



# **DIKTAT FISIOLOGI LINGKUNGAN PETERNAKAN**

**Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.**

**FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
2021**



## **DIKTAT FISILOGI LINGKUNGAN PETERNAKAN**

**Mata Kuliah : Fisiologi Lingkungan Peternakan**  
**Sks : 3 sks**  
**Semester : 3**  
**Program Studi : S1 Peternakan**  
**Fakultas : Peternakan dan Pertanian**

**Disusun oleh:**  
**Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.**

**FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**SEMARANG 2021**

# DIKTAT FISILOGI LINGKUNGAN PETERNAKAN

<b>Mata Kuliah</b>	<b>: Fisiologi Lingkungan Peternakan</b>
<b>Sks</b>	<b>: 3 sks</b>
<b>Semester</b>	<b>: 3</b>
<b>Program Studi</b>	<b>: S1 Peternakan</b>
<b>Fakultas</b>	<b>: Peternakan dan Pertanian</b>

**Disusun oleh:**  
**Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.**

**Uk. 15,5cm x 23cm (xx + 150 hlm)**

**ISBN : 978-979-097-817-1**



diterbitkan oleh :  
**UNDIP PRESS  
SEMARANG**

*Hak Cipta dilindungi Undang-Undang Dilarang  
memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara  
apapun termasuk fotokopi tanpa izin tertulis dari penerbit*

## ANALISIS INSTRUKSIONAL MATA KULIAH BIOLOGI

Mampu menyatakan (A3) status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mempertunjukkan (P3) respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem



Mampu menyatakan (A3) status ternak (stress atau tidak) pada kondisi lingkungan yang panas dengan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mempertunjukkan (P3) sistem keseimbangan panas dan termoregulasi pada ternak tersebut

Mampu menyatakan (A3) status asam-basa pada ternak dengan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mempertunjukkan (P3) sistem keseimbangan asam-basa dan mineral dalam tubuh ternak

Mampu menyatakan (A3) produktivitas ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mempertunjukkan (P3) pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan, produksi susu, produksi telur dan reproduksi

Mampu menyatakan (A3) status kesehatan ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mempertunjukkan (P3) tingkat kesehatan dan tingkah laku ternak pada kondisi lingkungan tertentu

Mampu mengevaluasi (C5) dan mempertunjukkan (P3) rekayasa lingkungan untuk meningkatkan produktivitas dan kesehatan ternak



## KATA PENGANTAR

Lingkungan merupakan faktor yang sangat penting dalam budidaya peternakan. Diantara faktor lingkungan, suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kondisi fisiologis ternak. Pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, ternak akan menggunakan sebagian besar energinya untuk mempertahankan kondisi homeostasis di dalam tubuhnya sehingga berdampak terhadap berkurangnya alokasi energi untuk pertumbuhan dan produksi ternak. Sebagai mata kuliah wajib pada Program Studi Sarjana (S1) Peternakan, Fisiologi Lingkungan Peternakan memberikan dan membekali mahasiswa sehingga mereka mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem. Diktat ini memuat beberapa bab dalam mata kuliah Fisiologi Lingkungan Peternakan terutama yang disampaikan setelah ujian tengah semester (UTS). Pokok bahasan dalam diktat ini meliputi keseimbangan panas dan termoregulasi pada ternak, keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak, keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak, pengaruh stres lingkungan terhadap pertumbuhan dan produksi susu, pengaruh stres lingkungan terhadap reproduksi dan produksi telur, pengaruh stres lingkungan terhadap kesehatan dan tingkah laku ternak dan rekayasa lingkungan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro dan semua kolega di Laboratorium Fisiologi dan

Biokimia Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Akhirnya penulis berharap diktat ini dapat memberikan manfaat terutama kepada mahasiswa Program Studi S1 Peternakan.

Semarang, Agustus 2021

Hormat kami,

Penulis

Email: [sugiharto@lecturer.undip.ac.id](mailto:sugiharto@lecturer.undip.ac.id)

## DAFTAR ISI

ANALISIS INSTRUKSIONAL.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR ILUSTRASI .....	xvii
TINJAUAN MATA KULIAH.....	1
I. Deskripsi singkat .....	1
II. Relevansi .....	1
III. Kompetensi .....	2
1.1. Standar kompetensi.....	2
1.2. Kompetensi dasar .....	2
IV. Petunjuk belajar .....	3
BAB I KESEIMBANGAN PANAS DAN TERMOREGULASI PADA TERNAK .....	5
1.1. PENDAHULUAN .....	5
A. Deskripsi singkat .....	5
B. Relevansi .....	5
C. Kompetensi.....	6
C.1. Standar kompetensi .....	6
C.2. Kompetensi dasar .....	6
D. Petunjuk belajar .....	6
1.2. PENYAJIAN .....	6
A. Hewan poikiloterm dan homeoterm .....	6
B. Keseimbangan panas di dalam tubuh ternak .....	8
C. Mekanisme perubahan panas tubuh.....	9
D. Pengukuran suhu tubuh .....	11
E. Termogenesis.....	12



F.	Metabolisme dan termogenesis .....	15
G.	Hubungan antara bobot badan dengan produksi dan pelepasan panas.....	17
H.	Peran hormon terhadap termogenesis.....	18
I.	Konsep dasar termoregulasi.....	20
J.	Respon ternak terhadap perubahan suhu lingkungan .....	21
K.	Proses termoregulasi pada ternak .....	23
1.3.	PENUTUP .....	26
A.	Rangkuman.....	26
B.	Tes formatif .....	27
C.	Umpan balik .....	27
D.	Tindak lanjut.....	28
E.	Kunci jawaban tes formatif.....	28
	Daftar pustaka .....	29

BAB II	KESEIMBANGAN ASAM-BASA DI DALAM TUBUH TERNAK .....	31
2.1.	PENDAHULUAN .....	31
A.	Deskripsi singkat .....	31
B.	Relevansi .....	31
C.	Kompetensi.....	32
	C.1. Standar kompetensi .....	32
	C.2. Kompetensi dasar .....	32
D.	Petunjuk belajar .....	32
2.2.	PENYAJIAN .....	32
A.	Pengertian keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak.....	32
B.	Pengontrolan pH oleh sistem buffer .....	34
C.	Pengontrolan pH oleh paru-paru.....	36
D.	Pengontrolan pH oleh ginjal .....	38

E.	Gangguan keseimbangan asam-basa dan upaya kompensasinya.....	40
F.	Pengaruh lingkungan terhadap keseimbangan asam-basa pada ternak .....	43
2.3.	PENUTUP .....	44
A.	Rangkuman.....	44
B.	Tes formatif .....	44
C.	Umpan balik .....	44
D.	Tindak lanjut.....	45
E.	Kunci jawaban tes formatif.....	45
	Daftar pustaka .....	46

### BAB III KESEIMBANGAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT DI DALAM TUBUH TERNAK....49

3.1.	PENDAHULUAN .....	49
A.	Deskripsi singkat .....	49
B.	Relevansi .....	49
C.	Kompetensi.....	50
C.1.	Standar kompetensi .....	50
C.2.	Kompetensi dasar .....	50
D.	Petunjuk belajar .....	50
3.2.	PENYAJIAN .....	50
A.	Pengertian cairan dan elektrolit tubuh .....	50
B.	Pergerakan cairan tubuh .....	53
C.	Elektrolit utama dalam tubuh ternak .....	58
D.	Keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak .....	62
E.	Pengaruh lingkungan terhadap keseimbangan cairan dan elektrolit pada ternak.....	66
3.3.	PENUTUP .....	67
A.	Rangkuman.....	67
B.	Tes formatif .....	68

C. Umpan balik .....	68
D. Tindak lanjut.....	68
E. Kunci jawaban tes formatif.....	69
Daftar pustaka .....	70

**BAB IV PENGARUH STRES LINGKUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI SUSU .....**

<b>4.1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>71</b>
A. Deskripsi singkat .....	71
B. Relevansi .....	71
C. Kompetensi.....	72
C.1. Standar kompetensi .....	72
C.2. Kompetensi dasar .....	72
D. Petunjuk belajar .....	72
<b>4.2. PENYAJIAN .....</b>	<b>72</b>
A. Faktor-faktor stres lingkungan.....	72
B. Stres panas pada ternak.....	73
C. Pengaruh stres panas terhadap pertumbuhan ternak .....	76
D. Pengaruh stres panas terhadap produksi susu.....	81
<b>4.3. PENUTUP .....</b>	<b>88</b>
A. Rangkuman.....	88
B. Tes formatif .....	89
C. Umpan balik .....	89
D. Tindak lanjut.....	89
E. Kunci jawaban tes formatif.....	90
Daftar Pustaka .....	91

BAB V	PENGARUH STRES LINGKUNGAN TERHADAP REPRODUKSI DAN PRODUKSI TELUR .....	93
5.1.	PENDAHULUAN .....	93
	A. Deskripsi singkat .....	93
	B. Relevansi .....	93
	C. Kompetensi .....	94
	C.1. Standar kompetensi .....	94
	C.2. Kompetensi dasar .....	94
	D. Petunjuk belajar .....	94
5.2.	PENYAJIAN .....	94
	A. Pengaruh stres panas terhadap fertilitas dan conception rate.....	94
	B. Pengaruh stres panas terhadap perkembangan embrio dan bobot lahir.....	97
	C. Pengaruh stres panas terhadap aktivitas estrus .....	98
	D. Pengaruh stres panas terhadap aliran darah ke uterus .....	99
	E. Pengaruh stres panas terhadap perkembangan folikel.....	101
	F. Pengaruh stres panas terhadap perubahan biokimia pada ternak .....	102
	G. Pengaruh stres panas terhadap status reproduksi pada ternak jantan.....	106
	H. Pengaruh stres panas terhadap produksi telur.....	109
	I. Pengaruh stres panas terhadap kualitas cangkang telur.....	112
5.3.	PENUTUP .....	115
	A. Rangkuman.....	115
	B. Tes formatif .....	115
	C. Umpan balik .....	115
	D. Tindak lanjut.....	116

E. Kunci jawaban tes formatif.....	116
Daftar pustaka .....	118

<b>BAB VI PENGARUH STRES LINGKUNGAN TERHADAP KESEHATAN DAN TINGKAH LAKU TERNAK.....</b>		<b>121</b>
6.1. PENDAHULUAN .....		121
A. Deskripsi singkat .....		121
B. Relevansi .....		121
C. Kompetensi .....		122
C.1. Standar kompetensi .....		122
C.2. Kompetensi dasar .....		122
D. Petunjuk belajar .....		122
6.2. PENYAJIAN .....		122
A. Pengaruh stres panas terhadap kesehatan ternak .....		122
B. Stres panas menyebabkan acidosis pada rumen .....		123
C. Stres panas menyebabkan stres oksidasi .....		123
D. Stres panas menyebabkan pelemahan sistem imun tubuh .....		125
E. Stres panas menyebabkan ketidakseimbangan mikroba dalam usus .....		126
F. Pengaruh stres panas terhadap tingkah laku ternak ..		126
6.3. PENUTUP .....		129
A. Rangkuman .....		129
B. Tes formatif .....		129
C. Umpan balik .....		129
D. Tindak lanjut.....		130
E. Kunci jawaban tes formatif.....		130
Daftar Pustaka .....		131

**BAB VII REKAYASA LINGKUNGAN UNTUK**

	MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KESEHATAN TERNAK.....	133
7.1.	PENDAHULUAN .....	133
	A. Deskripsi singkat .....	133
	B. Relevansi .....	133
	C. Kompetensi.....	134
	C.1. Standar kompetensi .....	134
	C.2. Kompetensi dasar .....	134
	D. Petunjuk belajar .....	134
7.2.	PENYAJIAN .....	134
	A. Studi lingkungan sebelum memulai usaha peternakan.....	134
	B. Zoning komoditas ternak berdasarkan kondisi lingkungan .....	136
	C. Rekayasa lahan (tanah) dan air untuk menunjang industri peternakan .....	138
	D. Rekayasa perkandangan untuk meningkatkan produktivitas ternak .....	139
7.3.	PENUTUP .....	146
	A. Rangkuman.....	146
	B. Tes formatif .....	146
	C. Umpan balik .....	147
	D. Tindak lanjut.....	147
	E. Kunci jawaban tes formatif.....	147
	Daftar Pustaka .....	148
	BIOGRAFI PENULIS .....	149



## DAFTAR TABEL

Table 1	Suhu rektal (°C) dari beberapa hewan.....	12
Table 2	Jumlah panas yang dihasilkan dari metabolisme bahan pakan .....	13
Table 3	Respon ternak terhadap perubahan suhu lingkungan .....	25
Table 4	Tanda atau kondisi yang dialami oleh ternak yang mengalami stres panas .....	75
Table 5	Produksi dan komposisi susu pada sapi perah yang mengalami stres panas .....	83





## DAFTAR ILUSTRASI

Ilustrasi 1	Mekanisme perolehan dan pelepasan panas pada ternak.....	9
Ilustrasi 2	BMR per kg bobot badan lebih besar pada mamalia yang lebih kecil dari pada mamalia yang lebih besar .....	18
Ilustrasi 3	Respon ternak terhadap stres lingkungan .....	22
Ilustrasi 4	Mekanisme nonevaporative dan evaporative cooling pada sapi .....	26
Ilustrasi 5	Regulasi pH darah melalui pernapasan.....	37
Ilustrasi 6	Konservasi bikarbonat di ginjal .....	39
Ilustrasi 7	Kompensasi untuk mengembalikan pH ke normal .....	41
Ilustrasi 8	Kompensasi untuk mengembalikan keseimbangan asam-basa pada ternak .....	43
Ilustrasi 9	Kompartemen cairan tubuh dan konsentrasi elektrolit (TBW: total air tubuh).....	51
Ilustrasi 10	Proses difusi .....	55
Ilustrasi 11	Proses osmosis .....	56
Ilustrasi 12	Proses transport aktif .....	58
Ilustrasi 13	Pengaruh keseimbangan cairan terhadap morfologi sel darah merah .....	62
Ilustrasi 14	Dehidrasi pada sapi .....	63
Ilustrasi 15	Frekuensi napas dan rasio antara konsumsi air minum dan pakan yang meningkat seiring dengan kenaikan suhu lingkungan ternak .....	76
Ilustrasi 16	Penurunan konsumsi pakan dan laju pertambahan bobot badan seiring dengan kenaikan suhu lingkungan .....	76
Ilustrasi 17	Dampak stres panas terhadap penurunan	

	produksi susu .....	82
Ilustrasi 18	Hubungan antara THI dan produksi susu pada sapi perah .....	82
Ilustrasi 19	Penurunan komponen susu pada saat kondisi lingkungan panas Meskipun secara umum stres panas dapat berdampak negatif terhadap produksi maupun komponen di dalam susu, namun penurunan tersebut sangat bervariasi di antara jenis ternak perah dan spesies dari ternak perah tersebut .....	83
Ilustrasi 20	Stres panas menurunkan konsumsi pakan dan produksi susu .....	85
Ilustrasi 21	Suhu yang panas (pada musim panas) meningkatkan <i>somatic cell counts</i> (SCC; indikator mastitis) dan menurunkan produksi susu .....	87
Ilustrasi 22	Efek stres panas terhadap fertilitas ternak .....	96
Ilustrasi 23	<i>Conception rate</i> pada sapi perah pada musim panas dan musim dingin .....	97
Ilustrasi 24	Dampak stres panas terhadap kematian embrio...	98
Ilustrasi 25	Dampak stres panas terhadap ekspresi estrus .....	99
Ilustrasi 26	Dampak stres panas terhadap aliran darah ke uterus.....	100
Ilustrasi 27	Sensitivitas folikel terhadap cekaman panas .....	101
Ilustrasi 28	Dampak stres panas terhadap berat dan diameter korpus luteum .....	102
Ilustrasi 29	Dampak <i>negative energy balance</i> terhadap proses reproduksi ternak .....	104
Ilustrasi 30	Proses kelahiran yang ditandai dengan penurunan hormon progesteron .....	105
Ilustrasi 31	Dampak stres panas terhadap kinerja	

	reproduksi ternak .....	107
Ilustrasi 32	Dampak stres panas terhadap fertilitas ternak jantan.....	108
Ilustrasi 33	Hubungan antara total produksi dan berat telur dengan THI .....	110
Ilustrasi 34	Dampak stres panas terhadap regulasi hormonal ayam petelur .....	112
Ilustrasi 35	Dampak stres panas terhadap pembentukan cangkang telur.....	114
Ilustrasi 36	Dampak stres panas terhadap kualitas cangkang telur.....	114
Ilustrasi 37	Dampak stres panas terhadap peningkatan resiko <i>rumen acidosis</i> .....	124
Ilustrasi 38	Dampak stres panas terhadap stres oksidasi pada ternak.....	124
Ilustrasi 39	Dampak stres panas terhadap sistem imun .....	125
Ilustrasi 40	Respon tingkah laku ternak terhadap stres panas ..	127
Ilustrasi 41	Faktor yang mempengaruhi respon tingkah laku ternak terhadap stres panas .....	128
Ilustrasi 42	Zoning untuk komoditas sapi eks Eropa.....	137
Ilustrasi 43	Zoning untuk komoditas sapi eks Eropa .....	138
Ilustrasi 44	Contoh bentuk atap kandang semi monitor dan monitor.....	143



## **TINJAUAN MATA KULIAH**

### **I. Deskripsi singkat**

Mata kuliah Fisiologi Lingkungan Peternakan mempelajari ternak sebagai bagian ekosistem, lingkungan fisik, iklim terutama iklim tropis dan faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap produksi ternak, respon ternak terhadap lingkungan yang meliputi zoning temperatur, pengaturan panas tubuh dan termoregulasi, pengaruh lingkungan terhadap ternak baik langsung maupun tidak langsung, adaptasi ternak terhadap lingkungan yang baru dan metode mengeliminasi pengaruh negatif lingkungan terhadap ternak. Dalam pengajarannya, mata kuliah Fisiologi Lingkungan Peternakan terbagi dalam beberapa pokok bahasan meliputi ekosistem dan lingkungan peternakan, iklim dan lingkungan fisik, zona suhu dan adaptasi yang disampaikan sebelum ujian tengah semester (UTS). Sedangkan materi meliputi keseimbangan panas dan termoregulasi, pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan, produksi susu, telur dan reproduksi, pengaruh lingkungan terhadap kesehatan dan tingkah laku ternak sebagai akibat cekaman lingkungan dan rekayasa lingkungan disampaikan setelah UTS. Untuk mendapatkan pemahaman yang utuh dan terintegrasi mengenai Fisiologi Lingkungan Peternakan, mahasiswa sangat disarankan untuk dapat mempelajari semua pokok bahasan dalam mata kuliah ini. Secara khusus, diktat mata kuliah ini membahas pokok bahasan yang disampaikan setelah UTS.

### **II. Relevansi**

Agar dapat menunjukkan performa produksi dan kesehatan yang optimal, ternak harus dapat menyesuaikan diri dan memberikan respon fisiologis yang tepat terhadap kondisi dan cekaman yang berasal dari lingkungan di sekitarnya.

Pemahaman dan pengetahuan mendalam mengenai kondisi lingkungan dan respon fisiologis yang tepat dari ternak akan sangat bermanfaat dalam mengoptimalkan produktivitas dan kesehatan ternak. Fisiologi Lingkungan Peternakan merupakan salah satu mata kuliah yang memberikan dasar pemahaman dan pengetahuan terhadap mata kuliah-mata kuliah lain (lanjutan) terutama mata kuliah yang berbasis komoditas pada Program Studi Sarjana Peternakan (S1) di Fakultas Peternakan dan Pertanian. Oleh karena itu, pemahaman yang kurang terhadap mata kuliah Fisiologi Lingkungan Peternakan dapat mengurangi kesiapan mahasiswa dalam mempelajari mata kuliah selanjutnya.

### **III. Kompetensi**

#### **1.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan mata kuliah Fisiologi Lingkungan Peternakan mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

#### **1.2. Kompetensi dasar**

Setelah mempelajari materi pada mata kuliah Fisiologi Lingkungan Peternakan mahasiswa akan mampu:

- 1) mampu menganalisis dan mengevaluasi hubungan antara faktor lingkungan dan peternakan
- 2) mampu menyatakan kondisi iklim di Indonesia dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan prinsip-prinsip tentang iklim dan lingkungan fisik yang ada di Indonesia
- 3) mampu menyatakan daerah *comfort zone* dan batasan titik kritis atas dan bawah dengan menganalisis, mengevaluasi

- dan mempertunjukkan prinsip-prinsip tentang zona suhu
- 4) mampu menyatakan prinsip dan hukum adaptasi dengan mengevaluasi dan mempertunjukkan prinsip-prinsip tentang adaptasi pada ternak dan adaptasi khusus pada unggas
  - 5) mampu menyatakan status ternak (stres atau tidak) pada kondisi lingkungan yang panas dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan sistem keseimbangan panas dan termoregulasi pada ternak tersebut
  - 6) mampu menyatakan status asam-basa pada ternak dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan sistem keseimbangan asam-basa dan mineral dalam tubuh ternak
  - 7) mampu menyatakan produktivitas ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan, produksi susu, produksi telur dan reproduksi
  - 8) mampu menyatakan status kesehatan ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan tingkat kesehatan dan tingkah laku ternak pada kondisi lingkungan tertentu
  - 9) mampu mengevaluasi dan mempertunjukkan rekayasa lingkungan ternak.

#### **IV. Petunjuk belajar**

Untuk mempermudah penguasaan materi yang ada di dalam diktat ini, mahasiswa disarankan untuk membaca secara detail materi yang disajikan, mencermati contoh-contoh kasus dan mengerjakan latihan soal yang telah disediakan.





# **BAB I**

## **KESEIMBANGAN PANAS DAN TERMOREGULASI PADA TERNAK**

### **1.1. PENDAHULUAN**

#### **A. Deskripsi singkat**

Suhu merupakan faktor yang dapat menentukan laju metabolisme dan *intake* pakan pada ternak. Suhu juga dapat mempengaruhi fungsi jaringan, proses biofisik, efisiensi fungsi protein serta viskositas cairan seluler di dalam tubuh ternak. Termoregulasi merupakan suatu mekanisme ternak untuk mempertahankan suhu internalnya agar berada di dalam kisaran yang dapat ditolelir. Termoregulasi mempertahankan kondisi homeostasis suhu tubuh hewan sehingga proses-proses fisiologis dapat berlangsung dengan optimal. Pokok bahasan ini membahas hewan poikiloterm dan homeoterm, keseimbangan panas di dalam tubuh ternak, mekanisme perubahan panas tubuh, pengukuran suhu tubuh, termogenesis, metabolisme dan termogenesis, hubungan antara bobot badan dengan produksi dan pelepasan panas, peran hormon terhadap termogenesis, konsep dasar termoregulasi, respon ternak terhadap perubahan suhu lingkungan dan proses termoregulasi pada ternak.

#### **B. Relevansi**

Tinjauan tentang keseimbangan panas dan termoregulasi pada ternak memberikan gambaran umum mengenai proses termoregulasi dalam upaya menjaga keseimbangan panas di dalam tubuh ternak. Pemahaman yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam mempelajari optimasi proses produksi pada ternak pada berbagai kondisi lingkungan yang berbeda.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak (stres atau tidak) pada kondisi lingkungan yang panas dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan sistem keseimbangan panas dan termoregulasi pada ternak tersebut.

## **D. Petunjuk belajar**

Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **1.2. PENYAJIAN**

### **A. Hewan poikiloterm dan homeoterm**

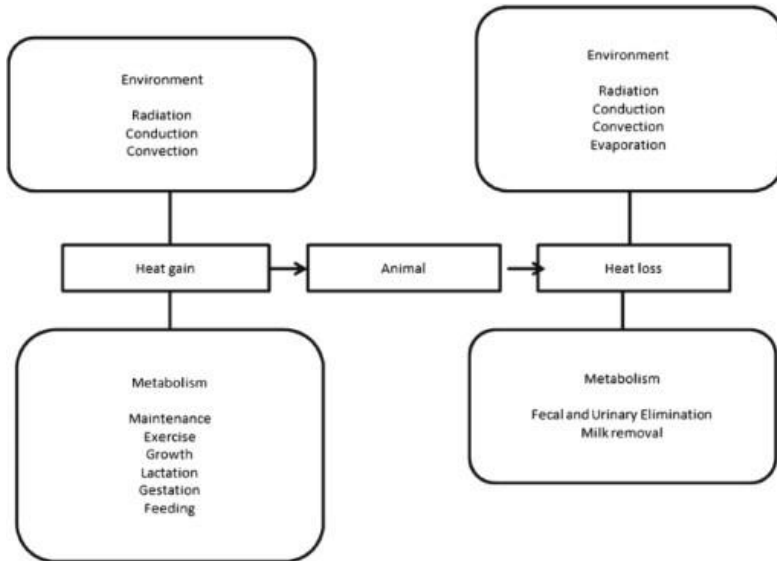
Berdasarkan kemampuan mempertahankan suhu tubuhnya, hewan dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu poikiloterm dan homeoterm. Hewan poikiloterm adalah hewan yang suhu tubuhnya selalu berubah sesuai dengan suhu lingkungan di mana dia hidup. Hewan homeoterm adalah golongan hewan yang mampu mempertahankan suhu internal tubuhnya dalam kisaran normal (dapat ditolelir) meskipun suhu lingkungan sekitarnya berubah-ubah. Unggas dan mamalia adalah contoh dari hewan homeoterm. Selain istilah homeoterm

dan poikiloterm, banyak ahli-ahli biologi menggunakan istilah lain yaitu endoterm dan eksoterm. Hewan-hewan yang mampu mempertahankan suhu tubuhnya disebut dengan hewan endoterm, sedangkan hewan yang suhu tubuhnya bervariasi mengikuti suhu lingkungan disekitarnya disebut eksoterm. Penyebutan endoterm dan eksoterm oleh kebanyakan ahli biologi sangat terkait dengan sumber panas utama tubuh hewan. Eksoterm adalah hewan yang panas tubuhnya berasal dari lingkungan (menyerap panas lingkungan). Suhu tubuh hewan ini sangat berfluktuasi tergantung pada suhu lingkungan sekitarnya. Invertebrata, ikan, amfibi dan reptil adalah beberapa contoh dari hewan eksoterm. Hewan endoterm adalah hewan yang panas tubuhnya berasal dari hasil metabolisme, sehingga suhu internal tubuh hewan ini cenderung lebih konstan. Pada kondisi suhu lingkungan sekitar yang dingin, hewan endoterm harus memacu laju metabolisme di dalam tubuhnya untuk menghasilkan panas. Laju metabolisme yang tinggi identik dengan kebutuhan energi yang tinggi, sehingga pada kondisi ini hewan membutuhkan asupan makanan lebih banyak. Meskipun suhu tubuh hewan-hewan eksoterm mengikuti perubahan suhu lingkungan sekitar, namun bukan berarti bahwa hewan-hewan tersebut tidak memiliki kontrol terhadap pengaturan suhu internal tubuhnya. Mereka menggunakan tingkah laku (*behavioural methods*) untuk mencegah fluktuasi berlebihan terhadap suhu tubuhnya. Kadal biasa berjemur di pagi hari untuk menghangatkan suhu tubuhnya, sedangkan pada siang hari kadal akan bersembunyi dibalik batu untuk menghindari panas. Berbeda dengan hewan endoterm, kebutuhan energi hewan eksoterm untuk proses termoregulasi adalah lebih kecil.

## **B. Keseimbangan panas di dalam tubuh ternak**

Suhu merupakan faktor penting penentu kelangsungan hidup ternak. Suhu lingkungan *ambient* (lingkungan sekitar hewan) dapat menentukan laju metabolisme dan *intake* pakan pada hewan. Lebih lanjut, suhu jaringan hewan dapat mempengaruhi fungsi jaringan, proses biofisik, efisiensi fungsi protein serta viskositas cairan seluler di dalam tubuh ternak. Sebagai contoh, jika suhu tubuh ternak lebih rendah dari suhu tubuh normal, maka proses metabolik menjadi sangat lambat sehingga berdampak terhadap kondisi fisiologis ternak. Sebaliknya, jika suhu tubuh lebih tinggi dari suhu normal, maka potensi kerusakan jaringan tubuh akan meningkat.

Ternak adalah organisme homeotermik yang mampu mempertahankan suhu tubuh menjadi relatif konstan, mengatur produksi panas mereka melalui metabolisme dan melepaskan kelebihan panas ke lingkungan sekitarnya. Suhu tubuh ternak bervariasi untuk setiap spesies, sebagai contoh ayam 41,0°C, domba 38,5°C, kambing 39,0°C, babi 38,0°C dan sapi 38,0°C. Ketika suhu lingkungan berubah, hewan-hewan ternak menyesuaikan fisiologi dan perilaku mereka dalam upaya menjaga suhu tubuhnya supaya tetap konstan. Secara umum, mekanisme yang terlibat dalam perolehan dan pelepasan panas antara hewan dan lingkungan digambarkan dalam Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1 Mekanisme perolehan dan pelepasan panas pada ternak

### C. Mekanisme perubahan panas tubuh

Pada proses termoregulasi hewan harus mengatur panas yang diterima atau yang hilang ke lingkungan. Hal tersebut dikarenakan suhu internal tubuh sangat bergantung pada keseimbangan antara panas yang masuk ke dalam tubuh (*heat input*) dan panas yang keluar dari tubuh ke lingkungan sekitar (*heat output*). Terkait dengan pertukaran panas antara hewan dengan lingkungannya, mekanisme pertukaran panas dapat dilakukan melalui empat cara, yaitu:

- 1) Konduksi, adalah perpindahan atau pergerakan panas antara dua benda yang saling bersentuhan. Panas akan bergerak dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Suhu tubuh hewan dapat diturunkan ketika panas tubuh dikonduksikan dari tubuh ke obyek lain, dan dapat ditingkatkan apabila hewan bersentuhan dengan obyek yang bersuhu tinggi.

- 2) Konveksi, adalah perpindahan panas akibat adanya gerakan udara atau cairan melalui permukaan tubuh.
- 3) Radiasi, adalah emisi dari energi elektromagnet. Radiasi dapat mentransfer panas antar obyek yang tidak kontak langsung. Contoh adalah radiasi sinar matahari.
- 4) Evaporasi, atau penguapan adalah proses perubahan benda dari fase cair ke fase gas atau proses kehilangan panas dari permukaan cairan yang ditransformasikan dalam bentuk gas. Evaporasi adalah cara penting bagi hewan untuk melepaskan panas dari tubuh.

*Input* (perolehan) panas tubuh berasal dari metabolisme dan dari lingkungan luar. Sekali pakan dimakan oleh ternak, panas akan dihasilkan pada setiap tahap dari proses pencernaan dan metabolisme hingga akhirnya seluruh pakan akan dikonversi menjadi energi (panas). Aktivitas yang tinggi pada hewan identik dengan tingginya laju metabolisme dan sekaligus tingginya panas yang dihasilkan oleh tubuh. Jika panas yang dihasilkan tersebut tidak dilepaskan dari tubuh maka suhu tubuh akan terus meningkat sampai level yang dapat membahayakan hewan tersebut. Hal ini bisa terjadi karena peningkatan suhu tubuh justru akan meningkatkan laju metabolisme yang berakibat pada peningkatan produksi panas tubuh, begitu seterusnya. Hewan mendapatkan panas dari lingkungan ketika suhu di lingkungan sekitar hewan melebihi atau lebih tinggi dari suhu internal tubuh hewan dan ketika hewan dipapar (diekspose) ke sumber radiasi panas (di bawah sinar matahari). Untuk menyeimbangkan panas tubuhnya, hewan akan melepaskan panas ke lingkungan (yang mempunyai suhu lebih rendah) melalui radiasi dari permukaan tubuhnya, melalui konveksi (ditandai dengan lebih hangatnya suhu udara disekitar tubuh hewan), dengan evaporasi melalui

respirasi, keringat dan saliva, serta melalui konduksi ketika hewan kontak langsung dengan benda lain (lantai kandang). Sejumlah kecil panas tubuh juga dapat dilepaskan melalui urin dan feses. Organ-organ yang sangat aktif dalam metabolisme (dan aktivitas tubuh) seperti jantung, liver dan otot merupakan sumber panas metabolis. Karena letaknya yang berjauhan dengan kulit maka panas yang dihasilkan oleh organ-organ tersebut harus dipindahkan ke kulit yang merupakan titik penting pelepasan panas ke lingkungan. Jaringan tubuh merupakan konduktor yang kurang baik, sehingga panas tersebut sebagian besar di pindahkan melalui konveksi di dalam sistem sirkulasi. Sebagai catatan, darah merupakan “pembawa” panas terbaik di dalam tubuh ternak. Dalam hal ini, darah mengambil dan mengumpulkan panas dari jantung, liver, otot dan organ aktif lainnya dan mentransfernya ke bagian tubuh yang lebih dingin atau organ-organ perifer (untuk selanjutnya dilepaskan ke lingkungan) melalui konveksi sirkulasi.

Untuk mempertahankan suhu internal tubuh dalam kisaran normal yang sangat sempit, hewan harus mampu mengatur panas yang masuk dan panas yang dilepaskan. Panas yang diperoleh dan panas yang dilepaskan tidak bisa sama setiap saat, sehingga panas dapat sementara waktu disimpan seperti halnya air tanpa membahayakan tubuh.

#### **D. Pengukuran suhu tubuh**

Sudah menjadi suatu hal yang umum untuk mengukur suhu tubuh sebagai salah satu indikasi kesehatan pada ternak. Hal tersebut didasarkan atas kemampuan ternak dalam mempertahankan kisaran normal suhu tubuhnya yang sangat ‘sempit’. Pada ternak yang sakit, kemampuan tersebut tidak dapat bekerja secara optimal sehingga hewan cenderung tidak



dapat mempertahankan suhu tubuhnya dalam kisaran yang dapat ditolelir. Selain itu infeksi atau agen-agen penyakit dapat memproduksi *pyrogen* yang dapat meningkatkan suhu internal tubuh (demam pada manusia). Cara paling mudah untuk mengetahui suhu internal tubuh hewan yaitu dengan mengukur suhu rektal dari hewan bersangkutan. Suhu rektal kemungkinan lebih rendah dari suhu bagian dalam dari hewan (*core temperature*), dan perubahan suhu di bagian rektal biasanya lebih lambat dibandingkan dengan perubahan suhu di bagian dalam hewan. Meskipun demikian, dengan segala kelemahannya, pengukuran suhu rektal merupakan cara yang paling mudah dan cukup representatif untuk menggambarkan perubahan suhu internal tubuh hewan.

Table 1 Suhu rektal (°C) dari beberapa hewan

Spesies	Kisaran suhu rektal	Rata-rata suhu rektal
Kucing	38,1 – 39,2	38,6
Sapi potong	36,7 – 39,1	38,3
Sapi perah	38,0 – 39,3	38,6
Anjing	37,9 – 39,9	38,9
Keledai	36,4 – 38,4	37,4
Domba	38,5 – 39,7	39,1
Kuda	37,2 – 38,2	37,7
Babi	38,7 – 39,8	39,2
Kambing	38,5 – 39,9	39,1

## E. Termogenesis

Termogenesis dapat didefinisikan sebagai suatu proses produksi panas yang berlangsung di dalam tubuh organisme termasuk ternak. Proses ini sebagian besar terjadi pada hewan-hewan berdarah panas (homeoterm) dan merupakan komponen

penting dari homeostasis untuk mempertahankan suhu internal tubuh di saat hewan berada pada suhu yang dingin. Produksi panas adalah konsekuensi yang tidak dapat dielakkan pada hewan sebagai makhluk hidup. Sebagai organisme endoterm, hewan menghangatkan tubuhnya dengan menggunakan panas yang timbul sebagai hasil sampingan dari proses metabolisme, khususnya metabolisme energi, proses pencernaan dan aktivitas otot. Secara prinsip dapat disimpulkan bahwa panas adalah produk dari semua proses metabolisme. Dengan demikian metabolisme bahan organik (pakan) akan menghasilkan panas, namun panas yang dihasilkan berbeda-beda tergantung jenis bahan organik tersebut. Di antara berbagai bahan organik, lemak adalah bahan organik yang menghasilkan panas terbesar (Tabel 2).

Table 2 Jumlah panas yang dihasilkan dari metabolisme bahan pakan

Jenis bahan organik	Produksi panas (kcal/g)		
	Per gr bahan organic	Per liter O <sub>2</sub> yang dikonsumsi	Per liter CO <sub>2</sub> yang diproduksi
Karbohidrat	4,1	5,05	5,05
Lemak	9,6	4,75	6,67
Protein	4,2	4,46	5,57

Termogenesis pada hewan dapat dikategorikan menjadi dua, yakni *obligatory* dan *facultative* termogenesis. *Obligatory* termogenesis dapat dipandang sebagai produksi panas pokok bagi hewan-hewan homeoterm. Proses termogenesis kategori ini sangat penting untuk kelangsungan hidup sel (tubuh) dan termasuk dalam mekanisme produksi panas yang dapat mempertahankan suhu internal tubuh. *Obligatory* termogenesis

berlangsung pada semua organ secara terus menerus dan sangat tergantung peran dari hormon tiroid. *Facultative* termogenesis merupakan produksi panas yang terjadi pada saat hewan membutuhkan ekstra panas untuk mempertahankan panas tubuh dalam kisaran normal, seperti pada kondisi lingkungan yang sangat dingin. Dengan demikian *facultative* termogenesis dapat dengan cepat berlangsung dan dapat dengan cepat pula berhenti tergantung dari kebutuhan hewan yang bersangkutan. *Facultative* termogenesis dapat berlangsung pada jaringan adipose coklat (*brown adipose tissues*/BAT) dan jaringan otot hewan yang mengalami cekaman dingin. Menggigil (*shivering thermogenesis*) berlangsung pada jaringan otot sedangkan *non shivering thermogenesis* berlangsung pada BAT. Proses termogenesis yang berlangsung di BAT merupakan komponen yang sangat penting pada *facultative* termogenesis di mamalia dan aktivitas dari termogenesis jenis ini secara garis besar dikendalikan atau diatur oleh norepinephrine dan *sympathetic nervous system*.

Satu mekanisme untuk memproduksi lebih banyak panas tubuh adalah dengan meningkatkan penggunaan energi, yang secara prinsip juga memproduksi lebih banyak adenosine triphosphate (ATP). Sebagai reaksi endotermik, sintesis ATP hanya dapat ditingkatkan dengan mempercepat penggunaan ATP tersebut. Proses produksi panas pada hewan secara garis besar dapat dibedakan menjadi empat, meliputi:

- 1) *Diet-induced thermogenesis* (DIT), adalah proses produksi panas yang berlangsung setelah makan. DIT dapat disebut juga sebagai efek termal dari pakan. DIT dapat pula didefinisikan sebagai peningkatan produksi panas (di atas kondisi basal/puasa) dibagi dengan kandungan energi dari pakan yang dimakan dan dapat dinyatakan dalam persentase.

- 2) *Neonatal thermogenesis*, adalah proses produksi panas yang terjadi pada hewan yang baru lahir (*neonatal*). Proses produksi panas pada kondisi ini cenderung kurang efisien, terutama pada piglet, sehingga sangat penting untuk melindungi hewan yang baru lahir dari suhu dingin. Panas yang dihasilkan oleh hewan yang baru lahir merupakan hasil dari metabolisme cadangan lemak coklat (*brown fat*).
- 3) *Non shivering thermogenesis*, merupakan proses produksi panas akibat dari peningkatan *basal metabolic rate* (BMR) terutama disebabkan oleh oksidasi lemak untuk menghasilkan panas. Ketika hewan berada dalam kondisi suhu dingin, hewan akan meningkatkan produksi panas tanpa menggigil (*shivering*), yaitu dengan meningkatkan laju metabolisme. Peningkatan laju metabolisme tersebut difasilitasi oleh peningkatan sekresi hormon tiroksin. Efek kalorigenik dari hormon chatecolamine terhadap metabolisme lemak juga dapat meningkatkan produksi panas melalui non shivering thermogenesis.
- 4) *Shivering thermogenesis* (menggigil), merupakan salah satu metode untuk meningkatkan produksi panas pada hewan. *Shivering thermogenesis* merupakan peningkatan laju produksi panas dalam kondisi suhu dingin sebagai akibat dari peningkatan aktivitas otot tanpa melibatkan pergerakan atau aktiitas kerja secara sadar. Energi kimia yang digunakan untuk menggigil selanjutnya ditransfer ke bagian internal tubuh sebagai panas. Jika dibutuhkan, menggigil dapat berlangsung selama beberapa jam untuk melipat gandakan produksi panas.

#### **F. Metabolisme dan termogenesis**

Disebutkan di awal bahwa metabolisme identik dengan

panas tubuh. Peningkatan produksi panas tubuh dapat dicapai dengan meningkatkan laju metabolisme. Dengan tujuan meningkatkan produksi panas tubuh, beberapa faktor yang mempengaruhi laju metabolisme dengan demikian harus menjadi perhatian, antara lain:

- 1) Aktivitas tubuh hewan, dapat meningkatkan laju metabolisme sebesar 15 kali dari metabolisme hewan dalam keadaan istirahat.
- 2) Sekresi hormon, terutama hormon tiroid. Tiroksin merupakan hormon yang bertanggung jawab terhadap laju metabolisme tubuh. Peningkatan hormon ini diikuti dengan peningkatan aktivitas metabolisme di dalam tubuh.
- 3) Sistem saraf, pada kondisi stres *sympathetic nervous sistem* menyebabkan disekresikannya hormon *epinephrine* dan *norepinephrine* oleh kelenjar adrenal. Kedua hormon tersebut selanjutnya akan meningkatkan laju metabolisme basal.
- 4) Suhu tubuh hewan. Semakin tinggi suhu tubuh maka semakin tinggi pula laju metabolisme yang berlangsung dalam tubuh hewan. Peningkatan  $1^{\circ}\text{C}$  dari suhu tubuh akan mampu meningkatkan laju metabolisme sebesar 10%. Sehingga tanpa adanya mekanisme untuk menurunkan suhu tubuh, peningkatan suhu tubuh justru akan semakin meningkatkan suhu tubuh hewan yang bersangkutan.
- 5) Aktivitas makan, mampu meningkatkan laju metabolisme sebesar 10-20%. Jenis makanan akan menentukan besaran laju metabolisme. Laju metabolisme yang tinggi terjadi pada hewan yang mengkonsumsi protein, diikuti oleh karbohidrat dan lemak.
- 6) Umur hewan. Laju metabolisme lebih tinggi terjadi pada hewan-hewan yang lebih muda dibandingkan dengan hewan

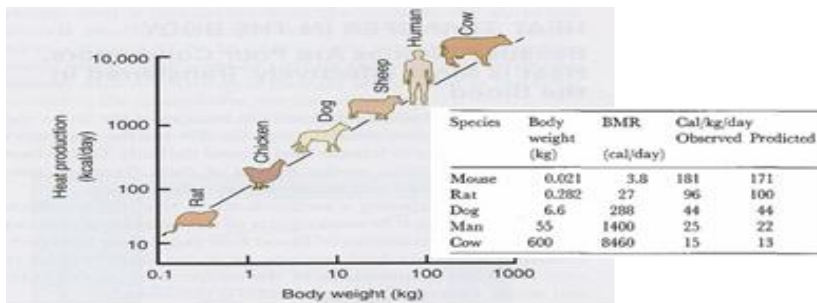
yang berumur lebih tua.

- 7) Jenis kelamin, jantan cenderung memiliki laju metabolisme lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kelamin betina. Pengecualian terjadi pada hewan betina yang sedang bunting dan laktasi yang memiliki laju metabolisme yang lebih tinggi dibandingkan dengan jantan.
- 8) Malnutrisi yang berlangsung dalam waktu yang relatif lama dapat menurunkan laju metabolisme. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan substrat untuk proses metabolisme.

### **G. Hubungan antara bobot badan dengan produksi dan pelepasan panas**

Secara umum diketahui bahwa panas merupakan produk sampingan dari semua proses metabolisme yang berlangsung di dalam tubuh. Semakin tinggi laju metabolisme maka semakin tinggi panas yang diproduksi tubuh, sehingga apabila kelebihan panas tersebut tidak dilepaskan ke lingkungan maka ternak tersebut akan berpotensi menderita cekaman panas. *Basal metabolic rate* (BMR) atau laju metabolisme basal merujuk pada jumlah kalori yang dibutuhkan untuk menjaga fungsi normal tubuh ternak pada saat *resting* atau istirahat. BMR sangat tergantung pada ukuran tubuh seperti berat badan, atau lebih akuratnya adalah volume tubuh (mencakup luas permukaan tubuh), bukan berat tubuh semata. Karena suhu tubuh adalah nilai yang relatif konstan (rata-rata sekitar 38°C), produksi panas harus sebanding dengan tingkat pelepasan panas selama kehidupan normal. Ternak yang tinggi dan ramping akan kehilangan panas lebih cepat dan akan memiliki BMR lebih tinggi dari pada ternak dengan tubuh pendek gempal yang mungkin memiliki berat yang sama dengan yang tinggi. Dalam hal ini, ternak yang tinggi dan ramping memiliki rasio luas

permukaan per volume tubuh lebih tinggi sehingga kemungkinan kehilangan panas pada hewan tersebut lebih besar dibandingkan dengan ternak bertubuh pendek dan gempal. Secara teoritis, luas permukaan yang relatif lebih besar per kg bobot badan hewan kecil memberikan area yang lebih besar untuk kehilangan panas (Ilustrasi 2). Hal itu menunjukkan bahwa hewan kecil lebih rentan terhadap perubahan suhu (terutama suhu dingin), kecepatan angin dan kelembaban. Hal tersebut disebabkan karena suhu tubuh hewan kecil dapat turun lebih cepat dari hewan yang lebih besar.



Ilustrasi 2 BMR per kg bobot badan lebih besar pada mamalia yang lebih kecil dari pada mamalia yang lebih besar

## H. Peran hormon terhadap termogenesis

Hormon yang paling berperan dalam proses termogenesis adalah hormon tiroid. Hormon ini memiliki peran langsung terhadap mekanisme termogenik dan homeostasis suhu pada hewan. Pada mamalia, sensasi dingin yang diterima oleh reseptor suhu yang berada di kulit akan diteruskan ke area *preoptic* dari hipotalamus bagian anterior. Berdasarkan stimulus yang diterima tersebut, hipotalamus meningkatkan produksi *thyrotropin-releasing hormone* (TRH). TRH selanjutnya menstimulasi kelenjar hipofisa anterior untuk mensekresikan *thyroid*

*stimulating hormone* (TSH) yang selanjutnya meningkatkan sekresi hormon triiodotironin ( $T_3$ ) dan tiroksin ( $T_4$ ) oleh kelenjar tiroid. Peningkatan sekresi hormon tiroid akan meningkatkan laju metabolisme sel yang berlangsung di seluruh tubuh. Hormon tiroid menstimulasi metabolisme karbohidrat, protein dan lemak. Dengan demikian hormon tiroid dapat meningkatkan oksidasi glukosa dan glukoneogenesis, lipolisis dan lipogenesis, proteolisis dan sintesis protein. Selain meningkatkan laju metabolisme seluler, hormon tiroid juga mempunyai peran dalam termogenesis/metabolisme jaringan adipose coklat (BAT) pada hewan yang berada dalam kondisi dingin.

Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa hormon tiroid sangat berperan dalam termogenesis pada hewan baik yang bersifat *obligatory* maupun *facultative*. Secara prinsip tidak terdapat hormon lain, selain hormon tiroid, yang memiliki peran langsung terhadap mekanisme termogenesis pada hewan, namun terdapat beberapa hormon yang memiliki peran dalam proses termogenesis. Hormon-hormon tersebut antara lain hormon insulin, glukagon, hormon pertumbuhan (*growth hormone*), hormon kelamin (terutama testoteron), *epinephrine* dan *norepinephrine*, glukokortikoid dan hormon leptin. Hormon-hormon tersebut secara tidak langsung berperan dalam peningkatan laju metabolisme yang pada akhirnya dapat meningkatkan produksi panas tubuh.

Insulin berperan dalam termogenesis secara tidak langsung. Kaitannya dengan termogenesis, insulin berperan dalam proses penyediaan dan pembagian (*partition*) substrat untuk proses metabolisme. Selain melalui jalur metabolisme, insulin juga berperan dalam peningkatan aktivitas *sympathetic* melalui hipotalamus. Peningkatan aktivitas *sympathetic* terutama di jaringan otot akan berakibat pada peningkatan produksi panas.



Peningkatan sekresi hormon glukagon dan *epinephrine* identik dengan peningkatan konsumsi oksigen, sehingga dapat ditafsirkan sebagai peningkatan laju metabolisme. Kedua hormon tersebut mampu meningkatkan mobilisasi cadangan lemak dan karbohidrat untuk dioksidasi. Peran lain dari kedua hormon tersebut adalah dengan meningkatkan proses glukoneogenesis. Sebagaimana *epinephrine*, *norepinephrine* sebagai salah satu hormon stres juga memiliki peran dalam peningkatan laju metabolisme. Hormon pertumbuhan dan testosteron mampu meningkatkan laju metabolisme yang berakibat pada peningkatan produksi panas oleh tubuh. Glukokortikoid memiliki peran yang kompleks terhadap termogenesis dan homeostasis suhu tubuh. Hormon ini tidak memiliki peran langsung terhadap peningkatan suhu tubuh namun lebih berperan pada penyediaan substrat untuk proses metabolisme. Leptin merupakan hormon yang dihasilkan oleh jaringan adipose dan berperan dalam keseimbangan energi di dalam tubuh (*energi balance*). Leptin dapat meningkatkan proses termogenesis dengan mengaktifasi *sympathetic nervous system*.

## **I. Konsep dasar termoregulasi**

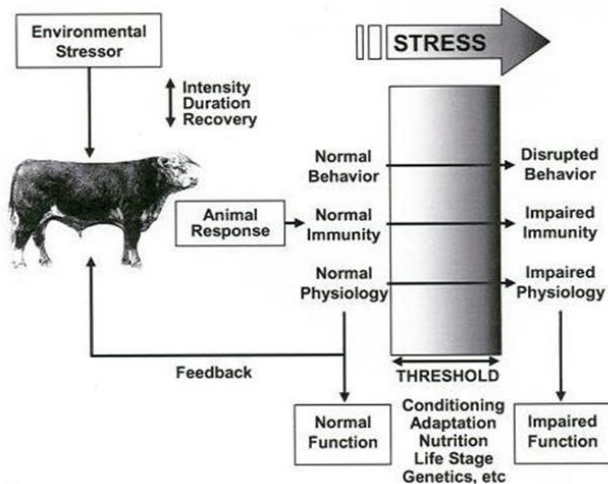
Berbeda dengan organisme unisel, hewan (organisme multisel kompleks) mampu hidup di lingkungan yang berubah-ubah karena mempunyai kemampuan mempertahankan keadaan lingkungan internalnya (*milieu interieur*) sehingga keadaan homeostasis tetap dapat terjaga. Salah satu contoh paling penting dari homeostasis adalah pengaturan suhu tubuh atau termoregulasi. Secara umum termoregulasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses fisiologis dimana ternak berusaha mempertahankan suhu internal tubuhnya dalam kisaran yang dapat ditolelir (38-42°C). Pergeseran atau penyimpangan suhu

tubuh dari kisaran yang dapat ditolelir tersebut menyebabkan hewan bereaksi dengan melaksanakan proses termoregulasi. Proses termoregulasi dibantu oleh kemampuan adaptasi yang terjadi pada hewan, antara lain deposisi lemak, bulu yang lebat, adanya kelenjar keringat pada mamalia, modifikasi sistem sirkulasi di bagian kulit dan lain-lain. Timbul pertanyaan mengapa lingkungan dalam tubuh hewan harus tetap dipertahankan. Suhu adalah faktor yang sangat berpengaruh terhadap fungsi sel dan jaringan tubuh. Karena fungsi tubuh adalah hasil dari proses fisika dan kimia yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu, hewan menggunakan berbagai strategi untuk dapat menjaga suhu internal tubuhnya. Jika suhu tubuh turun dibawah kisaran suhu yang dapat ditolelir (di bawah 38°C), proses-proses metabolis yang berlangsung dalam tubuh akan terhambat dan dapat mengakibatkan fungsi tubuh berhenti. Di bawah suhu 34°C hewan tidak akan mampu lagi mengatur suhu tubuhnya sendiri, dan pada suhu 27°C kematian dapat terjadi. Ketika suhu tubuh meningkat sampai dengan 45°C, kerusakan otak dapat terjadi. Proses metabolisme tidak akan bisa lepas dari peran enzim sebagai biokatalisator. Karena enzim tersusun dari protein maka konformasi dan aktivitas substansi ini juga sangat dipengaruhi oleh suhu. Apabila aktivitas enzim terganggu, maka reaksi di dalam sel hewan juga akan terganggu. Dengan mempertahankan suhu internal tubuhnya yang relatif stabil, hewan akan mampu hidup di lingkungan sekitar dengan kondisi suhu yang sangat bervariasi.

## **J. Respon ternak terhadap perubahan suhu lingkungan**

Ketika ternak terpapar dengan kondisi lingkungan yang kurang baik, respon pertamanya (baik disengaja atau tidak disengaja) adalah berupaya untuk bertahan hidup. Setelah ada

jaminan kelangsungan hidup, respon selanjutnya adalah bagaimana ternak dapat mempertahankan fungsi reproduksi dan pertumbuhan dengan baik. Ilustrasi 3 menggambarkan respon ternak terhadap potensi stres lingkungan yang dapat memengaruhi produktivitas dan kesehatannya.



Ilustrasi 3 Respon ternak terhadap stres lingkungan

Berbagai mekanisme adaptasi dilakukan oleh ternak untuk mempertahankan kondisi homeostasisnya. Namun, intensitas dan lamanya *stressor* serta kemampuan adaptasi dari masing-masing individu yang berbeda sangat menentukan kemampuan ternak untuk mengatasi *stressor* yang dihadapinya. Secara umum, mekanisme yang terlibat dalam respon ternak terhadap stres lingkungan terutama stres panas lingkungan dibagi menjadi respons fisiologis, tingkah laku dan imunologis.

Agar perubahan suhu yang terjadi dapat direspon dengan baik oleh tubuh, perubahan suhu tersebut harus dapat dideteksi oleh tubuh. Pendeteksian suhu melibatkan proses *thermoreception*, yang dapat diartikan sebagai suatu proses

dimana perubahan suhu baik suhu internal tubuh maupun eksternal dapat dideteksi oleh ternak. *Thermoreception* berfungsi menjaga suhu tubuh agar tetap stabil dengan melibatkan pengaturan tingkah laku (*behavioural regulation*) dan respon otonomik (tanpa disadari oleh individu ternak). Untuk dapat mendeteksi perubahan suhu, tubuh memiliki organ khusus yang berfungsi sebagai *thermoreceptor* (reseptor yang memberikan respons terhadap perubahan suhu). Beberapa reseptor memberikan respon terhadap dingin dan sebagian terhadap panas. Sensasi perubahan suhu dihasilkan oleh *thermoreceptor* yang mampu mendeteksi perubahan suhu panas dan dingin. Untuk mengatur suhu tubuh, hewan membutuhkan banyak sensor suhu yang berada di berbagai lokasi atau titik di tubuh ternak. Sebagian besar hewan memperoleh informasi perubahan suhu terutama suhu eksternal dari *thermoreceptor* yang berada di kulit. Selain berada di kulit sensor-sensor suhu lain dapat dijumpai di bagian-bagian tertentu dari tubuh hewan, terutama berada di *spinal cord*, visera abdomen, dan berada di sekitar pembuluh darah utama. Sensor yang berada di kulit tersebut menerima informasi perubahan suhu dan selanjutnya menyampaikan informasi tersebut ke otak. Pada hewan mamalia area *preoptic* dari hipotalamus memiliki kemampuan dan peran sebagai pusat pengaturan suhu tubuh atau sebagai *thermostatic* (pusat penstabilan suhu internal tubuh). Di hipotalamus, informasi akan diproses sehingga dihasilkan *output* berupa perintah untuk menaikkan (produksi panas) atau menurunkan (meningkatkan pelepasan panas dari tubuh) suhu internal tubuh.

## **K. Proses termoregulasi pada ternak**

Pada mamalia termasuk hewan ternak, termoregulasi adalah kunci dalam pemeliharaan homeostasis. Termoregulasi

merupakan suatu mekanisme makhluk hidup untuk mempertahankan suhu internalnya agar berada di dalam kisaran yang dapat ditolelir. Dengan demikian tujuan dari termoregulasi adalah menciptakan atau mempertahankan kondisi homeostasis suhu tubuh hewan. Mekanisme pengaturan suhu tubuh merupakan fungsi dari berbagai organ tubuh yang saling berhubungan. Termoregulasi mamalia melibatkan dua jenis sensor suhu, yaitu sensor panas dan sensor dingin yang terletak pada organ luar (kulit) dan organ atau jaringan dalam tubuh. Dari kedua jenis sensor tersebut, informasi perubahan suhu langsung dikirimkan ke sistem saraf pusat. Setelah diproses, perintah dikirim ke saraf motorik yang mengatur pengeluaran atau produksi panas sehingga suhu tubuh menjadi stabil. Setelah itu terjadi umpan balik, dimana informasi diterima kembali oleh sensor panas dan sensor dingin melalui peredaran darah.

Termoregulasi merupakan respon refleks dan semirefleks yang mencakup perubahan otonom, somatik, endokrin dan tingkah laku. Respon terhadap perubahan suhu tersebut dapat disajikan secara sederhana dalam Tabel 3 berikut. Secara fisiologis, termoregulasi pada hewan melibatkan proses vasodilatasi dan vasokonstriksi pembuluh darah perifer atau pembuluh darah yang menuju ke kulit. Vasodilatasi adalah pelebaran ukuran pembuluh darah sehingga aliran darah yang menuju ke perifer menjadi lebih besar, sedangkan vasokonstriksi adalah kebalikannya. Karena darah memiliki kemampuan membawa panas, maka vasodilatasi dimaksudkan untuk meningkatkan pelepasan panas tubuh melalui kulit. Berkebalikan dengan vasodilatasi, vasokonstriksi berperan dalam mengurangi pembuangan panas tubuh melalui kulit. Berdasarkan Tabel 3 di atas, jelas terlihat bahwa tingkah laku hewan memiliki peran yang sangat penting dalam proses termoregulasi. Tingkah laku spesifik

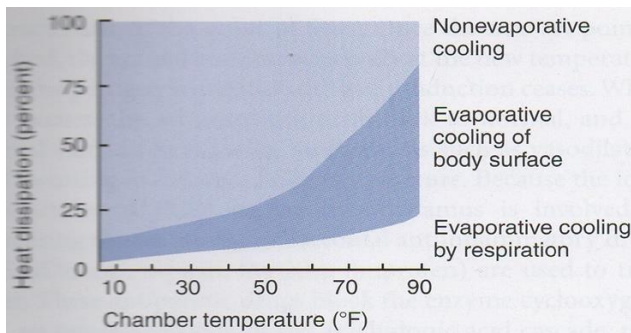
dilakukan oleh hewan tertentu untuk mengatasi cekaman panas seperti yang dilakukan oleh kerbau dengan berendam di dalam air atau lumpur. Sapi yang berada di padang penggembalaan akan berusaha mencari tempat berteduh pada saat siang hari yang panas. Untuk mengatasi cekaman dingin pada anak ayam yang baru menetas (DOC), mereka berusaha mendekat dengan sumber panas (*brooding*) atau bergerombol dengan hewan yang lain.

Table 3 Respon ternak terhadap perubahan suhu lingkungan

Respon terhadap suhu dingin	Respon terhadap suhu panas
<p>1) Meningkatkan produksi panas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menggigil (<i>shivering</i> termogenesis)</li> <li>▪ Meningkatkan metabolisme (non <i>shivering</i> termogenesis)</li> <li>▪ Respon tingkah laku <ul style="list-style-type: none"> <li>- Meningkatkan aktivitas tubuh</li> </ul> </li> </ul> <p>2) Menurunkan pelepasan panas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vasokonstriksi pembuluh darah yang menuju ke kulit</li> <li>▪ Mengurangi ekskresi keringat</li> <li>▪ Respon tingkah laku <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bergerombol (berkelompok/mendekap) dengan hewan-hewan lain</li> <li>- Mengurangi paparan permukaan tubuh dengan lingkungan, misal dengan bersedekap atau meringkuk</li> </ul> </li> </ul>	<p>1) Menurunkan produksi panas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengurangi konsumsi pakan untuk mengurangi produksi panas (<i>heat increment</i>)</li> <li>▪ Respon tingkah laku <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengurangi aktivitas tubuh</li> </ul> </li> </ul> <p>2) Meningkatkan pelepasan panas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vasodilatasi pembuluh darah yang menuju ke kulit</li> <li>▪ Meningkatkan ekskresi keringat</li> <li>▪ Respon tingkah laku <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berendam dalam air, misal pada kerbau</li> <li>- Menjauh dari lokasi sumber panas, misal berteduh</li> <li>- Meningkatkan paparan permukaan tubuh dengan benda sekitar yang bersuhu</li> </ul> </li> </ul>

- (*curling up*)
- Mendekat ke lokasi sumber panas
- lebih dingin, misal posisi rebahan pada sapi di lantai pada siang hari

Respon ternak terhadap perubahan termal lingkungan sangat menentukan keberlangsungan hidup, produktivitas serta kesehatan ternak. Oleh karena itu, ternak akan berusaha semaksimal mungkin mempertahankan homeostasis suhu internal tubuhnya melalui berbagai cara. Ilustrasi 4 menunjukkan bahwa pada suhu yang masih relatif rendah, sapi lebih banyak membuang kelebihan panas tubuhnya melalui *nonevaporative cooling*, namun ketika suhu lingkungan semakin naik maka sapi akan sangat tergantung pada mekanisme evaporasi untuk melepaskan kelebihan panas tubuhnya ke lingkungan.



Ilustrasi 4 Mekanisme nonevaporative dan evaporative cooling pada sapi

### 1.3. PENUTUP

#### A. Rangkuman

Termoregulasi merupakan suatu mekanisme ternak untuk mempertahankan suhu di dalam tubuhnya agar berada di dalam kisaran yang dapat ditolelir. Termoregulasi mempertahankan kondisi homeostasis suhu tubuh hewan sehingga proses-proses fisiologis dapat berlangsung dengan optimal.

## B. Tes formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

- 1) Mengapa suhu dapat menentukan kelangsungan hidup dan produktivitas ternak?
- 2) Mengapa pada kondisi suhu panas, ternak diharapkan dapat mengurangi aktivitas fisik yang berlebihan?
- 3) Jelaskan peran hormon insulin dalam proses produksi panas di dalam tubuh ternak!
- 4) Mengapa ternak yang tinggi dan ramping lebih tahan terhadap cekaman panas dari lingkungan sekitarnya, jika dibandingkan dengan ternak yang pendek dan gemuk/gempal?
- 5) Bagaimana termoregulasi bisa mempertahankan keseimbangan panas di dalam tubuh ternak, Jelaskan!

## C. Umpan balik

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi belajar pada Bab I.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{5} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan materi yang anda capai:

90 – 100% = baik sekali;

80 – 89% = baik;

70 – 79% = cukup;

< 70% = kurang



#### **D. Tindak lanjut**

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat meneruskan ke pokok bahasan II. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi kegiatan belajar pada pokok bahasan I, terutama bagian yang belum anda kuasai.

#### **E. Kunci jawaban tes formatif**

- 1) Suhu lingkungan dapat mempengaruhi kehidupan dan produktivitas ternak karena suhu dapat menentukan laju metabolisme dan *intake* pakan pada hewan. Lebih lanjut, suhu jaringan hewan dapat mempengaruhi fungsi jaringan, proses biofisik, efisiensi fungsi protein serta viskositas cairan seluler di dalam tubuh ternak. Sebagai contoh, jika suhu tubuh ternak lebih rendah dari suhu tubuh normal, maka proses metabolik menjadi sangat lambat sehingga berdampak terhadap kondisi fisiologis ternak. Sebaliknya, jika suhu tubuh lebih tinggi dari suhu normal, maka potensi kerusakan jaringan tubuh akan meningkat.
- 2) Aktivitas fisik yang tinggi pada ternak dapat meningkatkan laju metabolisme dan sekaligus tingginya panas yang dihasilkan oleh tubuh. Hal tersebut dapat meningkatkan beban dan cekaman panas yang dirasakan oleh ternak.
- 3) Dalam hal produksi panas, insulin berperan dalam termogenesis secara tidak langsung. Hormon ini berperan dalam proses penyediaan dan pembagian substrat untuk keperluan metabolisme seluler. Insulin juga berperan dalam peningkatan aktivitas *sympathetic* (terutama di jaringan otot) sehingga berdampak terhadap peningkatan produksi panas tubuh.
- 4) Ternak yang tinggi dan ramping memiliki rasio luas

permukaan per volume tubuh lebih tinggi sehingga kemungkinan kehilangan panas pada ternak tersebut lebih besar dibandingkan dengan ternak bertubuh pendek dan gempal. Sebagai catatan, luas permukaan yang relatif lebih besar per kg bobot badan hewan kecil memberikan area yang lebih besar untuk kehilangan panas.

- 5) Termoregulasi merupakan fungsi dari berbagai organ tubuh yang saling berhubungan. Termoregulasi menjamin bahwa informasi mengenai perubahan suhu langsung dikirimkan ke sistem saraf pusat. Setelah diproses, perintah dikirim ke saraf motorik yang mengatur pengeluaran atau produksi panas sehingga suhu tubuh menjadi stabil. Setelah itu terjadi umpan balik, dimana informasi diterima kembali oleh sensor panas dan sensor dingin melalui peredaran darah.

#### **Daftar pustaka:**

- Bicudo JEPW, Vianna CR, Chaui-Berlinck JG. 2001. Thermogenesis in birds. *Bioscience Reports*. 21, 181-188
- Cunningham JG, Klein BG. 2007. *Textbook of Veterinary Physiology*. 4<sup>th</sup> Ed. Saunders Elsevier
- Guyton AC. 1988. *Fisiologi Kedokteran*. EGC: Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta
- Holliday MA, Potter D, Jarrah A, Bearg S. 1967. The relation of metabolic rate to body weight and organ size. *Pediatric Research*. 1, 185-195
- Ivanov KP. 2006. The development of the concepts of homeothermy and thermoregulation. *Journal of Thermal Biology*. 31, 24-29
- James A. DeShazer, G. LeRoy Hahn, Hongwei Xin. 2009. Chapter 1: Basic Principles of the Thermal Environment and Livestock Energetics. *Livestock Energetics and*

- Thermal Environmental Management Chapter 1, pp. 1-22. doi:10.13031/2013.28294
- Kearney M, Shine R, Porter WP. 2009. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. *PNAS*. 106, 3835-3840
- Loli D, Bicudo JEPW. 2005. Kontrol and regulatory mechanisms associated with thermogenesis in flying insects and birds. *Bioscience Reports*. 25, 149-180
- Morrison SF, Nakamura K, Madden CJ. 2008. Central control of thermogenesis in mammals. *Experimental Physiology*. 93, 773-797
- Moyes CD, Schulte PM. 2008. *Principles of Animal Physiology*, 2<sup>nd</sup> Ed. Pearson Interational Edition, San Fransisco
- Schwab RG, Schafer VF. 1972. Avian Thermoregulation and Its Significance in Starling Control. *Proceedings of the 5th Vertebrate Pest Conference (1972)*. Pp: 127-137
- Sessler DI. 2009. Thermoregulatory defense mechanisms. *Critical Care Medicine*. 37[Suppl.]: S203-S210
- Silva JE. 2006. Thermogenic mechanisms and their hormonal regulation. *Physiological Reviews*. 86, 435-464
- Terrien J, Perret M, Aujard F. 2011. Behavioural thermoregulation in mammals: a review. *Frontiers in Bioscience*. 16, 1428-1444

## **BAB II**

### **KESEIMBANGAN ASAM-BASA DI DALAM TUBUH TERNAK**

#### **2.1. PENDAHULUAN**

##### **A. Deskripsi singkat**

Perubahan konsentrasi ion hidrogen dalam tubuh akan berpengaruh terhadap fungsi normal sel, antara lain perubahan eksitabilitas saraf dan otot dan mempengaruhi aktivitas enzim serta konsentrasi ion di dalam tubuh ternak. Oleh karena itu, tubuh ternak harus dapat mempertahankan keseimbangan asam dan basa agar proses-proses metabolisme dan enzimatik serta fungsi jaringan/organ di dalam tubuh dapat berjalan dengan optimal. Sistem *buffer* atau penyangga merupakan suatu sistem yang melindungi tubuh dari perubahan atau fluktuasi tingkat keasaman dan alkalinitas di dalam tubuh yang terjadi secara tiba-tiba. Pokok bahasan ini membahas tentang pengertian keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak, pengontrolan pH oleh sistem *buffer*, pengontrolan pH oleh paru-paru, pengontrolan pH oleh ginjal, gangguan keseimbangan asam-basa dan upaya kompensasinya, pengaruh lingkungan terhadap keseimbangan asam-basa pada ternak.

##### **B. Relevansi**

Tinjauan tentang keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak memberikan *overview* dan pemahaman tentang dinamika ion hidrogen dalam tubuh dan pengaruhnya terhadap fungsi normal tubuh ternak. Pemahaman yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam mempelajari kompensasi dan respon ternak terhadap perubahan lingkungan yang dapat mengganggu keseimbangan asam-basa.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status asam-basa pada ternak dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan sistem keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak.

## **D. Petunjuk belajar**

Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **2.2. PENYAJIAN**

### **A. Pengertian keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak**

Keseimbangan asam-basa merupakan suatu kondisi dimana konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) yang diproduksi setara atau seimbang dengan konsentrasi ion hidrogen yang dikeluarkan oleh tubuh. Tubuh ternak harus dapat mempertahankan keseimbangan asam dan basa agar proses-proses metabolisme dan enzimatik serta fungsi organ dapat berjalan dengan optimal. Fluktuasi konsentrasi ion hidrogen dalam tubuh akan berpengaruh terhadap fungsi normal sel, antara lain perubahan eksitabilitas saraf dan otot (pada asidosis terjadi depresi susunan

saraf pusat, sebaliknya pada alkalosis terjadi hipereksitabilitas), mempengaruhi enzim-enzim dalam tubuh dan mempengaruhi konsentrasi ion Kalium di dalam tubuh ternak. Secara umum, mekanisme pengaturan keseimbangan ion hidrogen sama dengan pengaturan ion lain di dalam tubuh ternak. Untuk mencapai kondisi homeostasis, harus ada keseimbangan antara *input* dan *output* ion hidrogen dari tubuh. Untuk mengevaluasi status asam-basa di dalam tubuh ternak, pengukuran pH dan konsentrasi karbon dioksida (asam) dan bikarbonat (basa) di dalam darah merupakan hal yang dapat dilakukan.

Secara umum, nilai pH rata-rata darah adalah 7,4 dan secara khusus pH darah arteri adalah 7,45 dan darah vena 7,35. Jika pH darah kurang dari 7,35 ternak dapat diindikasikan mengalami asidosis, sedangkan nilai pH darah melebihi 7,45 dapat diindikasikan ternak mengalami alkalosis. Di dalam tubuh, ion hidrogen terutama diperoleh dari aktivitas metabolik. Ion hidrogen secara normal dan kontinyu akan ditambahkan ke cairan tubuh dari beberapa sumber, antara lain:

1. Oksidasi asam amino sulfur (metionin dan sistin) dan protein yang mengandung fosfor menjadi asam sulfat dan fosfat.
2. Oksidasi lemak dan karbohidrat yang tidak lengkap menjadi asam organik (misal asam asetat, piruvat dan lain-lain).
3. Glikolisis anaerob yang menghasilkan asam laktat.
4. Pemecahan asam karbonat ( $H_2CO_3$ ) yang terbentuk dari  $CO_2$  dan  $H_2O$ .

Terdapat tiga mekanisme untuk mempertahankan keseimbangan antara asam dan basa di dalam tubuh ternak, antara lain: (1) mekanisme pengontrolan pH oleh sistem *buffer* atau penyangga, (2) mekanisme pengontrolan pH oleh sistem pernapasan, dan (3) mekanisme pengontrolan pH oleh sistem

perkemihan/urinasi.

## **B. Pengontrolan pH oleh sistem *buffer***

Sistem *buffer* atau penyangga melindungi tubuh ternak dari perubahan tingkat keasaman dan alkalinitas di dalam tubuh yang terjadi secara tiba-tiba. Sistem *buffer* sangat efisien, karena hanya memerlukan beberapa detik bagi *buffer* kimia dalam darah untuk melakukan penyesuaian pH. Saluran pernapasan dapat mengatur pH darah dalam beberapa menit dengan menghembuskan CO<sub>2</sub> dari tubuh. Sistem ginjal juga dapat menyesuaikan pH darah melalui ekskresi ion hidrogen (H<sup>+</sup>) dan konservasi bikarbonat, tetapi proses ini membutuhkan waktu berjam-jam hingga beberapa hari. Secara umum terdapat empat sistem *buffer* atau penyangga di dalam tubuh ternak, meliputi:

### 1) *Buffer* asam bikarbonat-karbonat

*Buffer* asam bikarbonat-karbonat bekerja dengan cara yang mirip dengan *buffer* fosfat. Bikarbonat diatur dalam darah oleh natrium, seperti halnya ion fosfat. Ketika natrium bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>), bertemu dengan asam kuat, seperti HCl, asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), yang merupakan asam lemah, dan NaCl terbentuk. Ketika asam karbonat bersentuhan dengan basa kuat, seperti NaOH, bikarbonat dan air terbentuk.

Seperti halnya *buffer* fosfat, asam lemah atau basa lemah menangkap ion bebas, dan perubahan pH yang signifikan dapat dicegah. Ion bikarbonat dan asam karbonat hadir dalam darah dalam perbandingan 20:1 jika pH darah berada dalam kisaran normal. Dengan 20 kali lebih banyak bikarbonat daripada asam karbonat, sistem penangkapan ini paling efisien dalam *buffering* perubahan yang akan membuat darah lebih asam. Hal tersebut sangat penting karena sebagian besar sisa metabolisme tubuh, seperti asam laktat dan keton, adalah asam. Kadar asam karbonat

dalam darah dikendalikan oleh pengeluaran  $\text{CO}_2$  melalui paru-paru. Dalam sel darah merah, karbonat anhidrase memaksa disosiasi asam, membuat darah lebih asam. Karena disosiasi asam ini,  $\text{CO}_2$  dihembuskan. Tingkat bikarbonat dalam darah dikendalikan melalui sistem ginjal, di mana ion bikarbonat dalam filtrat ginjal dijaga dan dilewatkan kembali ke dalam darah. Secara umum, sistem penyangga bikarbonat adalah sistem penyangga utama dalam tubuh ternak.

## 2) *Buffer* protein

Hampir semua protein dapat berfungsi sebagai *buffer*. Protein terdiri dari asam amino, yang mengandung gugus amino bermuatan positif dan gugus karboksil bermuatan negatif. Darah bermuatan molekul ini dapat mengikat ion hidrogen dan hidroksil, dan dengan demikian berfungsi sebagai *buffer*. *Buffer* oleh protein menyumbang dua pertiga dari daya buffering darah dan sebagian besar *buffering* dalam sel.

## 3) *Buffer* hemoglobin

Hemoglobin adalah protein utama di dalam sel darah merah dan menyumbang sepertiga dari massa sel. Selama konversi  $\text{CO}_2$  menjadi bikarbonat, ion hidrogen yang dibebaskan dalam reaksi disangga oleh hemoglobin, yang direduksi oleh pemisahan oksigen. *Buffer* ini membantu menjaga pH normal. Proses ini dibalikkan di kapiler paru untuk membentuk kembali  $\text{CO}_2$ , yang kemudian dapat berdifusi ke dalam kantung udara untuk dihembuskan ke atmosfer.

## 4) *Buffer* fosfat

Fosfat di dalam darah ditemukan dalam dua bentuk, yakni natrium dihidrogen fosfat ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), yang merupakan asam lemah, dan natrium monohidrogen fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4^-$ ), yang merupakan basa lemah. Ketika  $\text{Na}_2\text{HPO}_4^-$  bertemu dengan



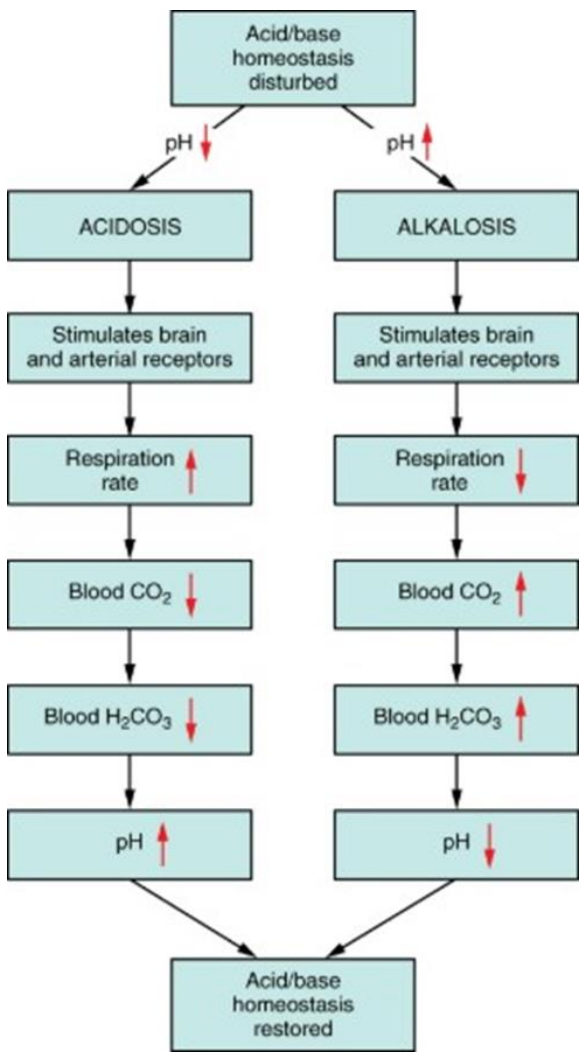
asam kuat, seperti HCl, basa mengambil kedua ion hidrogen untuk membentuk asam lemah  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan NaCl. Ketika  $\text{Na}_2\text{HPO}_4^{2-}$  (asam lemah) bertemu dengan basa kuat, seperti natrium hidroksida (NaOH), asam lemah kembali ke basa lemah dan menghasilkan air.

### C. Pengontrolan pH oleh paru-paru

Di dalam tubuh ternak, sistem *buffer* kimia hanya mengatasi ketidakseimbangan asam- basa secara sementara. Jika dengan *buffer* kimia tidak cukup memperbaiki ketidakseimbangan, maka pengontrolan pH akan dilanjutkan oleh paru-paru yang memberikan respon secara cepat terhadap perubahan kadar ion hidrogen dalam darah akibat rangsangan pada kemoreseptor dan pusat pernapasan. Sistem pernapasan berkontribusi pada keseimbangan asam dan basa dalam tubuh dengan mengatur kadar asam karbonat dalam darah (Ilustrasi 5). Ketika kadar  $\text{CO}_2$  dalam darah meningkat, kelebihan  $\text{CO}_2$  tersebut akan bereaksi dengan air untuk membentuk asam karbonat, sehingga dapat menurunkan pH darah. Meningkatkan kecepatan dan/atau kedalaman pernapasan memungkinkan hewan mengeluarkan lebih banyak  $\text{CO}_2$  dari dalam tubuh. Hilangnya  $\text{CO}_2$  dari tubuh dapat mengurangi kadar asam karbonat dalam darah dan dengan demikian dapat menaikkan nilai pH.

Reaksi kimia yang mengatur kadar  $\text{CO}_2$  dan asam karbonat terjadi di paru-paru ketika darah mengalir melalui kapiler paru paru. Penyesuaian kecil dalam pernapasan biasanya cukup untuk menyesuaikan pH darah dengan mengubah berapa banyak  $\text{CO}_2$  yang dikeluarkan. Tubuh mengatur laju pernapasan dengan menggunakan kemoreseptor, yang terutama menggunakan  $\text{CO}_2$  sebagai sinyal. Sensor darah tepi ditemukan di dinding aorta dan arteri karotis. Sensor- sensor ini memberi

sinyal pada otak untuk segera melakukan penyesuaian laju pernapasan jika kadar  $\text{CO}_2$  naik atau turun. Namun sensor lain ditemukan di otak itu sendiri. Perubahan pH *cerebrospinal fluid* (CSF, cairan cerebrospinal) mempengaruhi pusat pernapasan di medula oblongata, yang secara langsung dapat memodulasi laju pernapasan untuk mengembalikan pH ke kisaran normal.



Ilustrasi 5 Regulasi pH darah melalui pernapasan

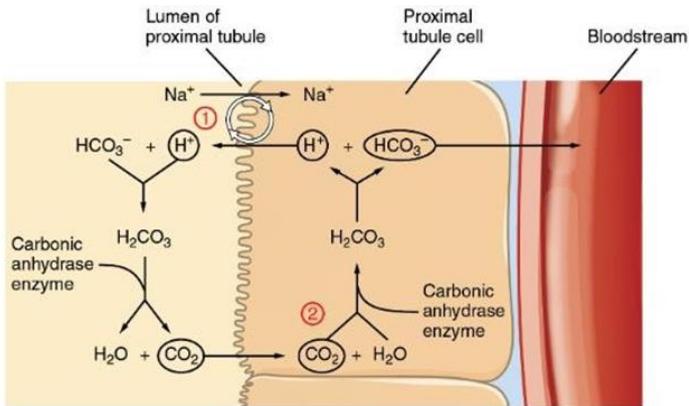
#### D. Pengontrolan pH oleh ginjal

Metabolisme seluler normalnya menghasilkan ion hidrogen yang dapat berpengaruh terhadap keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak. *Buffer* bikarbonat dapat menjaga keseimbangan asam-basa di dalam tubuh, namun sistem *buffering* hanya berguna dalam jangka pendek. Dalam hal menjaga pH tubuh, ginjal memiliki dua tugas penting yakni mengeluarkan ion hidrogen dari tubuh dan mereabsorpsi bikarbonat saat plasma darah lebih asam. Pada saat plasma darah bersifat basa, ginjal akan mengeluarkan lebih sedikit ion hidrogen dan mereabsorpsi sedikit ion bikarbonat. Sel tubulus ginjal kaya akan enzim karbonat anhidrase, yang memfasilitasi pembentukan asam karbonat dari karbon dioksida dan air. Asam karbonat selanjutnya berdisosiasi menjadi ion bikarbonat dan hidrogen. Bikarbonat diserap kembali ke dalam darah dan ion hidrogen mengalir ke lumen tubulus dan dieliminasi dari tubuh melalui urin.

Terdapat beberapa proses yang berlangsung di dalam ginjal dalam upaya menyediakan ion bikarbonat ke sistem sirkulasi (Ilustrasi 6), meliputi:

- 1) Ion natrium diserap kembali dari filtrat, bertukar dengan ion  $H^+$  oleh mekanisme *antiport* (kedua molekul ditransportasi dengan arah berlawanan) di selaput apikal sel yang melapisi tubulus ginjal
- 2) Sel-sel menghasilkan ion bikarbonat yang dapat dipindahkan ke kapiler peritubular
- 3) Ketika  $CO_2$  tersedia, reaksi didorong ke pembentukan asam karbonat, yang berdisosiasi membentuk ion bikarbonat dan ion hidrogen
- 4) Ion bikarbonat masuk ke kapiler peritubular dan kembali ke darah. Ion  $H^+$  disekresikan ke filtrat, di mana ion tersebut

dapat menjadi bagian dari molekul air baru dan diserap kembali, atau dieliminasi dari tubuh melalui urin.



Ilustrasi 6 Konservasi bikarbonat di ginjal

Eliminasi ion  $H^+$  melalui urin sejatinya sangat tergantung pada keberadaan *buffer* dalam urin, terutama *buffer* ion fosfat dan amonia. Penyangga fosfat terkonsentrasi dalam cairan tubular karena tidak terabsorpsi. Penyangga fosfat berfungsi untuk mengeluarkan ion hidrogen dari cairan tubuler dan membawanya ke dalam urin. Mekanisme ini memungkinkan pengeluaran sejumlah besar ion hidrogen yang disekresi tanpa melalui asidifikasi urine yang dapat merusak traktus urinarius (saluran kemih).

Sel-sel tubuler memproduksi amonia ( $NH_3$ ) dari asam glutamat. Amonia berdifusi ke dalam lumen tubulus dan bereaksi dengan ion hidrogen untuk membentuk ion amonium ( $NH_4^+$ ). Ion amonium diekskresi ke dalam urin bersama dengan klorida. Selain itu ion amonium mengganti ion natrium atau beberapa ion dasar lainnya untuk membentuk garam amonium dan melepas ion natrium untuk berdifusi balik ke dalam sel tubulus dan berikatan dengan bikarbonat. Pembentukan ion amonium menyebabkan

terjadinya penambahan lebih banyak ion bikarbonat ke dalam darah dan peningkatan pH darah.

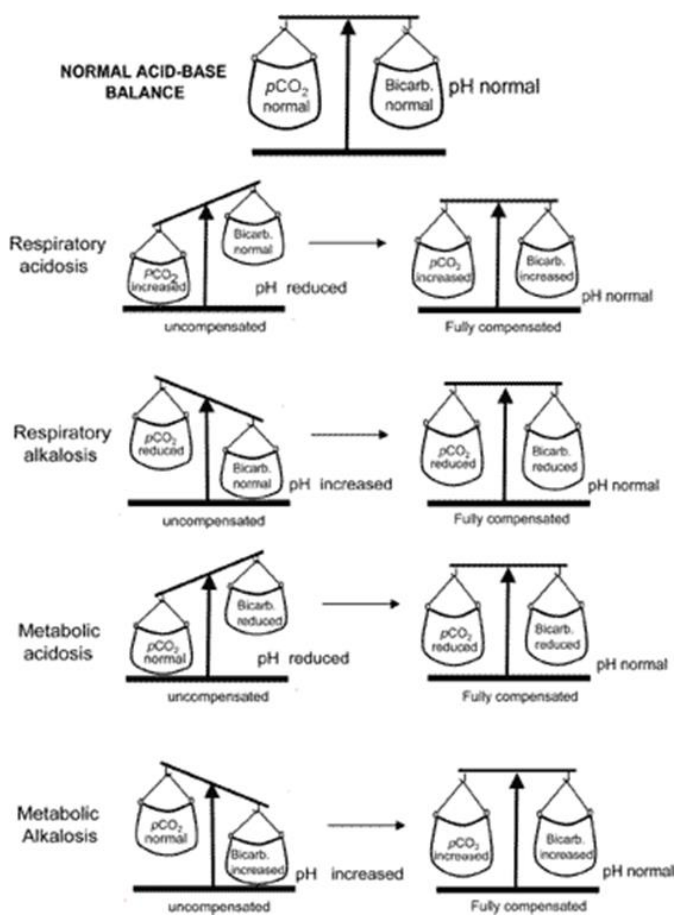
### **E. Gangguan keseimbangan asam-basa dan upaya kompensasinya**

Terdapat empat kategori ketidakseimbangan asam-basa, yaitu:

- 1) Asidosis respiratorik, disebabkan oleh retensi  $\text{CO}_2$  akibat hipoventilasi. Retensi  $\text{CO}_2$  selanjutnya menyebabkan peningkatan produksi  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , dan disosiasi asam ini akan meningkatkan konsentrasi ion  $\text{H}^+$ .
- 2) Alkalosis respiratorik, disebabkan oleh kehilangan  $\text{CO}_2$  yang berlebihan akibat hiperventilasi/*panting*. Pembentukan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  menurun sehingga pembentukan ion  $\text{H}^+$  menurun.
- 3) Asidosis metabolik, yakni asidosis yang bukan disebabkan oleh gangguan pernapasan atau ventilasi paru. Beberapa kondisi pada hewan seperti diare akut, aktivitas fisik hewan yang berlebihan dan asidosis uremia akibat gangguan pada ginjal dapat menyebabkan penurunan kadar bikarbonat sehingga kadar ion  $\text{H}^+$  bebas menjadi meningkat.
- 4) Alkalosis metabolik, terjadi penurunan kadar ion  $\text{H}^+$  dalam plasma karena defisiensi asam non-karbonat. Akibatnya konsentrasi bikarbonat menjadi meningkat. Hal ini bisa terjadi karena kehilangan ion  $\text{H}^+$ , misal akibat *vomiting*/muntah. Hilangnya ion  $\text{H}^+$  dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan hewan untuk menetralkan bikarbonat, sehingga kadar bikarbonat plasma meningkat.

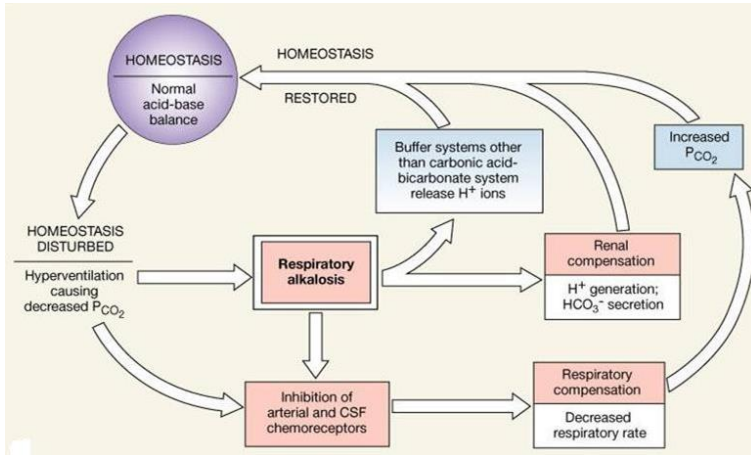
Pergeseran nilai pH merupakan hal yang sangat penting bagi kondisi fisiologis ternak, dan karenanya tubuh ternak akan selalu berusaha menjaga keseimbangan asam-basa dalam kondisi

tetap normal. Upaya ternak untuk mengembalikan ketidakseimbangan asam-basa ke kondisi asam-basa yang seimbang disebut dengan kompensasi. Konsep keseimbangan asam- basa selama kompensasi disampaikan secara visual pada Ilustrasi 7 dan 8. Untuk memahami kompensasi, penting untuk mengingat bahwa pH diatur oleh rasio ion bikarbonat dan tekanan parsial atau konsentrasi  $\text{CO}_2$  di dalam darah. Selama rasio ion bikarbonat dan konsentrasi  $\text{CO}_2$  normal, pH tubuh akan normal pula.



Ilustrasi 7 Kompensasi untuk mengembalikan pH ke normal

Pada kondisi asidosis metabolik, untuk mengimbangi rendahnya bikarbonat dan mengembalikan rasio ion bikarbonat dan konsentrasi  $\text{CO}_2$  menjadi normal, ternak harus menurunkan konsentrasi  $\text{CO}_2$  nya. Kemoreseptor di pusat pernapasan merespon peningkatan konsentrasi ion hidrogen (pH rendah), menyebabkan peningkatan ventilasi (hiperventilasi) dan dengan demikian meningkatkan eliminasi  $\text{CO}_2$ . Dengan demikian tekanan parsial  $\text{CO}_2$  turun dan rasio ion bikarbonat dan konsentrasi  $\text{CO}_2$  normal menjadi normal kembali. Kompensasi untuk alkalosis metabolik di mana ion bikarbonat tinggi, sebaliknya, melibatkan penurunan frekuensi respirasi dan dengan demikian retensi  $\text{CO}_2$ , sehingga tekanan parsial  $\text{CO}_2$  meningkat. Namun, penurunan frekuensi pernapasan dapat memiliki akibat sampingan yang tidak diinginkan yaitu dapat menurunkan oksigenasi jaringan (berkurangnya suplai oksigen ke jaringan). Gangguan asidosis dan alkalosis respiratorik dapat dikompensasi oleh ginjal melalui pengaturan ion hidrogen dan ion bikarbonat. Kompensasi ginjal untuk asidosis respiratorik (akibat peningkatan konsentrasi  $\text{CO}_2$ ) melibatkan peningkatan ekskresi ion hidrogen dan reabsorpsi ion bikarbonat. Kompensasi ginjal untuk alkalosis respiratorik (akibat penurunan konsentrasi  $\text{CO}_2$ ) dilakukan melalui penurunan ekskresi ion hidrogen dan penurunan reabsorpsi bikarbonat.



Ilustrasi 8 Kompensasi untuk mengembalikan keseimbangan asam-basa pada ternak

## F. Pengaruh lingkungan terhadap keseimbangan asam-basa pada ternak

Keseimbangan asam-basa sangat penting untuk menjaga pH darah ternak dan kondisi kesehatannya. Selain itu, keseimbangan asam-basa juga dapat berdampak pada produksi dan kualitas produk ternak. Sebagai contoh pada sapi perah, perubahan keseimbangan asam-basa dapat disertai dengan gangguan elektrolit yang dapat mempengaruhi komposisi dan keseimbangan ion dalam susu yang dihasilkan. Keseimbangan asam-basa pada sapi perah sendiri sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya stres panas yang berasal dari lingkungan. Sapi dalam kondisi stres panas dapat mengalami alkalosis respiratorik, sebagai akibat dari hiperventilasi. Kompensasi yang dilakukan oleh ginjal menyebabkan hilangnya bikarbonat urin dalam upaya untuk menyeimbangkan rasio asam karbonat dengan bikarbonat dalam darah.



## **2.3. PENUTUP**

### **A. Rangkuman**

Perubahan keseimbangan asam-basa di dalam tubuh akan berpengaruh terhadap fungsi normal sel tubuh ternak. Oleh karena itu, ternak harus dapat mempertahankan keseimbangan asam dan basa agar proses-proses metabolisme dan enzimatik serta fungsi jaringan/organ di dalam tubuh dapat berjalan dengan optimal. Sistem *buffer* atau penyangga (meliputi *buffer* asam bikarbonat-karbonat, protein, hemoglobin dan fosfat) merupakan suatu sistem yang melindungi tubuh dari perubahan atau fluktuasi tingkat keasaman dan alkalinitas di dalam tubuh yang terjadi secara tiba-tiba.

### **B. Tes formatif**

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

- 1) Mengapa keseimbangan asam-basa di dalam tubuh sangat penting bagi kondisi fisiologis ternak?
- 2) Jelaskan hubungan antara laju pernapasan dan keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak!
- 3) Bagaimana peran ginjal dalam menjaga keseimbangan asam-basa di dalam tubuh ternak?
- 4) Bagaimana stres bisa mempengaruhi keseimbangan asam-basa dan selanjutnya juga berdampak terhadap kualitas produk yang dihasilkan oleh ternak?

### **C. Umpan balik**

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda

terhadap materi belajar pada Bab II.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{4} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan materi yang anda capai:

90 – 100% = baik sekali;

80 – 89% = baik;

70 – 79% = cukup;

< 70% = kurang

#### **D. Tindak lanjut**

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat meneruskan ke pokok bahasan III. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi kegiatan belajar pada pokok bahasan II, terutama bagian yang belum anda kuasai.

#### **E. Kunci jawaban tes formatif**

- 1) Di dalam tubuh ternak, fluktuasi asam-basa akan berpengaruh terhadap fungsi normal sel, antara lain perubahan eksitabilitas saraf dan otot (pada asidosis terjadi depresi susunan saraf pusat, sebaliknya pada alkalosis terjadi hipereksitabilitas), mempengaruhi enzim-enzim dalam tubuh dan mempengaruhi konsentrasi ion Kalium di dalam tubuh ternak. Kondisi yang demikian akan berdampak terhadap kondisi fisiologis ternak.
- 2) Laju pernapasan sangat terkait erat dengan volume CO<sub>2</sub> yang mampu dikeluarkan dari dalam tubuh. Ketika kadar CO<sub>2</sub> dalam darah meningkat, kelebihan CO<sub>2</sub> tersebut akan bereaksi dengan air untuk membentuk asam karbonat, sehingga dapat menurunkan pH darah. Meningkatkan

kecepatan dan/atau kedalaman pernapasan memungkinkan hewan mengeluarkan lebih banyak CO<sub>2</sub> dari dalam tubuh. Hilangnya CO<sub>2</sub> dari tubuh dapat mengurangi kadar asam karbonat dalam darah dan dengan demikian dapat menaikkan nilai pH.

- 3) Ginjal memiliki dua fungsi penting dalam hal menjaga pH tubuh, yakni mengeluarkan ion hidrogen dari tubuh dan mereabsorpsi bikarbonat saat plasma darah lebih asam. Pada saat plasma darah bersifat basa, ginjal akan mengeluarkan lebih sedikit ion hidrogen dan mereabsorpsi sedikit ion bikarbonat. Sel tubulus ginjal kaya akan enzim karbonat anhidrase, yang memfasilitasi pembentukan asam karbonat dari karbon dioksida dan air. Asam karbonat selanjutnya berdisosiasi menjadi ion bikarbonat dan hidrogen. Bikarbonat diserap kembali ke dalam darah dan ion hidrogen mengalir ke lumen tubulus dan dieliminasi dari tubuh melalui urin.
- 4) Stres merupakan faktor yang sangat penting dalam pengaruhnya terhadap keseimbangan asam basa. Sebagai contoh, sapi dalam kondisi stres panas dapat mengalami alkalosis respiratorik, sebagai akibat dari hiperventilasi. Kompensasi yang dilakukan oleh ginjal menyebabkan hilangnya bikarbonat urin dalam upaya untuk menyeimbangkan rasio asam karbonat dengan bikarbonat dalam darah. Kondisi yang demikian dapat disertai dengan gangguan elektrolit yang dapat mempengaruhi komposisi dan keseimbangan ion dalam susu yang dihasilkan.

### **Daftar pustaka**

Afzaal D, Nisa M, Khan MA, Sarwar M. 2004. A review on acid base status in dairy cows: implications of dietary cation-

- anion balance. *Pakistan Vet. J.* 24(4): 199-202.
- Comito RW, Reece WO, Trampel DW, Koehler KJ. 2007. Acid-base balance of the domestic turkey during thermal panting. *Poult. Sci.* 86, 2649-2652.
- Engelking LR. 2015. Respiratory alkalosis, in *Textbook of Veterinary Physiological Chemistry (Third Edition)*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123919090500918>
- Fagnani R, Beloti V, Battaglini APP. 2014. Acid-base balance of dairy cows and its relationship with alcoholic stability and mineral composition of milk. *Pesq. Vet. Bras.* 34: 398-402.
- Ochoa LN. 2005. Acid-base principles and practical interpretation in small animals. *World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings, Mexico City, Mexico, May 11-14, 2005*.
- Olanrewaju HA, Wongpichet S, Thaxton JP, Dozier III WA, Branton SL. 2006. Stress and acid-base balance in chickens. *Poult. Sci.* 85:1266-1274.
- Wojtas K, Cwynar P, Kolacz R, Kupczynski R. 2013. Effect of heat stress on acid-base balance in Polish Merino sheep. *Archiv Tierzucht*, 92: 917-923.



## **BAB III**

### **KESEIMBANGAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT DI DALAM TUBUH TERNAK**

#### **3.1. PENDAHULUAN**

##### **A. Deskripsi singkat**

Keseimbangan cairan dan elektrolit menunjukkan bahwa air tubuh secara keseluruhan dan elektrolit terdistribusi ke seluruh bagian tubuh secara normal. Keseimbangan cairan dan elektrolit saling bergantung satu dengan yang lainnya, artinya jika salah satu terganggu maka akan berpengaruh pada yang lainnya. Cairan dan elektrolit bergerak dari satu kompartemen ke kompartemen lain untuk memfasilitasi berbagai proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh ternak. Elektrolit berperan dalam menyeimbangkan cairan dan kadar asam/basa (pH) tubuh, membantu memindahkan nutrisi ke dalam sel, membantu memindahkan limbah metabolit dari sel dan memastikan saraf, otot, jantung dan otak bekerja dengan normal. Diantara elektrolit yang terdapat dalam tubuh adalah natrium/sodium, kalium, kalsium, klorida, magnesium, bikarbonat dan fosfat. Pokok bahasan ini membahas tentang pengertian cairan dan elektrolit tubuh, pergerakan cairan tubuh, elektrolit utama dalam tubuh ternak, keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak dan pengaruh lingkungan terhadap keseimbangan cairan dan elektrolit pada ternak.

##### **B. Relevansi**

Tinjauan tentang keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak memberikan pemahaman mengenai dinamika cairan dan elektrolit dan faktor-faktor yang dapat mengganggu keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak.

Pemahaman yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam mempelajari mekanisme tubuh dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak pada kondisi lingkungan yang bervariasi.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan sistem keseimbangan cairan dan mineral dalam tubuh ternak.

## **D. Petunjuk belajar**

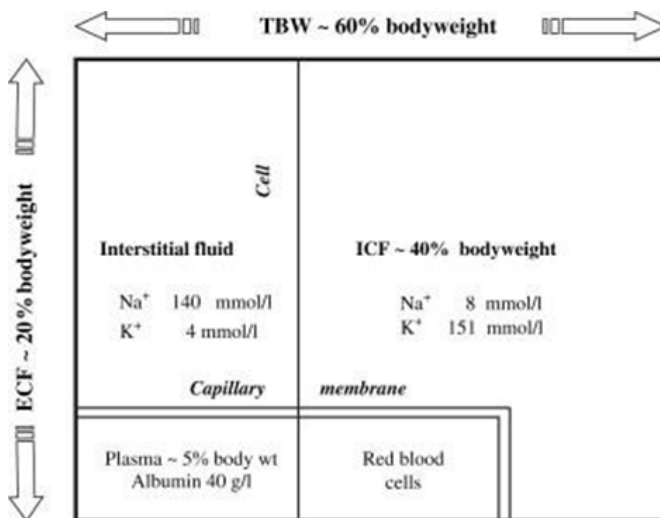
Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **3.2. PENYAJIAN**

### **A. Pengertian cairan dan elektrolit tubuh**

Cairan dan elektrolit merupakan komponen penting di dalam tubuh ternak, karena keduanya sangat menentukan kondisi lingkungan sel dan seluruh tubuh ternak. Secara umum, keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh merupakan

salah satu bagian dari fisiologi homeostatis sehingga harus dipertahankan oleh ternak. Keseimbangan cairan dan elektrolit memiliki makna bahwa air tubuh secara keseluruhan dan elektrolit terdistribusi ke seluruh bagian tubuh secara normal. Keseimbangan cairan dan elektrolit saling bergantung satu dengan yang lainnya, artinya jika salah satu terganggu maka akan berpengaruh pada yang lainnya. Keseimbangan cairan dan elektrolit melibatkan komposisi dan perpindahan berbagai cairan tubuh. Cairan tubuh adalah larutan yang terdiri dari air (pelarut) dan zat tertentu yang terlarut di dalamnya. Sedangkan elektrolit adalah zat kimia yang menghasilkan partikel-partikel bermuatan listrik yang disebut ion jika berada dalam larutan. Perbedaan konsentrasi elektrolit pada membran sel merupakan prasyarat penting untuk rangsangan sel, konduksi sinyal, proses transportasi maupun pergerakan sel. Elektrolit juga berfungsi sebagai pembawa pesan (*second messengers*), ko-enzim dan juga memiliki fungsi struktural di dalam tubuh.



Ilustrasi 9 Kompartemen cairan tubuh dan konsentrasi elektrolit (TBW: total air tubuh)



Cairan tubuh secara umum terdapat dalam dua kompartemen yang berbeda, yakni intraseluler (*intracellular fluid*, ICF) yang mencakup sekitar 40% dari total bobot badan dan ekstraseluler (*extracellular fluid*, ECF) yang mencakup sekitar 20% dari berat badan (Ilustrasi 9). Total cairan tubuh rata-rata ternak dewasa adalah sekitar 60% dari bobot badan, namun persentase cairan tubuh menjadi lebih tinggi pada neonatus dan hewan muda, dan lebih rendah pada ternak yang memiliki timbunan lemak tinggi. Cairan intraseluler merupakan cairan yang terdapat di dalam sel, yang terdapat di seluruh bagian tubuh ternak, sedangkan cairan ekstraseluler adalah cairan yang terdapat di luar sel (bukan bagian dari internal sel). Cairan intraseluler merupakan ‘ruang’ atau media di dalam sel yang terutama didefinisikan sebagai sitoplasma sel. Cairan intraseluler bersifat stabil dan tidak mudah beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan. Cairan intraseluler (sitoplasma) merupakan tempat di mana banyak reaksi kimia terjadi, oleh karena itu sangat penting untuk mempertahankan osmolalitasnya. Cairan ekstraseluler mengelilingi dan dapat masuk ke dalam sel, membawa bahan-bahan yang diperlukan untuk metabolisme seluler dan membawa sampah metabolisme ke paru-paru, hati ataupun ginjal untuk selanjutnya dibuang keluar tubuh. Cairan ekstraseluler dapat dikelompokkan atas: (1) cairan interstisiel, yakni cairan yang berada di sekitar sel. Cairan limfe termasuk dalam kelompok cairan ini, (2) cairan intravaskuler, yakni cairan yang terdapat di dalam pembuluh darah atau sering disebut dengan plasma darah, dan (3) cairan transeluler, yakni cairan yang terdapat di dalam rongga khusus di dalam tubuh. Cairan transeluler meliputi cairan cerebrospinal, pericardial, pleural, sinovial, cairan intraokular dan sekresi lambung. Secara garis besar, terdapat dua jenis komponen yang terkandung di dalam

cairan tubuh, yakni:

- 1) Elektrolit, merupakan zat yang terdisosiasi dalam cairan atau zat yang dapat menghantarkan listrik ketika dilarutkan dalam pelarut polar. Elektrolit dibedakan menjadi ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Kation utama dalam cairan ekstraselular adalah sodium ( $\text{Na}^+$ ), sedangkan kation utama dalam cairan intraselular adalah potasium ( $\text{K}^+$ ). Anion utama dalam cairan ekstraselular adalah klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), sedangkan anion utama dalam cairan intraselular adalah ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Kandungan elektrolit dalam plasma dan cairan interstitial kurang lebih sama, sehingga nilai elektrolit plasma mencerminkan komposisi dari cairan ekstraseluler.
- 2) Komponen non elektrolit, merupakan komponen selain elektrolit. Zat-zat yang termasuk ke dalam nonelektrolit adalah glukosa, urea, kreatinin dan bilirubin yang tidak terdisosiasi dalam cairan.

## **B. Pergerakan cairan tubuh**

Di dalam tubuh ternak cairan tidak statis, namun selalu mengalami pergerakan. Cairan dan elektrolit bergerak dari satu kompartemen ke kompartemen lain untuk memfasilitasi berbagai proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh ternak, diantaranya oksigenasi jaringan, respon terhadap masuknya agen penyakit dan menjaga keseimbangan asam-basa. Pergerakan cairan dan elektrolit dilakukan melalui tiga fase. Pada fase pertama plasma darah bergerak dalam tubuh melalui sistem sirkulasi, nutrisi dan gas pernapasan diambil dari saluran pencernaan dan paru-paru. Pada fase kedua, cairan interstisiel dan komponennya bergerak di antara kapiler darah dan sel. Pada fase ketiga cairan akan bergerak dari interstisiel ke sel. Pada arah sebaliknya, cairan dan

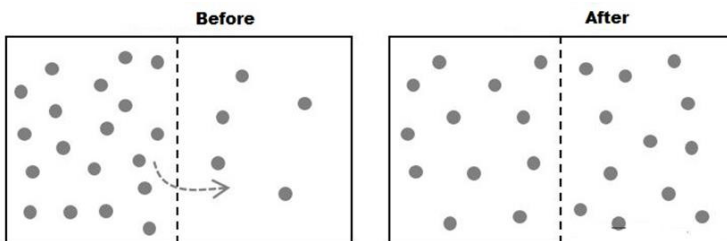
komponennya akan bergerak balik dari sel ke ruang interstisiel dan kemudian ke kompartemen intravaskuler. Cairan intravaskuler kemudian akan membawa cairan ke ginjal, dimana produk sampingan dari proses metabolisme akan diekskresikan keluar tubuh ternak.

Kapiler dan membran seluler dalam tubuh dikenal memiliki sifat *selective permeable*, artinya membran tersebut secara selektif dapat membedakan jenis molekul, dan hanya memungkinkan beberapa molekul dapat melewatinya, sementara menghalangi molekul yang lain. Material seperti glikogen dan protein tidak dapat dengan mudah melewati kapiler dan membran seluler. Bahan organik seperti asam amino dan glukosa dapat dengan bebas melewati membran seluler, meskipun terkadang membutuhkan bantuan traspor aktif (pergerakan material dengan menggunakan energi untuk mengeluarkan dan memasukkan ion-ion dan molekul melalui membran sel yang bersifat permiabel dengan tujuan memelihara keseimbangan molekul kecil di dalam sel). Di dalam tubuh, membran semipermiabel meliputi: (1) membran sel (memisahkan cairan intraseluler dari cairan interstisiel dan terdiri atas lipid dan protein), (2) membran kapiler (memisahkan cairan intravaskuler dari cairan interstisiel), dan (3) membran epithelial (memisahkan cairan interstisiel dan cairan intravaskuler dari cairan transeluler; contoh membran ini adalah epithelium mukosal dari lambung dan usus, membran sinovial dan tubulus ginjal).

Di dalam tubuh, cairan dan elektrolit bergerak melalui difusi, osmosis, transportasi aktif maupun filtrasi. Perpindahan tersebut tergantung pada permeabilitas membran sel atau kemampuan membran untuk ditembus oleh cairan dan elektrolit.

- 1) Difusi, merupakan pergerakan suatu zat dari area konsentrasi tinggi ke area konsentrasi rendah. Definisi lain adalah suatu

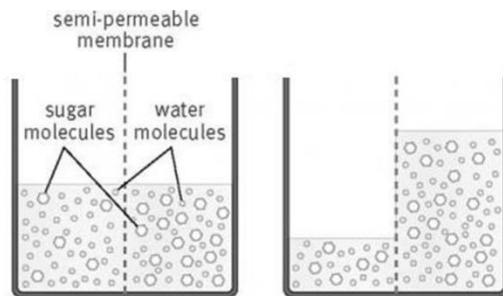
proses yang dihasilkan dari gerakan acak molekul yang dengannya terdapat aliran materi yang bersih dari area dengan konsentrasi tinggi ke area konsentrasi rendah. Difusi terjadi melalui perpindahan tidak teratur (acak/random) dari ion dan molekul. Contoh dari difusi adalah pertukaran oksigen dan karbondioksida antara kapiler dan alveoli. Proses difusi dapat dilihat pada Ilustrasi 10.



Ilustrasi 10 Proses difusi

Agar difusi dapat terjadi terdapat beberapa persyaratan, antara lain: (1) bila partikel tersebut cukup kecil untuk melewati pori-pori protein (misal air dan urea), maka akan terjadi difusi sederhana, (2) bila partikel tersebut larut dalam lemak (misal oksigen dan karbondioksida), maka akan terjadi difusi sederhana, dan (3) partikel tidak larut lemak seperti glukosa harus berdifusi ke dalam sel melalui substansi pembawa, maka akan terjadi difusi dipermudah (atau difusi terfasilitasi, yakni peristiwa difusi yang prosesnya dibantu protein yang ada pada membran). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempercepat proses difusi, antara lain peningkatan suhu, peningkatan konsentrasi partikel, penurunan ukuran atau berat molekul dari partikel, peningkatan area permukaan yang tersedia untuk difusi dan penurunan jarak lintas di mana massa partikel harus berdifusi.

- 2) Osmosis, merupakan suatu proses di mana air atau pelarut lain melewati membran semipermeabel dari larutan yang kurang pekat ke larutan yang lebih pekat, sehingga menyamakan konsentrasi di setiap sisi membran. Membran tersebut permeabel terhadap zat pelarut, tetapi tidak permeabel terhadap solut (zat terlarut), yang berupa materi partikel. Kecepatan osmosis tergantung pada konsentrasi solut di dalam larutan, suhu larutan, muatan listrik solut dan perbedaan antara tekanan osmosis yang dikeluarkan oleh larutan. Konsentrasi larutan diukur dalam osmol, yang mencerminkan jumlah substansi dalam larutan yang berbentuk molekul, ion atau keduanya.

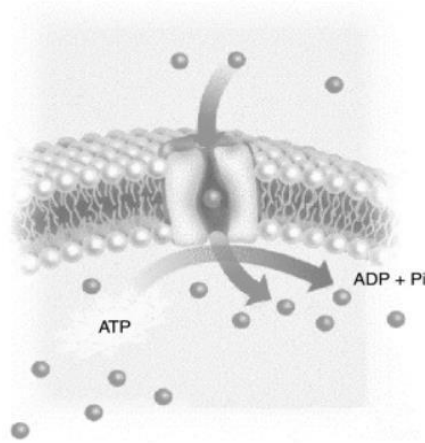


Ilustrasi 11 Proses osmosis

Apabila konsentrasi solut pada salah satu sisi membran semipermeabel lebih besar, maka laju osmosis akan lebih cepat sehingga terjadi percepatan transfer zat pelarut menembus membran semipermeabel. Hal ini akan terus berlanjut sampai tercapai keseimbangan. Osmolalitas merupakan pengukuran kemampuan larutan untuk menciptakan tekanan osmotik dan dengan demikian akan mempengaruhi gerakan cairan. Osmolalitas juga menggambarkan konsentrasi larutan, menunjukkan jumlah partikel dalam satu liter larutan dan diukur dengan miliosmol

per liter (mOsm/L). Di dalam tubuh ternak, suatu larutan yang osmolalitasnya sama dengan plasma disebut isotonik, sedangkan larutan hipertonik memiliki osmolalitas lebih tinggi dari plasma, sehingga membuat air keluar dari sel.

- 3) Transpor aktif, merupakan proses yang bergantung pada energi yang secara selektif memindahkan suatu zat terhadap gradien elektrokimia melintasi membran sel. Dalam transpor aktif, energi dari hidrolisis ATP digunakan untuk menggerakkan molekul melawan gradien konsentrasi (Ilustrasi 12). Pada proses transport aktif, molekul atau ion dipompa melalui membran terhadap gradien konsentrasi mereka. Dibutuhkan protein transmembran atau kompleks protein yang disebut transporter, yang mengkoordinasikan seluruh proses, dan sumber energi seperti ATP. Setiap jenis protein transpor, yang dirancang untuk mengangkut ion atau nutrisi tertentu ke dalam sel, mengikat molekul substratnya di satu sisi membran, kemudian mengubah bentuk dan melepaskan substrat di sisi lain. Energi dari ATP dapat digunakan baik secara langsung atau tidak langsung:
  - (1) Dalam transpor aktif langsung, transporter mengikat dan menghidrolisis ATP menjadi adenosin difosfat (ADP) dan fosfat anorganik (Pi), dan menggunakan energi yang dihasilkan untuk mengubah bentuk dan melakukan transpor gradien (aktif).
  - (2) Dalam transpor aktif tidak langsung, transporter menggunakan energi yang sudah tersimpan dalam gradien ion yang dipompa langsung. Pengangkutan aktif langsung dari suatu ion menciptakan gradien konsentrasi. Ketika kondisi ini dipulihkan oleh difusi pasif, energi yang dilepaskan dapat digunakan untuk pemompaan aktif ion atau molekul lain.



Ilustrasi 12 Proses transport aktif

- 4) Filtrasi, merupakan suatu proses pemindahan air dari substansi yang dapat larut secara bersamaan sebagai respon terhadap adanya tekanan cairan. Filtrasi terjadi karena adanya perbedaan tekanan antara dua ruang yang dibatasi oleh membran. Cairan akan keluar dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Jumlah cairan yang keluar sebanding dengan besar perbedaan tekanan, luas permukaan membran, dan permeabilitas membran. Tekanan yang mempengaruhi filtrasi ini disebut tekanan hidrostatik.

### **C. Elektrolit utama dalam tubuh ternak**

Elektrolit terlibat dalam banyak proses penting di dalam tubuh ternak. Elektrolit berperan dalam menyeimbangkan cairan dan kadar asam/basa (pH) tubuh, membantu memindahkan nutrisi ke dalam sel, membantu memindahkan limbah metabolit dari sel dan memastikan saraf, otot, jantung dan otak bekerja dengan normal. Berikut merupakan beberapa elektrolit yang sangat penting bagi ternak, antara lain:

- 1) Natrium/sodium, mempengaruhi distribusi air tubuh lebih kuat dari pada elektrolit lain. Natrium mampu menarik air, sehingga natrium merupakan faktor utama yang menentukan volume ekstraseluler. Natrium terlibat dalam mempertahankan keseimbangan air, mentransmisi impuls saraf dan melakukan kontraksi otot. Air mengikuti natrium dalam keseimbangan cairan dan elektrolit. Ginjal bertanggung jawab untuk mengekskresikan kelebihan dan dapat menyimpan natrium selama periode waktu tertentu. Apabila ginjal menahan natrium, maka cairan juga ditahan, sebaliknya jika ginjal mengekskresikan natrium, maka air juga akan diekskresikan.
- 2) Kalium, merupakan kation utama intraseluler. Kalium memegang peranan penting dalam metabolisme sel, mengatur eksitabilitas (rangsangan) neuromuskuler, kontraksi otot, mempertahankan keseimbangan osmotik dan potensial listrik membran sel dan untuk memindahkan glukosa ke dalam sel. Kalium dalam jumlah banyak terletak dalam sel, dan dalam jumlah relatif kecil terdapat dalam cairan ekstraseluler. Rasio kalium dalam cairan intraseluler dan cairan ekstraseluler membantu menentukan potensial istirahat membran sel otot dan syaraf, maka perubahan pada kadar kalium plasma dapat mempengaruhi fungsi neuromuskuler dan jantung. Di dalam tubuh pengatur kadar kalium adalah ginjal, dengan cara mengatur jumlah kalium yang diekskresikan melalui urin. Suatu kondisi yang menurunkan pengeluaran urin akan menurunkan pengeluaran kalium. Mekanisme pengaturan lain adalah dengan pertukaran ion kalium dengan ion natrium di tubulus ginjal, apabila natrium dipertahankan, kalium diekskresikan. Hormon aldosteron juga meningkatkan ekskresi kalium, jadi



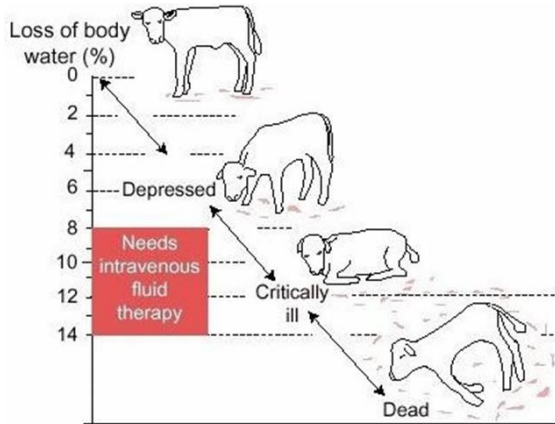
kondisi yang meningkatkan kadar aldosteron (seperti meningkatnya kadar kortikosteroid atau stres) akan meningkatkan ekskresi kalium dalam urin.

- 3) Kalsium, merupakan elektrolit paling banyak di dalam tubuh, terutama terdapat dalam tulang. Kalsium dijumpai dalam darah dalam dua bentuk yaitu kalsium bebas terionisasi yang terdapat dalam sirkulasi dan kalsium yang berikatan dengan protein. Bentuk yang berikatan ini berikatan dengan protein plasma (albumin) dan zat-zat kompleks lainnya seperti fosfat. Kurang dari 1% dari kalsium tubuh dikandung dalam cairan ekstraseluler, konsentrasi ini diatur oleh hormon paratiroid. Kadar kalsium mempunyai efek pada fungsi neuromuskuler, status jantung, pembentukan tulang, integritas dan struktur membran sel, koagulasi darah dan relaksasi otot. Kalsium di dalam cairan ekstrasel diatur oleh hormon paratiroid dan kalsitonin.
- 4) Klorida, merupakan elektrolit utama cairan ekstraseluler. Kadar klorida dalam darah secara pasif berhubungan dengan kadar natrium, sehingga bila natrium serum meningkat, klorida juga meningkat. Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan atau penambahan klorida seringkali mempengaruhi kadar natrium. Keseimbangann klorida dipertahankan melalui *intake* pakan dan ekskresi serta reabsorpsi oleh ginjal. Dehidrasi, kerusakan ginjal dan asidosis umumnya dapat meningkatkan konsentrasi klorida, sedangkan hilangnya cairan dalam saluran pencernaan (misal diare) dapat berakibat pada penurunan kadar klorida. Ginjal merupakan organ utama di dalam tubuh ternak yang bertanggungjawab terhadap konsentrasi klorida di dalam tubuh.
- 5) Magnesium, merupakan kation terbanyak kedua di dalam

cairan intraseluler (setelah kalium). Tubuh mendapatkan magnesium umumnya dari *intake* pakan. Sekitar 50-60% magnesium terdapat dalam tulang dan sekitar 1% terletak dalam cairan ekstraseluler. Kurang-lebih seperempat sampai dengan sepertiga dari magnesium plasma terikat oleh protein dan sebagian kecil yang lain berikatan dengan substansi lain (kompleks) dan sisanya yang lain terionisasi secara bebas. Magnesium merupakan ion utama intraseluler dan memiliki peran sangat penting dalam menjaga fungsi normal dari sel. Magnesium berperan khusus dalam mengaktifkan enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat dan protein, dan mengaktifkan pompa kalium-natrium (contoh pada proses transport aktif). Magnesium juga berperan dalam transmisi aktivasi neuromuskular, transmisi dalam sistem saraf pusat dan fungsi otot-otot jantung. Konsentrasi magnesium ditentukan oleh banyak faktor, diantaranya absorpsi magnesium oleh saluran pencernaan, vitamin D dan ekskresi ginjal. Ekskresi magnesium oleh ginjal dipengaruhi oleh ekskresi natrium dan kalium, volume cairan ekstraseluler, serta adanya hormon paratiroid. Ekskresi menurun dengan peningkatan paratiroid, penurunan ekskresi kalsium-natrium dan kekurangan volume cairan.

- 6) Bikarbonat, merupakan *buffer* dasar kimia yang utama di dalam tubuh. Ion bikarbonat ditemukan dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler. Bikarbonat diatur oleh ginjal, apabila tubuh memerlukan lebih banyak basa, ginjal akan mereabsorpsi bikarbonat dalam jumlah yang lebih besar dan bikarbonat tersebut akan dikembalikan ke dalam cairan ekstraseluler. Bikarbonat merupakan ion penting dalam sistem *buffer* asam karbonat- bikarbonat yang berperan dalam keseimbangan asam-basa.





Ilustrasi 14 Dehidrasi pada sapi

Keseimbangan cairan di dalam tubuh dicapai dengan memastikan bahwa jumlah air yang dikonsumsi melalui pakan dan air minum (dan juga air yang dihasilkan oleh proses metabolisme) seimbang dengan jumlah air yang diekskresikan dari tubuh. Ginjal merupakan organ utama yang bertanggung jawab terhadap keseimbangan cairan di dalam tubuh ternak. Ginjal dapat secara langsung mengontrol volume cairan tubuh melalui urin yang dikeluarkan. Ginjal dapat pula menjaga volume cairan tubuh dengan memproduksi urin yang pekat, atau dapat membuang kelebihan air tubuh dengan memproduksi urin yang encer. Kontrol langsung ekskresi air dalam ginjal dilakukan oleh vasopresin, atau hormon anti-diuretik (ADH), yakni hormon peptida yang disekresikan oleh hipotalamus. Hormon ADH menyebabkan penyisipan saluran air ke dalam membran sel yang melapisi saluran pengumpul, sehingga memungkinkan terjadinya reabsorpsi air. Tanpa hormon ADH, sedikit air yang diserap kembali dalam saluran pengumpul sehingga urin yang diekskresikan menjadi encer.

Sekresi ADH sejatinya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: (1) Reseptor khusus dalam hipotalamus yang sensitif

terhadap peningkatan osmolaritas plasma (ketika plasma terlalu terkonsentrasi). Hal yang demikian dapat merangsang sekresi ADH; (2) Peregangan reseptor di atrium jantung, yang diaktifkan oleh volume darah yang meningkat dari normal yang kembali ke jantung dari vena. Hal ini menghambat sekresi ADH, karena kebutuhan tubuh untuk mengeluarkan kelebihan volume cairan; (3) Peregangan reseptor di aorta dan arteri karotis, yang distimulasi ketika tekanan darah turun. Hal ini merangsang sekresi ADH, karena tubuh ingin mempertahankan volume yang cukup untuk menghasilkan tekanan darah yang diperlukan untuk mengantarkan darah ke jaringan.

Pengaturan keseimbangan cairan di dalam tubuh oleh ginjal mencakup dua aspek utama, yakni volume cairan ekstraseluler dan osmolaritas cairan ekstraseluler. Penurunan volume cairan ekstraseluler menyebabkan penurunan tekanan darah arteri dengan menurunkan volume plasma. Sebaliknya, peningkatan volume cairan ekstraseluler dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah arteri dengan memperbanyak volume plasma. Dengan demikian, pengontrolan volume cairan ekstraseluler sangat penting untuk pengaturan tekanan darah ternak dalam jangka panjang. Pengaturan volume cairan ekstraseluler dapat dilakukan dengan mempertahankan keseimbangan *intake* dan output air dan menjaga keseimbangan garam. Ginjal mengontrol jumlah garam yang diekskresikan dengan cara mengontrol jumlah garam (natrium) yang difiltrasi dengan pengaturan laju filtrasi glomerulus (LFG)/*glomerulus filtration rate* (GFR) dan mengontrol jumlah yang direabsorpsi di tubulus ginjal. Jumlah garam atau natrium yang direabsorpsi juga bergantung pada sistem yang berperan mengontrol tekanan darah. Sistem renin-angiotensin-aldosteron mengatur reabsorpsi natrium dan retensi natrium di tubulus distal dan *collecting*. Retensi

natrium berakibat pada meningkatnya retensi air sehingga meningkatkan volume plasma dan menyebabkan peningkatan tekanan darah arteri. Selain sistem renin-angiotensin-aldosteron, *atrial natriuretic peptide* (ANP) atau hormon atriopeptin juga dapat menurunkan reabsorpsi natrium dan air. Hormon ini disekresi oleh sel atrium jantung jika mengalami distensi akibat peningkatan volume plasma. Penurunan reabsorpsi natrium dan air di tubulus ginjal meningkatkan ekskresi urin sehingga mengembalikan volume darah kembali normal.

Osmolaritas cairan merupakan ukuran konsentrasi zat terlarut per unit volume pelarut. Semakin tinggi osmolaritas maka semakin tinggi konsentrasi solut (zat terlarut) atau semakin rendah konsentrasi air dalam larutan tersebut. Air dapat berpindah dengan cara osmosis dari area yang konsentrasi solutnya lebih rendah (konsentrasi air lebih tinggi) ke area yang konsentrasi solutnya lebih tinggi (konsentrasi air lebih rendah). Ion natrium merupakan solut yang banyak ditemukan di cairan ekstraseluler, dan ion utama yang berperan dalam menentukan aktivitas osmotik cairan ekstraseluler. Sedangkan di dalam cairan intraseluler, ion kalium bertanggung jawab dalam menentukan aktivitas osmotik cairan intraseluler. Distribusi yang tidak merata dari ion natrium dan kalium menyebabkan perubahan konsentrasi kedua ion tersebut sehingga menimbulkan aktivitas osmotik (proses di mana air berdifusi melintasi membran sel sebagai respon terhadap perbedaan konsentrasi). Osmolaritas cairan ekstraseluler pada akhirnya ditentukan oleh jumlah total zat terlarut dibagi dengan volume total air bebas dalam cairan ekstraseluler. Secara teoritis, osmolaritas cairan ekstraseluler dapat dimodifikasi dengan mengubah kedua variabel. Namun, konsep penting adalah bahwa osmolaritas cairan ekstraseluler dikendalikan murni dengan memodulasi jumlah air bebas dalam

cairan ekstraseluler dan bukan dengan mengubah jumlah total zat terlarut di dalam cairan ekstraseluler. Dengan kata lain, osmolaritas dari cairan ekstraseluler diatur dengan menambahkan atau menghilangkan air bebas dari cairan ekstraseluler. Penambahan dan pengurangan air bebas dilakukan dengan mengendalikan jumlah air yang diminum atau dengan mengendalikan osmolaritas urin yang diekskresikan.

Sejumlah besar air dapat ditambahkan ke cairan ekstraseluler dengan minum, sehingga dapat menurunkan konsentrasi elektrolit dan mengurangi osmolaritas cairan ekstraseluler. Mekanisme dimana rasa haus dapat mempengaruhi osmolaritas cairan ekstraseluler bergantung pada sel-sel *osmoreceptor-like* yang terletak di “pusat pengaturan haus” hipotalamus. Sel-sel ini dirangsang oleh adanya peningkatan osmolaritas cairan ekstraseluler sehingga dapat memodulasi otak untuk menimbulkan sensasi haus (dan diikuti aktivitas minum). Stimulus fisiologis lainnya juga muncul untuk merangsang pusat haus. Namun, osmolaritas cairan ekstraseluler merupakan stimulus yang utama. Ginjal memiliki kapasitas yang besar dalam mengeluarkan urin dengan berbagai osmolaritas (dari urin encer sampai pekat). Ketika urin yang dikeluarkan ginjal lebih encer daripada cairan ekstraseluler, maka hal tersebut dapat berdampak pada peningkatan osmolaritas cairan ekstraseluler. Sebaliknya, ketika urin yang dikeluarkan lebih pekat daripada cairan ekstraseluler, maka hal tersebut dapat menurunkan osmolaritas cairan ekstraseluler.

#### **E. Pengaruh lingkungan terhadap keseimbangan cairan dan elektrolit pada ternak**

Faktor lingkungan seperti cekaman panas dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan elektrolit di dalam

tubuh ternak sebagai konsekuensi dari penurunan konsumsi pakan dan peningkatan ekskresi elektrolit dari tubuh melalui ginjal. Stres panas juga menyebabkan peningkatan laju respirasi dan pengeluaran keringat (sebagai bagian dari mekanisme termoregulasi) sehingga menyebabkan hilangnya banyak air dan juga mineral dari tubuh ternak. Pada sapi perah cekaman panas sangat berpengaruh terhadap keseimbangan elektrolit karena beberapa alasan, diantaranya karena kalium adalah kation utama yang ditemukan pada keringat sapi dan karena natrium diekskresikan dengan bikarbonat untuk mengimbangi alkalosis respiratorik yang dapat terjadi selama stres panas.

Pada unggas, stres panas akan meningkatkan hilangnya karbondioksida dan ion bikarbonat melalui respirasi (*panting*) ditambah dengan kation monovalen (terutama natrium dan kalium) melalui urin. Tidak hanya mengganggu keseimbangan elektrolit, stres panas pada unggas juga dapat mengganggu keseimbangan asam-basa (alkalosis respiratorik).

### **3.3. PENUTUP**

#### **A. Rangkuman**

Cairan dan elektrolit bergerak dari satu kompartemen ke kompartemen lain untuk mendukung berbagai proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh ternak. Elektrolit berperan dalam menyeimbangkan cairan dan pH tubuh, membantu memindahkan nutrisi ke dalam sel, membantu memindahkan limbah metabolit dari sel dan memastikan saraf, otot, jantung dan otak bekerja dengan normal. Diantara elektrolit yang terdapat dalam tubuh adalah sodium, kalium, kalsium, klorida, magnesium, bikarbonat dan fosfat.



## B. Tes formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa maksud dari cairan tubuh bersifat dinamis!
- 2) Jelaskan arti penting dari Kalsium sebagai komponen elektrolit di dalam tubuh ternak!
- 3) Bagaimana peran ginjal dalam proses pengaturan keseimbangan cairan di dalam tubuh?
- 4) Jelaskan pengaruh stres panas terhadap keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh ternak!

## C. Umpan balik

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi belajar pada Bab II.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{4} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan materi yang anda capai:

- 90 – 100% = baik sekali;
- 80 – 89% = baik;
- 70 – 79% = cukup;
- < 70% = kurang

## D. Tindak lanjut

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat meneruskan ke pokok bahasan IV. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi kegiatan belajar pada pokok bahasan III, terutama bagian yang

belum anda kuasai.

**E. Kunci jawaban tes formatif**

- 1) Di dalam tubuh ternak cairan bersifat dinamis artinya cairan tidak statis, namun selalu mengalami pergerakan. Cairan dan elektrolit bergerak dari satu bagian ke bagian lain dari tubuh untuk memfasilitasi berbagai proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh ternak. Jika cairan tubuh bersifat statis, maka fungsi fasilitasi ini tidak dapat terwujud.
- 2) Kalsium adalah elektrolit paling dominan di dalam tubuh ternak, yang terdapat dalam tulang. Kadar kalsium mempunyai efek pada fungsi neuromuskuler, status jantung, pembentukan tulang, integritas dan struktur membran sel, koagulasi darah dan relaksasi otot.
- 3) Di dalam ginjal, pengaturan keseimbangan cairan mencakup dua aspek utama, meliputi volume cairan ekstraseluler dan osmolaritas cairan ekstraseluler. Penurunan volume cairan ekstraseluler menyebabkan penurunan tekanan darah arteri dengan menurunkan volume plasma. Di lain pihak, peningkatan volume cairan ekstraseluler dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah arteri dengan memperbanyak volume plasma. Oleh karena itu, pengaturan volume cairan ekstraseluler sangat penting untuk pengaturan tekanan darah ternak dalam jangka panjang.
- 4) Stres panas dapat mengakibatkan dehidrasi, yang kondisi tersebut dapat mempengaruhi morfologi sel darah merah. Sebagai catatan, morfologi sel darah merah tidak dapat dijaga secara normal jika terjadi dehidrasi ataupun *overhydration*.

## Daftar pustaka

- Ahmad T, Sarwar M. 2006. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. *World's Poultry Science Journal*. 62, 638-653.
- Brinkman JE, Sharma S. 2020. *Physiology, Body Fluids*. StatPearls Publishing LLC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482447/>
- James K, Lunn K. 2007. An in-depth look: normal and abnormal water balance: hyponatremia and hypernatremia. *Internal Medicine Compendium*. 29, 10.
- Khelil-Arfa H, Faverdin P, Boudon A. 2014. Effect of ambient temperature and sodium bicarbonate supplementation on water and electrolyte balances in dry and lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 97, 2305-2318.
- Kuntarti. 2005. Keseimbangan cairan, elektrolit, asam dan basa. Available at <http://staff.ui.ac.id/system/files/users/kuntarti/publication/fluidbalance.pdf> (accessed 03/21/2020)
- Lobo, Dileep N. 2003. Physiological aspects of fluid and electrolyte balance. DM thesis, University of Nottingham. [http://eprints.nottingham.ac.uk/10150/1/Physiological\\_aspects\\_of\\_fluid\\_and\\_electrolyte\\_balance.pdf](http://eprints.nottingham.ac.uk/10150/1/Physiological_aspects_of_fluid_and_electrolyte_balance.pdf)
- Pignatello R. 2013. Biological membranes and their role in physio-pathological conditions. In *Drug-Biomembrane Interaction Studies*. <https://doi.org/10.1533/9781908818348.1>

## **BAB IV**

### **PENGARUH STRES LINGKUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI SUSU**

#### **4.1. PENDAHULUAN**

##### **A. Deskripsi singkat**

Suhu, kelembaban, kecepatan angin dan radiasi matahari merupakan beberapa faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi kehidupan maupun produktivitas serta kesehatan ternak. Diantara faktor tersebut, suhu merupakan faktor utama yang dapat menimbulkan stres lingkungan terutama cekaman panas sehingga berdampak terhadap penurunan konsumsi pakan dan pertumbuhan ternak. Cekaman panas juga dapat menurunkan produksi susu, puncak laktasi dan komponen-komponen kimiawi di dalam susu. Pokok bahasan ini membahas tentang faktor- faktor stres lingkungan, stres panas pada ternak, pengaruh stres panas terhadap pertumbuhan ternak dan pengaruh stres panas terhadap produksi susu.

##### **B. Relevansi**

Bahasan mengenai pengaruh stres lingkungan terhadap pertumbuhan dan produksi susu mengulas faktor-faktor lingkungan terutama suhu yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi susu. Penguasaan yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam mempelajari strategi dalam meringankan dampak negatif dari cekaman panas terhadap pertumbuhan ternak dan produksi susu.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan produktivitas ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan dan produksi susu.

## **D. Petunjuk belajar**

Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **4.2. PENYAJIAN**

### **A. Faktor-faktor stres lingkungan**

Secara umum terdapat berbagai komponen dalam lingkungan yang dapat mempengaruhi kehidupan maupun produktivitas serta kesehatan ternak. Diantara komponen tersebut termasuk suhu, kelembaban, kecepatan angin dan radiasi matahari. Meskipun suhu merupakan parameter utama yang sering digunakan untuk menggambarkan pengaruh lingkungan terhadap ternak, faktor lingkungan lain juga terbukti mempengaruhi beban panas yang dialami oleh ternak. *Temperature humidity index* (THI) telah digunakan selama

bertahun-tahun dan menggabungkan efek suhu dan kelembaban. Meskipun THI memperhitungkan efek suhu dan kelembaban, model ini mengabaikan efek kecepatan angin dan radiasi matahari. Dalam kondisi ternak yang dipelihara di dalam kandang tertutup (ternak terpapar oleh kecepatan udara rendah), THI dapat merepresentasikan kondisi lingkungan dengan wajar. Namun, untuk ternak yang dipelihara dalam kandang terbuka, kecepatan angin dan radiasi matahari berkontribusi signifikan terhadap cekaman panas. Persamaan lain dikembangkan dengan menggabungkan suhu, kelembaban, kecepatan angin dan radiasi matahari. Persamaan estimasi laju respirasi (RRest) ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini. Terdapat empat kategori RRest meliputi: normal (90), waspada (90-110), bahaya (110-130) dan sangat berbahaya ( $\geq 130$ ).

$$\text{THI} = 0.8\text{tdb} + \text{RH}(\text{tdb} - 14.4) + 46.4$$

$$\text{RRest} = 5.1\text{tdb} + 0.58\text{RH} - 1.7\text{vw} + 0.039\text{rs} - 52.8$$

tdb: suhu bohlam kering dalam °C      RRest: estimasi laju respirasi  
 RH kelembaban relatif dalam bentuk desimal      vw: kecepatan angin dalam m/s  
 rs: radiasi matahari dalam W/m<sup>2</sup>

## B. Stres panas pada ternak

Stres panas merupakan penyebab utama turunnya produksi dan berkurangnya keuntungan dari budidaya peternakan di daerah tropis. Stres panas dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana ternak tidak mampu membuang kelebihan panas yang ada di dalam tubuhnya sehingga menyebabkan peningkatan suhu tubuh dan menimbulkan respon fisiologis yang dapat merugikan ternak itu sendiri. Stres panas dapat terjadi ketika beban panas lebih besar dari kapasitas ternak untuk mengeluarkan kelebihan panas tersebut dari tubuhnya. Zona

kenyamanan termal untuk sebagian besar hewan adalah antara 4-25°C. Ketika suhu melebihi 25°C, hewan mengalami stres akibat suhu udara yang tinggi. Kelembaban, radiasi matahari dan pergerakan udara yang rendah juga berkontribusi terhadap peningkatan risiko stres panas pada ternak. Tingkat kelembaban yang tinggi dapat mengurangi laju penguapan dan mengurangi kemampuan ternak untuk melepaskan panas dengan berkeringat dan bernapas.

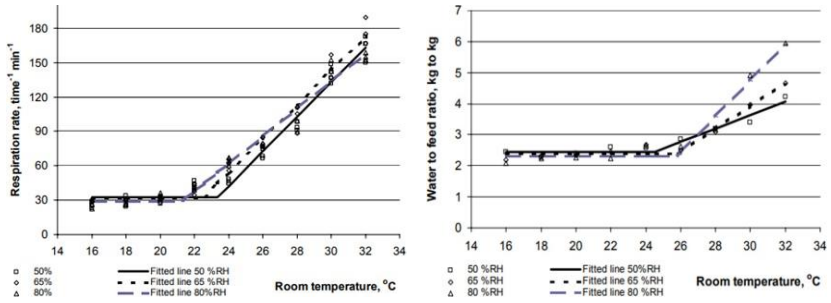
Tingkat stres panas sangat mungkin bervariasi antar ternak yang dipelihara di tempat yang sama maupun tempat yang berlainan. Berikut adalah beberapa faktor yang dapat menentukan tingkat keparahan stres panas pada ternak, antara lain: (1) suhu dan kelembaban aktual yang dirasakan oleh ternak (suhu dan kelembaban yang lebih tinggi akan menimbulkan cekaman panas yang lebih tinggi pada ternak), (2) lamanya atau durasi stres panas yang dialami oleh ternak, (3) perbedaan suhu pada siang dan malam hari (perbedaan suhu yang ekstrim akan memperparah stres panas yang dirasakan oleh ternak), (4) kondisi kandang dimana ternak dipelihara (ventilasi dan aliran udara di dalam kandang dapat membantu mengurangi dampak stres akibat panas), (5) faktor individu ternak, dan (6) ketersediaan air di dalam kandang (ketersediaan air yang terbatas akan memperburuk stres panas yang dirasakan oleh ternak). Terkait dengan faktor individu ternak, beberapa studi melaporkan bahwa perbedaan umur, bangsa (*breed*), fase laktasi (pada sapi perah), kondisi bulu atau rambut, tingkat aklimatisasi, kondisi nutrisi, kondisi tubuh (*body condition*), frekuensi pemberian pakan, kondisi insulasi tubuh dan tingkah laku ternak akan sangat berpengaruh besar terhadap respon ternak terhadap cekaman panas sehingga menentukan tingkat keparahan stres panas yang dialami oleh ternak tersebut.

Terdapat beberapa tanda atau gejala yang terdapat pada ternak yang mengalami stres panas, yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua yakni tanda yang dapat diamati dan tidak dapat diamati (Tabel 4).

Table 4 Tanda atau kondisi yang dialami oleh ternak yang mengalami stres panas

Tanda yang dapat diamati	Tanda yang tidak dapat diamati
- Suhu tubuh naik	- pH rumen rendah
- Bergerombol di tempat teduh	- Motilitas usus dan rumen berkurang
- Berliur	- Aliran darah ke perifer meningkat
- <i>Panting</i> (terengah-engah)	- Terjadi gangguan pencernaan
- <u>Membuka mulut saat bernafas</u>	- Keseimbangan cairan dan elektrolit terganggu
- Kurang fokus dan gemetar	- Aktivitas hormon reproduksi terganggu
- Mencari tempat teduh atau berusaha menghindari terik matahari	- Aktivitas reproduksi terganggu
- Mendekat ke sumber air (jika tersedia)	- Bikarbonat lebih banyak hilang
- Aktivitas makan dan ruminasi menurun	- Aktivitas hormon stres meningkat
- Kurang responsif	- Fungsi gen terganggu
- Banyak minum	- Protein <i>heat shock</i> diaktifkan untuk menghentikan reaksi metabolisme dan untuk melindungi jaringan yang peka terhadap panas
- Aktivitas (gerakan tubuh) menurun	- Respon terhadap penyakit menurun
- Gelisah	- Tingkat konsepsi menurun
- Pertumbuhan melambat	- Kualitas sperma menurun
	- Kematian embrio meningkat
	- Kerentanan terhadap penyakit parasit dan non parasit meningkat
	- Laju anabolisme (biosintesis jaringan) menurun
	- <u>Angka kematian ternak meningkat</u>

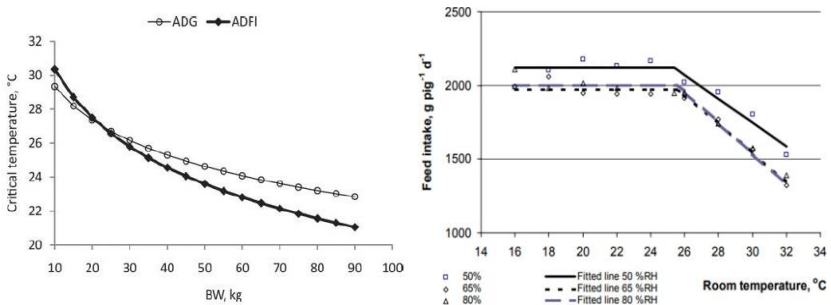




Ilustrasi 15 Frekuensi napas dan rasio antara konsumsi air minum dan pakan yang meningkat seiring dengan kenaikan suhu lingkungan ternak

### C. Pengaruh stres panas terhadap pertumbuhan ternak

Secara umum, pertumbuhan ternak ditentukan oleh faktor genetik dan faktor lingkungan. Selain nutrisi, faktor lingkungan lain yang memiliki pengaruh sangat besar terhadap pertumbuhan ternak adalah suhu lingkungan dimana ternak tersebut dipelihara. Studi melaporkan bahwa kondisi panas bisa menyebabkan stres panas yang dapat menurunkan konsumsi pakan dan pertumbuhan ternak (Ilustrasi 16).



Ilustrasi 16 Penurunan konsumsi pakan dan laju pertumbuhan bobot badan seiring dengan kenaikan suhu lingkungan

Secara garis besar terdapat beberapa argumentasi atau penjelasan tentang bagaimana stres panas dapat mempengaruhi pertumbuhan ternak, diantaranya:

- 1) Stres panas dapat menurunkan konsumsi pakan dan asupan nutrisi. Temperatur lingkungan yang tinggi merangsang reseptor termal perifer untuk mengirimkan impuls saraf supresif ke pusat nafsu makan di hipotalamus yang menyebabkan penurunan konsumsi pakan. Akibatnya, substrat lebih sedikit tersedia untuk kegiatan enzimatik, sintesis hormon dan produksi energi untuk pertumbuhan. Sejatinya, penurunan konsumsi pakan adalah cara bagi ternak untuk mengurangi produksi panas *heat increment* (panas yang dihasilkan akibat aktivitas pencernaan) yang dapat menambah beban panas pada tubuh ternak. Bagi ternak ruminansia, pengurangan *intake* pakan akibat stres termal juga dapat berdampak negatif terhadap populasi mikroba dan pH rumen sehingga dapat mengurangi kinerja rumen dalam memfermentasi pakan dan produksi energi untuk pertumbuhan.
- 2) Stres panas yang dialami ternak dapat berakibat pada penurunan digestibilitas atau pencernaan pakan. Pada ternak, stres panas yang dialami dapat berdampak negatif terhadap morfologi (terjadi kerusakan mukosa usus, penurunan tinggi villi, peningkatan kedalaman kriptas dan penurunan bobot relatif dari usus halus) dan ekologi (pH serta keragaman dan jumlah populasi mikroba) saluran pencernaan sehingga berakibat buruk terhadap pencernaan pakan. Selain itu, stres panas juga dapat menurunkan produksi dan aktivitas enzim-enzim pencernaan dan aktivitas ruminasi (pada ternak ruminansia) sehingga dapat menurunkan pencernaan dan utilisasi nutrisi oleh ternak. Penurunan produksi enzim

pencernaan utamanya disebabkan oleh adanya kerusakan dan atrofi pada sel-sel penyusun kelenjar-kelenjar eksokrin akibat pengaruh cekaman panas yang dialami oleh ternak.

- 3) Cekaman panas dapat menurunkan laju metabolisme energi sehingga pasokan energi untuk pertumbuhan menjadi menurun. Ternak yang tercekam panas secara natural akan berusaha menurunkan produksi panas endogen. Panas merupakan produk sampingan dari metabolisme seluler, sehingga sebagian ternak akan berusaha menurunkan suhu tubuhnya dengan menurunkan laju metabolisme seluler di dalam tubuhnya pada saat mengalami cekaman panas. Sebagai konsekuensinya adalah menurunnya produksi energi untuk pertumbuhan pada ternak yang mengalami cekaman panas. Penurunan laju metabolisme pada ternak yang tercekam panas juga dapat disebabkan oleh menurunnya pasokan substrat dan terhambatnya aktivitas hormon dan enzim yang mendukung metabolisme. Aktivitas hormon tiroid akan cenderung menurun pada saat ternak mengalami cekaman panas, sehingga berdampak terhadap penurunan laju metabolisme energi.
- 4) Cekaman panas dapat mengganggu keseimbangan asam-basa dan mineral di dalam tubuh ternak. Terganggunya keseimbangan asam-basa dan mineral di dalam tubuh dapat berakibat terhadap terganggunya fungsi fisiologis ternak. Terganggunya fungsi fisiologis secara langsung maupun tidak langsung berdampak terhadap pertumbuhan dan kesehatan ternak. Selain itu, terganggunya keseimbangan asam-basa juga dapat berdampak negatif terhadap retensi kalsium dan dengan demikian metabolisme seluler dan juga kesehatan tulang bisa terganggu.
- 5) Stres panas dapat berakibat pada terganggunya

keseimbangan hormonal di dalam tubuh ternak. Secara fisiologis sistem endokrin sangat berkaitan dengan koordinasi metabolisme energi, dan sayangnya stres panas secara substansial mengubah keseimbangan sistem endokrin di dalam tubuh ternak. Pada kondisi stres panas produksi hormon *releasing* dari hipotalamus akan tertekan sehingga menyebabkan penurunan sekresi hormon hipofisa (sebagai contoh hormon pertumbuhan/*growth hormone*) dan akibatnya menurunkan sekresi hormon-hormon anabolik. Peningkatan aktivitas hormon glukokortikoid dan katekolamin dan penurunan aktivitas hormon insulin juga dilaporkan menurunkan aktivitas anabolik dan sebaliknya meningkatkan proses katabolik di dalam tubuh ternak. Stres panas juga berdampak terhadap penurunan sekresi hormon tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3) sehingga berdampak terhadap penurunan laju metabolisme energi di dalam tubuh ternak.

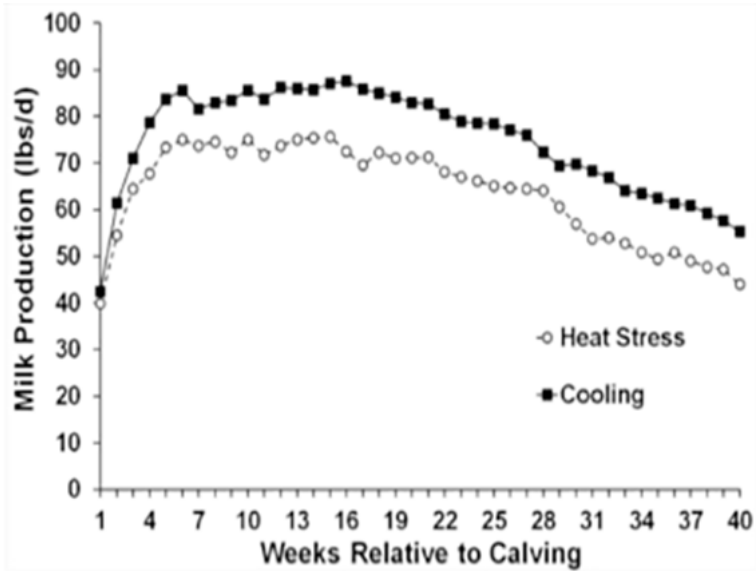
- 6) Stres panas dapat meningkatkan kerentanan ternak terhadap penyakit. Tergantung pada intensitas dan durasi stres panas yang dialami, cekaman panas dapat menyebabkan gangguan metabolisme, stres oksidatif dan penurunan imunitas yang menyebabkan ternak mudah atau rentan terhadap infeksi penyakit. Stres panas juga dapat menyebabkan gangguan sistem endokrin dan ketidakseimbangan asam-basa serta elektrolit yang pada akhirnya dapat meningkatkan kerentanan ternak terhadap penyakit.
- 7) Cekaman panas dapat menyebabkan perubahan alokasi energi oleh ternak. Pada kondisi tercekam panas, ternak membutuhkan lebih banyak energi untuk menjaga homeostasis suhu tubuh. Sebagai akibat dari tingginya kebutuhan energi untuk *maintenance* suhu internal tubuh

(misal untuk peningkatan frekuensi pernapasan), maka energi yang tersisa untuk pertumbuhan menjadi lebih kecil.

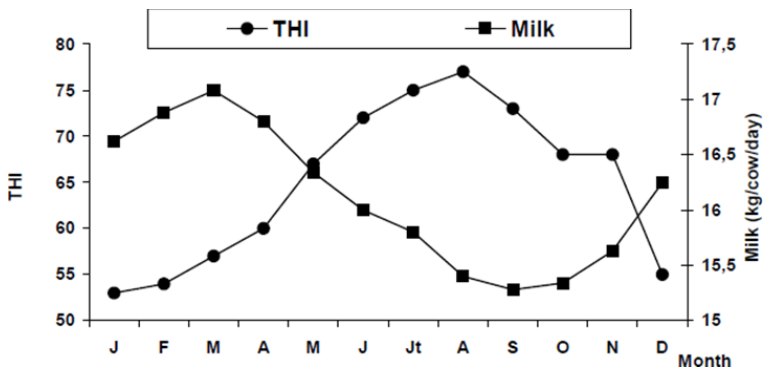
- 8) Cekaman panas dapat menyebabkan perubahan laju pertumbuhan pada kompartemen tubuh tertentu. Beberapa ternak menunjukkan peningkatan ukuran organ luar misal ekor dan telinga, sedangkan berat badan inti menjadi relatif lebih kecil. Kondisi ini dapat dianggap sebagai adaptasi ternak untuk meningkatkan luas permukaan yang tersedia untuk melepaskan beban panas ke lingkungan. Akibat dari pertumbuhan ini tubuh bagian inti menjadi lebih lambat tumbuh karena sebagian energi digunakan untuk mendukung pertumbuhan kompartemen tubuh tersebut.
- 9) Cekaman panas yang dialami oleh ternak dapat berdampak negatif terhadap morfologi, ekologi dan *barrier integrity* dari usus. Stres panas dapat menyebabkan rusaknya jaringan epitelium usus. Hal lain yang dapat terjadi akibat stres panas antara lain terganggunya populasi mikroba usus, terganggunya aliran darah yang menuju dan dari usus dan terganggunya pertumbuhan villi usus. Hal tersebut dapat melemahkan fungsi pencernaan dan penyerapan nutrisi sehingga dapat mengganggu pertumbuhan ternak. Stres panas juga dapat menyebabkan rusaknya mukus dan sel-sel imun yang ada di usus sehingga translokasi bakteri patogen (dari saluran pencernaan ke sistem peredaran darah) akan sangat mudah terjadi. Hal tersebut sangat membahayakan kesehatan ternak. Secara umum, rusaknya morfologi dan ekologi usus dapat disebabkan oleh terganggunya populasi dan keragaman mikroorganisme usus dan karena efek dari aktivitas hormon-hormon stres yang meningkat pada saat stres panas.

#### **D. Pengaruh stres panas terhadap produksi susu**

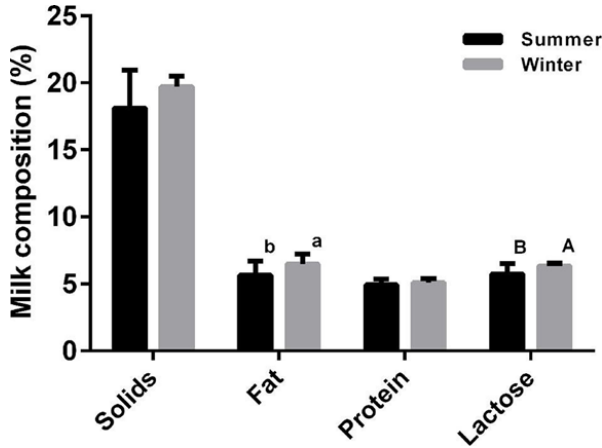
Stres panas merupakan salah satu masalah utama yang mempengaruhi potensi produksi sapi perah di seluruh dunia terutama di daerah beriklim tropis. Secara umum, cekaman panas dapat berdampak terhadap penurunan produksi susu, puncak laktasi dan komponen-komponen kimiawi di dalam susu. Ilustrasi 17 memperlihatkan dampak stres panas terhadap penurunan produksi susu sedangkan Ilustrasi 18 menampilkan hubungan antara THI dan produksi susu pada sapi perah. Dibandingkan dengan ternak perah yang dipelihara di daerah yang berada dalam zona nyaman (suhu relatif dingin), ternak perah yang dipelihara di daerah dengan kondisi suhu panas (sapi mengalami cekaman panas) menghasilkan volume susu yang secara significant lebih rendah. Secara jelas juga bahwa nilai THI berbanding terbalik dengan volume susu yang dihasilkan oleh sapi perah, dimana THI yang tinggi akan berdampak terhadap penurunan produksi susu. Sebagai contoh ketika THI meningkat dari 68 menjadi 78, asupan pakan dan produksi susu menurun masing-masing 9,6% dan 21%. Ilustrasi 19 memperlihatkan penurunan komponen susu pada saat kondisi lingkungan panas. Total solid, lemak, protein dan laktosa di dalam susu secara nyata lebih rendah pada kondisi temperatur panas dibandingkan dengan kondisi *comfort zone*. Studi melaporkan bahwa persentase lemak susu, padatan-bukan-lemak (*solid-non-fat*) dan protein susu menurun masing-masing sebesar 39,7; 18,9 dan 16,9% selama stres panas. Persentase kasein, laktalbumin, imunoglobulin G (IgG) dan IgA juga secara significant berkurang selama ternak perah mengalami stres panas.



Ilustrasi 17 Dampak stres panas terhadap penurunan produksi susu



Ilustrasi 18 Hubungan antara THI dan produksi susu pada sapi perah



Ilustrasi 19 Penurunan komponen susu pada saat kondisi lingkungan panas Meskipun secara umum stres panas dapat berdampak negatif terhadap produksi maupun komponen di dalam susu, namun penurunan tersebut sangat bervariasi di antara jenis ternak perah dan spesies dari ternak perah tersebut

Tabel 5 menunjukkan contoh bahwa penurunan produksi dan komponen susu akibat cekaman panas bervariasi antar spesies sapi perah.

Table 5 Produksi dan komposisi susu pada sapi perah yang mengalami stres panas

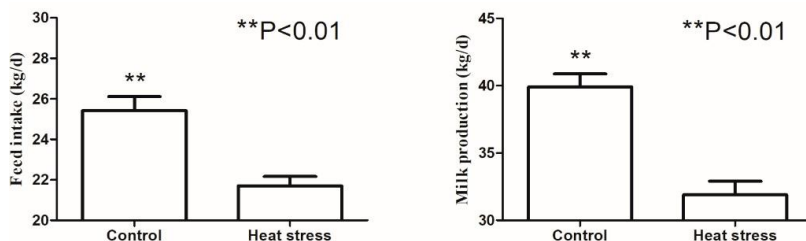
Species	Milk production level	Milk composition
Jersey	Milk yield decreased	Reduction in milk protein and fat
Holstein-Friesian	Milk yield decreased	Reduction in protein concentration casein number and casein concentration
Zebu cattle ( <i>Bos indicus</i> )	No significant yield reduction	No significant change in milk composition
Jersey	Increase in milk yield compared to Holstein	Reduction in fat and protein content
Tharparkar	No significant yield reduction	No significant change in SNF and fat

Terdapat beberapa argumen yang menjelaskan tentang dampak dari stres panas terhadap penurunan produksi susu pada ternak perah, diantaranya:

- 1) Cekaman panas menurunkan *intake* pakan (sebagaimana



telah dijelaskan pada bab efek cekaman terhadap pertumbuhan ternak) sehingga berdampak terhadap berkurangnya ketersediaan substrat untuk metabolisme energi. Mengurangi konsumsi pakan merupakan salah satu mekanisme ternak perah untuk mengurangi beban panas (panas endogen). Studi melaporkan bahwa konsumsi pakan sapi perah mulai berkurang ketika suhu sekitar mencapai 25°C, dan menurun tajam ketika suhu 40°C keatas, setelah itu konsumsi pakan sekitar 20% hingga 40% lebih rendah dari kondisi normal. Penurunan konsumsi pakan menyebabkan penurunan ketersediaan nutrisi yang digunakan untuk sintesis susu sehingga berdampak terhadap penurunan produksi susu. Ternak perah pada masa laktasi memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap stres panas dibandingkan dengan ternak pada masa kering kandang, karena ternak pada masa laktasi memiliki laju metabolisme yang lebih tinggi (sebagai catatan laju metabolisme tinggi identik dengan tingginya produksi panas metabolis). Ternak perah dengan produksi susu tinggi juga relatif lebih rentan terhadap stres panas dibandingkan dengan ternak perah dengan produksi susu rendah. Fase laktasi juga memiliki peranan penting dalam menentukan efek stres panas terhadap konsumsi pakan dan produksi susu. Sapi pada pertengahan laktasi (fase puncak) lebih peka terhadap stres panas dibandingkan dengan sapi perah pada awal maupun akhir laktasi, sehingga berdampak terhadap konsumsi pakan dan produksi susu. Studi melaporkan bahwa penurunan produksi susu akibat stres panas adalah 14% pada awal laktasi dan 35% pada pertengahan laktasi.



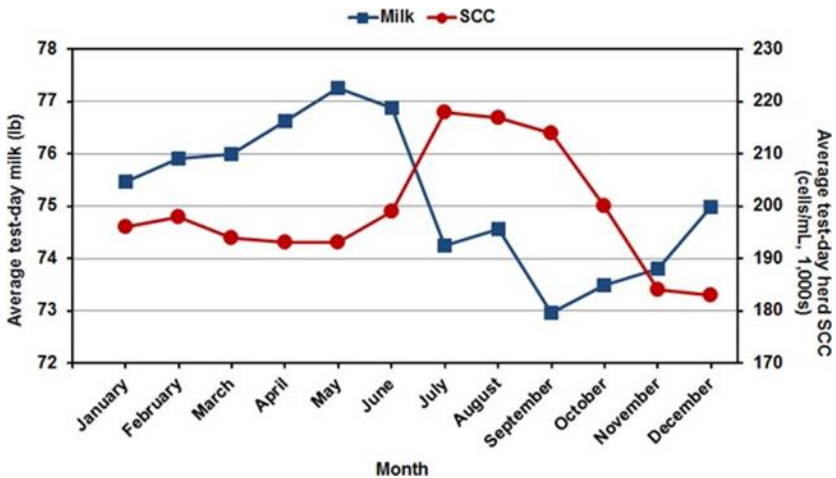
Ilustrasi 20 Stres panas menurunkan konsumsi pakan dan produksi susu

- 2) Stres panas mengakibatkan penurunan aktivitas fermentasi di dalam rumen. Secara umum, stres panas mengakibatkan peningkatan kadar asam laktat di dalam rumen dan penurunan pH rumen (akibat pasokan *buffer* bikarbonat dari saliva yang menurun sebagai dampak turunnya ruminasi pada kondisi cekaman panas). Hal tersebut berdampak terhadap terganggunya keseimbangan populasi mikroba di dalam rumen dan juga terganggunya motilitas rumen. Kedua hal tersebut pada akhirnya menurunkan aktivitas fermentasi pakan oleh mikroba rumen sehingga produksi asam lemak rantai pendek (*volatile fatty acid/VFA*: asam asetat, asam propionat dan asam butirrat) menurun. Sebagai catatan VFA merupakan sumber energi utama bagi ternak perah/ruminansia. Tidak hanya terjadi penurunan produksi VFA, stres panas juga berdampak terhadap penurunan produksi asam asetat dan peningkatan produksi asam butirrat dan propionat serta penurunan rasio asam asetat terhadap asam propionat. Menimbang bahwa asam asetat merupakan prekursor komponen susu (dan produksi susu secara keseluruhan), rendahnya konsentrasi asam asetat akibat stres panas berbanding lurus dengan rendahnya produksi susu oleh ternak perah.
- 3) Cekaman panas mengakibatkan penurunan aktivitas ruminasi

pada ternak perah. Ruminasi merupakan pemuntahan ingesta dari retikulum, diikuti oleh remastikasi dan penelanan kembali. Ruminasi dapat secara mekanik menghancurkan ikatan kompleks pada pakan berserat dan dengan demikian meningkatkan luas permukaan substrat untuk mikroba selama proses fermentasi di dalam rumen. Ketika ruminasi berlangsung, saliva yang mengandung bikarbonat akan diproduksi, sehingga ruminasi dapat meminimalkan fluktuasi pH di dalam rumen yang akhirnya berdampak terhadap kehidupan dan keseimbangan mikroba di dalam rumen.

- 4) Stres panas dapat menyebabkan ketidakseimbangan endokrin (hormonal) seperti perubahan kadar prolaktin, hormon tiroid, glukokortikoid, hormon pertumbuhan, estrogen, progesteron dan oksitosin yang pada akhirnya mempengaruhi produksi susu. Umumnya stres panas menyebabkan penurunan hormon tiroksin, *triiodothyronine* dan hormon pertumbuhan sebagai mekanisme untuk mengurangi beban panas. Namun penurunan hormon ini juga berdampak terhadap laju metabolisme energi dan produksi susu oleh ternak perah. Penurunan hormon *insulin-like growth factor-1* (IGF-1) akibat stres panas juga dilaporkan dapat menghambat produksi susu pada ternak perah. Terkait dengan hormon reproduksi, ketidakseimbangan hormon-hormon reproduksi pada kondisi cekaman panas menyebabkan proses produksi susu menjadi terganggu. Peningkatan hormon stres (glukokortikoid) pada saat kondisi panas juga dilaporkan dapat mempengaruhi kerja dari hormon prolaktin dan juga hormon-hormon lain yang berperan dalam produksi susu sehingga produksi susu menurun.

5) Stres panas dapat meningkatkan prevalensi mastitis pada ternak perah sehingga berdampak terhadap penurunan produksi susu (Ilustrasi 21). Pada kondisi suhu lingkungan yang panas, ternak perah lebih rentan terhadap mastitis dikarenakan suhu panas membuat sapi tidak nyaman, yang mengarah ke peningkatan kadar glukokortikoid di dalam darah. Peningkatan hormon stres tersebut menyebabkan imunosupresi dan penurunan kemampuan sistem imunitas untuk mengenali dan melawan bakteri penyebab mastitis sehingga sapi lebih rentan terhadap mastitis. Ketidakseimbangan asam-basa dan elektrolit di dalam tubuh akibat kondisi stres panas juga dapat menyebabkan gangguan kondisi fisiologis dari ternak perah sehingga menjadikannya lebih rentan terhadap penyakit mastitis.



Ilustrasi 21 Suhu yang panas (pada musim panas) meningkatkan *somatic cell counts* (SCC; indikator mastitis) dan menurunkan produksi susu

1) Stres panas dapat menurunkan aliran darah yang menuju ke kelenjar mammae. Menimbang bahwa aliran darah ke kelenjar

susu memainkan peran penting dalam menyalurkan nutrisi untuk mendukung sintesis susu, maka terhambatnya aliran darah yang menuju ke kelenjar mammae dapat menyebabkan berkurangnya pasokan nutrisi yang diperlukan untuk sintesis susu.

- 2) Stres panas dapat menurunkan mamogenesis terutama pada saat ternak dalam kondisi kering kandang. Penurunan mamogenesis dapat dipastikan dapat menghambat produksi susu pada saat ternak dalam periode laktasi. Selain itu, cekaman panas pada ternak perah selama periode kering dapat memicu involusi kelenjar susu disertai dengan apoptosis dan *autophagy*, penurunan jumlah sel epitel susu pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan produksi susu pada masa laktasi. Stres panas selama periode kering juga berdampak negatif terhadap fungsi sel imun pada ternak perah sehingga prevalensi penyakit mastitis juga akan meningkat pada periode laktasi berikutnya.

### **4.3. PENUTUP**

#### **A. Rangkuman**

Suhu, kelembaban, kecepatan angin dan radiasi matahari merupakan faktor-faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi kehidupan dan produktivitas serta kesehatan ternak. Diantara faktor tersebut, suhu merupakan faktor utama yang dapat menimbulkan stres lingkungan terutama cekaman panas sehingga berdampak terhadap penurunan konsumsi pakan dan pertumbuhan ternak. Cekaman panas dapat menurunkan aliran darah yang menuju ke kelenjar mammae sehingga berdampak terhadap penurunan produksi susu, puncak laktasi dan komponen-komponen kimiawi di dalam susu.

## B. Tes formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan mengapa kelembaban yang tinggi dapat memperparah cekaman panas yang diderita oleh ternak!
2. Jelaskan mengapa stres panas dapat mengganggu fungsi usus sehingga berdampak terhadap penurunan performa pertumbuhan ternak!
3. Bagaimana stres panas bisa menyebabkan penurunan konsumsi pakan pada ternak?
4. Bagaimana stres panas dapat menyebabkan penurunan produktivitas sapi perah dilihat dari aspek hormonal?

## C. Umpan balik

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi belajar pada Bab IV.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{4} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan materi yang anda capai:

90 – 100% = baik sekali;

80 – 89% = baik;

70 – 79% = cukup;

< 70% = kurang

## D. Tindak lanjut

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat meneruskan ke pokok bahasan III. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi

kegiatan belajar pada pokok bahasan II, terutama bagian yang belum anda kuasai.

#### **E. Kunci jawaban tes formatif**

1. Kelembaban yang tinggi dapat berkontribusi terhadap peningkatan risiko cekaman panas pada ternak. Hal tersebut dikarenakan tingkat kelembaban yang tinggi dapat mengurangi laju penguapan (evaporasi) dan mengurangi kemampuan ternak dalam melepaskan panas dengan berkeringat dan bernapas.
2. Stres panas dapat berdampak negatif terhadap morfologi, ekologi dan *barrier integrity* dari usus. Stres panas dapat pula menyebabkan rusaknya jaringan epitelium usus. Hal lain yang dapat terjadi akibat stres panas antara lain terganggunya populasi mikroba usus, terganggunya aliran darah yang menuju dan dari usus dan terganggunya pertumbuhan villi usus. Hal tersebut dapat melemahkan fungsi pencernaan dan penyerapan nutrisi sehingga dapat mengganggu pertumbuhan ternak.
3. Suhu lingkungan yang tinggi dapat merangsang reseptor termal perifer untuk mengirimkan impuls saraf supresif ke pusat nafsu makan di hipotalamus (sistem syaraf pusat) yang menyebabkan penurunan konsumsi pakan. Akibatnya, substrat lebih sedikit tersedia untuk kegiatan enzimatik, sintesis hormon dan produksi energi untuk pertumbuhan ternak.
4. Cekaman panas dapat menyebabkan ketidakseimbangan endokrin (hormonal) seperti perubahan kadar prolaktin, hormon tiroid, glukokortikoid, hormon pertumbuhan, estrogen, progesteron dan oksitosin yang pada akhirnya mempengaruhi produksi susu.

## **Daftar Pustaka**

- Belhadj Slimen I, Najar T, Ghram A, Abdrabba M. 2015. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100, 401-412
- Brown-Brandl TM. 2018. Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 47:e20160414. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*. 9, 260-268
- Habeeb AAM, Gad AE, EL-Tarabany AA, Atta MAA. 2018. Negative effects of heat stress on growth and milk production of farm animals. *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*. 2, 1-12
- Liu J, Li L, Chen X, Lu Y, Wang D. 2019. Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32, 1332- 1339
- Mayorga EJ, Renaudeau D, Ramirez BC, Ross JW, Baumgard LH. 2018. Heat stress adaptations in pigs. *Animal Frontiers*. 9, 54–61
- Polsky L, von Keyserlingk MAG. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*. 100, 8645-8657
- Pragna P, Archana PR, Aleena J, Sejian V, Krishnan G, Bagath M, Manimaran A, Beena V, Kurien EK, Varma G, Bhatta R. 2017. Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition. *International Journal of Dairy Science*, 12, 1-11



- Schütz KE. 2011. Heat stress in farm animals. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 71, 178-202
- Sözcü A. 2019. Intestinal integrity of broilers exposed to heat stress. Acta Scientific Agriculture 3, 59-61
- Sun J, Zhang H, Hu B, Xie Y, Wang D, Zhang J, Chen T, Luo J, Wang S, Jiang Q, Xi Q, Chen Z and Zhang Y (2020) Emerging roles of heat induced circRNAs related to lactogenesis in lactating sows. Frontiers in Genetics. 10, 1347
- Tao S, Orellana RM, Weng X, Marins TN, Dahl GE, Bernard JK. 2018. Symposium review: The influences of heat stress. Journal of Dairy Science. 101, 5642-5654
- Yadav B, Singh G, Verma AK, Dutta N and Sejian V. 2013. Impact of heat stress on rumen functions. Veterinary World. 6, 992-996

## **BAB V**

### **PENGARUH STRES LINGKUNGAN TERHADAP REPRODUKSI DAN PRODUKSI TELUR**

#### **5.1. PENDAHULUAN**

##### **A. Deskripsi singkat**

Cekaman panas merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi berbagai proses reproduksi pada ternak, termasuk kualitas oosit, perkembangan embrio, sekresi gonadotropin, steroidogenesis, pertumbuhan folikel ovarium, perkembangan korpus luteum dan respon endometrium uterus. Pada unggas, cekaman panas juga mempengaruhi produktivitas ayam petelur yang terlihat dari penurunan produksi dan kualitas telur. Terganggunya mekanisme kerja hormonal dan juga rendahnya konsumsi pakan akibat cekaman panas merupakan alasan rendahnya performa reproduksi dan produksi telur pada ternak. Pokok bahasan ini membahas tentang pengaruh stres panas terhadap fertilitas dan *conception rate*, pengaruh stres panas terhadap perkembangan embrio dan bobot lahir, pengaruh stres panas terhadap aktivitas estrus, pengaruh stres panas terhadap aliran darah ke uterus, pengaruh stres panas terhadap perkembangan folikel, pengaruh stres panas terhadap perubahan biokimia pada ternak, pengaruh stres panas terhadap status reproduksi pada ternak jantan, pengaruh stres panas terhadap produksi telur dan pengaruh stres panas terhadap kualitas cangkang telur.

##### **B. Relevansi**

Materi mengenai pengaruh stres lingkungan terhadap reproduksi dan produksi telur membahas faktor-faktor lingkungan terutama suhu yang sangat mempengaruhi reproduksi

dan produksi telur. Penguasaan yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam mempelajari strategi dalam meringankan dampak negatif dari cekaman panas terhadap reproduksi dan produksi telur.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan produktivitas ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan pengaruh lingkungan terhadap reproduksi dan produksi telur.

## **D. Petunjuk belajar**

Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **5.2. PENYAJIAN**

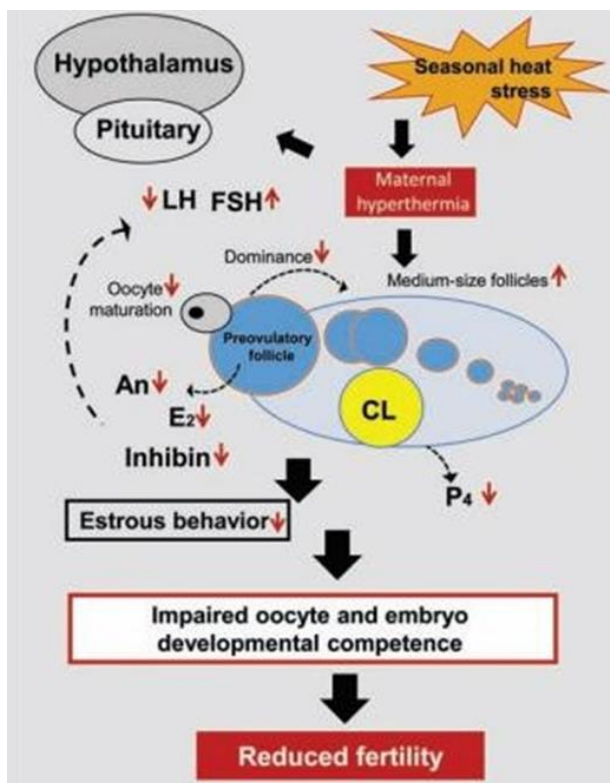
### **A. Pengaruh stres panas terhadap fertilitas dan *conception rate***

Berbagai proses reproduksi pada ternak dilaporkan terganggu akibat cekaman panas, termasuk kualitas oosit, perkembangan embrio, sekresi gonadotropin, steroidogenesis,

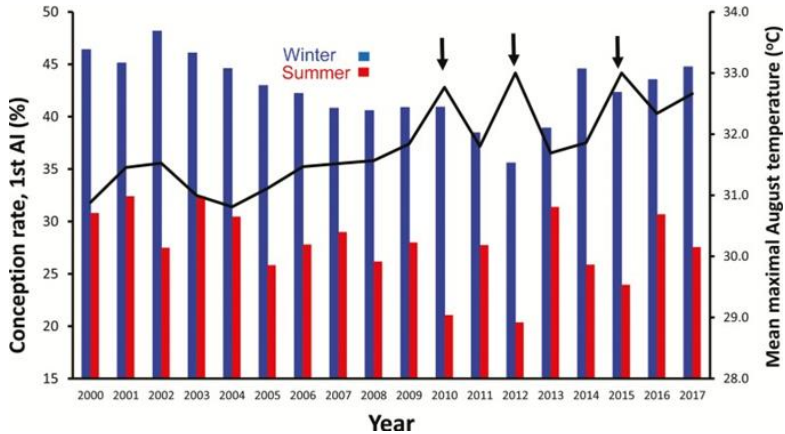
pertumbuhan folikel ovarium, perkembangan korpus luteum dan respon endometrium uterus. Peningkatan kadar prolaktin dalam plasma selama stres panas juga dapat menyebabkan asiklikitas dan infertilitas pada ternak. Sebagai catatan, peningkatan kadar prolaktin dapat menghambat ovulasi sehingga berdampak negatif terhadap fertilitas ternak. Ilustrasi 22 menggambarkan dampak dari stres panas terhadap *hypothalamus-pituitary-ovarian axis* dan perannya dalam menurunkan fertilitas sapi. Sekresi hormon luteinizing (LH) yang berkurang berhubungan dengan berkurangnya sekresi hormon estrogen (E2). Berkurangnya folikel dominan saat preovulasi tercermin oleh berkurangnya konsentrasi androstenedion (An) dan E2 dan dikaitkan dengan berkurangnya tingkah laku estrus. Peningkatan jumlah folikel ukuran sedang (diameter 6-9 mm), kemungkinan besar karena berkurangnya folikel dominan, dikaitkan dengan berkurangnya inhibin dan peningkatan konsentrasi *follicle stimulating hormone* (FSH). Berkurangnya kompetensi perkembangan oosit dan embrio dikaitkan dengan gangguan pematangan nuklir dan sitoplasma. Berkurangnya konsentrasi progesteron di dalam plasma berhubungan dengan terganggunya fungsi dari korpus luteum. Turunnya fertilitas pada ternak yang mengalami stres akibat panas merupakan dampak akumulatif dari terganggunya sistem reproduksi tersebut di atas.

Cekaman panas juga dilaporkan dapat menurunkan *conception rate* (persentase kebuntingan ternak betina pada pelaksanaan perkawinan atau inseminasi buatan pertama) pada ternak. Ketika rata-rata THI adalah 73 atau lebih, angka *conception rate* menurun dari 31% menjadi 12%. Ilustrasi 23 menunjukkan dampak dari cekaman panas pada musim panas terhadap *conception rate* sapi menyusui yang diinseminasi buatan pada bulan-bulan musim panas selama 18 tahun terakhir

hingga 27,7%, dibandingkan dengan 42,6% selama musim dingin. Terdapat beberapa argumen mengapa stres panas dapat menurunkan tingkat keberhasilan perkawinan atau inseminasi buatan pada ternak, diantaranya adalah stres panas dapat meningkatkan suhu uterus dan saluran reproduksi secara umum sehingga dapat menurunkan tingkat keberhasilan fertilisasi pada ternak. Penurunan kualitas oosit, lama dan intensitas estrus akibat stres panas juga dapat menurunkan keberhasilan fertilisasi dan *conception rate* pada ternak. Selain itu meningkatnya kasus *silent heat* juga dapat menyebabkan keterlambatan dan/atau kesalahan waktu dalam mengawinkan sehingga angka keberhasilan perkawinan/inseminasi buatan menjadi rendah.



Ilustrasi 22 Efek stres panas terhadap fertilitas ternak

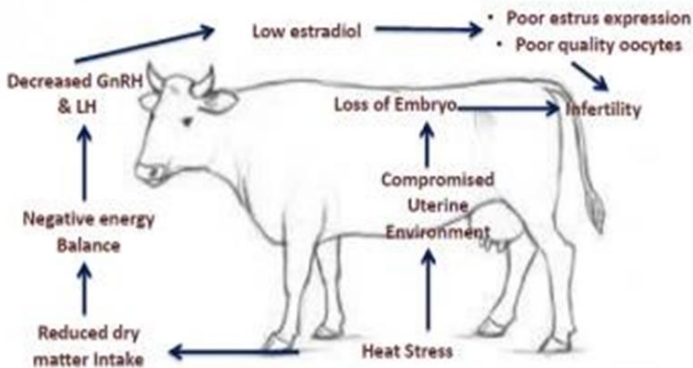


Ilustrasi 23 *Conception rate* pada sapi perah pada musim panas dan musim dingin

## B. Pengaruh stres panas terhadap perkembangan embrio dan bobot lahir

Pertumbuhan dan perkembangan embrio juga sangat dipengaruhi oleh cekaman panas sehingga sering menyebabkan kematian embrio selama masa perkembangan di dalam uterus. Sekresi progesteron yang rendah pada saat ternak tercekam panas dapat membatasi fungsi endometrium dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan embrio. Hal tersebut dapat terjadi karena stres panas menyebabkan peningkatan hormon prostaglandin  $F2\alpha$  yang pada gilirannya dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan fungsi korpus luteum dalam memproduksi hormon progesteron. Efek stres panas yang menyebabkan turunnya konsumsi pakan juga dapat mengganggu perkembangan embrio dan fetus di dalam uterus karena pasokan nutrisi ke embrio atau fetus menjadi sangat berkurang. Peningkatan suhu badan dan saluran reproduksi pada ternak betina juga sangat dimungkinkan dapat mengganggu perkembangan embrio karena kondisi yang kurang nyaman (bagi embrio) di dalam uterus. Kematian embrionik pada ternak

tercekam panas juga seringkali dikaitkan dengan adanya gangguan sintesis protein, kerusakan sel oksidatif, penurunan produksi interferon (berfungsi sebagai sinyal penanda kebuntingan bagi induk) dan peningkatan ekspresi gen terkait stres yang dapat menimbulkan apoptosis. Akhirnya, pertumbuhan dan perkembangan fetus yang kurang optimal di dalam uterus dapat berdampak terhadap penurunan bobot lahir pada anak yang dilahirkan oleh ternak yang menderita cekaman panas.

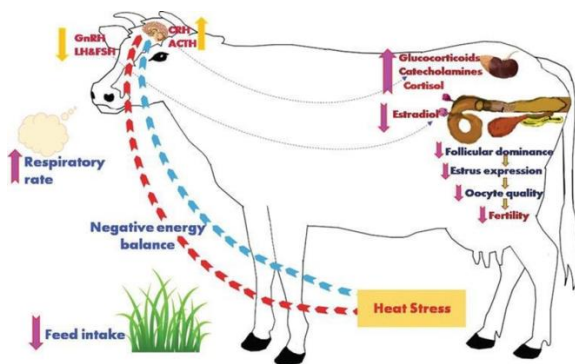


Ilustrasi 24 Dampak stres panas terhadap kematian embrio

### C. Pengaruh stres panas terhadap aktivitas estrus

Stres panas dilaporkan dapat mengurangi sekresi hormon luteinizing dan estradiol yang mengakibatkan berkurangnya panjang dan intensitas ekspresi estrus, peningkatan insiden anestrus dan *silent estrus* pada ternak. Sebagai contoh ketika kambing perah terpapar suhu 36,8°C dan kelembaban relatif 70% selama 48 jam pertumbuhan folikel terhambat disertai dengan penurunan tingkat reseptor hormon luteinizing dan sintesis hormon estrogen. Penurunan sekresi hormon luteinizing dan estrogen dapat terjadi pada ternak yang mengalami stres panas karena cekaman panas menyebabkan peningkatan hormon

glukokortikoid (hormon stres; kortisol) sehingga berdampak terhadap terganggunya produksi hormon luteinizing dan estrogen. Selain itu cekaman panas juga dapat menyebabkan menurunnya viabilitas dan aktivitas aromatase dalam sel granulosa sehingga berdampak terhadap sekresi hormon estrogen yang rendah. Rendahnya hormon luteinizing dan estrogen berdampak terhadap terganggunya ovulasi dan menurunnya aktivitas estrus pada ternak yang menderita cekaman panas.



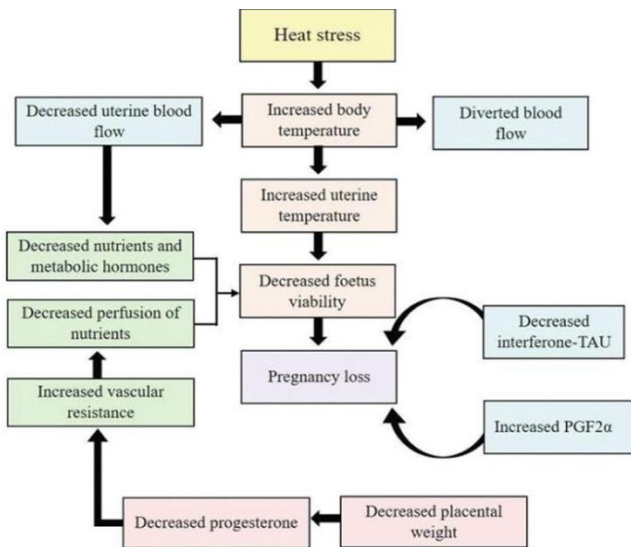
Ilustrasi 25 Dampak stres panas terhadap ekspresi estrus

#### D. Pengaruh stres panas terhadap aliran darah ke uterus

Studi menunjukkan bahwa stres panas dapat menurunkan aliran darah yang menuju ke uterus. Hal tersebut dapat berdampak terhadap menurunnya pasokan nutrisi dan hormon ke plasenta. Hal yang demikian akan mengakibatkan terganggunya pertumbuhan dan perkembangan plasenta. Pertumbuhan dan perkembangan plasenta penting bagi pertumbuhan dan perkembangan embrio/fetus. Fungsi plasenta adalah memfasilitasi pertukaran produk-produk metabolisme dan produk gas antara induk dan fetus, serta produksi hormon. Menimbang pentingnya plasenta terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan fetus, terganggunya perkembangan plasenta



dengan demikian dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan fetus di dalam uterus induknya. Sejatinya, stres panas merangsang pelepasan hormon antidiuretik atau oksitosin pada induk ternak yang bunting yang dapat mengurangi aliran darah uterus dan menyebabkan pergeseran metabolisme fetus dari anabolik ke katabolik. Selain itu stres panas juga dapat menyebabkan menurunnya aliran darah yang menuju plasenta sehingga pasokan nutrisi ke fetus menjadi berkurang. Sangat dimungkinkan pula bahwa stres panas berakibat pada lebih banyak aliran darah yang menuju organ atau jaringan perifer sebagai mekanisme termoregulasi untuk melepaskan kelebihan beban panas tubuh sehingga aliran darah yang menuju uterus maupun plasenta menjadi berkurang.



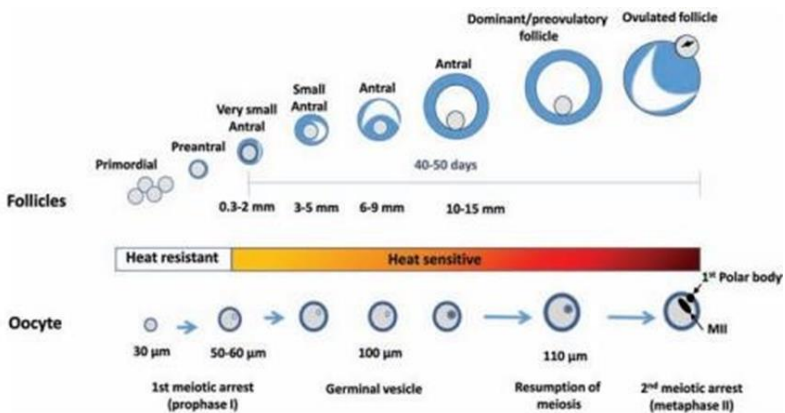
Ilustrasi 26 Dampak stres panas terhadap aliran darah ke uterus

Selain berdampak terhadap perkembangan fetus, perkembangan plasenta yang kurang optimal juga memberikan efek terhadap peningkatan kejadian *retained placenta*,

berkurangnya masa kebuntingan (meningkatnya insiden kelahiran prematur pada ternak) serta meningkatnya insiden distokia atau kesulitan melahirkan.

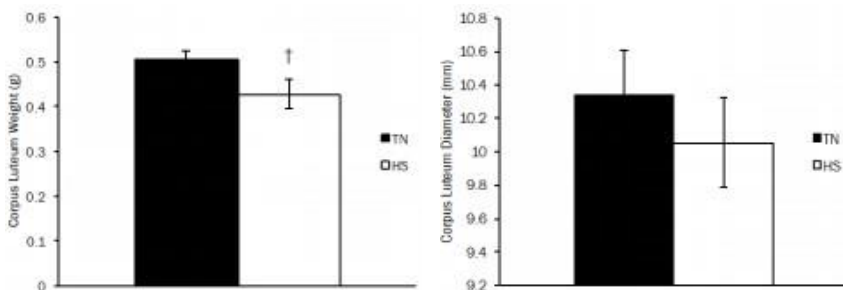
**E. Pengaruh stres panas terhadap perkembangan folikel**

Stres panas dilaporkan dapat mengganggu perkembangan folikel sehingga menghasilkan oosit dengan kualitas yang buruk. Stres panas dapat menghambat perkembangan folikel dengan mengurangi produksi hormon steroid sehingga dapat mengganggu pertumbuhan oosit. Selain itu, stres panas mengurangi pertumbuhan folikel dominan dan menyebabkan dominasi folikel yang tidak sempurna sehingga terjadi peningkatan pertumbuhan folikel subordinat. Stres panas juga secara langsung dapat menghambat pematangan dan fungsi oosit, sintesis protein, atau pembentukan transkrip yang diperlukan untuk perkembangan embrionik. Namun sebagai catatan, sensitivitas folikel terhadap cekaman panas berbeda-beda tergantung dari tahapan perkembangan folikel. Secara umum, sensitivitas folikel terhadap stres panas meningkat dari tahap primordial ke tahap preovulasi (Ilustrasi 27).



Ilustrasi 27 Sensitivitas folikel terhadap cekaman panas

Studi juga mencatat bahwa stres panas dapat menyebabkan *multiple ovulation* sehingga meningkatkan kemungkinan adanya kelahiran kembar. Tidak seperti LH, sekresi FSH seringkali meningkat pada ternak yang mengalami cekaman panas dan sering dikaitkan dengan peningkatan jumlah folikel yang tumbuh di ovarium. Peningkatan FSH juga dimungkinkan karena terjadinya penurunan konsentrasi plasma inhibin (befungsi menghambat produksi dan sekresi FSH) dan berkurangnya umpan balik negatif dari folikel yang lebih kecil (bukan folikel dominan) pada saat stres panas, yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan konsentrasi FSH plasma yang merangsang pertumbuhan folikel di ovarium. Kondisi yang demikian dapat menjelaskan adanya peningkatan ovulasi ganda dan kelahiran anak kembar pada ternak yang mengalami cekaman panas. Stres panas juga dilaporkan dapat memperkecil ukuran korpus luteum sehingga berdampak terhadap penurunan produksi dan sekresi hormon progesteron (Ilustrasi 28).



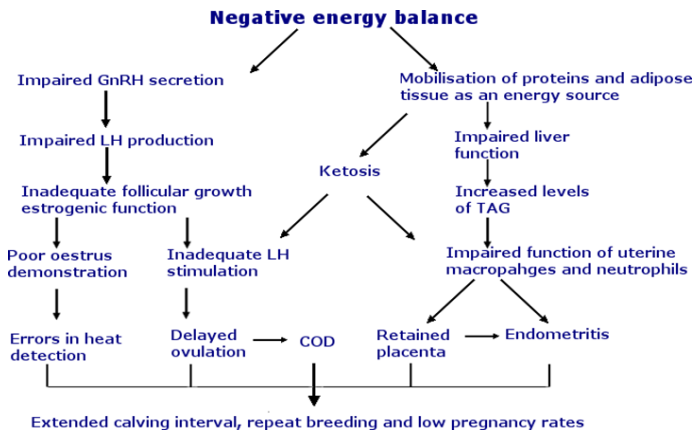
Ilustrasi 28 Dampak stres panas terhadap berat dan diameter korpus luteum

## F. Pengaruh stres panas terhadap perubahan biokimia pada ternak

Secara umum stres panas memberikan pengaruh terhadap kondisi biokimia di dalam tubuh ternak, antara lain:

- 1) Stres panas menurunkan konsentrasi hormon luteinizing di dalam plasma. Penurunan hormon ini dapat berakibat pada terganggunya perkembangan korpus luteum sehingga produksi progesteron menjadi terhambat. Selain akibat dari peningkatan hormon stres, penurunan hormon luteinizing juga sering dikaitkan dengan penurunan sekresi hormon estrogen. Kondisi yang demikian sering diperparah dengan meningkatnya hormon prostaglandin selama stres panas yang dapat menyebabkan *luteolysis* sehingga membahayakan kebuntingan.
- 2) Stres panas menyebabkan peningkatan konsentrasi senyawa keton dan *non-esterified fatty acids* (NEFA) pada saat partus atau pasca melahirkan. Stres panas menyebabkan rendahnya asupan bahan kering sehingga memicu kondisi *negative energy balance* yang ditandai dengan tingginya konsentrasi keton dan NEFA di dalam sistem sirkulasi ternak. Kondisi yang demikian dapat memperpanjang periode *postpartum* dan mengurangi fertilitas pada ternak. Lebih lanjut, *negative energy balance* dapat menurunkan konsentrasi insulin dan glukosa dalam plasma dan menyebabkan ovulasi menjadi tertunda. Folikulogenesis yang buruk dan ovulasi yang tertunda selama stres panas akhirnya menyebabkan interval melahirkan yang lebih lama, mengurangi berat lahir dan produksi susu. Selain mengganggu proses-proses reproduksi, kondisi *negative energy balance* juga dapat melemahkan fungsi imunitas dari ternak sehingga dapat berdampak terhadap peningkatan prevalensi penyakit pada ternak, termasuk penyakit pada saluran reproduksi ternak seperti endometritis (Ilustrasi 29). Konsentrasi NEFA yang tinggi juga dilaporkan
- 3) dapat mengganggu fisiologi sel epitel saluran reproduksi

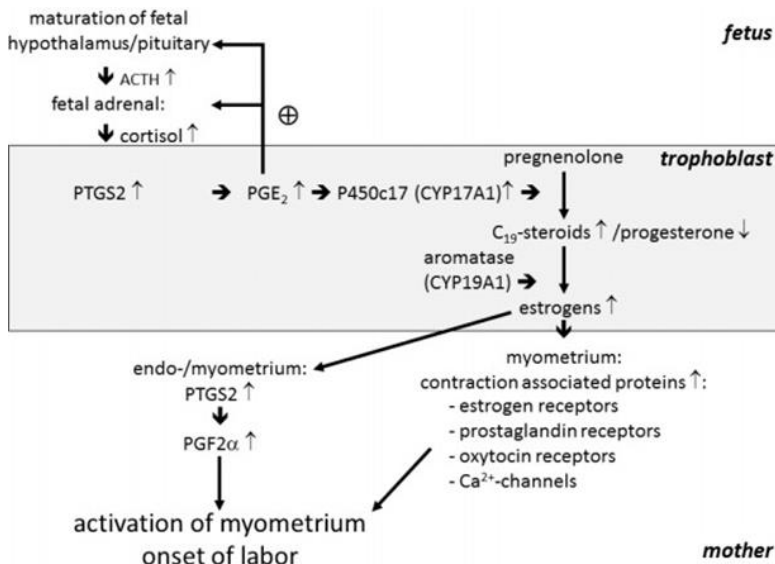
dengan mengurangi proliferasi sel-sel penyusun saluran reproduksi, kapasitas migrasi sel, fungsionalitas sel dan integritas monolayer. Kondisi yang demikian dapat melemahkan fungsi dari saluran reproduksi ternak yang tercekam panas.



Ilustrasi 29 Dampak *negative energy balance* terhadap proses reproduksi ternak

- 4) Stres panas mengakibatkan penurunan hormon tiroksin selama periode kebuntingan. Penurunan hormon ini juga biasanya diikuti oleh hormon lain yakni hormon prolaktin dan hormon pertumbuhan (*growth hormone*). Penurunan ketiga jenis hormon tersebut terutama pada periode akhir kebuntingan dapat menyebabkan rendahnya bobot lahir serta rendahnya produksi susu oleh induk ternak. Sebagai catatan penurunan hormon tiroksin merupakan mekanisme umum dari ternak yang tercekam panas untuk mengurangi produksi panas endogen yang berasal dari metabolisme seluler, dan kebutulan tiroksin adalah hormon yang bertanggungjawab atas peningkatan laju metabolisme seluler di dalam tubuh ternak.

- 5) Stres panas dapat meningkatkan konsentrasi hormon progesteron pada periode akhir masa kebuntingan. Menjelang partus, konsentrasi hormon progesteron lazimnya menurun sehingga proses kelahiran menjadi lancar (Ilustrasi 30). Namun stres panas justru sebaliknya dapat meningkatkan level hormon progesteron sehingga dapat menghambat proses kelahiran pada ternak.

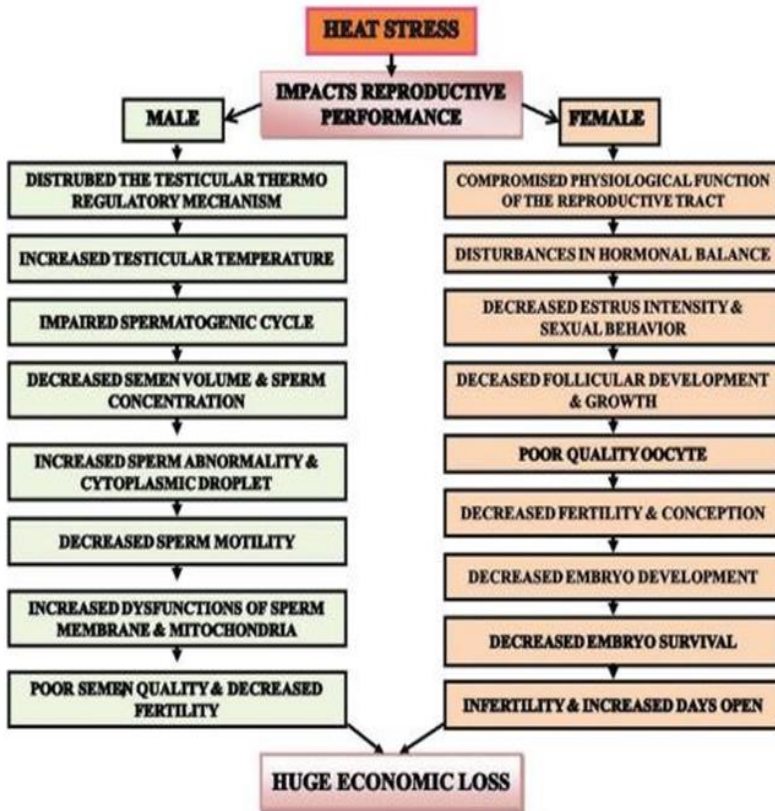


Ilustrasi 30 Proses kelahiran yang ditandai dengan penurunan hormon progesteron

- 6) Cekaman panas dapat meningkatkan sintesis prostaglandin selama periode awal postpartum. Peningkatan hormon tersebut dapat menyebabkan terhambatnya proses involusi uterus sehingga dapat menunda kesiapan ternak *postpartum* untuk dikawinkan kembali.

## **G. Pengaruh stres panas terhadap status reproduksi pada ternak jantan**

Ternak jantan memiliki mekanisme termoregulasi testis yang unik untuk mempertahankan aktivitas reproduksinya dalam kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Banyaknya kelenjar keringat di skrotum sangat penting untuk efisiensi termoregulasi lokal testis. Suhu testis pada sapi jantan sebaiknya 4-5°C di bawah suhu rektal agar produksi sperma dapat optimal. Secara spesifik, suhu optimal untuk produksi sperma adalah sekitar 15-20°C. Sejatinya pejantan sangat rentan terhadap tingginya suhu lingkungan, kelembaban, radiasi matahari dan angin, karena kondisi yang demikian dapat mengurangi kuantitas dan kualitas produksi sperma. Cekaman panas juga dapat mengganggu metabolisme/oksidasi glukosa di dalam sel sperma sebagai akibat dari disfungsi mitokondria dan akumulasi radikal bebas serta meningkatnya peroksidasi lipid sehingga menimbulkan cacat pada sperma.

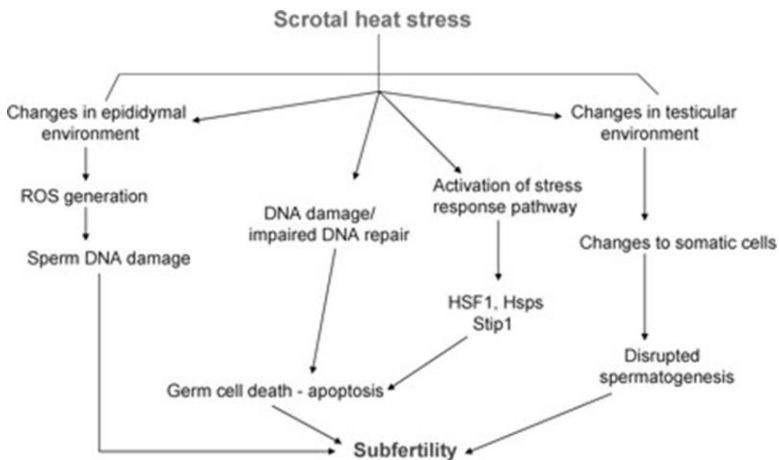


Ilustrasi 31 Dampak stres panas terhadap kinerja reproduksi ternak

Termoregulasi pada testis dilakukan dengan relaksasi *dartos* (dalam skrotum) yang bersama-sama dengan distensi otot kremaster (pada *cord testis*) akan menjauhkan atau mendekatkan jarak antara testis dan abdomen. Studi melaporkan bahwa *tunica dartos* pada domba jantan lebih panjang pada saat kondisi suhu lingkungan panas dari pada kondisi dingin. Suhu testis yang tinggi menyebabkan degenerasi parenkim testis sehingga berdampak terhadap subfertilitas dan infertilitas pada ternak jantan. Stres panas juga dapat menyebabkan gangguan sementara dalam produksi semen, motilitas sperma dan peningkatan cacat



sekunder pada sperma. Studi menunjukkan bahwa suhu kulit skrotum memiliki korelasi negatif dengan level testosteron serum, libido, motilitas sperma, konsentrasi sperma dan tingkat konsepsi, serta berkorelasi positif dengan tingkat kematian dan total sperma abnormal. Temperatur testis yang tinggi juga menyebabkan apoptosis spermatogonia di *tubulus seminiferus*, degenerasi sel *Sertoli* dan *Leydig* dan rusaknya DNA. Suhu yang tinggi pada testis juga dapat mengubah siklus spermatogenik yang mempengaruhi kualitas ejakulasi pada ternak. Stres panas juga dapat menyebabkan ketidakseimbangan *hypothalamus-hypophyseal-gonadal axis* sehingga berdampak terhadap rendahnya produksi testosteron, sperma dan motilitas sperma.



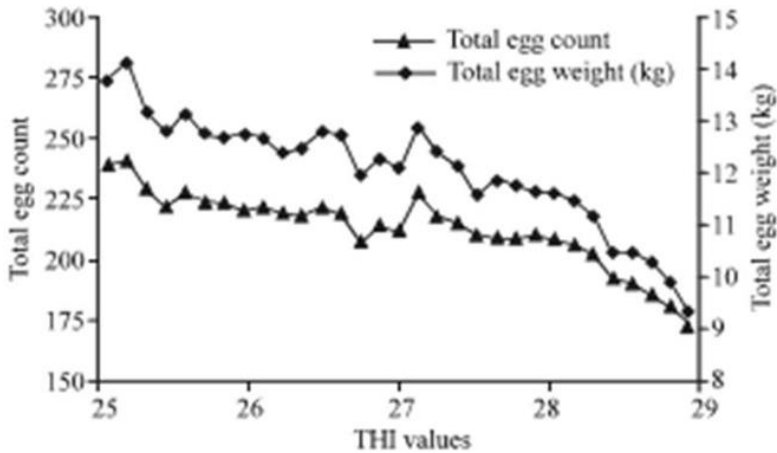
Ilustrasi 32 Dampak stres panas terhadap fertilitas ternak jantan

Secara umum stres panas memiliki dampak yang buruk terhadap spermatogenesis sehingga menghasilkan sperma dengan kualitas yang buruk pula. Studi melaporkan bahwa suhu maksimum dan minimum untuk spermatogenesis yang optimal adalah masing-masing 29,4°C dan 15,6°C. Peningkatan suhu dapat mengganggu proses spermatogenesis sehingga

menimbulkan degenerasi sel sperma dan selanjutnya mengurangi kemampuan fertilisasi dari spermatozoa. Jumlah sel sperma yang mati dan abnormal juga meningkat sebagai akibat dari stres panas dari ternak pejantan. Selain itu, motilitas spermatozoa juga menurun akibat dari stres panas. Selanjutnya, stres panas dilaporkan mengurangi efisiensi reproduksi pada pejantan karena jumlah sel testis seperti spermatosit sekunder dan spermatid, rasio sel *Sertoli* dengan sel lain dan diameter *tubulus seminiferus* berkurang secara signifikan. Paparan suhu tinggi cenderung merusak spermatosit primer, spermatid dan spermatozoa. Stres panas juga menurunkan volume semen, jumlah spermatozoa dan sel sperma motil per ejakulasi sapi jantan. Selain itu, unsur-unsur biokimia dari semen seperti fruktosa, asam sitrat, natrium dan kalium, konsentrasi total fosfor dan kalsium berkurang secara signifikan selama stres panas.

#### **H. Pengaruh stres panas terhadap produksi telur**

Suhu lingkungan optimal untuk produksi ayam petelur adalah antara 19°C sampai dengan 22°C. Pada suhu di atas dan di bawah kisaran tersebut ayam akan menderita stres sehingga melakukan proses termoregulasi untuk mempertahankan homeostasis. Stres panas merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi produksi ayam petelur. Efek negatif stres panas pada ayam petelur terlihat dari penurunan produksi hingga kualitas telur. Ilustrasi 33 secara jelas menggambarkan hubungan antara total produksi dan berat telur dengan THI. Nilai THI yang meningkat diikuti dengan penurunan jumlah dan berat telur yang diproduksi oleh ayam petelur.



Ilustrasi 33 Hubungan antara total produksi dan berat telur dengan THI

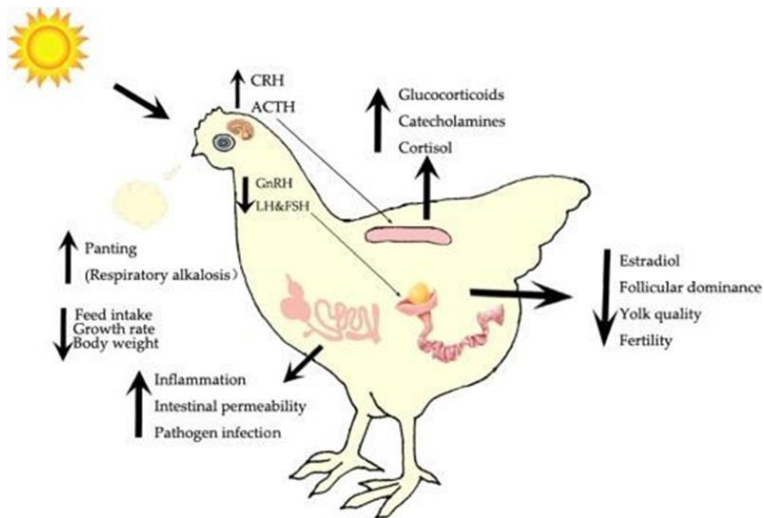
Seperti halnya ternak lain, stres panas menyebabkan penurunan konsumsi pakan pada ayam petelur. Penurunan konsumsi pakan ini pada akhirnya akan mengurangi pasokan energi dan nutrisi untuk produksi telur. Stres panas juga menurunkan fungsi ovarium, berat ovarium dan jumlah folikel yang dihasilkan. Stres panas juga dapat mengurangi suplai darah yang menuju ovarium karena sebagian besar darah justru dialirkan ke organ/jaringan perifer sebagai salah satu mekanisme untuk melepaskan panas ke lingkungan. Berkurangnya suplai darah ke ovarium secara tidak langsung berimbas terhadap minimnya pasokan nutrisi dan oksigen yang diperlukan oleh sel-sel penyusun jaringan pada ovarium sehingga fungsi ovarium menjadi menurun. Produksi telur yang rendah pada ayam petelur yang dipelihara di lingkungan panas juga disebabkan oleh adanya interaksi antara stres panas, asupan pakan (yang rendah) dan ketidakseimbangan hormonal di dalam tubuh ayam petelur. Produksi telur pada unggas sejatinya melibatkan mekanisme fisiologis yang kompleks yang dimodulasi oleh aksi sinergis

berbagai hormon reproduksi. Hormon-hormon tertentu seperti progesteron, hormon FSH, LH dan estrogen memiliki pengaruh signifikan pada produksi telur. Namun demikian, asupan pakan dan nutrisi yang rendah pada ayam yang mengalami stres panas memberikan efek signifikan terhadap perkembangan saluran reproduksi dan keseimbangan hormon. Banyak bukti yang menunjukkan bahwa asupan nutrisi yang rendah akibat stres panas berpengaruh negatif terhadap kinerja reproduksi ayam melalui pengaruhnya terhadap endokrinologi reproduksi.

Efisiensi reproduksi yang rendah pada ayam dengan *intake* pakan rendah (akibat stres panas) sering dikaitkan dengan morfologi ovarium yang rusak dan tidak berfungsi maksimal. Kondisi lain yakni tingginya jumlah folikel atresia, berat ovarium yang rendah, dan berkurangnya jumlah folikel yang merupakan sumber utama steroid gonad yang memodulasi mekanisme produksi telur. *Intake* pakan yang rendah dapat memicu kegagalan kelenjar hipofisis dalam memproduksi gonadotropin yang dapat menstimulus pertumbuhan folikel dan ovulasi. Asupan pakan yang rendah pada ayam petelur juga dapat mengurangi konsentrasi LH. Studi juga melaporkan bahwa *intake* pakan yang rendah secara signifikan mengurangi plasma estradiol dan menekan ekspresi *follicle-stimulating hormone receptor* (FSHR) dan *luteinizing hormone receptor* (LHR) yang merupakan dua reseptor penting untuk hormon reproduksi. Penurunan kadar estradiol dapat menghentikan produksi telur dan regresi folikel. Kurangnya sekresi atau tidak adanya estradiol pada plasma juga dapat mempengaruhi umpan balik negatif pada sekresi dan aktivitas LH.

Secara umum diketahui bahwa terdapat interaksi antara kelenjar adrenal dan ovarium pada ayam (*adrenal-ovarian axis*), melibatkan hormon kortikosteron dan prolaktin. Pada kondisi

stres panas, hormon kortikosteron menghambat sekresi GnRH, mengganggu aktivitas GnRH dan mengubah efek stimulasi gonadotropin terhadap sekresi hormon seks steroid. Peningkatan konsentrasi hormon prolaktin pada kondisi stres panas dilaporkan dapat mengurangi produksi dan aktivitas gonadotropin dan regresi ovarium. Prolaktin dapat bertindak melalui GnRH hipotalamus atau langsung pada gonadotrop hipofisis, sehingga menyebabkan penekanan sekresi gonadotropin.



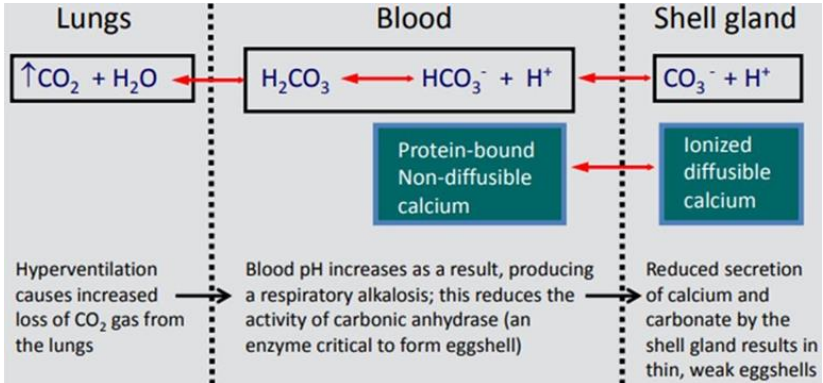
Ilustrasi 34 Dampak stres panas terhadap regulasi hormonal ayam petelur

### I. Pengaruh stres panas terhadap kualitas cangkang telur

Pembentukan cangkang telur adalah proses yang kompleks dan dipengaruhi oleh faktor genetik, nutrisi, hormon, lingkungan, patologi dan manajemen. Memproduksi cangkang telur berkualitas baik hanya dimungkinkan ketika ayam diternakkan dalam kondisi nyaman dan semua faktor yang mempengaruhi dalam kondisi optimal. Kualitas cangkang telur

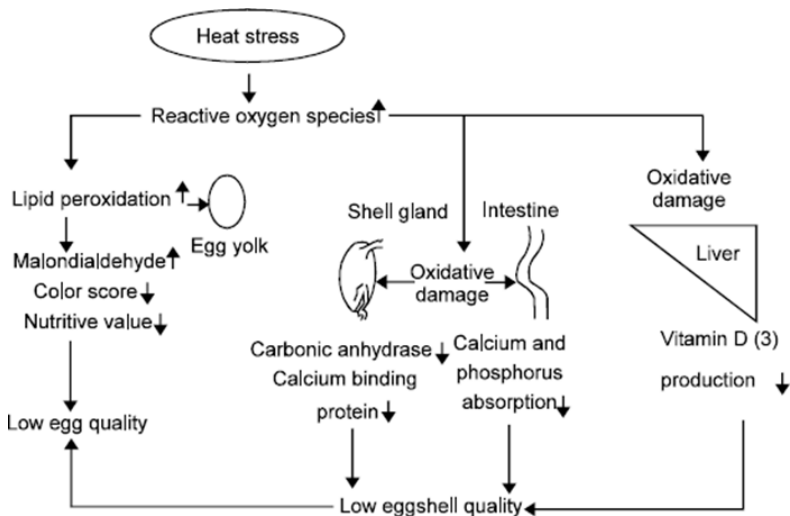
yang buruk pada ayam yang mengalami stres panas sangat terkait dengan asupan pakan yang rendah pada ayam tersebut. Sejatinya, kemampuan ayam untuk menghasilkan cangkang berkualitas baik sangat tergantung pada ketersediaan kalsium dari pakan dan cadangan kalsium yang ada di dalam tubuh. Faktanya, cangkang telur ayam mengandung 94,4% kalsium karbonat. Asupan kalsium yang rendah karena stres panas juga menyebabkan resorpsi tulang dan hiperfosfatemia. Hiperfosfatemia (peningkatan fosfor dalam darah) sendiri dapat menghambat pembentukan  $\text{CaCO}_3$  dalam uterus akibat pengalihan lebih banyak darah ke organ perifer, untuk melepaskan panas, sehingga mengurangi aliran darah ke uterus dan suplai kalsium ke uterus. Hal yang demikian dapat menghasilkan telur dengan kualitas cangkang yang buruk.

Ketika terpapar suhu lingkungan yang tinggi, ayam petelur akan meningkatkan dan memperdalam laju respirasi untuk membuang kelebihan panas. Laju respirasi yang meningkat dapat menyebabkan tekanan parsial karbondioksida dalam darah menjadi berkurang, mengubah rasio bikarbonat terhadap karbondioksida dan akhirnya menghasilkan peningkatan pH darah, suatu proses yang dikenal sebagai alkalosis respiratorik. pH darah yang tinggi (kondisi alkali) mengurangi aktivitas enzim karbonat anhidrase, sehingga mengurangi ion kalsium dan karbonat yang ditransfer dari darah ke *shell gland* (uterus) (Ilustrasi 35).



Ilustrasi 35 Dampak stres panas terhadap pembentukan cangkang telur

Stres panas juga dilaporkan dapat meningkatkan produksi radikal bebas (*reactive oxygen species*; ROS) yang dapat menurunkan absorpsi kalsium dan fosfor, menurunkan sintesis vitamin D dan menurunkan produksi enzim *carbonic anhydrase* dan *calcium-binding protein* sebagai akibat dari induksi kerusakan oksidatif di usus, liver dan *shell gland* (Ilustrasi 36).



Ilustrasi 36 Dampak stres panas terhadap kualitas cangkang telur

### **5.3. PENUTUP**

#### **A. Rangkuman**

Stres panas merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi berbagai proses reproduksi pada ternak, termasuk kualitas oosit, perkembangan embrio, sekresi gonadotropin, steroidogenesis, pertumbuhan folikel ovarium, perkembangan korpus luteum dan respon endometrium uterus. Stres panas juga mempengaruhi produktivitas ayam petelur yang terlihat dari penurunan produksi dan kualitas telur. Terganggunya mekanisme kerja hormonal dan juga rendahnya konsumsi pakan akibat cekaman panas merupakan alasan rendahnya performa reproduksi dan produksi telur pada ternak.

#### **B. Tes formatif**

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan mengapa stres panas dapat mengakibatkan keberhasilan inseminasi buatan pada ternak menjadi rendah!
- 2) Jelaskan bagaimana cekaman panas dapat memberikan dampak terhadap bobot lahir ternak!
- 3) Jelaskan mengapa cekaman panas dapat berdampak terhadap kemungkinan kelahiran anak kembar pada ternak!
- 4) Bagaimana stres panas dapat menyebabkan penurunan produksi telur pada ayam petelur?
- 5) Jelaskan fenomena hiperfosfatemia pada ayam petelur yang mengalami cekaman panas!

#### **C. Umpan balik**

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan



rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi belajar pada Bab V.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{5} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan materi yang anda capai:

90 – 100% = baik sekali;

80 – 89% = baik;

70 – 79% = cukup;

< 70% = kurang

#### **D. Tindak lanjut**

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat meneruskan ke pokok bahasan VI. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi kegiatan belajar pada pokok bahasan V, terutama bagian yang belum anda kuasai.

#### **E. Kunci jawaban tes formatif**

- 1) Stres panas dapat meningkatkan suhu uterus dan saluran reproduksi sehingga dapat menurunkan tingkat keberhasilan fertilisasi pada ternak. Penurunan kualitas oosit, lama dan intensitas estrus akibat stres panas juga dapat menurunkan keberhasilan fertilisasi dan *conception rate* pada ternak. Meningkatnya kejadian *silent heat* juga dapat menyebabkan keterlambatan atau kesalahan waktu dalam mengawinkan sehingga angka keberhasilan inseminasi buatan menjadi rendah.
- 2) Meningkatnya temperatur internal tubuh dan saluran reproduksi pada betina dapat mengganggu perkembangan embrio karena kondisi yang kurang nyaman di dalam uterus

ternak. Pertumbuhan dan perkembangan fetus yang kurang optimal di dalam uterus dapat berdampak terhadap penurunan bobot lahir pada anak yang dilahirkan oleh ternak betina yang mengalami stres panas.

- 3) Cekaman panas dapat menyebabkan *multiple ovulation* sehingga meningkatkan kemungkinan adanya kelahiran kembar. Cekaman panas menyebabkan peningkatan sekresi FSH dan sering dikaitkan dengan peningkatan jumlah folikel yang tumbuh di ovarium. Peningkatan FSH juga dimungkinkan karena terjadinya penurunan konsentrasi plasma inhibin dan berkurangnya umpan balik negatif dari folikel yang lebih kecil pada saat stres panas, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan konsentrasi FSH plasma yang merangsang pertumbuhan folikel di ovarium. Kondisi tersebut dapat menjelaskan adanya peningkatan ovulasi ganda dan kelahiran anak kembar pada ternak yang menderita stres panas.
- 4) Adanya interaksi antara stres panas, asupan pakan yang rendah dan ketidakseimbangan hormonal di dalam tubuh ayam petelur yang menderita cekaman panas merupakan alasan utama penurunan produksi telur. Produksi telur pada unggas sebenarnya melibatkan mekanisme fisiologis yang kompleks yang dimodulasi oleh aksi sinergis berbagai hormon reproduksi. Hormon-hormon tertentu meliputi progesteron, hormon FSH, LH dan estrogen memiliki pengaruh signifikan pada produksi telur.
- 5) Hiperfosfatemia atau peningkatan fosfor dalam darah dapat menghambat pembentukan  $\text{CaCO}_3$  dalam uterus akibat pengalihan lebih banyak darah ke organ perifer, untuk melepaskan panas, sehingga mengurangi aliran darah ke uterus dan suplai kalsium ke uterus. Kondisi tersebut dapat

menghasilkan telur dengan kualitas cangkang yang buruk.

### **Daftar pustaka**

- Ahmed A, Tiwari RP, Mishra GK, Jena B, Dar MA, Bhat AA. 2015. Effect of environmental heat stress on reproduction performance of dairy cows-a review. *International Journal of Livestock Research*. 5, 10-18.
- Bilodeau-Goeseels S, Kastelic JP. 2003. Factors affecting embryo survival and strategies to reduce embryonic mortality in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*. 83, 659- 671.
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*. 9, 260-268.
- Fouad AM, Chen W, Ruan D, Wang S, Xia WG, Zheng CT. 2016. impact of heat stress on meat, egg quality, immunity and fertility in poultry and nutritional factors that overcome these effects: a review. *International Journal of Poultry Science*. 15, 81-95.
- Govindan Krishnan, Madijagan Bagath, Prathap Pragna, Mallenahally Kusha Vidya, Joy Aleena, Payyanakkal Ravindranathan Archana, Veerasamy Sejian and Raghavendra Bhatta (September 6th 2017). Mitigation of the Heat Stress Impact in Livestock Reproduction, *Theriogenology*, Rita Payan Carreira, Intech Open, DOI: 10.5772/intechopen.69091. Available from: <https://www.intechopen.com/books/theriogenology/mitigation-of-the-heat-stress-impact-in-livestock-reproduction>
- Jordan ER. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *Journal of Dairy Science*. 86(ESuppl.), E104-E114.
- Lara LJ, Rostagno MH. 2013. Impact of heat stress on poultry

- production. *Animals*. 3, 356- 369.
- Oguntunji AO, Alabi OM. 2010. Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: A review. *World's Poultry Science Journal*. 66, 739-749.
- Oner G. 2013. Prolactin and infertility, Prolactin, Gyö rgy M. Nagy and Bela E. Tot h , IntechOpen, DOI: 10.5772/55557. Available from: <https://www.intechopen.com/books/prolactin/prolactin-and-infertility>
- Schuler G, Fürbass R, Klisch K. 2018. Placental contribution to the endocrinology of gestation and parturition. *Animal Reproduction*. 15 (Suppl.1), 822-842.
- Slama H, Vaillancourt D, Goff AK. 1991. Pathophysiology of the puerperal period: Relationship between prostaglandin E2 (PGE2) and uterine involution in the cow. *Theriogenology*. 36, 1071-1090.
- Wolfenson D, Roth Z. 2019. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*. 9, 32–38.



## **BAB VI**

### **PENGARUH STRES LINGKUNGAN TERHADAP KESEHATAN DAN TINGKAH LAKU TERNAK**

#### **6.1. PENDAHULUAN**

##### **A. Deskripsi singkat**

Cekaman panas merupakan faktor yang sangat penting yang dapat menentukan status kesehatan ternak dengan memberikan efek langsung maupun tidak langsung terhadap kondisi fisiologis, metabolisme, hormonal dan sistem imunitas tubuh ternak. Cekaman panas dapat menurunkan status fisiologis dan metabolisme, mengganggu keseimbangan hormonal dan kekebalan tubuh sehingga ternak menjadi lebih mudah sakit. Bab ini mencakup pengaruh stres panas terhadap kesehatan ternak, stres panas menyebabkan rumen acidosis, stres panas menyebabkan stres oksidasi, stres panas menyebabkan pelemahan sistem imun tubuh, stres panas menyebabkan ketidakseimbangan mikroba dalam usus dan pengaruh stres panas terhadap tingkah laku ternak.

##### **B. Relevansi**

Materi mengenai pengaruh stres lingkungan terhadap kesehatan dan tingkah laku ternak membahas pengaruh cekaman panas terhadap kesehatan dan tingkah laku ternak. Penguasaan yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam mempelajari strategi dalam meringankan dampak negatif dari cekaman panas terhadap kesehatan dan tingkah laku ternak.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan produktivitas ternak pada kondisi lingkungan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan pengaruh lingkungan terutama cekaman panas terhadap kesehatan dan tingkah laku ternak.

## **D. Petunjuk belajar**

Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **6.2. PENYAJIAN**

### **A. Pengaruh stres panas terhadap kesehatan ternak**

Stres panas dapat mempengaruhi kesehatan ternak dengan memberikan efek langsung maupun tidak langsung terhadap kondisi fisiologis, metabolisme, hormonal dan sistem kekebalan tubuh ternak. Banyak studi melaporkan bahwa ternak yang menderita cekaman panas memiliki status fisiologis dan metabolisme yang menurun, mengalami gangguan keseimbangan hormonal dan memiliki kekebalan tubuh yang melemah. Kondisi-kondisi dimaksud pada akhirnya akan menyebabkan penurunan status kesehatan pada ternak.

## **B. Stres panas menyebabkan acidosis pada rumen**

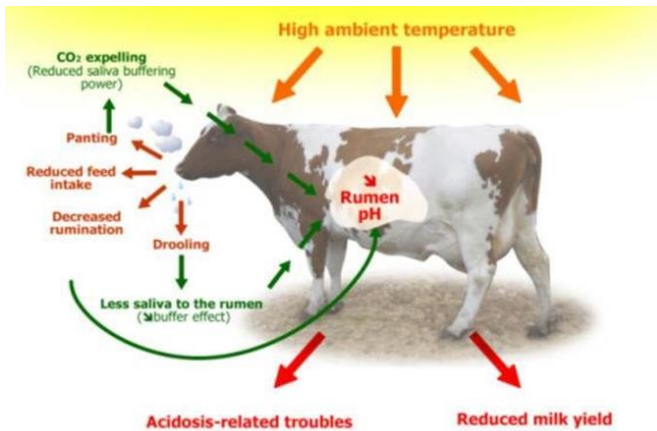
Stres panas mengubah mekanisme fisiologis dasar rumen yang berdampak negatif pada ruminansia dengan peningkatan risiko gangguan metabolisme dan masalah kesehatan. *Intake* pakan yang menurun akibat stres panas menimbulkan aktivitas mengunyah (*chewing activity*) menjadi menurun sehingga produksi *buffer* (bikarbonat) di dalam saliva menjadi berkurang. Berkurangnya produksi bikarbonat menimbulkan kondisi yang terlalu asam pada rumen (menurunkan pH rumen). Selain dapat mengganggu fungsi fermentasi, kondisi yang terlalu asam pada rumen dapat menimbulkan penyakit asidosis baik subklinis maupun akut pada rumen. Stres panas juga menyebabkan penurunan ruminasi sehingga pasokan saliva (sebagai sumber *buffer*) ke dalam rumen menjadi berkurang. Selain itu, stres panas menyebabkan peningkatan air liur yang keluar dari mulut. Hal yang demikian menyebabkan lebih banyak bikarbonat yang hilang dan tidak masuk dan menyangga pH rumen (Ilustrasi 37).

## **C. Stres panas menyebabkan stres oksidasi**

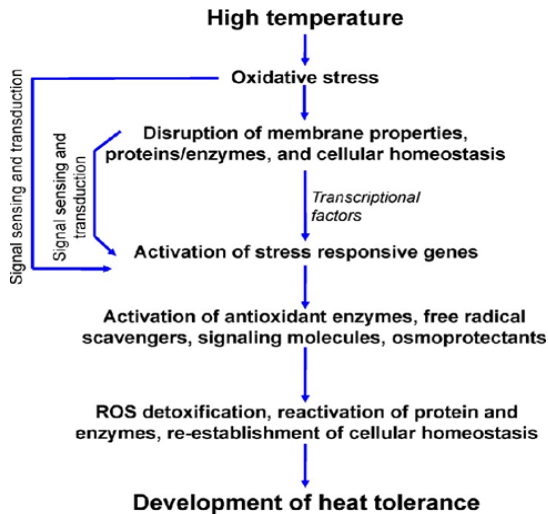
Stres panas merupakan salah satu faktor yang dapat memicu produksi radikal bebas yang juga disebut dengan *reactive oxygen species* (ROS). ROS adalah produk sampingan dari berbagai reaksi enzimatik di berbagai kompartemen sel, termasuk sitoplasma, membran sel, retikulum endoplasma, mitokondria dan peroksisom, sebagai bagian dari fungsi metabolisme basal. ROS berfungsi mengatur homeostasis seluler dan bertindak sebagai modulator utama disfungsi seluler yang berkontribusi terhadap patofisiologi penyakit. Stres oksidatif merupakan konsekuensi dari ketidakseimbangan antara produksi ROS dan antioksidan di dalam tubuh ternak, salah satunya akibat dari stres panas. Stres oksidatif menyebabkan dampak negatif



pada fungsi fisiologis dan metabolisme di dalam tubuh. ROS juga dapat meningkatkan permeabilitas usus, yang pada gilirannya dapat meningkatkan translokasi bakteri dari saluran pencernaan menuju ke sistem sirkulasi.



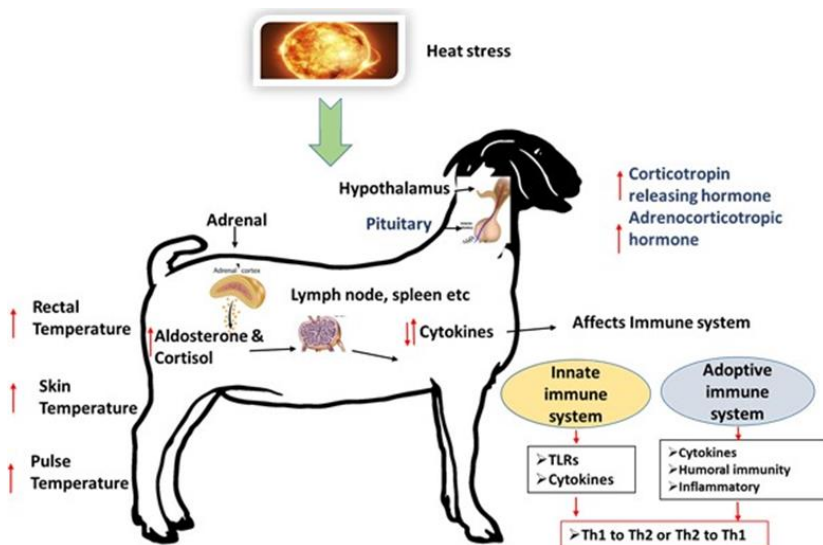
Ilustrasi 37 Dampak stres panas terhadap peningkatan resiko *rumen acidosis*



Ilustrasi 38 Dampak stres panas terhadap stres oksidasi pada ternak

#### D. Stres panas menyebabkan pelemahan sistem imun tubuh

Stres panas dilaporkan dapat melemahkan berbagai komponen sistem kekebalan tubuh, sehingga meningkatkan kerentanan ternak terhadap berbagai penyakit (infeksi) (Ilustrasi 39).



Ilustrasi 39 Dampak stres panas terhadap sistem imun

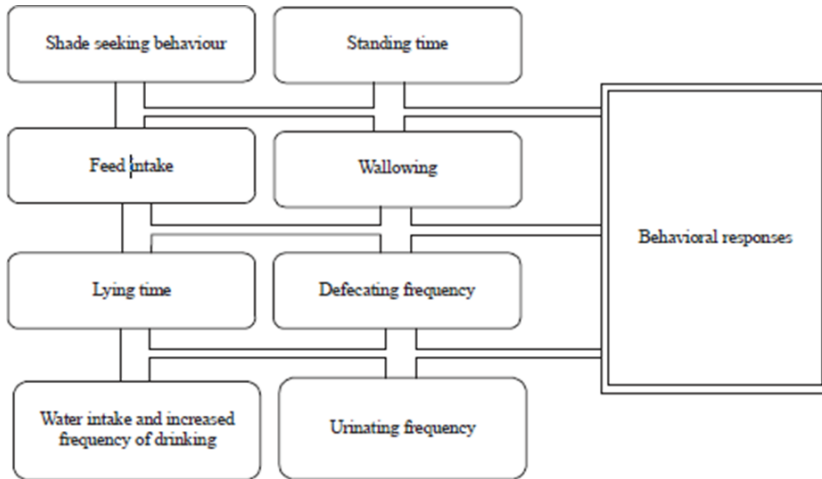
Secara umum, glukokortikoid memediasi stres panas dalam menurunkan respon imun ternak. Glukokortikoid dan katekolamin, melalui efeknya terhadap sekresi sitokin Th1 dan Th2, dapat menyebabkan pelemahan imunitas seluler dan menyebabkan perubahan *Th2-mediated humoral immunity*. Hal yang demikian dapat menyebabkan disfungsi respon imun pada ternak. Pada unggas, peningkatan hormon stres dapat menyebabkan involusi organ-organ limfoid, mengubah karakteristik heterofil dan limfoid dan mengubah profil dari  $TNF-\alpha$ , interleukin-2 dan IgG.

### **E. Stres panas menyebabkan ketidakseimbangan mikroba dalam usus**

Paparan stres panas dilaporkan dapat menyebabkan perubahan komposisi, keragaman dan jumlah mikroorganisme di dalam usus ternak. Komunitas bakteri di dalam usus menjadi kurang beragam dan jumlah bakteri yang berpotensi patogen menjadi lebih besar di dalam usus, seperti *Clostridium*, *Salmonella* maupun *Eschericia coli*. Sebaliknya, jumlah bakteri baik misal bakteri asam laktat di dalam usus menjadi berkurang pada ternak yang terpapar stres panas. Menimbang bahwa populasi dan keragaman bakteri di dalam usus dapat mempengaruhi fungsi kekebalan tubuh, ketidakseimbangan populasi mikroba di dalam usus menjadikan ternak yang terpapar cekaman panas memiliki respon imun yang lemah sehingga mudah terserang infeksi.

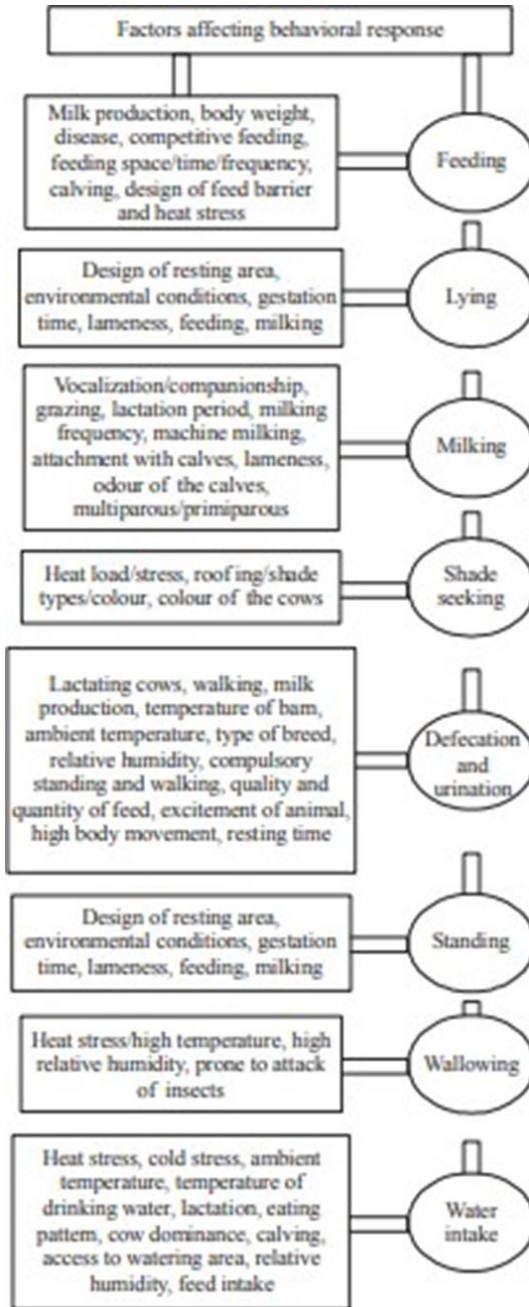
### **F. Pengaruh stres panas terhadap tingkah laku ternak**

Ternak di bawah cekaman panas biasanya akan mengubah tingkah laku mereka sebagai upaya mempertahankan tubuh mereka dalam kondisi homeostasis. Sebagai contoh, sapi dalam kondisi terpapar stres panas akan meningkatkan waktu berdiri untuk mengekspos lebih banyak area permukaan untuk pelepasan panas ke lingkungan. Peningkatan waktu berdiri pada kondisi panas ini disinyalir dapat meningkatkan resiko *lameness* (pincang) dan menyebabkan rasa sakit pada sapi sehingga mengganggu kesejahteraan pada ternak. Stres panas juga dapat menyebabkan frustrasi dan sikap agresif pada ternak. Pada ternak unggas, jika frustrasi ini berlangsung dalam kurun waktu lama maka tidak hanya sikap agresif yang muncul, namun kanibalisme juga dapat terjadi di dalam *flock* unggas.



Ilustrasi 40 Respon tingkah laku ternak terhadap stres panas

Respon tingkah laku ternak terhadap stres panas antara lain mengurangi konsumsi pakan dan ruminasi, menurunkan frekuensi defekasi dan urinasi (karena sebagian besar panas dilepaskan melalui *evaporative cooling*), meningkatkan frekuensi minum, mengurangi waktu berbaring, meningkatkan waktu berdiri dan mencari mencari naungan. Tingkah laku berkubang juga meningkat pada beberapa jenis ternak seperti kerbau dan babi dalam kondisi cekaman panas. Namun demikian, respon tingkah laku ternak terhadap stres panas dapat bervariasi antar individu tergantung dari berbagai faktor sebagaimana terlihat pada Ilustrasi 41.



Ilustrasi 41 Faktor yang mempengaruhi respon tingkah laku ternak terhadap stres panas

### **6.3. PENUTUP**

#### **A. Rangkuman**

Stres panas merupakan faktor yang sangat penting yang dapat menentukan status kesehatan ternak dengan memberikan efek langsung maupun tidak langsung terhadap kondisi fisiologis, metabolisme, hormonal dan sistem imunitas tubuh ternak. Cekaman panas dapat menurunkan status fisiologis dan metabolisme, mengganggu keseimbangan hormonal dan kekebalan tubuh sehingga ternak menjadi lebih mudah sakit. Selain itu, stres panas juga dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme di dalam saluran pencernaan ternak sehingga mengganggu perkembangan sistem kekebalan tubuh ternak. Cekaman panas juga berdampak negatif terhadap tingkah laku yang seringkali dapat merugikan kesehatan dan kesejahteraan ternak.

#### **B. Tes formatif**

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan mengapa cekaman panas dapat menimbulkan asidosis pada rumen!
- 2) Bagaimana mekanisme produksi radikal bebas yang berlebihan dapat mengganggu kesehatan ternak?
- 3) Mengapa pengamatan terhadap tingkah laku menjadi hal yang penting dalam menilai tingkat stres ternak pada kondisi tercekam panas?

#### **C. Umpan balik**

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan

rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi belajar pada Bab VI.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{3} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan materi yang anda capai:

90 – 100% = baik sekali;

80 – 89% = baik;

70 – 79% = cukup;

< 70% = kurang

#### **D. Tindak lanjut**

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat meneruskan ke pokok bahasan VII. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi kegiatan belajar pada pokok bahasan VI, terutama bagian yang belum anda kuasai.

#### **E. Kunci jawaban tes formatif**

- 1) Konsumsi pakan yang menurun akibat stres panas dapat menurunkan aktivitas mengunyah sehingga produksi bikarbonat di dalam saliva menjadi berkurang. Kondisi tersebut mengakibatkan kondisi yang terlalu asam (asidosis) pada rumen. Stres panas juga dapat menyebabkan penurunan ruminasi sehingga pasokan saliva (yang mengandung bikarbonat) ke dalam rumen menjadi berkurang. Selain itu, stres panas menyebabkan peningkatan air liur yang keluar dari mulut sehingga lebih banyak bikarbonat yang hilang dan tidak masuk dan menyangga pH rumen.
- 2) Secara umum, radikal bebas berfungsi mengatur homeostasis seluler dan bertindak sebagai modulator utama disfungsi

seluler yang berkontribusi terhadap patofisiologi penyakit. Sehingga, apabila produksi radikal bebas berlangsung secara berlebihan maka disfungsi seluler akan masif terjadi sehingga dapat berdampak negatif terhadap kesehatan ternak.

- 3) Secara umum, tingkah laku merupakan respon pertama ternak terhadap adanya perubahan yang terjadi di lingkungan baik internal maupun eksternal. Ternak di bawah cekaman panas biasanya akan mengubah tingkah laku mereka sebagai upaya mempertahankan tubuh mereka dalam kondisi homeostasis.

### **Daftar Pustaka**

- Ayo JO, Obidi JA, Rekwot PI. 2011. Effects of heat stress on the well-being, fertility, and hatchability of chickens in the Northern Guinea Savannah zone of Nigeria: a review. *ISRN Veterinary Science*. 2011, 838606.
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*. 9, 260-268.
- Davis SL. 1998. Environmental modulation of the immune system via the endocrine system. *Domestic Animal Endocrinology*. 15, 283-289.
- Fouad AM, Chen W, Ruan D, Wang S, Xia WG, Zheng CT. 2016. impact of heat stress on meat, egg quality, immunity and fertility in poultry and nutritional factors that overcome these effects: a review. *International Journal of Poultry Science*. 15, 81-95.
- He J, He Y, Pan D, Cao J, Sun Y, Zeng X. 2019. Associations of gut microbiota with heat stress-induced changes of growth, fat deposition, intestinal morphology, and



antioxidant capacity in ducks. *Frontiers Microbiology*. 10, 903.

Ratnakaran AP, Sejian V, Jose VS, Vaswani S, Bagath M, Krishnan G, Beena V, Devi PI, Varma G, Bhatta R. 2017. Behavioral responses to livestock adaptation to heat stress challenges. *Asian Journal of Animal Science*. 11, 1-13.

Sugiharto S, Yudiarti T, Isroli I, Widiastuti E, Kusumanti E. 2017. Dietary supplementation of probiotics in poultry exposed to heat stress - A review. *Annals of Animal Science*. 17, 591-604.

## **BAB VII**

### **REKAYASA LINGKUNGAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KESEHATAN TERNAK**

#### **7.1. PENDAHULUAN**

##### **A. Deskripsi singkat**

Lingkungan merupakan faktor yang sangat penting pada budidaya peternakan. Diantara faktor lingkungan tersebut antara lain suhu udara, kelembaban relatif, radiasi sinar matahari, kecepatan angin, evaporasi dan curah hujan. Faktor-faktor tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kondisi fisiologis sehingga berdampak terhadap performa produksi dan kesehatan ternak. Apabila tidak dikendalikan, maka faktor-faktor tersebut dapat merugikan. Oleh karena itu rekayasa lingkungan sangat dibutuhkan sehingga faktor-faktor lingkungan tersebut dapat terkendali dan tidak mempengaruhi secara negatif terhadap performa ternak. Bab ini mencakup ulasan mengenai studi lingkungan sebelum memulai usaha peternakan, zoning komoditas ternak berdasarkan kondisi lingkungan, rekayasa lahan (tanah) dan air untuk menunjang industri peternakan, rekayasa perkandangan untuk meningkatkan produktivitas ternak.

##### **B. Relevansi**

Materi mengenai rekayasa lingkungan untuk meningkatkan produktivitas dan kesehatan ternak membahas upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif dari cekaman lingkungan berdasarkan berbagai pendekatan. Penguasaan yang baik mengenai pokok bahasan ini akan mempermudah mahasiswa dalam menyusun strategi dan rekayasa lingkungan dalam rangka meminimalkan dampak

negatif dari stres akibat lingkungan terhadap produktivitas dan kesehatan ternak.

## **C. Kompetensi**

### **C.1. Standar kompetensi**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu menyatakan status ternak pada kondisi lingkungan peternakan tertentu dengan menganalisis, mengevaluasi dan mempertunjukkan respon fisiologis ternak terhadap faktor iklim, lingkungan fisik dan non fisik, zoning temperatur dan ekosistem.

### **C.2. Kompetensi dasar**

Setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mahasiswa akan mampu mengevaluasi dan mempertunjukkan rekayasa lingkungan ternak.

## **D. Petunjuk belajar**

Selain membaca teori yang disajikan, mahasiswa juga disarankan untuk mengerjakan latihan soal yang ada pada buku ajar ini.

## **7.2. PENYAJIAN**

### **A. Studi lingkungan sebelum memulai usaha peternakan**

Suhu udara, kelembaban relatif, radiasi sinar matahari dan kecepatan angin merupakan faktor-faktor yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas ternak secara langsung. Sementara itu, evaporasi dan curah hujan mempengaruhi produktivitas ternak secara tidak langsung, yakni melalui kondisi lahan (untuk budidaya tanaman pakan) dan pakan. Secara umum, hubungan antara suhu dan kelembaban dapat dinyatakan dalam THI. Dalam hal ini, jika THI melebihi nilai batas ideal

kenyamanan ternak, maka dapat menyebabkan terjadinya stres terutama stres panas. Ternak yang mengalami stres umumnya melakukan penyesuaian secara fisiologis dan tingkah laku (*behavioural adjustment*). Stres panas yang berlangsung lama pada ternak berdampak pada peningkatan konsumsi air minum, penurunan produksi susu, peningkatan volume urin dan penurunan konsumsi pakan. Pengaruh langsung stres panas terhadap produksi ternak menyebabkan turunnya produktivitas ternak. Hal ini disebabkan meningkatnya kebutuhan energi untuk *maintenance* ternak.

Suhu udara adalah ukuran dari intensitas panas dalam unit standar dan dinyatakan dalam skala derajat *Celcius*. Secara umum, suhu udara adalah faktor bioklimat tunggal yang penting dalam lingkungan ekologi ternak. Supaya ternak dapat hidup nyaman (*comfort zone*) dan proses fisiologis dapat berfungsi optimal, dibutuhkan suhu lingkungan yang sesuai. Banyak spesies ternak membutuhkan suhu nyaman antara 13-18°C atau THI <72. Suhu lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan ternak berbeda-beda antar jenis ternak. Sebagai contoh, bangsa sapi Peranakan Ongole, sapi Brahman, sapi Bali dan sapi Madura dapat beradaptasi dengan sangat baik apabila berada pada lokasi dengan ketinggian >250 meter di atas permukaan laut serta suhu antara 27-34°C, tetapi kurang beradaptasi pada lokasi dengan ketinggian <100 meter di atas permukaan laut dengan suhu >34°C. Curah hujan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanah dan jenis vegetasi pada daerah tertentu. Berdasarkan kondisi tersebut, curah hujan sangat menentukan ketersediaan dan kualitas pakan untuk ternak. Dengan demikian, jumlah dan pola curah hujan per tahun berpengaruh terhadap produktivitas ternak. Panjangnya musim kemarau menunjukkan tingkat ketersediaan air sebagai media yang menunjang

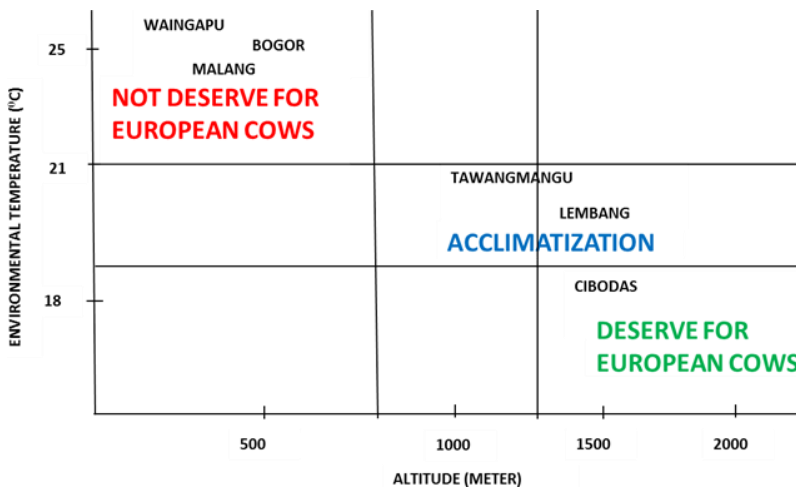
kehidupan tanaman hijau makanan ternak. Faktor topografi juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas ternak, terutama faktor ketinggian tempat (elevasi) dan kemiringan tanah (*slope*).

Berdasarkan uraian mengenai faktor dan kondisi lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas ternak di atas, sangat penting kiranya bagi peternak atau calon peternak untuk mengetahui, menganalisis dan membuat studi kelayakan mengenai kondisi lingkungan dimana akan didirikan suatu peternakan. Akhirnya, studi lingkungan sebelum memulai usaha peternakan merupakan hal yang sangat menentukan keberhasilan usaha peternakan yang dijalankan.

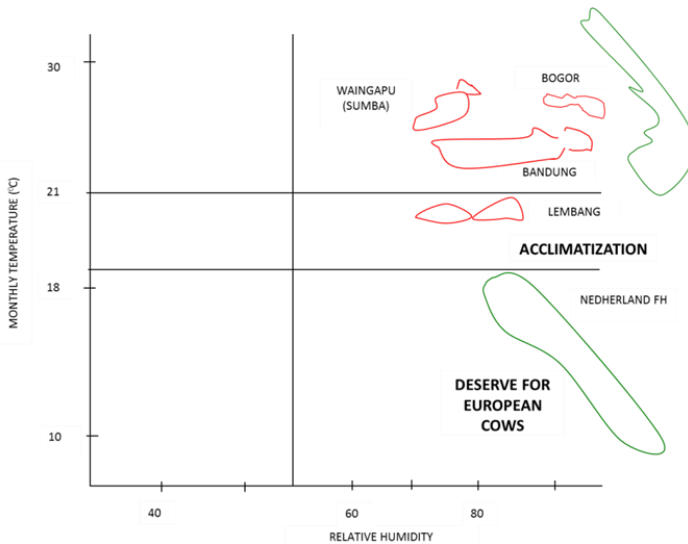
## **B. Zoning komoditas ternak berdasarkan kondisi lingkungan**

Dalam hal pemanfaatan lahan untuk peternakan, zoning atau zonasi merupakan pemecahan/penentuan suatu daerah atau wilayah tertentu menjadi beberapa bagian, sesuai fungsi dan tujuan pengelolaan dan/atau sesuai dengan peruntukannya, serta kondisi dan potensi kawasannya agar dapat diciptakan pengelolaan yang tepat, efektif dan efisien. Namun jika dilihat dari aspek iklim, zoning lebih merujuk pada nilai THI yang secara tidak langsung dapat berdampak pada kenyamanan dan produktivitas ternak. Secara umum, daerah dengan nilai THI <72 merupakan daerah favorit untuk budidaya peternakan, karena ternak yang dipelihara pada daerah tersebut memiliki potensi stres yang lebih rendah jika dibandingkan dengan yang dipelihara pada daerah dengan nilai THI >72. Ilustrasi 42 dan 43 memberikan contoh atau gambaran tentang pemilihan wilayah (zoning) untuk budidaya sapi eks Eropa. Terlihat bahwa daerah Cibodas lebih cocok untuk memelihara sapi-sapi eks Eropa

karena memiliki suhu lingkungan yang lebih rendah dari daerah lain seperti Waingpu, Bogor maupun Malang. Daerah seperti Tawangmangu dan Lembang sebenarnya masih dapat ditolehir untuk peternakan sapi eks Eropa, namun perlu sedikit aklimatisasi bagi sapi-sapi tersebut. Selain suhu, perbedaan ketinggian merupakan faktor lain yang berpengaruh terhadap performa dan kesehatan ternak. Beberapa literatur menyebutkan bahwa perbedaan ketinggian dapat menentukan suhu, kelembaban relatif dan juga jenis dan kualitas vegetasi yang tumbuh di daerah tersebut. Hal-hal tersebut secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kondisi fisiologis maupun kualitas pakan yang dikonsumsi oleh ternak.



Ilustrasi 42 Zoning untuk komoditas sapi eks Eropa



Ilustrasi 43 Zoning untuk komoditas sapi eks Eropa

### C. Rekayasa lahan (tanah) dan air untuk menunjang industri peternakan

Lahan merupakan basis ekologis pendukung pakan dan lingkungan budidaya ternak sehingga harus dioptimalkan pemanfaatannya. Lahan yang optimal untuk pengembangan peternakan ternak adalah lahan yang secara ekologi mampu menghasilkan hijauan makanan ternak atau tanaman biji-bijian (misal jagung, kedelai dan lain-lain) yang cukup, berkualitas dan kontinyu. Lahan yang subur merupakan syarat utama untuk bisa menghasilkan produk tanaman atau biji-bijian makanan ternak yang maksimal. Untuk mempertahankan kesuburan tanah, penggunaan pupuk terutama pupuk organik dapat menjadi solusi.

Air merupakan kebutuhan utama untuk tanaman bisa hidup, tumbuh dan berkembang. Secara umum, kuantitas dan kualitas hijauan pakan maupun biji-bijian menurun selama musim kemarau. Suplai pakan yang menurun dan juga turunnya kualitas pakan dapat menyebabkan produksi ternak menjadi turun.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengairan yang cukup penting untuk dilakukan. Penyediaan air melalui irigasi yang baik atau penyediaan air dengan membangun “embung” disekitar lahan merupakan solusi atas ketersediaan air yang minim pada saat musim kemarau. Pembuatan terasering pada lahan dengan kemiringan yang “tajam” juga sangat bermanfaat untuk mencegah adanya erosi lahan terutama bagian tanah yang fertil.

#### **D. Rekayasa perkandangan untuk meningkatkan produktivitas ternak**

Untuk peternakan di daerah tropis, stres akibat suhu tinggi/panas masih menjadi kendala peningkatan produktivitas. Tingkat kenyamanan kandang di daerah tropis dapat ditingkatkan dengan memperhatikan beberapa aspek diantaranya meminimalkan beban panas dari radiasi matahari dan memaksimalkan pelepasan panas dari ternak ke lingkungan. Radiasi matahari yang mencapai atap kandang dan permukaan bumi akan diubah menjadi gelombang panjang (panas) yang selanjutnya dipancarkan ke segala arah. Sejatinya, limpahan radiasi matahari dapat diminimalisir dengan pemilihan material kandang yang sesuai. Warna cerah memiliki reflektivitas yang tinggi terhadap radiasi matahari sehingga jumlah radiasi matahari yang terserap lebih sedikit. Beban panas juga dapat dikurangi dengan memilih dinding kandang yang terang atau putih. Panas akibat radiasi matahari juga dapat dikurangi dengan penanaman pohon peneduh di sekitar kandang. Pohon peneduh dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah radiasi matahari yang dapat dipancarkan ke tanah.

Beban panas dalam kandang juga dapat dikurangi dengan cara memaksimalkan pelepasan panas melalui konduksi, konveksi, radiasi maupun evaporasi. Pada kondisi tersebut,



pemilihan material kandang pada dinding atau tiang dengan konduktivitas tinggi akan mempercepat pembuangan panas ke lantai atau tanah. Pemberian ventilasi yang memadai atau menggunakan kipas angin sebagai penggerak udara merupakan upaya untuk mempercepat pembuangan panas dengan cara konveksi. Radiasi berupa pancaran gelombang panjang (panas) dari dasar atap kandang merupakan faktor yang paling dominan mempengaruhi suhu udara di dalam kandang. Tekanan panas pada ruang kandang tentunya dapat dikurangi dengan memilih bahan atap dengan emisivitas rendah. Penguapan adalah proses melepaskan panas menggunakan panas laten. Mengubah bentuk air dari cair menjadi gas (uap) membutuhkan energi berupa panas laten. Pada kondisi ini, adanya sumber air di sekitar area peternakan dapat membantu menyerap radiasi matahari yang sampai ke area peternakan. Setelah uap air terbentuk dan masuk ke dalam kandang dengan bantuan gerakan udara, air ini akan meredakan panas ruangan kandang dan kemudian melepaskan panasnya ke lingkungan di luar kandang.

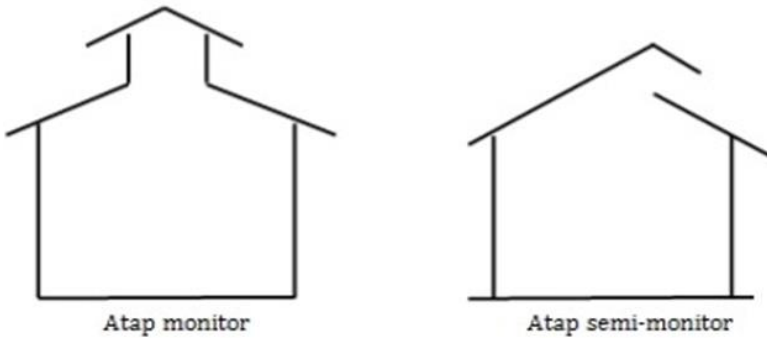
Orientasi kandang (arah memanjang kandang) yang sesuai merupakan hal yang harus diperhatikan oleh peternak di daerah tropis untuk mendapatkan kondisi yang nyaman bagi ternak. Di daerah dataran rendah, di mana suhu harian rata-rata lebih tinggi daripada dataran sedang dan tinggi, akan lebih menguntungkan jika memilih orientasi kandang timur-barat. Orientasi kandang ini dapat mengurangi besarnya radiasi matahari yang diterima atap kandang. Semakin kecil luas atap kandang yang mendapat sinar matahari, intensitas radiasi matahari yang diterima juga semakin kecil. Masalah yang perlu diperhatikan dalam orientasi kandang seperti ini adalah kelembaban kandang dan sistem ventilasi kandang. Orientasi timur-barat kandang memiliki konsekuensi sinar matahari pagi yang sangat berguna

untuk membunuh mikroorganisme patogen, hanya sebagian kecil saja yang masuk ke dalam kandang. Kandang dengan ventilasi yang minim atau buruk dapat menyebabkan meningkatkan kelembaban di dalam kandang, yang hal tersebut dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme patogen di dalam kandang.

Di daerah dataran sedang dan tinggi, orientasi kandang utara-selatan diyakini lebih baik karena di dataran sedang dan tinggi suhu udara di dalam kandang sudah mendekati kisaran suhu nyaman bagi ternak. Kandang dengan orientasi utara-selatan memungkinkan limpahan radiasi matahari secara maksimal dapat diterima oleh atap kandang. Radiasi matahari pagi dapat masuk pada semua sisi kandang sebelah timur (menghadap matahari). Sinar matahari ini sangat berguna untuk mengendalikan perkembangan mikroorganisme patogen pada ternak. Pagi sampai siang hari, permukaan atap pada sisi timur secara keseluruhan dapat menerima radiasi matahari sehingga atap kandang mendapat panas secara maksimal. Pada siang sampai sore hari, sisi kandang sebelah barat mendapat radiasi matahari secara total. Pada kandang dengan sistem orientasi utara-selatan, ventilasi kandang harus diperhatikan untuk mengatasi cekaman panas terutama pada siang hari dimana intensitas radiasi matahari sangat tinggi. Akhirnya, dalam menentukan orientasi kandang seharusnya mempertimbangkan faktor topografi lokasi peternakan (dataran rendah, sedang dan tinggi). Topografi menjadi penting diperhatikan karena pada topografi berbeda, iklimat di daerah tersebut juga berbeda. Ventilasi kandang menentukan tingkat pergerakan udara di dalam kandang. Kandang dengan ventilasi yang buruk menyebabkan udara di dalam kandang tidak bisa keluar sehingga proses pelepasan panas dari dalam kandang ke lingkungan

menjadi terganggu.

Bentuk atap kandang merupakan faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan ternak. Berdasarkan bentuk atapnya, kandang dapat dibedakan menjadi kandang berbentuk biasa (standar), berbentuk semi monitor dan berbentuk monitor penuh (Ilustrasi 44). Atap kandang standar adalah bentuk atap kandang yang tertutup pada semua bagian atap kandang seperti bentuk atap rumah. Bentuk atap kandang yang demikian tidak memungkinkan adanya aliran udara dari dan ke atap kandang. Kandang dengan atap berbentuk semi monitor merupakan kandang yang salah satu bagian atapnya didesain terbuka. Bagian yang terbuka ini memungkinkan terjadinya aliran udara dari bagian atap kandang yang terbuka tersebut. Model atap kandang ini dirasa lebih nyaman dibandingkan dengan bentuk atap kandang standar. Terlepas dari efek positif dari kandang semi monitor, kandang dengan atap berbentuk tersebut memerlukan biaya pembuatan yang lebih tinggi daripada bentuk atap standar. Sistem atap kandang monitor penuh adalah kandang dengan atap yang terbuka pada kedua sisi kandang. Dua sisi atap kandang terbuka memungkinkan adanya aliran udara dari sisi atap kandang yang satu ke sisi atap kandang yang lain tanpa melalui dinding kandang. Ventilasi di bagian atap ini dapat dengan cepat membuang panas pada bagian bawah atap kandang. Sama halnya dengan kandang beratap semi monitor, tingginya biaya pembuatan atap kandang berbentuk monitor penuh merupakan salah satu kelemahan sistem atap kandang seperti ini.



Ilustrasi 44 Contoh bentuk atap kandang semi monitor dan monitor

Selain bentuk dari atap kandang, bahan atap kandang juga merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan peternak karena dapat menentukan tingkat kenyamanan ternak yang berada di dalam kandang. Bahan atap kandang dapat berupa daun-daunan kering seperti alang-alang, daun kelapa, daun lontar dan daun giwang. Peternak juga dapat memilih genteng, asbes dan seng sebagai bahan atap kandang. Masing-masing material bahan atap kandang ini memberikan kontribusi kenyamanan kandang yang berbeda. Semua bahan akan merefleksi, mentransmisi dan mengabsorpsi radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang yang datang berbeda-beda tergantung pada jenis bahan. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan suhu absolut bahan, keadaan fisik dan kimia bahan dan daya antar panas dari bahan yang digunakan sebagai atap. Nilai absorpsi bahan terhadap radiasi gelombang pendek adalah 0,65 ; 0,80: 0,55 dan 0,68 secara berturut-turut untuk bahan seng baru, seng bekas, genteng dan alang-alang. Sedangkan nilai emisivitas terhadap radiasi gelombang panjang untuk bahan yang sama masing-masing adalah 0,13; 0,28; 0,93 dan 0,90. Bahan dengan rasio absorpsi dengan emisivitas kecil lebih baik digunakan pada

bagian luar kandang. Sedangkan rasio yang tinggi baik digunakan pada bagian dalam kandang. Hal ini bertujuan untuk mengurangi cekaman panas ternak dalam kandang. Aluminium di cat putih, seng dicat putih, seng baru, seng bekas dan aluminium tanpa dicat mempunyai rasio masing-masing 0,22; 0,24; 5,0; 2,9 dan 3,0. Radiasi matahari yang diabsorbsi oleh bahan atap kandang akan dirubah menjadi panas kemudian diantarkan ke bagian yang bersuhu lebih dingin atau dipancarkan kembali sebagai radiasi gelombang panjang. Kemampuan mengantarkan panas (konduksi) masing-masing bahan dari yang terendah sampai tertinggi secara berturut-turut adalah kayu, asbes, beton, baja dan aluminium. Bahan atap yang tipis seperti kebanyakan logam mempunyai koefisien konduksi tinggi sehingga suhu bagian atas atap dan bagian bawah atap hampir sama. Makin tinggi suhu bahan atap kandang bagian bawah makin tinggi pula suhu udara dalam kandang. Keadaan ini disebabkan karena adanya penyebaran panas dari bahan baik secara konduksi, konveksi maupun radiasi. Konduktivitas bahan dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan bahan. Lantai kandang merupakan faktor yang juga harus diperhatikan peternak sehingga ternak yang dipelihara dapat nyaman di dalam kandang. Untuk ternak besar seperti sapi dan kerbau lantai kandang dengan alas tanah atau semen tidak secara signifikan memberikan pengaruh. Namun untuk ternak kecil seperti unggas (broiler), keberadaan lantai kandang berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ternak. Lantai kandang untuk ternak unggas dapat dibedakan menjadi tiga katagori yaitu lantai litter, lantai berlubang (slat) dan lantai litter panggung. Lantai jenis liter dapat menghangatkan ternak dalam kandang karena fermentasi litter dapat menghasilkan gas metan yang memberikan efek panas. Lantai liter juga mempunyai

keunggulan lain yaitu mampu menyerap ekskreta yang dikeluarkan oleh unggas. Namun, lantai kandang jenis litter juga mempunyai beberapa kelemahan antara lain litter dapat mengganggu pernafasan (jika dalam keadaan berdebu). Litter yang terlalu basah juga merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroba patogen dan dapat menimbulkan efek panas (karena dampak dari proses fermentasi/dekomposisi). Permasalahan lain terkait dengan penggunaan litter adalah tingginya kadar amoniak ( $\text{NH}_3$ ) di dalam litter akibat proses dekomposisi ekskreta dan ceceran pakan yang merupakan sumber nitrogen. Sebagai catatan,  $\text{NH}_3$  dapat menyebabkan penyakit ngorok atau *chronic respiratory disease* (CRD) pada unggas. Material litter dapat berupa jerami, sekam padi, tongkol jagung dan tatalan kayu (*saw dust*). Masing-masing material tersebut memberikan efek kenyamanan kepada unggas yang berbeda-beda tergantung daya absorpsi bahan terhadap air. Lantai berlubang (slat) merupakan lantai kandang yang lebih tinggi dari permukaan lantai dasar (tanah). Lantai kandang jenis ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya ventilasi dari dua arah dan tidak menimbulkan efek panas dari litter. Jenis lantai kandang ini memiliki ventilasi dua arah yaitu dari samping dan dari bawah sehingga pergerakan udara dalam kandang menjadi lebih baik. Disamping keunggulan yang dimiliki, lantai jenis ini juga mempunyai kelemahan antara lain proses pembersihan lantai kandang slat lebih sulit daripada litter dan biaya pembuatan lebih mahal. Lantai liter panggung mempunyai pengertian lantai dari litter (sekam padi) dalam bentuk panggung (75 cm dari permukaan tanah). Panggung terbuat dari bilah-bilah bambu dg jarak 2 cm. Adanya bilah-bilah bambu ini berfungsi sebagai ventilasi dan memungkinkan terjadinya tetesan air litter yang berlebihan sehingga lantai kandang tidak basah

dan lembab. Lantai kandang jenis ini mempunyai kebaikan lantai kandang litter dan juga kebaikan lantai kandang jenis slat. Namun, mahalnya biaya pembuatan merupakan salah satu kelemahan dari sistem lantai kandang ini.

### **7.3. PENUTUP**

#### **A. Rangkuman**

Faktor-faktor lingkungan seperti suhu udara, kelembaban relatif, radiasi sinar matahari, kecepatan angin, evaporasi dan curah hujan dapat secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kondisi fisiologis sehingga berdampak terhadap performa produksi dan kesehatan ternak. Apabila tidak dikendalikan, faktor-faktor tersebut dapat merugikan. Oleh karena itu rekayasa lingkungan sangat dibutuhkan sehingga faktor-faktor lingkungan tersebut dapat terkendali dan tidak mempengaruhi secara negatif terhadap performa ternak. Rekayasa yang dapat dilakukan antara lain rekayasa lahan dan perkandangan (meliputi atap kandang, bahan kandang, arah kandang dan lain-lain).

#### **B. Tes formatif**

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

- 1) Mengapa studi lingkungan sebelum memulai usaha peternakan perlu dilakukan?
- 2) Mengapa rekayasa terhadap lahan (tanaman pakan) sangat penting untuk dilakukan?
- 3) Secara teoritis, kandang dengan atap berbentuk monitor atau semi monitor lebih memberikan tingkat kenyamanan yang maksimal kepada ternak. Apakah teori tersebut benar?

### **C. Umpan balik**

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban tes formatif yang terdapat pada bagian akhir dari pokok bahasan ini. Hitunglah jawaban anda yang benar dan kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi belajar pada Bab VII.

### **D. Tindak lanjut**

Apabila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, anda dapat menyelesaikan bab ini dengan baik. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih di bawah 80%, anda harus mengulangi kegiatan belajar pada pokok bahasan VII, terutama bagian yang belum anda kuasai.

### **E. Kunci jawaban tes formatif**

- 1) Kondisi lingkungan merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan tingkat kenyamanan ternak yang dipelihara, dan kenyamanan adalah faktor penentu efisiensi penggunaan energi di dalam tubuh ternak yang didapat dari pakan. Agar ternak dapat hidup nyaman dan proses fisiologis dapat berfungsi dengan optimal, maka dibutuhkan kondisi lingkungan terutama suhu lingkungan yang sesuai. Umumnya ternak membutuhkan suhu nyaman antara 13-18°C atau THI <72.
- 2) Dalam budidaya peternakan, lahan merupakan faktor abiotik yang sangat penting karena lahan merupakan media untuk menanam tanaman pakan untuk kebutuhan ternak yang dipelihara. Intinya, lahan diupayakan agar tetap dalam kondisi subur sehingga dapat menghasilkan tanaman pakan yang maksimal.
- 3) Teori tersebut benar adanya, karena kandang dengan tipe



atap berbentuk monitor maupun semi monitor memberikan kesempatan panas di dalam kandang dapat dikeluarkan secara maksimal. Namun, pengembangan kandang berbentuk demikian membutuhkan dana pembangunan yang relatif besar sehingga perlu diperlukan pemikiran yang mendalam.

### **Daftar Pustaka**

- Górski K, Jaroszek M, Andraszek K. 2020. Evaluation of dairy building climate conditions to meet cow welfare requirements. *Rocz Nauk Zoot.* 47,111-121.
- Marciniak AM. 2014. The use of temperature-humidity index (THI) to evaluate temperature- humidity conditions in freestall barns. *Journal of Central European Agriculture.* 15, 73- 83.
- Mariana E, Sumantri C, Astuti DA, Anggraeni A, Gunawan A. 2019. Mikroklimat, termoregulasi dan produktivitas sapi perah Friesians Holstein pada ketinggian tempat berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis* 6(1), 70-77.
- Nuriyasa IM, Puspany E. 2017. Diktat Kuliah Ilmu Lingkungan Ternak. Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Udayana.
- Pinardi D, Gunarto A, Santoso. 2019. Perencanaan lanskap kawasan penerapan inovasi teknologi Peternakan Prumpung berbasis ramah lingkungan. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu.* 7(2), 251-262.

## BIOGRAFI PENULIS



**Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.**

lahir di Rembang, 19 Mei 1980. Menyelesaikan Sekolah Dasar, Madrasah Tsanawiyah dan Sekolah Menengah Umum di Kabupaten Rembang, dan memperoleh gelar Sarjana Peternakan dari Jurusan Produksi Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro Semarang. Penulis mendapatkan gelar Master of Science dalam bidang Agrobiology (Animal Health and Welfare) dan Doctor of Philosophy dalam bidang Animal Science (Immunology and Microbiology) dari University of Aarhus Denmark. Penulis merupakan staf pengajar di Laboratorium Fisiologi dan Biokimia, Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro sejak tahun 2006 hingga saat ini.





diterbitkan oleh :

**UNDIP PRESS  
SEMARANG**

ISBN 978-979-097-817-1

