjadinya pertukaran

O₂/CO₂ diintensifkan sehingga menyebabkan gangguan keseimbangan asam/basa dan 2) Penggunaan otot bertambah banyak sehingga glikogen otot terkuras (kehabisan tenaga).

Sapi India mempunyai sistem pendinginan dengan cara penguapan yang ekstensif, sehingga dapat beradaptasi lebih baik pada iklim panas. Pada suhu termonetral, sapi Shorthorn mempunyai total kecepatan penguapan melalui kulit dan pernafasan lebih besar dari pada sapi Brahman.

Bulu atau rambut yg tebal pada ternak dapat mengurangi disipasi panas melalui evaporasi (penguapan) karena hal tersebut dapat mengurangi gerakan udara pada kulit dan menahan lapisan uap air yang menyelimuti permukaan tubuh ternak, sehingga menurunkan efisiensi disipasi panas secara evaporasi.

Unggas tidak mempunyai kelenjar keringat, dengan demikian unggas tidak dapat berkeringat untuk mekanisme pendinginan panas tubuhnya, sehingga apabila terjadi cekaman panas pengaruh yang ditimbulkan cenderung lebih besar dibandingkan dengan hewan yang mempunyai kelenjar keringat. Unggas meningkatkan penguapan air/mengeluarkan panas dari dalam tubuhnya dengan terengah-engah (*panting/hyperpnea/thermal polypnea*) dan dengan

pertolongan kantong udara yang berhubungan dengan paru-parunya yang berfungsi sebagai pengatur panas tubuhnya. (Gambar 13). Hal ini menyebabkan berkurangnya karbon dioksida dan ion bikarbonat dalam darah. Keadaan ini diduga menjadi alasan mengapa muncul telur-telur yang bercangkang tipis yang dihasilkan pada cuaca yang sangat panas.

Selain membuang panas, aktifitas *panting* yang dilakukan ayam juga merupakan pemborosan energi karena aktifitas *panting* ini akan mengakibatkan hilangnya energi sebesar 540 kalori. Hal ini yang menyebabkan pertumbuhan ayam terhambat saat stress panas. Apa yang terjadi jika suhu tubuh ayam tetap tinggi meski telah melakukan *panting* ?. Jika hal itu terjadi maka ayam akan menjadi lemah, pingsan dan dapat mengalami kematian. Hal itu disebabkan tubuh ayam mengalami ketidak seimbangan pernafasan, sirkulasi udara dan elektrolit, bila stress panas berlangsung lama.

Bligh (2000) menyatakan bahwa *panting* terjadi pada reptilia dan unggas dan juga terjadi pada kebanyakan mamalia. Selain itu dikatakan secara umum bahwa *panting* merupakan suatu proses kehilangan panas tubuh dengan cara penguapan pada hewan bertulang belakang (*Vertebrates*).



Gambar 13. Pendinginan Tubuh Secara Penguapan Melalui Pernafasan pada Ayam ('panting').

(Sumber: <http://lintangrinastiti.blogspot.co.id/2013/05/heat-stress-cekaman-panas-pada-ayam.html>)

Panting akan terjadi pada ayam dewasa apabila suhu udara melampaui 30°C. Frekuensi pernafasan dapat meningkat dari 22 kali/menit sampai 200 kali/menit apabila suhu udara berubah dari 27°C menjadi 45°C dalam waktu 20 menit. Pada suhu diatas 38°C pengaturan suhu tubuh ayam hampir seluruhnya bergantung pada kehilangan panas laten. *Panting* berkepanjangan mengakibatkan pengeluaran karbon dioksida yang terlalu banyak dalam darah dan akhirnya

berakibat naiknya pH darah (*respiratory alkalosis*). Hal ini sesuai dengan pernyataan DEFRA, (2005) bahwa peningkatan frekuensi nafas membuang CO₂ dalam jumlah besar dan meningkatkan pH darah sehingga terjadi alkalosis. Kadar kalium dan fosfat darah menurun, sedangkan natrium dan klorida meningkat. Konsekuensi dari *panting* yaitu dapat menurunkan laju pertumbuhan atau justru menurunkan bobot badan.

Mekanisme pengeluaran panas (pendinginan tubuh) dengan cara selain penguapan pada ayam yaitu : 1. Memperluas areal permukaan tubuh, biasanya ayam melebarkan dan menggantungkan sayap pada kedua sisinya. 2. Meningkatkan aliran darah perifer (tepi) terutama dibagian jengger, pial maupun kaki. Proses ini disebut *peripheral vasodilatation*.

Pemeliharaan pada suhu ruangan yang tinggi berdampak ekonomi yang mendalam terhadap daya hidup, laju pertumbuhan, produksi telur, kualitas kerabang telur dan efisiensi penggunaan pakan.

Mekanisme termoregulasi merupakan sebuah hasil kerja dari beberapa organ tubuh yang saling berhubungan (Gambar 14). Pada mekanisme ini terlibat dua jenis sensor, yaitu sensor panas dan sensor dingin yang berlokasi di beberapa tempat di jaringan perifer (ekstero reseptor) maupun jaringan tubuh bagian dalam (intero reseptor). Kedua sensor ini akan mengirim sinyal ke syaraf pusat, kemudian sinyal ini oleh syaraf pusat diolah dan hasilnya akan dikirim ke syaraf motorik

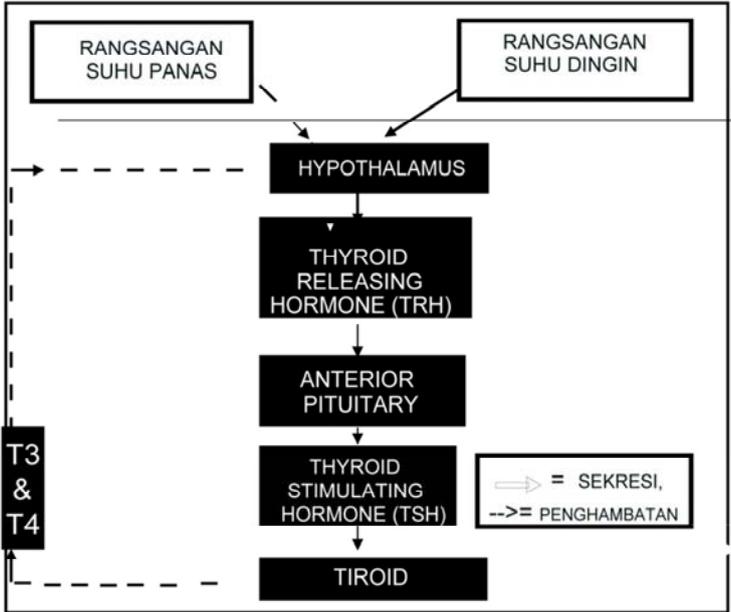
untuk dilanjutkan keseluruh tubuh, terutama jantung dan paru-paru. Bila suhu panas maka sensor panas akan memberikan sistem syaraf pusat untuk mengatur pengeluaran panas yaitu dengan meningkatkan frekwensi pernafasan dan denyut jantung. Dengan meningkatnya denyut dan intensitas kontraksi



Gambar 14. Diagram Mekanisme Termoregulasi dari Mamalia (Bligh, 2000)

jantung maka keluaran jantungnya (*cardiac output*) akan meningkat pula yang berakibat meningkatnya sirkulasi di dalam pembuluh perifer sehingga kelebihan panas tubuh oleh aliran darah diedarkan kepermukaan kulit sehingga dapat keluar melalui radiasi konveksi, konduksi, maupun evaporasi (penguapan). Selain itu sinyal balik juga akan menerima darah untuk mengetahui keefektifannya.

Hormon-hormon yang berperan dalam mekanisme termoregulasi menurut Ganong, (1983) adalah hormon yang bersifat "*calorigenic*" yaitu mampu memacu metabolisme untuk menghasilkan panas. Hormon tersebut adalah hormon tiroid, kortisol dan hormon pertumbuhan. Aktifitas tiroid mempengaruhi pergerakan saluran pencernaan dan laju pergerakan makanan baik pada ruminansia maupun non ruminansia. Pada suhu lingkungan yang tinggi, ternak mengalami cekaman panas maka akan terjadi penghambatan keluarnya *thyroid releasing hormone* (TRH) dari hipotalamus sehingga terlambat pula keluarnya *thyroid stimulating hormone* (TSH) dari anterior pituitary dan menyebabkan sekresi T3 (triiodotironin) dan T4 (tetraiodotironin/tiroksin) yang dihasilkan kelenjar tiroid menurun, seperti tertera pada Gambar 15. Hal ini akan menurunkan retensi nitrogen dan deposisi protein dalam otot sehingga dapat merugikan pertumbuhan ternak. Setiap mamalia memerlukan tiroksin untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Sebaliknya pada suhu rendah atau adanya rangsangan suhu dingin akan melancarkan sekresi *thyroid releasing hormone* (TRH) dari hipotalamus sehingga lancar pula sekresi *thyroid stimulating hormone* (TSH).



Gambar 15. Mekanisme Umpan Balik Sekresi Hormon Akibat Perubahan Suhu Lingkungan (Ganong, 1983)

Frandsen (1992) menyatakan bahwa hewan-hewan yang mengalami suhu dingin yang berkepanjangan juga mengalami peningkatan pelepasan hormon tiroid, dengan akibat peningkatan metabolisme untuk peningkatan produksi panas internal

Produksi hormon pertumbuhan antara lain dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi glukosa dan asam

amino serta berperan dalam sintesa DNA, RNA dan protein, sehingga mempunyai efek positif pada pertumbuhan ternak.

4.6. Kebutuhan Zat Makanan Selama Cekaman Panas

1. Energi :

Energi dibutuhkan untuk semua proses yang berlangsung dalam tubuh ternak. Energi merupakan faktor penting mempengaruhi konsumsi ternak. Sering dikatakan bahwa ternak makan untuk memenuhi kebutuhan energi dan panas tubuhnya.

Kebutuhan energi dipengaruhi oleh: umur, ukuran tubuh, pertumbuhan, kebuntungan, laktasi, aktivitas otot dan lingkungan

Sumber utama energi adalah karbohidrat, dimana hasil akhir metabolismenya berupa asam lemak terbang (asam. asetat, propionat dan butirat). Pada ternak ruminansia kebanyakan sumber energi dapat ditemui pada rumput dan hijauan. Pada unggas dan babi sumber energi kebanyakan dapat ditemui pada jagung.

Peningkatan pemberian energi yang mudah dicerna pada ransum dapat diupayakan untuk memperbaiki produktivitas ternak di daerah tropik. Tillman *et al.*, (1983) menyatakan bahwa bila hewan diberi makan protein dan energi yang dihasilkan melebihi kebutuhan pokoknya, maka hewan tersebut akan menggunakan

kelebihan tersebut untuk pertumbuhan dan produksi. Hewan muda menyimpan energi terutama untuk bentuk protein, sedangkan hewan dewasa dalam bentuk lemak.

2. Lemak :

Heat Increment (HI) adalah peningkatan dalam produksi panas menyusul konsumsi pakan oleh ternak dalam suatu lingkungan termonetral. Misalnya : Panas fermentasi dan energi yang dikeluarkan pada proses pencernaan. Pada daerah dingin, panas tersebut dapat digunakan untuk pemeliharaan suhu tubuh, di daerah panas, harus dikeluarkan dari tubuh dengan jalan disipasi dan atau konveksi ke udara lingkungan.

Lemak mempunyai HI terendah diikuti oleh karbohidrat dan protein. Formulasi pakan dengan HI rendah dapat dicapai dengan mengurangi hijauan dan meningkatkan pemberian konsentrat.

Penambahan lemak pada ransum akan meningkatkan kepadatan energi dan melindungi pakan berserat untuk dicerna dalam rumen. Ransum berkadar lemak tinggi akan meningkatkan produksi susu, menurunkan suhu tubuh dan laju respirasi sapi.

3. Protein :

Pemberian protein perlu dipertimbangkan, karena diperlukan untuk memenuhi kebutuhan mikroba rumen dalam memaksimalkan pertumbuhannya dan kebutuhan ternak sendiri. Sehingga perlu diperhatikan pemberian

pakan sumber protein yang tahan degradasi dalam rumen (*by pass protein*) agar bahan makanan dapat langsung dicerna dalam usus halus dan diserap langsung oleh induk semang.

Pastora di musim kemarau diasumsi hanya kaya akan energi dibanding dengan kadar protein, terutama bila hijauan tersebut sudah menjadi tua. Bila menggunakan butiran (*grain*) untuk meningkatkan kadar protein, maka jumlah yang dibutuhkan untuk mencapai kadar protein yang sama akan lebih banyak. Karena jumlahnya banyak, maka hewan tidak akan banyak mengkonsumsi hijauan dan berarti tidak ekonomis.

4. Air :

Tubuh ternak harus dapat mencukupi air untuk mengimbangi air yang hilang. Pemasukan air juga diperlukan untuk pembentukan jaringan-jaringan baru atau untuk membantu produksi ternak seperti produksi air susu, dan telur.

Kebutuhan air pada ternak bervariasi tergantung: spesies, bobot hidup, konsumsi (bahan kering) pakan, status fisiologis, tingkat kehilangan air dari tubuh dan suhu lingkungan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan air untuk ternak berasal dari 1) air metabolis yang diperoleh dari oksidasi substrat organik jaringan, 2) air yang terkandung dalam pakan yang masuk dan 3) air minum, yang mana paling nyata secara kuantitas untuk memenuhi air selama stres pada ternak.

Kebutuhan air sapi pedaging pada suhu lingkungan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Air Sapi Pedaging pada Suhu Lingkungan yang Berbeda

Suhu lingkungan	Kebutuhan air
>35°C	8-15 kg air/kg DMI
25-35° C	4-10 kg air/kg DMI
15-25° C	3- 5 kg air/kg DMI (muda) >10-50% (menyusui)
-5-15° C	2 - 4 kg air/kg DMI
<-5° C	2- 3 kg air/kg DMI

Sumber : Contrad, 2000)

Keterangan : DMI/ *Dry Matter Intake* = Konsumsi bahan kering

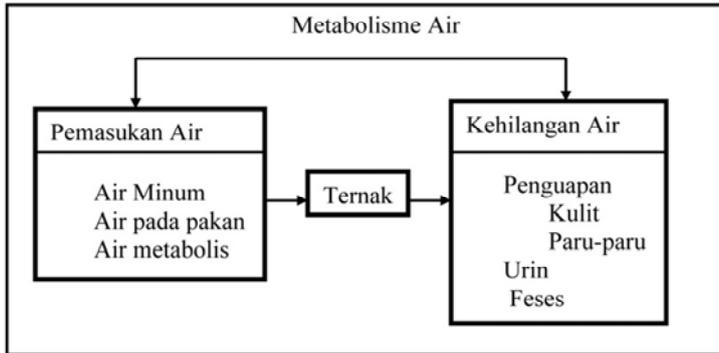
Parameter air minum yang berkualitas baik ialah mempunyai pH netral (5-8), tidak mengandung logam berat dan tidak terkontaminasi bakteri *E. coli*. Kandungan garam dalam air minum , seperti *potassium bicarbonate* atau *potassium chloride* dalam jumlah yang sesuai dapat membantu menekan pengaruh stres panas. *Potassium chloride* dalam air minum dengan konsentrasi 0,25-0,5%

bisa membantu menyeimbangkan elektrolit di dalam tubuh ayam.

Kehilangan air pada ternak dapat melalui cara : 1) Penguapan melalui kulit dan paru-paru, 2) Urinasi dan 3) Pengeluaran feses. Sumber pemasukan air dan cara kehilangan air pada ternak dapat dilihat pada Gambar 16.

Domba mengkonsumsi air lebih sedikit dari pada sapi. Tetapi dengan meningkatnya suhu lingkungan maka akan meningkat pula konsumsi airnya. Domba mengkonsumsi 2kg air per kilogram bahan kering pada suhu antara 0°C -15°C. Untuk domba yang sedang laktasi mengkonsumsi air 4kg air per kilogram bahan kering pada suhu antara 0°-15°C.

Pada kondisi ternak terkena cekaman panas, tingkatkan pemberian air 1,2 – 2 kali dari pemberian air yang normal. Keterbatasan air pada cekaman panas dapat menimbulkan penurunan nafsu makan (*anoreksia*), konsumsi pakan (*feed intake*), volume urine, kehilangan air melalui feses dan total air tubuh. Selain itu dapat meningkatkan denyut jantung, laju pernafasan, suhu rektal, dan konsentrasi larutan darah



Gambar 16. Metabolisme Air; Sumber Pemasukan Air dan Cara Kehilangan Air (Yousef and Johnson, 2000).

5. Mineral :

Mineral dibutuhkan dalam proses metabolisme tubuh antara lain sebagai precursor bagi sintesa enzim, hormon dan untuk pertumbuhan. Pada daerah tropik, ketersediaan mineral untuk kebutuhan yang optimal bagi seekor ternak merupakan masalah dalam pemeliharaan ternak. Rendahnya jumlah pakan yang dikonsumsi pada suhu lingkungan tinggi dan rendahnya kandungan beberapa mineral pada hijauan daerah tropik akan berdampak pada rendahnya jumlah mineral yang dikonsumsi oleh ternak (Williamson dan Payne, 1993).

Pada kondisi ternak terkena cekaman panas, tingkatkan pemberian mineral 10-12% dari biasa. Usaha

untuk menyeimbangkan panas (homeostasi) dapat dilakukan dengan pengaturan konsentrasi mineral dan strategi pengaturan pakan yang tepat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian mineral buffer (NaHCO_3) pada ternak sapi meningkatkan konsumsi bahan kering (*dry matter intake*/DMI), konsumsi air (*water intake*), produksi susu dan persentase lemak dibandingkan perlakuan lain. Pemberian CaCl_2 menghasilkan pengaruh negatif terhadap konsumsi pakan, produksi susu dan sistem asam basa.

Peningkatan Na dari 0,18%-55% (NaCl dan NaHCO_3 sebagai sumber Na) selama musim panas meningkatkan DMI dan produksi susu. Ada penambahan kebutuhan Na selama stres panas. Selama fase panas pengeluaran Na lewat urin 1,5 kali lebih besar dari fase dingin.

Na dan K sangat penting untuk kebutuhan pokok keseimbangan air dan keseimbangan asam-basa pada stres panas. Kondisi stres panas pada sapi akan kehilangan mineral K yang lebih besar, yang dibuang melalui keringat. Defisiensi K diperparah dengan menurunnya konsumsi pakan pada stres panas. Parakkasi (1995) menyatakan bahwa dalam proses pengangkutan hewan akan mengalami kehilangan air (dehidrasi) dari saluran pencernaan dan selanjutnya dari sel. Hal ini menyebabkan K keluar dari sel dan hanya Na yang dapat digunakan untuk memelihara keseimbangan elektrolit. Akibatnya, pertumbuhan lambat, penggunaan energi menurun, kelemahan urat daging, penurunan

tingkat konsumsi, asidosis intraseluler, kelainan syaraf dan lain sebagainya.

Mineral Ca nyata mempengaruhi DMI dan produksi susu serta lebih responsif pada musim kemarau dibandingkan musim dingin. Kurva regresi menunjukkan pengaruh konsentrasi Mg sangat jelas, namun pada musim dingin pengaruhnya sangat kecil.

Pada burung, stres panas dapat mengganggu absorpsi P dan ekskreta akan bertambah sehingga P dalam keadaan keseimbangan negatif. Selama stres panas penyerapan dan retensi P akan kurang, dengan demikian kebutuhan P akan lebih banyak selama stres panas dibanding suhu netral.

6. Vitamin :

Hijauan segar, silase atau hay yang berkualitas baik banyak mengandung karotenoid yang dapat diubah menjadi vitamin A dalam kondisi tertentu di dalam tubuh ternak. Sedangkan bahan pakan lainnya (kecuali jagung kuning) sangat kecil kadar karotennya. Hendaknya diperhatikan bahwa vitamin A dan E, merupakan vitamin yang tidak tersintesis oleh mikroba rumen dan termasuk vitamin yang rusak dalam rumen.

Kesanggupan hewan untuk menabung vitamin A dan atau karoten dalam hati merupakan suatu mekanisme proteksi alamiah untuk mencegah defisiensi vitamin A atau karoten dalam ransumnya. Sapi dapat menyimpan karoten dan vitamin A dalam hati bila dalam

pakan yang diberikan mengandung karoten dan vitamin A yang lebih besar dari yang dibutuhkan.

Pada kondisi cekaman panas dapat menurunkan sekitar 30% vitamin A yang tersimpan dalam hati. Sumber provitamin A dan E terdapat pada hijauan pakan. Hijauan muda lebih kaya provitamin A dibanding yang tua.

Mikoba rumen pada ternak ruminansia dapat mensintesa vitamin B-Kompleks, dan vitamin K, namun demikian suplemen sumber vitamin yang lain perlu dipertimbangkan dalam ransum ternak ruminansia.

Pemberian vitamin pada ternak ayam saat mengalami stres panas akan membantu meningkatkan stamina tubuh dan membantu menekan pengaruh stres tersebut. Vitamin yang berperan saat stres panas adalah vitamin C, E, K, A, Biotin dan riboflavin.

Daftar Pustaka

- Altan, O., Pabuccuoğlu A., Altan A., Konyalioğlu S, and Bayraktar H. 2003. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *Br. Poult. Sci.*44:545–550.
- Berrong, S. L., and Washburn, K.W. 1998. Effects of genetic variation on total plasma protein, body weight gains, and body temperature responses to heat stress. *Poult. Sci.* 77:379–385
- Bligh, J. 2000. Temperature regulation. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Campbell, J.R. and Lasley J.F 1985. *The science of animals that serve humanity*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Cahaner, A., Pinchasov Y., Nir I and Nitsan Z. 1995. Effects of dietary protein under high ambient temperature on body weight, breast meat yield, and abdominal fat deposition of broiler stocks differing in growth rate and fatness. *Poult. Sci.* 74:968–975.
- Collin A, Vaz M.J and Le Dividich, J. 2002. Effects of high

- temperature on body temperature and hormonal adjustments in piglets. *Reproduction. Nutrition Development* 42, 45–53.
- Condrad, J.H. 2000. Feeding of farm animal in hot and cold environmental. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida
- Department for Environmental Food and Rural Affair (DEFRA). 2005. *Heat Stress in Poultry : Solving the Problem*.
- Departement for Environmen, Food and Rural Affairs. *Printes in the UK*, hal: 2, 2005.
- Deyhim, F. and Teeter, R.G. 1991. Sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environment. *Poult. Sci.*70, 2551–2553.
- DIRJENNAK, 1983. *Usaha peternakan. perencanaan usaha, analisa dan pengelolaan*. Direktorat Bina Usaha Petani Peternak dan Pengolahan Hasil Peternakan. Departemen Pertanian . Jakarta. (h: 23 – 26).
- DIRJENNAK, 1994. *Pedoman teknis perusahaan peternakan. Cetakan pertama. Bagian Proyek Pembinaan Usaha Petani Ternak Pusat*. Jakarta.
- Erwan E., Chowdhury V.S., Nagasawa M., Goda R, Otsuka T., Yasuo S and Furuse M. 2014. Oral administration of D-aspartate, but not L-aspartate,

- depresses rectal temperature and alters plasma metabolites in chicks. *Life Sciences*,109: 65–71.
- Frandsen R. D. 1992. Anatomi dan fisiologi ternak. Edisi ke empat. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ganong, W.J. 1983. Review of medical physiology listed. Maruzen Asia.
- Gebremedhin, K.G. 2000. Heat exchange between livestock and the environment. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Hafez, E.S.E and Dyer I.A. 1969. Animal growth and nutrition. Lea and Febiger. Philadelphia.
- <http://lintangrinastiti.blogspot.co.id/2013/05/heat-stress-cekaman-panas-pada-ayam.html>
- Huitema, H. 1986. Peternakan di daerah tropis arti ekonomi dan kemampuannya. Yayasan Obor Indonesia dan PT. Gramedia, Jakarta.
- Junus, M. 1995. Teknik membuat dan memanfaatkan gas bio. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kiroh, H.J. 1997. Respon fisiologis ternak sapi terhadap suhu lingkungan panas. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor. Hal 1– 19.
- Lawrie, R. A. 1995. Ilmu daging. Edisi ke lima. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Le Dividich J, Noblet J, Herpin P, van Milgen J, Quiniou N, Wiseman J, Varley MA and Chadwick JP 1998. Thermoregulation. In *Progress in Pig Science* (ed. J Wiseman, MA Varley and JP Chadwick), pp. 229–

263. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Lefaucheur L, Le Dividich J, Mourot J, Monin G, Ecolan P and Krauss D 1991. Influence of environmental temperature on growth, muscle and adipose tissue metabolism, and meat quality in swine. *Journal of Animal Science* 69, 2844–2854.
- LIN, H., Decuyper, E. and Buyse, J. (2006) Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 144: 11–17. doi:10.1016/j.cbpa.2006.01.032.
- McNaughton, S.J. and Wolf L.L. 1990. *Ekologi umum*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hal 1 – 28.
- Murfi A. 1995. Pengaruh waktu pemberian pakan terhadap respon termoregulasi sapi Fries Holland dara. *Media Peternakan* Vol. 19, No. 2: Hal: 104-112. Bogor.
- Murfi A., Sudono A., Purwanto B.P. dan Manalu W. 2003. Respon termoregulasi sapi Peranakan Ongole (PO) dara dengan naungan atau tanpa naungan pada pemberian pakan yang berbeda. *Forum Pascasarjana Institut Pertanian Bogor* Vol. 26 No. 1 : hal. 31-39.
- Parakkasi, A. 1995. *Ilmu nutrisi dan makanan ternak*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

- Payne, W.J.A. 1990. An introduction to animal husbandary in tropics. Fourth Edition. Longman Scientific and Technical. Singapore. Hal. 4 – 32.
- Qisthon A. 1997. Respon termoregulasi dan plasma metabolit sapi dara Peranakan Fries Holland (PFH) pada pemberian air minum dengan suhu yang berbeda. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Quiniou N and Noblet J. 1999. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science* 77, 2124–2134.
- Renaudeau D, Quiniou N and Noblet J. 2001. Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science* 79, 1240–1249
- Renaudeau1, D., Collin A ., Yahav S., de Basilio V., Gourdine J.L and. Collier. R.J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress. *Animal* 707–728 & The Animal Consortium 2011 in livestock production.
- Sanches W.K., McGuire, M.A. and Beede, D.K. 1994. Macro mineral nutrition by heat stress intersection in dairy cattle. *Review Journal of Dairy Sci.* 77.
- Setiawan, A. I. 1996. Memanfaatkan Kotoran Ternak. Penebar swadaya. Jakarta.

- Shafie, M.M. 2000. Physiological responses and adaptation of water buffalo. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Soemarwoto, O. 1985. *Ekologi, lingkungan hidup dan pembangunan*. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Soeratmo, F.G. 1988. *Analisis mengenai dampak lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Reksohadiprodjo, S. 1984. *Pengantar ilmu peternakan tropik*. BPFE, Yogyakarta.
- Tan, G.Y., Yang L., Fu YQ., Feng, J.H and Zhang M.H. 2010. Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens. *Poult. Sci.* 89 :115–122.
- Tillman, A.D. Hartadi, H., Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo, S. dan Lebdosoekojo, S. 1981. *Ilmu makanan ternak dasar*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tohir, KA. 1985. *Butir-butir Tata lingkungan*. Penerbit PT. Bina Aksara. Jakarta. (h: 29 – 34).
- Tomaszewska, M.W., Mastika, I.M., Djajanegara, A., Gardner, S., and Wiradarya T.R., 1993. *Produksi Kambing dan Domba di Indonesia*. Sebelas Maret University, Surakarta. Page 64 – 78
- Yani A. dan Purwanto B.P. 2006. Pengaruh iklim mikro terhadap respon fisiologis sapi Peranakan Fries Holland (PFH) dan modifikasi lingkungan untuk

- meningkatkan produktivitasnya. *Media Peternakan* April 2006: 35-46. Bogor.
- Yousef, M.K, 2000. Measurement of heat production and heat loss. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. Hal. 10 – 17.
- Yousef, M.K, 2000. Thermoneutral zone. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida
- Yousef , M.K. and H.D. Johnson, 2000. Body fluid and thermal environment. In *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida
- Wahyuni, I. 1996. Respon fisiologis ternak selama stres. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Washburn, K. W.,. Peavey R, .and Renwick G. M. 1980. Relationship of strain variation and feed restriction to variation in blood pressure and response to heat stress. *Poult. Sci.* 59:2586–2588.
- Williamson, G. And W.J.A. Payne, 1993. Pengantar peternakan di daerah tropis. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.