

Teknologi Reproduksi pada **Ternak**

Junaedi, S. Pt., M. Si | Maryam, S.Pt.,M.Si | Nurcholis, S. Pt., M. Si
drh. Muhammad Farid, M.Sc | Hastuti, S.Pt., M.P. | Muh. Amin, S.Pt., M.Si.
Rasbawati, S.Pt., M.Si | Ina Nurtanti, S.Pt., M.Pt | Herni, S.Pt., M.Si
Djunarlin Tojang, S.Si., M.Si. | Yulia Irwina Bonewati, S.Pt., M.Si
Rezki Amalyadi, S.Tr.Pt., M.Sc | Ir. Agni Ayudha Mahanani, S.Pt., M.Pt., IPP.
Nurfaida, S.Pt., M.Si | Suparman, S.Pt., M.Pt

Editor : Junaedi, S. Pt., M. Si

TEKNOLOGI REPRODUKSI PADA TERNAK

UNDANG-UNDANG NOMOR 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA
--

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta yang meliputi penerjemahan dan pengadaptasian Ciptaan untuk Penggunaan Secara Komersil dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta yang meliputi penerbitan, penggandaan dalam segala bentuknya, dan pendistribusian Ciptaan untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada poin kedua di atas yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah). |
|--|

TEKNOLOGI REPRODUKSI PADA TERNAK

Junaedi, S. Pt., M. Si
Maryam, S.Pt.,M.Si
Nurcholis, S. Pt., M. Si
drh. Muhammad Farid.M.Sc
Hastuti, S.Pt., M.P.
Muh. Amin, S.Pt., M.Si.
Rasbawati,S.Pt.,M.Si
Ina Nurtanti, S.Pt., M.Pt
Herni, S.Pt., M.Si
Djunarlin Tojang, S.Si., M.Si.
Yulia Irwina Bonewati, S.Pt., M.Si
Rezki Amalyadi, S.Tr.Pt., M.Sc
Ir. Agni Ayudha Mahanani, S.Pt., M.Pt., IPP.
Nurfaida, S.Pt., M.Si
Suparman, S.Pt., M.Pt

Teknologi Reproduksi pada Ternak

Copyright © 2025

Penulis:

Junaedi, S. Pt., M. Si
Maryam, S.Pt.,M.Si
Nurcholis, S. Pt., M. Si
drh. Muhammad Farid.M.Sc
Hastuti, S.Pt., M.P
Muh. Amin, S.Pt., M.Si
Rasbawati,S.Pt.,M.Si
Ina Nurtanti, S.Pt., M.Pt
Herni, S.Pt., M.Si
Djunarlin Tojang, S.Si., M.Si.
Yulia Irwina Bonewati, S.Pt., M.Si
Rezki Amalyadi, S.Tr.Pt., M.Sc
Ir. Agni Ayudha Mahanani, S.Pt., M.Pt., IPP
Nurfaida, S.Pt., M.Si
Suparman, S.Pt., M.Pt

Editor:

Junaedi, S. Pt., M. Si

Setting Layout:

Eka Rahmah Oktavia

Desain Sampul:

Rizal Setiana

ISBN: 978-623-508-640-8

IKAPI: 435/JBA/2022

Ukuran: 15,5 cm x 23 cm; ix + 245 hlm

Cetakan Pertama, Februari 2025

Hak cipta dilindungi Undang-undang dilarang memperbanyak karya tulis dalam bentuk dan dengan cara apa pun, tanpa izin tertulis dari penerbit

Penerbit:

CV. Mega Press Nusantara

Alamat Redaksi:

Komplek Perumahan Janatipark III, Cluster Copernicus Blok D-07, Cibeusi, Jatinangor,
Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

0821-7048-0234

www.megapress.co.id

penerbitmegapress@gmail.com

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya buku **"Teknologi Reproduksi pada Ternak"** ini. Buku ini disusun dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai berbagai aspek reproduksi ternak, mulai dari dasar fisiologi hingga penerapan teknologi modern yang dapat meningkatkan produktivitas peternakan.

Reproduksi ternak merupakan faktor penting dalam industri peternakan, karena keberhasilannya berpengaruh langsung terhadap efisiensi dan kualitas produksi. Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi, berbagai inovasi telah dikembangkan, seperti inseminasi buatan, transfer embrio, kriopreservasi, hingga rekayasa genetika. Buku ini hadir sebagai referensi bagi mahasiswa, akademisi, serta praktisi peternakan agar lebih memahami dan mengaplikasikan teknologi tersebut dalam bidangnya masing-masing.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini, baik dalam bentuk dukungan, masukan, maupun motivasi. Kami menyadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu, kami sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan turut berkontribusi dalam kemajuan ilmu peternakan di Indonesia.

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 GENETIKA DAN SELEKSI BERDASARKAN REPRODUKSI	
TERNAK	1
A. Konsep Dasar Genetika dalam Reproduksi	1
B. Parameter Genetik dalam Reproduksi	4
C. Metode Seleksi Genetik.....	7
D. Aplikasi Teknologi Genetik.....	9
E. Seleksi Berbasis Genom	12
F. Evaluasi Genetik dan Indeks Reproduksi	15
BAB 2 ANATOMI DAN FISILOGI REPRODUKSI TERNAK	19
A. Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak.....	19
B. Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak Betina.....	20
C. Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak Jantan.....	32
BAB 3 SIKLUS ESTRUS PADA TERNAK.....	40
A. Pendahuluan.....	40
B. Pentingnya Pengetahuan Estrus Bagi Peternak.....	40
C. Fisiologi Siklus Estrus.....	41
D. Perubahan Siklus Estrus Berdasarkan Jenis Ternak.	42
E. Gangguan Reproduksi yang Mempengaruhi Siklus Estrus	43
F. Strategi Manajemen untuk Mengatasi Perubahan Siklus Estrus.....	43
G. Gangguan Estrus pada ternak	44
H. Teknologi Deteksi Estrus pada Ternak	46
BAB 4 INSEMINASI BUATAN (TEKNIK DAN PROSEDUR)	50
A. Definisi Inseminasi Buatan.....	50

B. Semen Beku.....	51
C. Deteksi Birahi.....	54
D. Prosedur Inseminasi Buatan.....	54
E. Teknik Inseminasi Buatan.....	55
BAB 5 MANAJEMEN KESEHATAN REPRODUKSI TERNAK	58
A. Pendahuluan.....	58
B. Konsep Dasar Kesehatan Reproduksi Ternak.....	59
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kesehatan Reproduksi.....	65
D. Manajemen Kesehatan Reproduksi di Peternakan.....	68
E. Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Reproduksi.....	71
F. Teknologi dan Inovasi dalam Kesehatan Reproduksi Ternak.....	74
G. Tantangan dan Masa Depan Teknologi Reproduksi.....	77
H. Penutup.....	77
BAB 6 TEKNOLOGI PENGAWETAN SPERMATOZOA	80
A. Tinjauan Umum Teknik Pengawetan Spermatozoa	80
B. Komparasi Teknik Refrigerasi dan Kriopreservasi	81
C. Kualitas Spermatozoa Sebelum dan Setelah Kriopreservasi	88
D. Aplikasi dalam Breeding.....	90
E. Tantangan dan Solusi	91
BAB 7 TRANSFER EMBRIO PADA TERNAK.....	93
A. Pengertian.....	93
B. Sejarah Transfer Embrio.....	94
C. Manfaat Teknologi Transfer Embrio (TE)	95
D. Metode Transfer Embrio.....	96
E. Seleksi Sapi Betina Donor.....	97
F. Superovulasi Sapi Betina Donor	97
G. Seleksi dan Persiapan Sapi Betina Resipien	98
H. Flushing Embrio	99

I. Evaluasi embrio.....	101
J. Transfer Embrio.....	102
K. Standar Aplikasi di Daerah.....	105
BAB 8 PENGGUNAAN HORMON DALAM REPRODUKSI TERNAK	106
A. Pendahuluan.....	106
B. Klasifikasi Hormon	107
C. Mekanisme Kerja Hormon Protein pada Ternak.....	107
D. Mekanisme Kerja Hormon Steroid pada Ternak.....	110
E. Ciri-Ciri Mekanisme Kerja Hormon Steroid	112
F. Contoh Mekanisme Kerja Hormon Steroid pada Ternak.....	112
G. Jenis-Jenis Hormon	114
BAB 9 PENGARUH NUTRISI TERHADAP REPRODUKSI TERNAK	119
A. Pengertian Nutrisi.....	119
B. Kebutuhan Nutrisi untuk Bereproduksi	120
C. Pengaruh Nutrisi Pada Saat Fetus	126
D. Pengaruh Nutrisi terhadap Pubertas	126
BAB 10 DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP REPRODUKSI TERNAK	129
A. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Reproduksi Ternak.....	129
B. Pengaruh Cahaya terhadap Keterlambatan dalam Siklus Birahi (Estrus) pada Reproduksi Ternak.....	136
C. Pengaruh Polusi Udara terhadap Gangguan Hormonal dan Menurunnya Kesehatan yang Mempengaruhi Fertilitas pada Reproduksi Ternak.....	138
D. Pengaruh Ketersediaan Air, Pakan, dan Nutrisi terhadap Dehidrasi, Penurunan Kualitas Susu, Malnutrisi, Kesuburan, serta Gangguan pada Siklus Birahi dan Ovulasi pada Reproduksi Ternak.....	140
BAB 11 ADOPSI DAN DIFUSI INOVASI TEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK	142

A. Adopsi Teknologi Inseminasi Buatan pada Peternak Sapi Potong	143
B. Difusi Teknologi Transfer Embrio pada Peternak Sapi Potong	150
BAB 12 PENGARUH ASAM AMINO DAN KARBOHIDRAT TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA PADA TERNAK	152
A. Peran Asam Amino dalam Kualitas Spermatozoa	152
B. Peran Karbohidrat dalam Kualitas Spermatozoa	153
C. Interaksi Antara Asam Amino dan Karbohidrat	155
D. Pengaruh Asam Amino dan Karbohidrat pada Fertilitas	158
BAB 13 PENGARUH VITAMIN TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA	159
A. Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Kualitas Spermatozoa	159
B. Pengaruh Pemberian Vitamin E Terhadap Kualitas Spermatozoa	168
BAB 14 TREN DAN INOVASI TERBARU DALAM TEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK.....	177
A. Kloning dan Teknologi Sel Induk (<i>Stem Cell</i>)	177
B. Penggunaan Teknik <i>In Vitro Fertilization</i> (IVF)	179
C. Teknologi Genomik dan Penyuntingan Gen (CRISPR)	182
D. Perkembangan Teknologi Sensor dan IoT dalam Pemantauan Reproduksi	186
E. Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence/AI</i>) dalam Prediksi Reproduksi	189
BAB 15 PENERAPAN ANIMAL BEHAVIOR PADA TEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK.....	193
A. Peran Animal Behavior dalam Optimalisasi Teknologi Reproduksi Ternak.....	193
B. Deteksi Estrus Melalui Perilaku Ternak: Metode dan Teknologi Pendukung.....	194
C. Teknologi <i>Wearable</i> untuk Deteksi Emosi Ternak: Dampaknya pada Kesehatan Reproduksi.....	196

D. Analisis Perilaku Induk-Anak dalam Meningkatkan Produktivitas Reproduksi dan Kesehatan Ternak.....	198
E. Aplikasi <i>Deep Learning</i> dalam Pengenalan Perilaku Kawin Ternak melalui Kamera Otomatis.....	200
F. Pemantauan Aktivitas Birahi Ternak di Malam Hari dengan Teknologi <i>Vision AI</i>	202
G. Penggunaan Data Perilaku untuk Prediksi Keberhasilan Kehamilan dan Penentuan Interval Reproduksi	204
H. Gen yang Berperan pada Perilaku Reproduksi pada Hewan	205
I. Pengaruh Lingkungan terhadap Tingkah Laku Reproduksi Ternak.....	207
DAFTAR PUSTAKA.....	210
RIWAYAT PENULIS.....	231

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	42
Gambar 3. 2	47
Gambar 3. 3	49
Gambar 7. 1	101
Gambar 7. 2	102
Gambar 7. 3	103
Gambar 8. 1	110
Gambar 8. 2	113
Gambar 8. 3	118
Gambar 12. 1.....	156

DAFTAR TABEL

Tabel 6. 1.....	81
Tabel 6. 2.....	88
Tabel 6. 3.....	91
Tabel 9. 1.....	122



BAB 1

1

BAB 1

GENETIKA DAN SELEKSI BERDASARKAN REPRODUKSI TERNAK

Junaedi, S.Pt., M.Si

A. Konsep Dasar Genetika dalam Reproduksi

1. Definisi Genetika dan Perannya dalam Reproduksi Ternak

Genetika adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari pewarisan sifat dari induk kepada keturunan melalui gen. Gen merupakan unit dasar pewarisan yang terletak di dalam kromosom dan bertanggung jawab atas berbagai karakteristik fisik dan fisiologis hewan, termasuk sifat-sifat yang terkait dengan reproduksi. Dalam konteks reproduksi hewan, genetika memegang peranan penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas keturunan, termasuk kemampuan reproduksi, kesehatan, dan produktivitas hewan ternak. Dalam reproduksi hewan, genetika berkontribusi terhadap berbagai parameter penting seperti umur pertama kali birahi, frekuensi birahi, tingkat kesuburan, dan masa gestasi. Misalnya, individu dengan genetik unggul cenderung memiliki tingkat reproduksi yang lebih tinggi dan kemampuan untuk menghasilkan keturunan yang sehat. Selain itu, pemahaman tentang genetika memungkinkan peternak untuk melakukan seleksi terhadap individu-individu yang memiliki sifat-sifat reproduksi yang diinginkan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam program pemuliaan. Selain itu, kemajuan dalam teknologi genetika, seperti pemetaan gen dan seleksi berbasis genom, telah membuka peluang baru dalam meningkatkan

reproduksi hewan. Dengan memanfaatkan informasi genetika, peternak dapat mengidentifikasi gen-gen yang terkait dengan sifat reproduksi dan menggunakan data ini untuk membuat keputusan seleksi yang lebih akurat. Oleh karena itu, peran genetika dalam reproduksi hewan tidak hanya penting untuk memahami pewarisan sifat, tetapi juga untuk mengoptimalkan pemuliaan dan meningkatkan kesejahteraan hewan ternak di industri peternakan (Guénet et al., 2015).

2. Penjelasan Tentang Gen, Alel, dan Kromosom serta Hubungannya dengan Sifat Reproduksi

Gen, alel, dan kromosom merupakan komponen kunci dalam pemahaman genetika dan pewarisan sifat, termasuk sifat-sifat yang berhubungan dengan reproduksi. Gen adalah unit pewarisan yang terletak pada kromosom dan bertanggung jawab atas karakteristik tertentu. Setiap gen dapat memiliki variasi yang disebut alel, yang memberikan perbedaan dalam ekspresi sifat. Misalnya, dalam konteks reproduksi, gen yang mengatur kesuburan dapat memiliki alel yang mempengaruhi frekuensi birahi, jumlah anak yang dilahirkan, atau kualitas sperma pada jantan. Kromosom, yang merupakan struktur panjang yang terbuat dari DNA, berfungsi sebagai tempat penyimpanan gen. Dalam hewan, kromosom hadir dalam pasangan, dengan satu kromosom dari setiap induk. Dalam proses reproduksi, pembelahan sel yang disebut meiosis menghasilkan gamet (sel telur dan sperma) yang hanya mengandung setengah dari jumlah kromosom, sehingga memungkinkan kombinasi genetika yang unik ketika gamet dari dua individu bergabung.

Proses ini sangat penting dalam pewarisan sifat reproduksi, di mana kombinasi alel dari kedua orang tua akan menentukan sifat-sifat keturunan. Hubungan antara gen, alel, dan kromosom memiliki dampak langsung pada kemampuan reproduksi hewan. Misalnya, variasi genetika yang dihasilkan dari alel yang berbeda dapat mempengaruhi karakteristik reproduksi, seperti daya tahan terhadap stres, tingkat kesuburan, dan periode estrus. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang gen dan variasinya sangat penting bagi peternak dalam mengembangkan program pemuliaan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi reproduksi dan kesehatan

ternak. Dengan menggunakan teknik modern dalam analisis genetik, peternak dapat memilih individu dengan sifat reproduksi yang diinginkan, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas populasi ternak (Guénet et al., 2015).

3. Mekanisme Pewarisan Sifat Reproduksi (Hereditas) dari Induk ke Keturunan

Pewarisan sifat reproduksi dari induk ke keturunan terjadi melalui mekanisme yang dikenal sebagai hereditas. Proses ini dimulai dengan penggabungan genetik dari gamet yang dihasilkan oleh induk jantan dan betina selama fertilisasi. Setiap individu memiliki dua salinan dari setiap gen, satu berasal dari masing-masing orang tua. Dalam proses ini, kombinasi alel yang diperoleh dari kedua induk menentukan sifat-sifat reproduksi keturunan, seperti kesuburan, perilaku kawin, dan kemampuan pengasuhan. Hereditas dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu hereditas dominan dan hereditas resesif. Dalam pewarisan sifat dominan, hanya satu alel yang diperlukan untuk mengekspresikan sifat tersebut, sedangkan pada sifat resesif, kedua alel harus sama untuk mengekspresikan sifat yang dimaksud. Sebagai contoh, dalam sifat reproduksi, jika alel yang mengatur kesuburan bersifat dominan, maka hanya satu salinan dari alel tersebut yang cukup untuk meningkatkan tingkat kesuburan pada keturunan.

Pemahaman mengenai pewarisan ini sangat penting bagi peternak untuk menentukan individu mana yang akan dipilih dalam program pemuliaan. Selain itu, mekanisme pewarisan sifat reproduksi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan interaksi genetik. Faktor lingkungan seperti suhu, nutrisi, dan stres dapat memodulasi ekspresi gen, sehingga memengaruhi bagaimana sifat reproduksi diekspresikan pada keturunan. Dalam konteks ini, penting bagi peternak untuk mempertimbangkan kedua aspek genetik dan lingkungan dalam merancang strategi pemuliaan yang efektif, guna mencapai hasil reproduksi yang optimal dan meningkatkan produktivitas ternak secara keseluruhan (Guénet et al., 2015).

B. Parameter Genetik dalam Reproduksi

1. Kriteria Genetik yang Digunakan untuk Menilai Potensi Reproduksi Ternak

Dalam menilai potensi reproduksi ternak, berbagai kriteria genetik digunakan untuk menentukan individu-individu yang memiliki kemampuan reproduksi terbaik. Salah satu kriteria yang paling umum adalah umur pertama kali berahi, yang mengindikasikan kapan ternak betina mulai menunjukkan tanda-tanda kesuburan. Umur yang lebih muda saat pertama kali berahi cenderung menunjukkan potensi reproduksi yang lebih tinggi, karena betina dapat lebih cepat memulai siklus reproduksi dan melahirkan lebih banyak keturunan selama masa hidupnya. Kriteria ini penting dalam program pemuliaan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas ternak. Frekuensi birahi dan tingkat kesuburan juga menjadi indikator penting dalam menilai potensi reproduksi. Frekuensi birahi yang tinggi menunjukkan bahwa ternak betina memiliki siklus reproduksi yang stabil, sementara tingkat kesuburan yang baik, diukur melalui rasio kebuntingan dari jumlah inseminasi, menunjukkan kemampuan betina untuk mengandung dan melahirkan keturunan.

Evaluasi terhadap kedua parameter ini dapat memberikan wawasan yang berharga tentang kesehatan reproduksi individu serta kemampuannya untuk menghasilkan keturunan yang berkualitas. Selain itu, kriteria genetik lainnya yang sering digunakan adalah kualitas semen pada ternak jantan. Parameter ini mencakup jumlah spermatozoa, motilitas, dan morfologi sel sperma. Kualitas semen yang baik sangat penting untuk memastikan fertilisasi yang sukses pada betina. Dengan menggunakan teknik pemuliaan modern, seperti analisis DNA dan seleksi berbasis genom, peternak dapat lebih akurat menilai dan memilih individu-individu dengan potensi reproduksi terbaik, sehingga meningkatkan produktivitas dan keberhasilan program pemuliaan di industri peternakan (Barros et al., 2016).

2. Indeks Reproduksi, Termasuk Umur Pertama Kali Berahi, Frekuensi Birahi, dan Tingkat Kebuntingan

Indeks reproduksi adalah parameter penting dalam menilai efisiensi dan produktivitas reproduksi ternak. Salah satu komponen utama dari indeks ini adalah umur pertama kali berahi, yang menunjukkan usia di mana ternak betina mulai menunjukkan siklus estrus. Umur yang lebih awal pada saat berahi dapat meningkatkan peluang betina untuk melahirkan lebih banyak keturunan sepanjang hidupnya. Dengan memantau dan mencatat umur pertama kali berahi, peternak dapat melakukan seleksi terhadap individu yang lebih cepat matang secara reproduksi, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas populasi ternak secara keseluruhan. Frekuensi birahi adalah indikator lain yang penting dalam indeks reproduksi. Frekuensi ini mengacu pada seberapa sering ternak betina mengalami siklus estrus dalam periode tertentu. Betina dengan frekuensi birahi yang tinggi cenderung memiliki siklus reproduksi yang lebih stabil, yang meningkatkan peluang untuk berpartisipasi dalam proses pembiakan.

Memahami pola frekuensi birahi memungkinkan peternak untuk merencanakan inseminasi buatan atau kawin alami dengan lebih baik, sehingga memaksimalkan kesempatan terjadinya kebuntingan dan kelahiran. Tingkat kebuntingan, yang mengukur rasio antara jumlah ternak yang berhasil hamil dibandingkan dengan jumlah inseminasi yang dilakukan, merupakan aspek kunci lainnya dalam indeks reproduksi. Tingkat kebuntingan yang tinggi menunjukkan bahwa program reproduksi berjalan dengan baik dan individu-individu yang terlibat memiliki kemampuan untuk menghasilkan keturunan yang sehat. Dengan memantau indeks reproduksi secara keseluruhan, termasuk umur pertama kali berahi, frekuensi birahi, dan tingkat kebuntingan, peternak dapat melakukan penilaian yang komprehensif terhadap efisiensi reproduksi dan membuat keputusan strategis untuk meningkatkan produktivitas ternak (Barros et al., 2016).

3. Pengaruh Genetik terhadap Kesuburan dan Produktivitas Reproduksi

Genetik memainkan peran penting dalam menentukan kesuburan dan produktivitas reproduksi hewan ternak. Setiap individu memiliki kombinasi gen yang unik yang memengaruhi karakteristik fisik dan fisiologis, termasuk kemampuan untuk bereproduksi. Beberapa gen dapat mengatur sifat-sifat seperti frekuensi birahi, umur pertama kali berahi, dan kualitas sperma, yang semuanya berkontribusi pada tingkat kesuburan. Misalnya, ternak dengan gen yang mendukung kesuburan cenderung menunjukkan siklus estrus yang lebih stabil dan memiliki lebih banyak keturunan selama periode reproduksi mereka. Selain itu, variasi genetik di dalam populasi ternak juga dapat mempengaruhi produktivitas reproduksi. Gen yang terlibat dalam proses metabolisme dan kesehatan reproduksi berkontribusi pada kesejahteraan umum hewan, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kesuburan.

Ternak yang memiliki genetik unggul, yang dihasilkan dari seleksi berbasis genom, sering kali memiliki daya tahan terhadap penyakit dan stres, yang memudahkan mereka untuk mempertahankan kesehatan reproduksi yang optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan individu dengan genetik yang baik bukan hanya meningkatkan kesuburan, tetapi juga membantu memaksimalkan hasil produksi. Aplikasi teknologi modern dalam genetika, seperti analisis genomik dan teknik pemetaan gen, semakin memperjelas hubungan antara genetik, kesuburan, dan produktivitas reproduksi. Peternak kini dapat menggunakan data genetik untuk mengidentifikasi individu dengan potensi reproduksi terbaik, memudahkan program pemuliaan yang lebih efisien dan efektif. Dengan memahami bagaimana faktor genetik memengaruhi kesuburan dan produktivitas, peternak dapat merancang strategi pemuliaan yang bertujuan untuk meningkatkan hasil reproduksi dan memastikan keberlanjutan produksi dalam jangka panjang (Barros et al., 2016).

C. Metode Seleksi Genetik

1. Jenis-Jenis Seleksi Genetik untuk Peningkatan Reproduksi Ternak: Seleksi Berdasarkan Fenotipik, Genotipik, dan *Marker-Assisted Selection* (MAS)

Seleksi genetik merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu dalam populasi ternak, termasuk kemampuan reproduksi. Salah satu jenis seleksi yang paling tradisional adalah seleksi fenotipik, di mana individu-individu dipilih berdasarkan karakteristik yang terlihat secara fisik atau perilaku, seperti frekuensi birahi, umur pertama kali berahi, dan tingkat kebuntingan. Metode ini efektif dalam mengidentifikasi hewan yang menunjukkan performa reproduksi yang baik. Namun, kelemahan dari seleksi fenotipik adalah bahwa sifat-sifat yang dievaluasi mungkin dipengaruhi oleh faktor lingkungan, sehingga tidak selalu mencerminkan potensi genetik yang sebenarnya. Di sisi lain, seleksi genotipik berfokus pada analisis genetik individu dengan mengidentifikasi alel spesifik yang berhubungan dengan sifat reproduksi. Dengan kemajuan teknologi dalam analisis DNA, peternak dapat mengevaluasi genotipe ternak untuk menentukan individu dengan kombinasi genetik yang diinginkan. Metode ini menawarkan keuntungan karena dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang potensi reproduksi, mengurangi risiko pemilihan individu yang hanya mengandalkan penampilan fisik yang dapat dipengaruhi oleh lingkungan.

Seleksi genotipik membantu meningkatkan efisiensi dalam program pemuliaan dan memastikan bahwa individu terpilih memiliki sifat-sifat reproduksi yang unggul. *Marker-Assisted Selection* (MAS) adalah pendekatan yang lebih canggih yang menggabungkan kedua metode di atas dengan menggunakan penanda genetik. Dalam MAS, peternak menggunakan informasi tentang penanda genetik tertentu yang berhubungan dengan sifat reproduksi untuk membantu dalam seleksi individu. Teknik ini memudahkan identifikasi individu yang membawa alel yang diinginkan bahkan sebelum sifat tersebut terlihat secara fenotipik. Dengan demikian, MAS dapat mempercepat proses pemuliaan dan meningkatkan frekuensi sifat-sifat reproduksi yang

diinginkan dalam populasi ternak. Melalui kombinasi pendekatan fenotipik, genotipik, dan MAS, peternak dapat mengembangkan strategi pemuliaan yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam meningkatkan reproduksi ternak (Blackburn, 2012).

2. Proses dan Teknik dalam Pemilihan Individu Berdasarkan Sifat Reproduksi yang Diinginkan

Proses pemilihan individu berdasarkan sifat reproduksi yang diinginkan dimulai dengan identifikasi kriteria spesifik yang ingin dicapai dalam program pemuliaan. Kriteria ini dapat mencakup sifat-sifat seperti umur pertama kali berahi, frekuensi birahi, tingkat kebuntingan, dan kualitas keturunan. Setelah menetapkan kriteria, langkah berikutnya adalah pengumpulan data terkait performa reproduksi dari individu dalam populasi. Data ini bisa diperoleh melalui pencatatan historis, pengamatan langsung, dan evaluasi genetik. Analisis awal ini membantu peternak untuk mendapatkan gambaran umum mengenai individu-individu yang memenuhi kriteria yang ditetapkan. Setelah data terkumpul, teknik seleksi dapat diterapkan untuk memilih individu-individu yang paling sesuai. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah seleksi fenotipik, di mana peternak mengevaluasi penampilan fisik dan perilaku individu untuk menentukan potensi reproduksi. Namun, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, seleksi genotipik juga dapat dilakukan, di mana analisis DNA digunakan untuk mengidentifikasi alel tertentu yang berhubungan dengan sifat reproduksi yang diinginkan.

Teknik ini memberikan keuntungan dalam memilih individu yang memiliki potensi genetik unggul, meskipun tidak menunjukkan karakteristik tersebut secara jelas di permukaan. Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan *Marker-Assisted Selection* (MAS) semakin populer di kalangan peternak. MAS memanfaatkan penanda genetik yang terkait dengan sifat reproduksi untuk membantu dalam proses pemilihan. Dengan menggunakan teknologi genetik, peternak dapat dengan cepat dan efisien mengidentifikasi individu yang membawa alel yang diinginkan, bahkan sebelum sifat tersebut terlihat secara fenotipik. Pendekatan ini tidak hanya mempercepat proses pemilihan, tetapi juga meningkatkan akurasi dalam menentukan individu yang

akan digunakan dalam program pemuliaan. Dengan mengintegrasikan berbagai teknik dan proses ini, peternak dapat secara efektif meningkatkan potensi reproduksi dalam populasi ternak (Blackburn, 2012).

D. Aplikasi Teknologi Genetik

1. Pemanfaatan Teknologi Pemetaan Genetik dan Genomik untuk Meningkatkan Reproduksi

Teknologi pemetaan genetik dan genomik telah membawa revolusi dalam cara peternak mengevaluasi dan meningkatkan reproduksi ternak. Dengan pemetaan genetik, para peneliti dapat mengidentifikasi lokasi gen yang terkait dengan sifat-sifat reproduksi yang diinginkan, seperti kesuburan, frekuensi birahi, dan umur pertama kali berahi. Teknologi ini memudahkan peternak untuk memetakan hubungan antara gen dan fenotip, sehingga mereka dapat lebih efisien dalam memilih individu-individu yang memiliki potensi reproduksi yang lebih baik. Dengan demikian, pemetaan genetik menyediakan alat yang kuat untuk meningkatkan efisiensi dalam program pemuliaan. Selanjutnya, genomik memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang struktur dan fungsi gen dalam seluruh genom individu. Dengan menggunakan teknik seperti sequencing DNA, peternak dapat memperoleh informasi detail mengenai variasi genetik dalam populasi ternak. Informasi ini tidak hanya membantu dalam identifikasi individu dengan genotipe yang unggul, tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana interaksi genetik dan faktor lingkungan memengaruhi kesuburan dan produktivitas reproduksi. Dengan menerapkan pendekatan genomik, peternak dapat merancang strategi pemuliaan yang lebih canggih dan terarah, sehingga meningkatkan kemungkinan keberhasilan reproduksi.

Selain itu, kombinasi antara pemetaan genetik dan genomik dengan teknologi informasi modern, seperti big data dan analisis prediktif, memudahkan peternak untuk melakukan analisis yang lebih kompleks dan mendalam. Data besar dari berbagai sumber, seperti catatan kesehatan, performa reproduksi, dan informasi genetik, dapat

dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan tren yang sebelumnya tidak terlihat. Dengan informasi yang lebih akurat dan terintegrasi, peternak dapat membuat keputusan yang lebih baik mengenai pemilihan individu untuk pemuliaan, akhirnya mengarah pada peningkatan signifikan dalam kesuburan dan produktivitas reproduksi ternak secara keseluruhan (Kaya et al., 2018).

2. Penggunaan Metode Kloning dan Rekayasa Genetik untuk Memperbaiki Sifat Reproduksi

Metode kloning dan rekayasa genetik telah menjadi alat yang menjanjikan dalam upaya memperbaiki sifat reproduksi hewan ternak. Kloning, yang memudahkan penciptaan individu baru yang identik secara genetik dengan induknya, memberikan peluang untuk memperbanyak individu dengan karakteristik reproduksi unggul. Dengan cara ini, peternak dapat menghasilkan keturunan yang memiliki potensi kesuburan dan produktivitas yang lebih tinggi, sekaligus mempertahankan sifat-sifat genetik yang diinginkan dari induk. Selain itu, kloning juga dapat digunakan untuk menyelamatkan spesies terancam punah atau individu dengan sifat-sifat berharga yang mungkin tidak dapat berkembang biak secara alami. Rekayasa genetik, di sisi lain, melibatkan modifikasi langsung pada materi genetik hewan untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu. Melalui teknik-teknik seperti CRISPR-Cas9, ilmuwan dapat mengedit gen yang terkait dengan reproduksi, misalnya, dengan meningkatkan kualitas sel telur atau sperma.

Modifikasi genetik ini dapat membantu mengatasi masalah reproduksi yang sering dihadapi dalam peternakan, seperti ketidaksuburan atau masalah genetik tertentu yang menghambat kesuburan. Dengan menerapkan rekayasa genetik, peternak dapat menciptakan individu yang lebih sehat dan produktif dalam hal reproduksi. Kombinasi kloning dan rekayasa genetik tidak hanya meningkatkan kemampuan reproduksi, tetapi juga dapat berkontribusi pada keberlanjutan produksi ternak. Dengan memproduksi hewan yang lebih tahan terhadap penyakit dan stres, serta memiliki tingkat kesuburan yang lebih baik, peternak dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi ketergantungan

pada antibiotik dan intervensi medis lainnya. Dengan demikian, penggunaan metode kloning dan rekayasa genetik dapat membantu menciptakan populasi ternak yang lebih sehat dan produktif, mendukung tujuan jangka panjang dalam industri peternakan yang berkelanjutan dan etis (Kaya et al., 2018).

3. Penerapan Teknologi CRISPR dalam Pemilihan Gen yang Terkait dengan Reproduksi

Teknologi CRISPR-Cas9 telah membuka jalan baru dalam pemilihan gen yang terkait dengan sifat reproduksi hewan ternak. Dengan kemampuan untuk mengedit gen secara spesifik dan efisien, CRISPR memudahkan ilmuwan dan peternak untuk menargetkan dan memodifikasi gen yang berhubungan dengan kesuburan, kualitas sperma, dan sel telur. Misalnya, melalui pengeditan genetik, peternak dapat meningkatkan ekspresi gen yang mendukung produksi sel telur yang lebih sehat atau meningkatkan kualitas sperma, sehingga mengarah pada tingkat kebuntingan yang lebih tinggi. Hal ini memberi harapan untuk mengatasi masalah reproduksi yang sering terjadi di industri peternakan, seperti ketidaksuburan atau rendahnya tingkat kelahiran. Selain meningkatkan sifat reproduksi secara langsung, teknologi CRISPR juga dapat digunakan untuk menghilangkan gen yang berkaitan dengan penyakit genetik yang dapat memengaruhi kesuburan. Dengan mengedit gen yang bertanggung jawab atas kondisi genetik tertentu, peternak dapat menghasilkan populasi ternak yang lebih sehat dan lebih tahan terhadap masalah reproduksi yang disebabkan oleh faktor genetik.

Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi, tetapi juga membantu menjaga kesehatan dan kesejahteraan hewan, yang merupakan prioritas penting dalam praktik peternakan modern. Penerapan CRISPR dalam pemilihan gen terkait reproduksi juga berpotensi mempercepat proses pemuliaan. Dengan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mengembangkan individu dengan sifat-sifat yang diinginkan, peternak dapat dengan cepat dan efektif menciptakan populasi ternak yang unggul. Selain itu, teknologi ini memudahkan pemilihan gen yang lebih akurat dibandingkan dengan metode tradisional, sehingga mengurangi risiko kesalahan dalam

pemilihan. Dengan demikian, CRISPR tidak hanya menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan sifat reproduksi, tetapi juga mendorong praktik pemuliaan yang lebih berkelanjutan dan efisien dalam industri peternakan (Kaya et al., 2018).

E. Seleksi Berbasis Genom

1. Konsep Seleksi Berbasis Genom (*Genomic Selection*) dan Manfaatnya dalam Reproduksi

Seleksi berbasis genom (*genomic selection*) adalah pendekatan inovatif dalam pemuliaan hewan yang memanfaatkan informasi genetik dari seluruh genom individu untuk memperbaiki sifat-sifat yang diinginkan, termasuk sifat reproduksi. Dalam metode ini, analisis DNA dilakukan untuk mengidentifikasi varian genetik yang berhubungan dengan performa reproduksi, seperti kesuburan, frekuensi birahi, dan kualitas keturunan. Dengan menggunakan data genomik, peternak dapat melakukan pemilihan individu dengan lebih tepat dan efisien dibandingkan dengan metode tradisional yang hanya mengandalkan pengamatan fenotipik. Salah satu manfaat utama dari seleksi berbasis genom adalah peningkatan akurasi dalam pemilihan individu untuk reproduksi. Metode ini memudahkan peternak untuk mengidentifikasi individu yang membawa genotipe unggul bahkan sebelum sifat-sifat tersebut terlihat secara fisik. Dengan demikian, proses pemuliaan dapat dilakukan lebih cepat dan efisien, yang mengarah pada peningkatan produktivitas dan kualitas reproduksi dalam populasi ternak.

Hal ini sangat penting dalam konteks pemeliharaan ternak, di mana waktu dan efisiensi menjadi kunci untuk mencapai hasil yang diinginkan. Selain itu, *genomic selection* juga memberikan fleksibilitas dalam mengatasi tantangan reproduksi yang kompleks, seperti pengaruh lingkungan dan interaksi genetik. Dengan memanfaatkan informasi genetik yang lebih komprehensif, peternak dapat merancang strategi pemuliaan yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah, seperti perubahan iklim dan penyakit. Dengan demikian, seleksi berbasis genom tidak hanya meningkatkan efektivitas pemuliaan, tetapi juga mendukung keberlanjutan industri

peterbakaan dengan menciptakan populasi ternak yang lebih sehat dan produktif dalam jangka panjang. (Stock & Reents, 2013).

2. Penggunaan SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) untuk Menentukan Potensi Reproduksi

SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) merupakan variasi genetik yang terjadi ketika satu pasangan basa dalam urutan DNA bervariasi antar individu dalam populasi. Dalam konteks reproduksi hewan ternak, penggunaan SNP menjadi sangat penting karena SNP dapat mengindikasikan genotipe yang berkaitan dengan sifat reproduksi tertentu. Dengan menganalisis variasi SNP, peneliti dan peternak dapat mengidentifikasi gen yang berperan dalam kesuburan, kualitas sel telur, dan kemampuan kawin, sehingga memudahkan pemilihan individu dengan potensi reproduksi yang lebih tinggi. Pendekatan ini meningkatkan akurasi dalam pemilihan genetik dan mempercepat proses pemuliaan. Keuntungan dari penggunaan SNP dalam menentukan potensi reproduksi adalah kemampuannya untuk memberikan informasi yang lebih mendalam mengenai hubungan genetik yang mendasari performa reproduksi. Sebagai contoh, penelitian menunjukkan bahwa SNP tertentu dapat dihubungkan dengan sifat-sifat seperti frekuensi birahi dan tingkat kebuntingan. Dengan mengidentifikasi SNP yang berkaitan dengan sifat-sifat ini, peternak dapat merancang strategi pemuliaan yang lebih efisien dan terarah, sehingga meningkatkan hasil reproduksi dalam populasi ternak.

Selain itu, SNP juga memudahkan deteksi gen yang dapat mengindikasikan masalah kesehatan atau penyakit genetik yang dapat memengaruhi kesuburan. Penggunaan SNP juga mendukung pengembangan teknologi pemuliaan yang lebih modern, seperti *Marker-Assisted Selection* (MAS). Dengan menggabungkan data SNP dengan informasi fenotipik, peternak dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam memilih individu untuk reproduksi. Pendekatan ini tidak hanya mempercepat proses pemuliaan, tetapi juga meningkatkan keberagaman genetik dalam populasi ternak. Dengan demikian, pemanfaatan SNP dalam menentukan potensi reproduksi

membawa dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi dan keberlanjutan industri peternakan (Stock & Reents, 2013).

3. Keterkaitan antara Variasi Genetik dan Hasil Reproduksi dalam Populasi Ternak

Variasi genetik memainkan peran kunci dalam menentukan hasil reproduksi dalam populasi ternak. Setiap individu memiliki kombinasi genetik unik yang memengaruhi berbagai aspek reproduksi, termasuk kesuburan, frekuensi birahi, dan kemampuan untuk melahirkan keturunan yang sehat. Sebagai contoh, variasi genetik yang ada dalam gen-gen tertentu dapat memengaruhi kemampuan hewan untuk beradaptasi dengan lingkungan, yang pada gilirannya dapat berdampak pada efektivitas proses reproduksi. Ketika populasi ternak memiliki variasi genetik yang luas, ada kemungkinan lebih besar untuk menemukan individu dengan sifat-sifat reproduksi yang unggul.

Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa pemilihan individu dengan variasi genetik yang menguntungkan dapat meningkatkan performa reproduksi secara keseluruhan. Dengan menggunakan teknik pemuliaan berbasis gen, peternak dapat mengidentifikasi gen yang berhubungan dengan hasil reproduksi dan memilih individu-individu yang memiliki genotipe yang diinginkan untuk dikawinkan. Misalnya, pengidentifikasian variasi genetik yang terkait dengan frekuensi birahi yang lebih tinggi dapat menghasilkan populasi dengan tingkat kebuntingan yang lebih baik. Dengan demikian, pemahaman tentang variasi genetik di dalam populasi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi reproduksi. Keterkaitan antara variasi genetik dan hasil reproduksi juga memberikan wawasan mengenai kesehatan genetik dalam populasi ternak. Populasi dengan keragaman genetik yang rendah dapat menghadapi risiko masalah kesehatan yang lebih besar, yang dapat memengaruhi reproduksi. Misalnya, hewan dengan genetik yang homogen lebih rentan terhadap penyakit dan stres lingkungan, yang pada gilirannya dapat mengurangi kesuburan dan produktivitas. Oleh karena itu, menjaga dan meningkatkan variasi genetik dalam populasi ternak tidak hanya penting untuk hasil reproduksi yang optimal, tetapi juga untuk memastikan keberlanjutan dan kesehatan jangka panjang populasi ternak (Stock & Reents, 2013).

F. Evaluasi Genetik dan Indeks Reproduksi

1. Metode Evaluasi Genetik untuk Menilai Kemampuan Reproduksi Ternak

Evaluasi genetik merupakan langkah penting dalam pemuliaan ternak untuk menilai kemampuan reproduksi individu dan mengidentifikasi sifat-sifat yang dapat ditingkatkan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pengukuran nilai genetik (*genetic merit*) yang mengacu pada kemampuan individu untuk menghasilkan keturunan yang lebih baik. Nilai genetik ini biasanya dihitung berdasarkan data fenotipik, seperti tingkat kebuntingan, frekuensi birahi, dan kelahiran, yang diperoleh dari catatan reproduksi. Dengan metode ini, peternak dapat memilih individu dengan nilai genetik tinggi untuk reproduksi, yang berpotensi meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil ternak dalam jangka panjang. Selain itu, teknik pemodelan statistik seperti *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP) digunakan untuk memperkirakan nilai genetik berdasarkan data dari seluruh populasi.

Metode ini memperhitungkan efek lingkungan dan variabilitas genetik, sehingga menghasilkan estimasi yang lebih akurat mengenai kemampuan reproduksi individu. Dengan menggunakan BLUP, peternak dapat mengidentifikasi individu yang tidak hanya memiliki performa reproduksi yang baik, tetapi juga memiliki potensi untuk mentransfer sifat-sifat unggul tersebut kepada keturunannya. Hal ini membantu dalam merencanakan program pemuliaan yang lebih terarah dan efektif. Penggunaan alat genetik modern, seperti analisis SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) dan pemetaan genetik, juga semakin populer dalam evaluasi kemampuan reproduksi ternak. Dengan menganalisis variasi genetik pada tingkat molekuler, peternak dapat mengidentifikasi gen-gen spesifik yang berkontribusi pada sifat reproduksi. Informasi ini memudahkan peternak untuk melakukan seleksi berbasis gen, di mana individu-individu dengan genotipe yang diinginkan dipilih untuk proses pemuliaan. Dengan demikian, metode evaluasi genetik yang komprehensif tidak hanya meningkatkan kemampuan reproduksi ternak, tetapi juga membantu menciptakan

populasi yang lebih sehat dan produktif dalam jangka panjang (De Oliveira et al., 2021).

2. Penggunaan Indeks Nilai Genetik (EBV - *Estimated Breeding Value*) untuk Pemilihan Ternak Berdasarkan Nilai Reproduksi

Indeks nilai genetik, atau EBV (*Estimated Breeding Value*), merupakan alat yang penting dalam pemilihan ternak, terutama dalam menilai nilai reproduksi individu. EBV memberikan estimasi mengenai potensi genetik individu dalam menghasilkan keturunan yang memiliki performa reproduksi yang lebih baik. Dengan menganalisis data dari performa reproduksi, seperti frekuensi birahi, tingkat kebuntingan, dan kelahiran, peternak dapat menggunakan EBV untuk memilih individu yang memiliki nilai reproduksi tinggi. Hal ini memudahkan pemilihan yang lebih tepat dan efisien dalam upaya meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi ternak. Salah satu keunggulan penggunaan EBV dalam pemilihan berdasarkan nilai reproduksi adalah kemampuannya untuk menggabungkan informasi genetik dan fenotipik. Dengan mempertimbangkan data dari individu serta keturunannya, EBV dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kemampuan reproduksi.

Sebagai contoh, individu dengan EBV tinggi tidak hanya memiliki performa yang baik, tetapi juga berpotensi menurunkan sifat-sifat tersebut kepada keturunannya. Hal ini sangat berharga dalam program pemuliaan, di mana pencapaian hasil reproduksi yang optimal menjadi tujuan utama. Selain itu, penerapan EBV dalam pemilihan ternak berdasarkan nilai reproduksi juga membantu peternak dalam menghadapi tantangan reproduksi yang kompleks. Dengan mengidentifikasi individu dengan nilai genetik unggul, peternak dapat mengurangi masalah kesuburan dan meningkatkan efektivitas pemuliaan. Sebagai tambahan, penggunaan EBV juga berkontribusi terhadap keberagaman genetik dalam populasi ternak, yang penting untuk menjaga daya tahan terhadap penyakit dan perubahan lingkungan. Dengan demikian, indeks nilai genetik tidak hanya meningkatkan performa reproduksi, tetapi juga mendukung

praktik pemuliaan yang lebih berkelanjutan dan responsif terhadap kebutuhan industri peternakan (De Oliveira et al., 2021).

3. Analisis Data Reproduksi untuk Meningkatkan Akurasi Seleksi

Analisis data reproduksi merupakan langkah penting dalam meningkatkan akurasi seleksi dalam pemuliaan ternak. Dengan mengumpulkan dan menganalisis data terkait berbagai aspek reproduksi, seperti frekuensi birahi, tingkat kebuntingan, dan umur saat pertama kali berahi, peternak dapat memperoleh informasi yang mendalam mengenai performa individu dalam populasi. Data ini tidak hanya membantu dalam menilai individu berdasarkan kriteria reproduksi yang diinginkan, tetapi juga memberikan wawasan tentang pola dan tren yang dapat memengaruhi keberhasilan reproduksi. Dengan demikian, analisis data reproduksi menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan efektivitas pemilihan individu yang tepat untuk dikawinkan. Selanjutnya, teknologi modern seperti perangkat lunak analisis statistik dan perangkat lunak pemodelan genetik telah memudahkan peternak untuk menganalisis data reproduksi dengan lebih akurat dan efisien.

Dengan menggunakan metode seperti *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP) dan analisis varians, peternak dapat memperkirakan nilai genetik individu dengan mempertimbangkan pengaruh lingkungan dan variabilitas genetik. Hal ini tidak hanya meningkatkan akurasi dalam menilai kemampuan reproduksi individu, tetapi juga memudahkan pengambilan keputusan yang lebih terinformasi dalam program pemuliaan. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi dalam analisis data reproduksi menjadi semakin penting dalam mencapai hasil reproduksi yang optimal. Terakhir, peningkatan akurasi seleksi melalui analisis data reproduksi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan industri peternakan. Dengan memilih individu berdasarkan data yang komprehensif dan akurat, peternak dapat mengurangi risiko masalah reproduksi, meningkatkan kesehatan dan produktivitas ternak, serta memaksimalkan hasil dalam jangka panjang. Selain itu, pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang memengaruhi reproduksi

memudahkan peternak untuk merancang strategi pemuliaan yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan dan pasar. Dengan demikian, analisis data reproduksi tidak hanya meningkatkan efisiensi pemuliaan, tetapi juga mendukung keberhasilan dan daya saing industri peternakan secara keseluruhan (De Oliveira et al., 2021).



BAB 2

2

BAB 2

ANATOMI DAN FISILOGI REPRODUKSI TERNAK

Maryam, S.Pt.,M.Si

A. Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak

Anatomi ternak adalah ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh hewan peliharaan (*Domesticated Animals*). Ilmu anatomi ternak dibagi dalam beberapa bagian, seperti *osteology* dan *histology*. Osteologi adalah ilmu yang mempelajari tentang kerangka (skeleton). Histologi ilmu mempelajari tentang anatomi mikroskopis. Fisiologi reproduksi ternak adalah ilmu yang mempelajari tentang proses perkembangbiakan ternak, termasuk anatomi dan fisiologi alat reproduksi, siklus reproduksi, dan kebuntingan. Reproduksi merupakan proses perkembangbiakan yang dimulai dengan bersatunya sel telur dan sel mani, kemudian diikuti dengan kebuntingan dan kelahiran. Reproduksi merupakan fungsi tubuh yang penting bagi kelanjutan keturunan suatu jenis hewan.

Anatomi dan fisiologi reproduksi ternak merupakan ilmu yang mempelajari organ dan sistem reproduksi ternak jantan dan betina, proses perkembangbiakan, dan hormon-hormon yang terlibat didalamnya yaitu:

1. **Organ reproduksi ternak:** Organ reproduksi ternak jantan terdiri dari testis, epididimis, vas deferens, dan kelenjar-kelenjar aksesoris. Sedangkan organ reproduksi ternak betina terdiri dari ovarium, oviduk, uterus, serviks, vagina, dan vulva.

2. **Proses reproduksi:** Proses reproduksi ternak dimulai dengan bersatunya sel telur (ovum) dengan sel mani (spermatozoa) yang membentuk *zygote*. Setelah itu, terjadi kebuntingan dan diakhiri dengan kelahiran.
3. **Hormon yang terlibat:** Proses reproduksi ternak berkaitan dengan mekanisme sistem hormonal, yaitu hubungan antara hormon-hormon hipotalamus hipofisa, hormon-hormon ovarium, dan hormon uterus.
4. **Manajemen reproduksi:** Manajemen reproduksi merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan reproduksi dan meningkatkan produksi ternak.

Ilmu reproduksi ternak penting untuk dipahami karena mendasari perkembangbiakan ternak. Beberapa hal yang dipelajari dalam ilmu reproduksi ternak, di antaranya:

1. Pubertas, yaitu umur saat organ reproduksi mulai berfungsi.
2. Siklus berahi, yaitu interval antara berahi yang satu sampai berahi berikutnya.
3. Ovulasi, yaitu saat pecahan folikel *de Graaf* dan keluarnya ovum.
4. Kebuntingan, yaitu periode sejak terjadinya fertilisasi sampai terjadinya kelahiran.
5. Perkawinan, yaitu pertemuan ternak jantan dan betina untuk meneruskan generasinya.

B. Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak Betina

Anatomi dan fisiologi reproduksi ternak betina mempelajari organ-organ reproduksi dan proses reproduksi yang terjadi pada ternak betina. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diketahui mengenai anatomi dan fisiologi reproduksi ternak betina:

1. Alat kelamin utama: gonad atau ovarium.
2. Saluran Reproduksi yang terdiri dari tuba falopi, uterus, serviks, dan vagina.

3. Alat kelamin luar yang terdiri dari vulva dan *clitoris*.

1. Ovarium

Ovarium pada ternak betina adalah kelenjar kelamin yang berfungsi memproduksi sel telur dan hormon-hormon kelamin betina. Ovarium merupakan organ reproduksi primer pada ternak betina. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diketahui tentang ovarium pada ternak:

- a. Ovarium pada ternak betina berkembang dan matang di dalam struktur yang disebut folikel.
- b. Bentuk ovarium pada ternak berbeda-beda, misalnya ovarium sapi berbentuk oval, ovarium domba berbentuk lonjong, dan ovarium kuda berbentuk ginjal.
- c. Ovarium ternak betina dipengaruhi oleh hormon FSH dan LH dari kelenjar pituitari.
- d. Ovarium ternak betina menghasilkan hormon estrogen, progesteron, dan relaksin.
- e. Ovarium ternak betina melepaskan sel telur yang membawa gen maternal.
- f. Sistem reproduksi pada ayam betina sangat peka terhadap paparan cahaya.

Pada umumnya ovarium terdapat dua buah, kanan dan kiri dan terletak di dalam pelvis. Bentuk dan ukuran ovarium berbeda-beda menurut spesies dan fase dari siklus birahi. Pada sapi, berbentuk oval dengan ukuran yang bervariasi dengan panjang 1,3–5 cm, lebar 1,3–3,2 cm dan tebal 0,6–1,9 cm. Pada Domba ovarium berbentuk lonjong dengan panjang berkisar 1,3–1,9 cm, sedangkan pada kuda berbentuk ginjal dengan ukuran panjang 4,0–8,0 cm, lebar 3,0–6,0 cm dan tebal 3,0–5,0 cm. Ovarium pada babi, berbentuk lonjong dengan bentukan seperti setangkai buah anggur karena banyaknya folikel dan korpus luteum.

Ovarium terdiri dari bagian dalam yang disebut medulla dan bagian luar yaitu cortex. Pada bagian medulla dari

ovarium, terdiri dari jaringan ikat fibro elastik yang tidak teratur, dan sistem saraf serta pembuluh darah dan limfe yang memasuki ovarium melalui hilus (pertautan antara ovarium dan mesovarium). Pada bagian *cortex* terdiri dari sel epitel berbentuk kubus yang disebut sebagai epitel kecambah (*germinal epithelium*) yang pada waktu permulaan masa perkembangan embrio berubah menjadi oosit primer. Jaringan ikat pada *cortex* mengandung banyak fibroblast, beberapa kolagen dan serabut retikuler, buluh-buluh darah, *lymfe*, syaraf dan serabut-serabut otot polos. Suatu jaringan ikat yang meliputi permukaan ovarium yang terdiri dari kapsul pengikat dari serat-serat kolagen disebut sebagai tunika albugenia. Pemberian darah pada ovarium berasal dari arteria ovarii, yang merupakan cabang dari arteria utero-ovarai. Sedangkan inervasi saraf dilakukan oleh syaraf-syaraf autonom dari plexus ovarii yang berasal dari plexus-plexus renalis dan aorticus.

Pada saat ovulasi, bagian tipis pada folikel di ovarium akan pecah. Setelah ovulasi, sel yang berkembang di dalam folikel berdiferensiasi membentuk korpus luteum (CL), yang memiliki fungsi penting memproduksi progesteron. Sel telur yang dilepaskan tertangkap oleh infundibulum dan bergerak ke saluran telur, di mana pembuahan terjadi jika ada sperma, kemudian bergerak melalui saluran telur dan masuk ke uterus. Jika dibuahi, maka akan terjadi perkembangan embriologis di dalam uterus (Turner, 2014).

2. Fisiologi Ovarium

Ovarium adalah organ reproduksi primer pada ternak betina yang berfungsi menghasilkan sel telur (ova) dan hormon kelamin betina (estrogen dan progesteron). Beberapa hormon yang berperan dalam fisiologi reproduksi ternak, antara lain:

- a. Hormon Perangsang Folikel (FSH): Merangsang dimulainya gelombang folikel baru.

- b. Hormon Luteinisasi (LH): Memicu ovulasi pada folikel yang dominan.
- c. Estradiol (E2): Diproduksi oleh folikel dominan dan menyebabkan perilaku estrus.
- d. Progesteron (P4): Disekresikan oleh korpus luteum dan mencegah perilaku estrus. Progesteron juga diperlukan untuk mempersiapkan rahim menerima sel telur yang telah dibuahi.
- e. Prostaglandin F2 α (PGF2 α): Disekresikan oleh rahim dan menyebabkan luteolisis atau regresi CL

Fisiologi ovarium pada ternak berkaitan dengan fungsi ovarium sebagai organ reproduksi primer yang menghasilkan sel telur dan hormon kelamin betina:

- a. Hormon kelamin betina: Ovarium menghasilkan hormon kelamin betina, yaitu estrogen dan progesteron.
- b. Sel telur: Ovarium menghasilkan sel telur atau ova.
- c. Hubungan dengan hormon lain: Ovarium berkaitan dengan hormon-hormon hipotalamus hipofisa, seperti *gonadotrophin releasing hormone* (GnRH), *follicle stimulating hormone* (FSH), dan *luteinizing hormone* (LH).

Ovarium mempunyai dua fungsi utama yaitu:

- a. Fungsi Reproduksi dalam hal menghasilkan sel telur (ova).
- b. Fungsi Endokrinologis dalam menghasilkan hormon estrogen, progesteron dan relaxin.

Dua komponen penting yang terdapat pada ovarium yaitu folikel dan korpus luteum. Folikel pada ovarium berasal dari epitel benih yang melapisi permukaan ovarium. Dalam mencapai ber kembangannya, folikel melalui tingkatan-tingkatan perkembangan folikel primer, sekunder, tersier (yang sedang bertumbuh) dan *de Graaf* (yang matang).

Tahapan pertama perkembangan folikel terjadi pertumbuhan pada waktu hewan betina masih berada di

dalam kandungan dan setelah lahir. Dalam tahap ini terjadi folikel primer yang berasal dari satu sel epitel benih yang membelah diri. Sel yang nantinya menjadi sel telur berada di tengah-tengah dikelilingi oleh sel-sel kecil hasil pembelahan tadi.

Pertumbuhan pada tahap kedua meliputi pertumbuhan folikel primer menjadi sekunder ini terjadi pada waktu betina telah lahir dan menjalani proses pendewasaan tubuh. Tidak semua folikel primer berkembang menjadi sekunder tetapi hanya sebagian saja, menurut perkiraan kurang dari sepertiga jumlah folikel primer.

Pada tahap ketiga terjadi perkembangan selanjutnya folikel sekunder menjadi folikel tertier yang ditandai dengan lebih banyaknya sel-sel granulosa, sehingga folikel tampak lebih besar dan letaknya lebih jauh dari permukaan. Pertumbuhan sel-sel granulosa yang terdapat pada permukaan folikel lebih cepat, sehingga di bagian dalam terjadi ruangan yang disebut Antrum Folliculi yang berisi cairan folikel yang disebut sebagai Liquor Folliculi yang kaya akan protein dan estrogen.

3. Korpus Luteum dan Korpus Albikan

Setelah ovulasi, terjadi kawah pada permukaan ovarium, yang merupakan folikel yang telah melepaskan isinya dan kemudian terisi darah dan cairan limfe. Secara makroskopis terlihat berwarna merah dan disebut sebagai Korpus Rubrum atau corpus haemorrhagicum. Pada fase ini hewan sudah tidak menunjukkan birahi dan fase ini dalam siklus birahi disebut sebagai fase luteal. Selanjutnya darah akan membeku dan terjadi resorpsi serta dimulai proses luteinisasi. Luteinisasi adalah proses pembentukan korpus luteum oleh sel-sel granulosa dan sel-sel theca. Pertambahan besar dari korpus luteum sesuai dengan bertambahnya umur korpus tersebut. Pembesaran ini disebabkan oleh terjadinya hipertrofi dan hiperplasia dari sel-sel granulosa dan theca. Warna korpus luteum berbeda-beda menurut spesies dan siklus birahi. Pada

sapi dan kuda sel-sel lutein mengandung pigmen lipochrom kuning, lutein.

Korpus luteum memegang peranan yang penting dalam reproduksi, dimana sebelum menjadi korpus luteum, sel-sel granulosa dan theca yang membentuk folikel de Graaf menghasilkan hormon estrogen. Segera setelah ovulasi, sel-sel granulosa dan theca menjadi sel-sel lutea dan menghasilkan progesteron. Dikenal 3 macam korpus luteum yaitu:

- a. Korpus luteum periodikum atau korpus luteum spurium yaitu korpus luteum yang tumbuh dan beregresi dalam siklus birahi.
- b. Korpus luteum graviditatum atau korpus luteum verum adalah korpus luteum yang tetap dipertahankan selama masa kebuntingan.
- c. berfungsi merawat kebuntingan dengan sekresi.

4. Tuba Falopii atau Oviduk

Tuba falopii merupakan saluran reproduksi betina yang kecil, berliku-liku dan kenyal serta terdapat sepasang. Pada sapi dan kuda panjang oviduk berkisar 20–30 cm dengan diameter 1,5–3 mm, sedangkan pada babi dan domba panjang oviduk mencapai 15–30 cm. Tuba falopii terikat pada penggantung yang disebut sebagai mesosalpinx dan dibagi menjadi tiga bagian yaitu Infundibulum dengan fimbriae, ampula dan isthmus. Infundibulum merupakan bagian dari tuba falopii yang paling dekat dengan ovarium, bentuknya menyerupai corong dengan tepi yang tidak teratur dan berjumbai-jumbai yang disebut sebagai fimbriae.

Dinding tuba falopii terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan mukosa, lapisan muskularis dan lapisan serosa. Pada lapisan mukosa didapatkan rambut-rambut getar yang bergerak ke arah uterus. Lapisan urat daging licin, terdiri dari tiga lapisan, lapisan yang paling tebal berada dekat sambungan dengan uterus dan berangsur menipis ke arah infundibulum. Lapisan tengah yaitu lapisan urat daging melingkar merupakan lapisan

tertebal dan kedua belah sisi dilapisi oleh lapisan urat daging membujur yang tipis. Pada saat ovulasi, sel telur disapu ke dalam ujung tuba fallopii yang berfimbriae. Kapasitasi spermatozoa, fertilisasi dan pembelahan embrio terjadi di dalam tuba fallopii. Pengangkutan spermatozoa ke tempat fertilisasi dan pengangkutan sel telur ke uterus untuk perkembangan selanjutnya diatur oleh kerja silia dan kontraksi otot-otot yang dikoordinir oleh hormone-hormon yang berasal dari ovarium yaitu estrogen dan progesteron

5. Uterus

Uterus Merupakan saluran reproduksi hewan betina yang diperlukan untuk penerimaan sel telur yang telah dibuahi, nutrisi dan perlindungan fetus. Pada umumnya uterus hewan terdiri dari sebuah korpus uteri dan dua buah kornua uteri serta sebuah serviks. Uterus bergantung pada ligamentum lata atau mesometrium yang bertaut pada dinding ruang abdomen dan ruang pelvis.

Pada hewan betina dikenal beberapa macam tipe uterus yaitu :

- a. Tipe Didelphia yaitu saluran reproduksi yang seluruhnya terbagi dua. Masing-masing vagina, serviks, korpus uteri terbagi dua. Hewan yang mempunyai uterus tipe ini adalah golongan hewan berkantung misalnya, oposum atau kanguru dan platypus. Untuk menyesuaikan penis dari hewan jantannya berbentuk garpu bercabang dua, sehingga pada waktu kopulasi cabang tersebut masuk ke dalam kedua vaginanya dalam waktu yang sama.
- b. Tipe Duplex adalah tipe uterus yang tidak mempunyai korpus uteri, serviksnya dua buah dan kedua kornuanya terpisah sama sekali. Tipe ini terdapat pada kelinci, mencit, tikus dan marmot.
- c. Tipe Bicornua adalah tipe uterus di mana hanya mempunyai satu serviks, korpus uteri sangat pendek. Tipe uterus ini didapatkan pada babi.

- d. Tipe Bipartite adalah tipe uterus yang hanya mempunyai satu serviks uteri, korpus uteri jelas dan cukup panjang serta kedua kornua uteri dan sebagian korpus dipisahkan oleh septum. Tipe ini didapatkan pada sapi, kucing, anjing, dan domba.
- e. Tipe Simplex adalah tipe uterus di mana tidak didapatkan kornua uteri, korpus uterinya besar dan servik hanya satu. Tipe ini didapatkan pada hewan primata.

6. Struktur Uterus

Dinding uterus terdiri tiga lapisan yaitu selaput mukosa dan sub mukosa yang disebut sebagai endometrium, lapisan yang berada di tengah merupakan lapisan otot yang disebut sebagai myometrium dan lapisan luar yaitu lapisan serosa yang disebut sebagai perimetrium. Endometrium merupakan struktur glanduler yang terdiri dari lapisan epitel yang membatasi rongga uterus. Kelenjar-kelenjar uterus tersebar di seluruh endometrium, kecuali pada *caruncula*. Kelenjar-kelenjar tersebut bercabang, tubuler, berliku-liku terutama pada ujungnya. Jumlah kelenjar makin banyak ke arah cornua uteri dan mengurang ke arah serviks. Kelenjar uterus dianggap mempunyai fungsi penting untuk pemberian makanan dalam bentuk susu uterus.

Pada hewan pemamah biak, permukaan endometrium terdapat penonjolan-penonjolan seperti cendawan dan tidak berkelenjar yang disebut sebagai *carunculae*. *Carunculae* ini tersusun dalam 4 baris mulai dari *corpus* uteri ke kedua kornua uteri dan terdiri dari jaringan ikat seperti yang ditemukan pada stroma ovarium. Pada *carunculae* ini nantinya plasenta bertaut. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa penonjolan tersebut sebagai *cotyledone*, sebagian peneliti lainnya menyatakan bila telah bertaut dengan plasenta disebut sebagai *cotyledon*. Uterus sapi memiliki 70–120 *carunculae* yang masing-masing berdiameter 15 cm, sedangkan pada waktu bunting *carunculae* terlihat seperti spons karena banyak kripta yang menerima *villi chorion*.

7. Fisiologi Uterus

Uterus mempunyai beberapa fungsi penting dalam proses reproduksi. Pada waktu birahi, kelenjar-kelenjar endometrium menghasilkan cairan uterus. Walaupun dalam jumlah sedikit, cairan tersebut sangat diperlukan bagi spermatozoa yang masuk ke dalam uterus untuk proses kapasitas. Pada waktu kopulasi uterus berkontraksi dan kontraksi ini masih berjalan walaupun kopulasi telah selesai. Kontraksi ini sangat diperlukan bagi pengangkutan spermatozoa dari uterus ke oviduk.

Setelah ovulasi, oleh pengaruh hormon progesteron yang dihasilkan oleh korpus luteum, uterus menjadi tenang, sementara itu kelenjar-kelenjar endometrium mulai tumbuh memanjang dan menghasilkan sekresinya. Bila sel telur yang telah dibuahi masuk ke dalam uterus, maka cairan uterus merupakan substrat yang cocok bagi pertumbuhan embrio muda. Cairan luminal uterus merupakan kombinasi antara plasma darah dan sekresi kelenjar uterus.

8. Hubungan Uterus dan Ovarium: Uterus dan ovarium mempunyai hubungan kerja timbal balik di mana korpus luteum merangsang uterus untuk menghasilkan suatu substansi yang sebaliknya melisiskan korpus luteum. Substansi luteolitik ini yang dibentuk oleh endometrium adalah prostaglandin $F2\alpha$ yang berdifusi dari vena uterus langsung ke dalam arteri ovarium. Jadi adanya uterus penting untuk regresi korpus luteum secara normal. Histerektomi atau penyingkiran sebagian sebagian atau seluruh uterus akan mengakibatkan perpanjangan fungsi korpus luteum. Stimulasi uterus selama fase permulaan siklus birahi akan mempercepat regresi korpus luteum dan menyebabkan estrus yang dipercepat.

9. Serviks

Serviks merupakan otot sphincter yang terletak di antara uterus dan vagina. Struktur serviks pada hewan mamalia berbeda-beda tetapi umumnya dicirikan adanya penonjolan-penonjolan pada dindingnya. Pada ruminansia penonjolan-

penonjolan ini terdapat dalam bentuk lereng-lereng transversal dan saling menyilang, disebut cincin-cincin annuler. Cincin-cincin ini sangat nyata pada sapi (biasanya 4 buah) yang dapat menutup rapat serviks secara sempurna.

Pada babi, cincin-cincin tersebut tersusun dalam bentuk sekrup ulir (pembuka tutup botol) yang disesuaikan dengan perputaran spiralis penis babi. Dinding serviks terdiri dari mukosa, muskularis dan serosa. Mukosa serviks tersusun dalam lipatan-lipatan, berepithel kolumnar tinggi. Selsel goblet pada lumen serviks berlipat-lipat dan bercabang-cabang hingga permukaan sekretorisnya menjadi luas. Sekresinya bersifat mukus, jumlah dan viskositasnya berubah menurut fase siklus birahi. Lapisan otot serviks kaya akan jaringan fibrosa, serabut-serabut otot polos, jaringan kolagen dan jaringan elastis.

10. Fisiologi Serviks

Fungsi servik yang utama adalah menutup lumen uterus sehingga tidak memberi kemungkinan untuk masuknya jasad renik ke dalam uterus. Lumen serviks selalu tertutup kecuali pada waktu birahi dan melahirkan. Pada waktu birahi hanya terbuka sedikit untuk memberi jalan masuk bagi semen. Pada waktu birahi sel-sel goblet pada dinding lumen serviks menghasilkan sekresi yang banyak mengandung air. Cairan serviks ini pada sapi terang tembus, jernih dan bersih. Pada kebanyakan sapi cairan ini cukup banyak jumlahnya hingga keluar dari vulva dan dapat dipakai sebagai tanda bahwa sapi dalam keadaan birahi. Fungsi dari cairan serviks adalah memberi jalan dan arah bagi spermatozoa yang disemprotkan oleh penis dalam vagina. Spermatozoa yang akan berenang mengikuti arah asal cairan tersebut. Sekaligus fungsi cairan serviks juga menyeleksi spermatozoa yang tidak berenang menuju ke depan akan tidak dapat masuk ke dalam serviks, melainkan akan berputar-putar di muka serviks.

Pada hewan bunting, sekretum yang bersifat mukus dari kanalis servikalis menutup os serviks. Pada sapi yang bunting

seringkali sekretum ini berlebihan hingga meleleh keluar melalui vagina dan vulva. Sekretum yang kental, yang merupakan sumbat pada kanalis servikalis, sesaat sebelum kelahiran, yaitu pada stadium pembukaan serviks, mencair. Mungkin pencairan ini terjadi di bawah pengaruh suatu hormon. Setelah sumbatnya mencair, serviks keseluruhannya merileks.

11. Vagina dan Alat Kelamin Bagian Luar

Vagina merupakan bagian saluran reproduksi betina yang memanjang dari mulut serviks bagian luar (portio vaginalis cervicis) sampai tepat di depan (cranial) dari muara urethra. Vagina terbagi atas bagian vestibulum yaitu bagian ke sebelah luar yang berhubungan dengan vulva dan portio vaginalis cervicis yaitu bagian ke sebelah serviks. Batas kedua bagian tersebut tepat pada munculnya muara urethra. Di antara kedua bagian tersebut terdapat selaput tipis yang merupakan sekat, disebut sebagai hymen. Selaput ini terbentang transversal menutup vagina. Histologik hymen ini terdiri dari lapisan epitel sisik. Pada umumnya hymen ini karena tipisnya robek dan hilang pada waktu hewan mencapai dewasa. Hymen dapat menetap dalam berbagai derajat pada semua spesies, dari suatu pita tipis dan vertikal sampai suatu struktur yang sama sekali tidak tembus dan disebut sebagai hymen imperforata. Legokan yang dibentuk oleh serviks ke dalam vagina disebut fornix.

Legokan fornix ini dapat membentuk suatu lingkaran penuh sekeliling serviks seperti pada kuda, atau tidak ada sama sekali seperti pada babi. Pada sapi dan domba ditemukan legokan fornix ini dibagian dorsal. Pada mukosa vagina tidak didapatkan kelenjar dan terdiri dari lapisan epitel sisik (stratified squamous epithelium). Lapisan otot pada vagina terdiri dari dua lapis, yaitu lapis tipis merupakan lapisan otot polos memanjang (longitudinal) pada bagian luar dan lapis otot polos melingkar (circular) yang agak tebal pada bagian dalam. Di antara kedua lapis otot tersebut terdapat tenunan

pengikat dan banyak pula plexus-plexus vena dan beberapa kelompok syaraf perasa. Vagina sapi mencapai panjang 25–30 cm pada keadaan tidak bunting. Pada kuda berukuran panjang 20–35 cm dan diameter 10–13 cm. Pada domba vagina berukuran panjang 7,5–10 cm, sedangkan pada babi berukuran panjang 7,5–11,5 cm.

12. Alat Kelamin Luar

Alat kelamin luar terdiri atas klitoris, vulva dan beberapa kelenjar yang berada pada vestibulum vulvae. Klitoris secara embriologik homolog dengan penis, sedangkan vulva homolog dengan skrotum. Pada bagian alat kelamin luar ini banyak ujungujung syaraf perasa. Klitoris dapat sedikit berereksi karena mengandung sepasang unsur cavernosus kecil, sedangkan vulva dapat menjadi tegang karena bertambahnya volume darah yang mengalir di dalamnya. Pertemuan antara vagina dan vestibulum ditandai dengan adanya muara urethra externa yaitu orificium urethrae externa. Pada posterior dari muara urethra di lantai vestibulum, terdapat suatu kantong buntu yang disebut diverticulum suburethralis yang ditemukan pada domba, sapi dan babi.

Disekitar vulva terdapat kelenjar-kelenjar Bartholini yang menghasilkan cairan kental, sangat aktif pada waktu estrus, mempunyai struktur tubo- alveoler serupa dengan kelenjar bulbo-urethralis pada hewan jantan Labia atau bibir vulva secara normal selalu rapat tidak menganga dan lubang vulva terletak tegak lurus terhadap lantai pelvis. Dinding labia mayora banyak mengandung kelenjar-kelenjar sebaceous dan tubuler, deposit-deposit lemak dan jaringan elastik serta selapis otot polos yang tipis. Labia minora adalah bibir yang lebih kecil dengan jaringan ikat di dalamnya, pada permukaannya banyak mengandung kelenjar sebaceous. Lapis muskulatur pada vagina tidak sebaik lapis-lapis muskulatur dibagian serviks maupun uterus tetapi masih tetap terdiri dari dua lapis yaitu lapis memanjang (longitudinal) tipis yang merupakan lapis luar dan lapis lingkar (circulair) agak tebal di

bagian dalam. Di antara kedua lapisan muskulatur tersebut, terdapat tenunan pengikat longgar maupun padat. Disini banyak terdapat plexus-plexus vena dan beberapa kelompok sel-sel syaraf perasa.

C. Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak Jantan

Anatomi dan fisiologi alat kelamin jantan pada ternak meliputi:

1. Testis: Organ penghasil sel kelamin atau spermatozoa.
2. Epididimis: Organ seks sekunder yang berfungsi sebagai sumber spermatozoa yang subur.
3. Vas deferens: Organ seks sekunder yang berfungsi dalam pengangkutan spermatozoa.
4. Kelenjar seks aksesori: Terdiri dari vesikula seminalis, prostat, dan kelenjar bulbouretralis (kelenjar Cowper).
5. Penis: Organ seks sekunder.

Organ-organ reproduksi jantan pada ternak bekerja sama untuk membentuk, mematangkan, dan mengangkut spermatozoa. Spermatozoa adalah sel gamet jantan yang terdiri dari kepala, leher, dan ekor. Kepala spermatozoa membawa materi hereditas paternal, sedangkan ekornya mengandung sarana penggerak. Pubertas atau dewasa kelamin adalah waktu ketika organ-organ reproduksi mulai berfungsi dan perkembangbiakan dapat terjadi.

1. Testis

Testes dari beberapa spesies hewan agak berbeda dalam hal bentuk, ukuran dan lokasinya, walaupun struktur penyusun utamanya sama. Pada kebanyakan mamalia, testes terletak pada daerah pre pubis, merupakan kelenjar tubular berbentuk bulat lonjong terdapat sepasang kiri dan kanan. Kedudukan testes berbeda menurut spesies hewan, pada kuda testes hampir longitudinal sedangkan pada pemamah biak vertikal dan pada anjing, kucing serta babi terletak miring dorso caudal. Testes terbungkus dalam kantong skrotum, di

mana dalam skrotum berisi dua lobi testes yang masing-masing lobi mengandung satu testes.

Pada golongan rodensia, testes dapat dengan mudah berpindah-pindah dari dalam skrotum ke dalam rongga perut. Hal ini terjadi pada musim kawin, di mana testes berada dalam skrotum, sedang di luar musim kawin testes berada di dalam rongga perut. Testes dapat menggantung di dalam skrotum secara bebas dengan bantuan korda spermatika, yang di dalamnya mengandung duktus deferens, pembuluh darah dan syaraf serta pembuluh limfe. Pada keadaan normal, kedua testes mempunyai besar yang sama, berkonsistensi tidak keras dan dapat bergerak bebas ke atas dan ke bawah di dalam skrotum. Testes terbungkus oleh kapsul berwarna putih mengkilat yang disebut tunika albugenea. Tunika ini membungkus erat kapsul dan mengandung pembuluh darah yang terlihat berkelok-kelok serta pembuluh syaraf.

2. Fisiologi Testes

Testes sebagai organ kelamin utama mempunyai dua fungsi yaitu:

- a. Fungsi reproduktif: menghasilkan sel spermatozoa
- b. Fungsi endokrinologis: menghasilkan hormon jantan atau androgen.

Sel spermatozoa dihasilkan di dalam tubuli seminiferi atas pengaruh FSH (Follicle Stimulating Hormone), sedangkan testosteron diproduksi oleh sel-sel interstitiel yang disebut sebagai sel Leydig oleh pengaruh ICSH (Interstitiil Cell Stimulating Hormone). Proses pembentukan sel spermatozoa disebut Spermatogenesis, yang terdiri dari dua tahapan yaitu Spermatocytogenesis dan Spermiogenesis. Pada waktu lahir tubuli seminiferi tidak berlumen dan hanya ada dua jenis sel yaitu spermoatogonia dan sel-sel indiferent. Selama pubertas, tubuli seminiferi mulai berlumen dan epitel kecambah berubah dari bentuk sederhana menjadi bentuk kompleks yang khas bagi hewan jantan dewasa. Spermatozoa dibentuk

dari sel-sel induk yang diploid, yaitu spermatogonia tipe A yang terletak pada membrana basalis. Proses spermatogenesis merupakan proses yang kompleks meliputi pembelahan dan defrensiasi sel..

Secara umum spermatogenesis dibagi dalam empat fase, yang pada awalnya sel-sel kelamin jantan berkembang secara progresif dan bermigrasi dari membrana basalis ke arah lumen tubulus seminiferi, dimana pada waktu itu berhubungan dengan sitoplasma sel-sel Sertoli yang bertugas memberi makan (mengasuh). Fase I berlangsung selama 15–17 hari dimana terjadi pembelahan mitotik, spermatogonia menjadi dua anak sel yaitu spermatogonium dormant yang menjamin kontinuitas spermatogonia dan satu spermatogonium aktif yang membagi diri empat kali sehingga akhirnya membentuk 16 spermatosit primer ($2n$). Fase II berlangsung 15 hari di sini terjadi pembelahan meiotik dari spermatosit primer($2n$) menjadi spermatosit sekunder(n). Fase III berlangsung beberapa jam, terjadi pembelahan spermatosit sekunder menjadi spermatid. Fase IV berlangsung 15 hari, terjadi metamorphosis, di mana spermatid menjadi spermatozoa muda tanpa pembelahan sel.

3. *Epididymis*

Epididymis merupakan saluran reproduksi jantan yang terdiri dari tiga bagian yaitu kaput *epididymis*, korpus *epididymis* dan kauda *epididymis*. Kaput *epididymis* merupakan muara dari sejumlah duktus efferentes dan terletak pada bagian ujung atas dari testes. Korpus *epididymis* merupakan saluran kelanjutan dari kaput yang berada di luar testes, sedangkan kauda *epididymis* merupakan kelanjutan dari *corpus* yang terletak pada bagian ujung bawah testes. Dinding *epididymis* terdiri dari lapisan otot sirkuler dan epitel berbentuk kubus. Batas antara ketiga bagian dari *epididymis* dibedakan berdasarkan susunan histologinya. Pada bagian kaput secara histologis dicirikan atas epitel dengan stereo silia yang tinggi, pada bagian *corpus* dengan stereo silia yang tidak

lurus dan lumen lebih lebar, sedangkan bagian kauda ditandai stereo silia yang pendek, lumen yang lebih lebar dan banyak timbunan sel spermatozoa.

Fisiologi *Epididymis* mempunyai 4 fungsi utama yaitu

- a. Transportasi: Pengangkutan spermatozoa dari *rete testes* ke *duktus efferentes* terjadi oleh tekanan cairan dan jumlah spermatozoa yang diproduksi secara tetap dan bertambah banyak.
 - b. Konsentrasi: Massa spermatozoa yang dialirkan ke *duktus epididymis* mengandung sekresi dari testes dengan konsentrasi 25.000–30.000 sel/mm³, selama perjalanannya di *epididymis* air diresorpsi oleh dinding saluran terutama pada kaput, sehingga sesampai pada bagian kauda konsentrasi spermatozoa menjadi sangat tinggi yaitu 4.000.000 sel atau lebih per mm³.
 - c. Pendewasaan: Sewaktu spermatozoa meninggalkan tubulus seminiferus, masih mempunyai butiran sitoplasma (*cytoplasmic droplet*) yang membalut bagian lehernya.
 - d. Penyimpanan spermatozoa: Pada bagian kauda *epididymis* merupakan tempat penyimpanan spermatozoa
4. **Duktus Deferens dan Ampula:** Duktus (vas) deferens merupakan saluran yang menghubungkan kauda *epididymis* dengan urethra. Dindingnya mengandung otot polos yang berperan dalam pengangkutan spermatozoa. Diameter vas deferens 2 mm dengan konsistensi seperti tali, berjalan sejajar dengan corpus *epididymis*.
5. **Fisiologi Duktus Deferens dan Ampula:** Vas deferens atau duktus deferens berfungsi mengangkut spermatozoa dari kauda *epididymis* ke urethra. Dindingnya yang mengandung otototot licin penting dalam mekanisme pengangkutan spermatozoa pada waktu ejakulasi. Di dekat kaput *epididymis*, vas deferens menjadi lurus dan berjalan bersama-sama pembuluh darah, limfe dan serabut syaraf bersama membentuk funiculus spermaticus yang berjalan melalui

canalis inguinalis ke dalam cavum abdominalis. Kedua vas deferens yang terletak sebelah menyebelah kandung kencing berangsur-angsur membesar membentuk ampullae duktus deferen. Penebalan ampula disebabkan karena banyak terdapat kelenjar pada dinding saluran. Kelenjar-kelenjar ampula mensekresikan fruktosa dan asam sitrat.

6. Skrotum

Skrotum adalah kantong testes. Adanya lapisan-lapisan pada skrotum mempunyai fungsi ganda yaitu selain sebagai peredam kejut apabila ada benturan fisik, juga sebagai pelindung terhadap temperatur lingkungan. Sebagai pelindung, skrotum dengan otot-otot licinnya, lapisan fibrosa dan kulit berfungsi menunjang dan melindungi testes dan *epididymis*. Untuk berlangsungnya spermatogenesis yang optimal diperlukan suhu tetap pada testes, 4–7° C di bawah suhu tubuh.

Fungsi pengaturan suhu atau thermoregulator ini dikerjakan oleh dua otot yaitu musculus cremaster eksternus dan internus, serta tunika dartos. Kelenjar-kelenjar ascesoris, kelenjar seks pelengkap atau kelenjar aksesoris bervariasi antara spesies dalam hal bentuk dan ukurannya. Pada babi mempunyai kelenjar vesikulaseminalis dan bulbo urethralis yang menyebabkan besarnya volume semen yang dihasilkan. Yang termasuk kelenjar seks pelengkap adalah vesikula seminalis atau vesikularis, kelenjar prostata dan kelenjar bulbo urethralis atau *cowper's*.

7. **Mekanisme Ejakulasi:** Pada bagian pangkal urethra, terdapat bagian yang meluas dengan struktur dinding otot polos, bermuara kelenjar-kelenjar vesikularis, prostata dan ampula dari vas deferens. Sesaat sebelum kopulasi terjadi (di mana terjadi peningkatan libido/telah terjadi perangsangan), masa spermatozoa yang berkonsentrasi tinggi serta non motil dikeluarkan oleh ampula ke pangkal urethra yang meluas. Pada waktu yang bersamaan keluar pula sekresi kelenjar - kelenjar vesikularis dan prostata, bercampur di bagian yang

luas dari urethra. Sementara itu, muara vesica urinaria yaitu pada colliculus seminalis telah lama tertutup, yaitu sebelum spermatozoa dan sekresi dari kelenjar-kelenjar vesikularis dan prostata masuk ke urethra.

8. **Fisiologi Semen:** Semen adalah sekresi kelamin jantan yang secara normal di ejakulasikan ke dalam saluran kelamin betina sewaktu kopulasi. Semen terdiri dari dua bagian, sel spermatozoa atau disingkat spermatozoa atau sel-sel kelamin jantan yang tersuspensi di dalam suatu cairan atau medium semi-gelatinous yang disebut plasma semen. Sel spermatozoa dihasilkan di dalam testes, sedangkan plasma semen adalah campuran sekresi yang berasal dari epididymis, dan kelenjar-kelenjar kelamin pelengkap seperti vesikularis dan prostata. Produksi spermatozoa oleh testes maupun produksi plasma semen oleh kelenjar-kelenjar kelamin dikontrol oleh hormon. Testes dipengaruhi oleh hormon FSH dan LH dari hipofisis anterior, sedangkan testes sendiri menghasilkan hormon testosteron yang mengontrol perkembangan dan sekresi kelenjar-kelenjar kelamin.
9. **Plasma Semen:** Sekitar 90 persen volume semen sapi terdiri dari plasma semen, bahkan pada babi spermatozoa hanya membentuk 2–5 persen dari volume semen. Fungsi utama plasma semen adalah sebagai suatu medium pembawa spermatozoa dari saluran reproduksi hewan jantan ke dalam saluran reproduksi hewan betina. Fungsi ini dapat dijalankan karena pada banyak spesies, plasma semen mengandung bahan-bahan penyanggah dan makanan sebagai sumber energi bagi spermatozoa baik yang dipergunakan secara langsung (misalnya fruktosa dan sorbitol) maupun secara tidak langsung (misalnya GPC).
10. **Penis:** Penis mempunyai tugas ganda yaitu pengeluaran urine dan peletakan semen ke dalam saluran reproduksi betina. Penis terdiri atas bagian akar, badan dan ujung yang berakhir pada *glans* penis. Penis membentang dari *arcus ischiadicus pelvis* sampai ke daerah umbilikal pada dinding ventral perut

yang ditunjang oleh fascia penis dan kulit. Di depan skrotum penis terletak di dalam preputium. Bagian ujung penis disebut *glans* penis terletak bebas di dalam preputium. Beberapa tipe glands penis pada beberapa hewan terlihat pada Gambar 7B. Bagian penis terdiri dari *corpus cavernosum*, penis yang relatif besar dan diselaputi oleh selubung fibrosa tebal berwarna putih, tunika albuginea. Di bagian ventral terdapat *corpus cavernosum urethrae*, suatu struktur yang relatif lebih kecil yang mengelilingi urethra.

11. Preputium

Preputium adalah invaginasi berganda dari kulit yang menyelubungi bagian bebas penis sewaktu tidak ereksi dan menyelubungi badan penis kaudal sewaktu ereksi. Preputium sapi mempunyai panjang 35–40 cm dengan diameter 4 cm. Pada orificium ditumbuhi oleh rambut-rambut preputial yang panjang dan kasar. Dinding preputium dilapisi oleh epitel kelenjar yang berbentuk tabung, sedangkan sekresinya bersifat cairan kental berlemak. Sekresi ini biasanya bercampur dengan reruntuhan epitel dan bakteri pembusuk, merupakan kerak basah dan berbau busuk disebut smegma preputii. Pada bagian glans penis kedua corpus tersebut bersatu dan disebut sebagai corpus fibrosum. Kedua corpora cavernosa bersifat seperti spons dan terbagi atas rongga-rongga yang dapat dianggap sebagai kapiler-kapiler yang sangat membesar dan bersambung dengan venae penis.

Ereksi penis disebabkan oleh pembesaran rongga-rongga ini oleh berkumpulnya darah. Pemberian darah ke penis diselenggarakan oleh a.pudenda interna ke crus penis, a.obturator ke corpus penis dan a.pudenda eksterna yang membentuk a.dorsalis penis sesudah melewati canalis inguinalis. Syaraf-syaraf yang menginervasi penis adalah syaraf otonom dari plexus pelvici, sedangkan syaraf-syaraf pudenda dan hemoroidalis yang merupakan syaraf motorik menginervasi m retraktor penis. Glans penis banyak

mengandung serabut syaraf dan ujung-ujung syaraf yang berasal dari n.dorsalis penis suatu cabang n.pudenda.



BAB 3

3

BAB 3 **SIKLUS ESTRUS PADA TERNAK**

Nurcholis, S.Pt., M.Si

A. Pendahuluan

Proses perkembangbiakan hewan ataupun ternak tidak dapat terlepas dari peranan fisiologi reproduksi. Proses fisiologi reproduksi mencakup berbagai faktor yang saling berhubungan, di antaranya faktor utama yang penting untuk diketahui adalah siklus estrus. Siklus estrus merupakan rangkaian perubahan fisiologis dan perilaku yang terjadi secara periodik pada sistem reproduksi betina mamalia, yang menandakan kesiapan betina untuk kawin. Siklus ini dikendalikan oleh hormon seperti estrogen dan progesteron. Terdapat empat fase utama dalam siklus estrus, yaitu proestrus, estrus, metestrus, dan diestrus (Senger, 2020). Setiap hewan memiliki sistim perubahan estrus yang beragam mulai dari adanya tanda estrus atau birahi hingga tidak ada tanda-tanda estrus. Oleh karenanya penting menjadi dasar bagi peternak untuk mengetahui perubahan dan tanda-tanda yang terjadi pada ternak betina yang mengalami estrus.

B. Pentingnya Pengetahuan Estrus Bagi Peternak

Pengetahuan tentang siklus estrus sangat penting bagi peternak karena menentukan waktu terbaik untuk melakukan inseminasi buatan (IB) atau perkawinan alami. Dengan mengetahui fase estrus, peternak dapat memastikan bahwa betina dalam keadaan subur,

sehingga meningkatkan peluang kebuntingan. Ini sangat penting dalam meningkatkan produktivitas ternak dan efisiensi biaya, terutama di peternakan sapi perah dan sapi potong. Pengetahuan yang baik tentang siklus ini juga membantu peternak dalam mengenali tanda-tanda masalah reproduksi seperti anestrus atau estrus yang tidak teratur, sehingga dapat segera mengambil tindakan korektif (Stevenson & Lamb, 2021; Kamphuis et al., 2020).

Sebaliknya, ketidaktahuan peternak dalam mendeteksi estrus dapat berdampak negatif terhadap efisiensi reproduksi ternak. Kesalahan dalam mengidentifikasi waktu estrus dapat menyebabkan terlewatnya waktu inseminasi yang optimal, mengakibatkan penurunan tingkat kebuntingan dan peningkatan jumlah inseminasi per kebuntingan (S/C). Hal ini tidak hanya mengakibatkan biaya yang lebih tinggi untuk program IB, tetapi juga memperpanjang interval kelahiran dan mengurangi total produksi susu atau daging dalam periode tertentu (Fricke et al., 2021). Dengan demikian, ketidakmampuan dalam mendeteksi estrus dengan benar dapat merugikan produktivitas dan keberlanjutan usaha peternakan.

C. Fisiologi Siklus Estrus

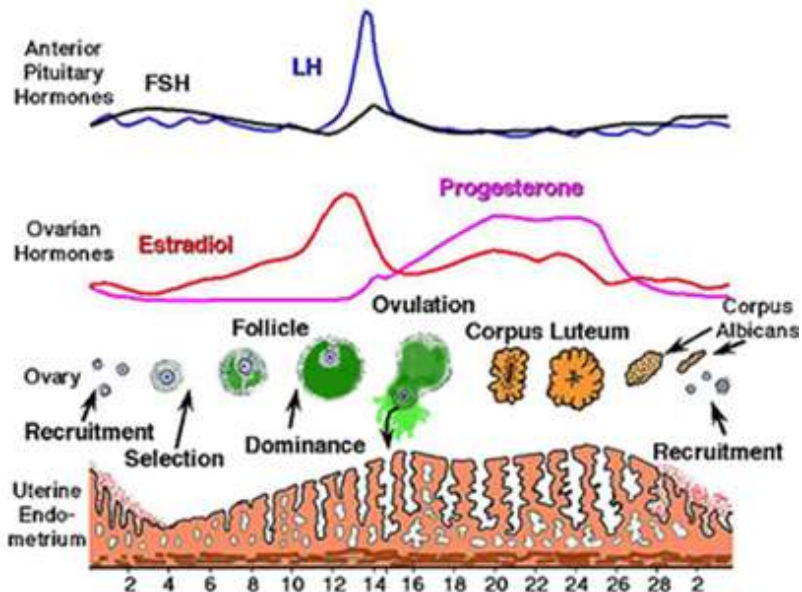
Siklus estrus secara teori terbagi menjadi empat yaitu;

1. *Proestrus*: Terjadi perkembangan folikel ovarium dan peningkatan produksi estrogen.
2. *Estrus*: Fase ini ditandai oleh perilaku kawin pada betina dan ovulasi. Produksi estrogen berada pada puncaknya.
3. *Metestrus*: Dimulai setelah ovulasi, terjadi pembentukan korpus luteum dan produksi progesteron.
4. *Diestrus*: Merupakan fase dominasi korpus luteum dengan produksi progesteron tinggi, jika tidak terjadi kebuntingan, korpus luteum akan mengalami regresi (Diskin et al., 2022).

D. Perubahan Siklus Estrus Berdasarkan Jenis Ternak.

Jenis ternak memengaruhi panjang dan karakteristik siklus estrus:

1. Sapi: Memiliki siklus estrus sekitar 21 hari dengan durasi estrus sekitar 12-18 jam (Stevenson & Lamb, 2021).
2. Kambing: Siklus estrusnya sekitar 21 hari, tetapi estrus bisa berlangsung hingga 36 jam, tergantung dari rasnya (Abecia et al., 2020).
3. Domba: Rata-rata siklus estrus sekitar 16-17 hari, dengan durasi estrus lebih pendek dibandingkan dengan kambing (Kridli et al., 2019).
4. Kuda: Siklus estrusnya bervariasi antara 19-22 hari dengan estrus sekitar 5-7 hari, dipengaruhi oleh musim (Ginther, 2021).



Gambar 3. 1

Siklus Estrus pada Ternak

Pengaruh temperatur terhadap siklus estrus diantaranya, yaitu:

1. Heat Stress: Temperatur tinggi dapat menyebabkan stres panas pada ternak yang mengakibatkan penurunan durasi estrus, anovulasi, dan fertilitas yang rendah (Rensis & Scaramuzzi, 2023).
2. Perubahan Musiman: Pada ternak yang peka terhadap fotoperiode seperti kambing dan domba, perubahan musim mempengaruhi siklus estrus. Temperatur yang lebih dingin seringkali meningkatkan frekuensi estrus (Forcada et al., 2021).
3. Zona Tropis: Di daerah tropis, suhu tinggi sepanjang tahun dapat menyebabkan penurunan aktivitas estrus pada sapi, sehingga memerlukan manajemen reproduksi yang lebih intensif (Sartori et al., 2018).

E. Gangguan Reproduksi yang Mempengaruhi Siklus Estrus

1. Anestrus: Tidak terjadinya siklus estrus pada periode waktu tertentu. Ini bisa disebabkan oleh kondisi fisiologis seperti laktasi atau patologi seperti cystic ovaries (Peter et al., 2022).
2. Folikel Cystic: Kondisi di mana folikel tidak mengalami ovulasi dan terus berkembang menjadi kista. Ini dapat menyebabkan siklus estrus tidak teratur (Garverick, 2021).
3. Endometritis: Infeksi pada lapisan dalam rahim dapat menyebabkan siklus estrus tidak normal, terutama pada sapi perah (Sheldon et al., 2019).
4. Malnutrisi: Kekurangan nutrisi esensial dapat mengganggu produksi hormon dan menyebabkan gangguan siklus estrus, terutama pada daerah dengan ketersediaan pakan yang rendah (Diskin & Kenny, 2022).

F. Strategi Manajemen untuk Mengatasi Perubahan Siklus Estrus

1. Manajemen Pakan: Menyediakan pakan dengan kandungan energi yang cukup selama periode laktasi dan kebuntingan dapat

membantu mencegah anestrus dan memperbaiki siklus estrus (Moraes et al., 2020).

2. Pengaturan Temperatur: Penggunaan ventilasi dan penyiraman untuk ternak di daerah tropis dapat mengurangi efek negatif stres panas (Sartori et al., 2022).
3. Penggunaan Hormon: Pemberian hormon seperti prostaglandin atau GnRH dapat membantu mengatur kembali siklus estrus pada ternak dengan gangguan reproduksi (Wiltbank et al., 2023).

G. Gangguan Estrus pada ternak

Faktor-faktor penyebab gangguan siklus estrus pada ternak dapat berasal dari berbagai aspek, mulai dari faktor lingkungan hingga kondisi fisiologis dan manajemen ternak. Berikut adalah beberapa penyebab utama gangguan siklus estrus dan cara mengatasinya:

1. **Kekurangan Nutrisi:** Kekurangan nutrisi, terutama protein, energi, vitamin, dan mineral, dapat menyebabkan gangguan reproduksi, termasuk anestrus (tidak terjadinya siklus estrus). Ternak yang kekurangan energi cenderung mengalami penundaan dalam siklus estrus karena energi yang tersedia lebih diarahkan untuk mempertahankan fungsi vital daripada reproduksi.

Cara mengatasi: Pemberian pakan yang seimbang dan sesuai dengan kebutuhan ternak berdasarkan umur, kondisi tubuh, dan tahap produksi. Suplemen nutrisi tambahan seperti mineral dan vitamin penting juga bisa membantu memulihkan siklus estrus.

2. **Stres Lingkungan:** Faktor lingkungan seperti suhu ekstrem (*heat stress* atau *cold stress*) bisa menghambat siklus estrus. Suhu tinggi dapat menurunkan nafsu makan dan menyebabkan ternak mengalami stres termal, yang mengakibatkan gangguan dalam produksi hormon reproduktif.

Cara mengatasi: Manajemen lingkungan seperti menyediakan tempat berteduh, sistem pendinginan, atau ventilasi yang baik di kandang. Selain itu, manajemen pemberian pakan yang disesuaikan pada musim panas juga penting untuk menjaga kondisi tubuh ternak.

3. **Kesehatan Reproduksi dan Infeksi:** Infeksi saluran reproduksi, seperti endometritis atau penyakit menular lainnya, dapat menyebabkan gangguan siklus estrus. Penyakit seperti leptospirosis, *brucellosis*, dan IBR (*Infectious Bovine Rhinotracheitis*) juga berkontribusi pada ketidaksuburan.

Cara mengatasi: Penanganan melalui program vaksinasi rutin, pemeriksaan kesehatan reproduksi secara teratur, serta penanganan segera apabila ditemukan infeksi pada alat reproduksi.

4. **Ketidakseimbangan Hormon:** Ketidakseimbangan hormon dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk masalah ovarium seperti kista atau disfungsi luteal. Gangguan ini menghambat ovulasi dan menyebabkan ternak tidak mengalami estrus.

Cara mengatasi: Pemberian terapi hormonal seperti prostaglandin, progesteron, atau gonadotropin dapat membantu memulihkan siklus estrus yang terganggu. Penanganan ini biasanya dilakukan setelah diagnosa oleh dokter hewan.

5. **Umur dan Kondisi Tubuh:** Ternak yang terlalu muda atau terlalu tua dapat mengalami siklus estrus yang tidak teratur. Selain itu, kondisi tubuh yang terlalu kurus atau terlalu gemuk juga dapat mempengaruhi kesuburan dan menyebabkan gangguan siklus estrus.

Cara mengatasi: Memastikan ternak dikawinkan pada usia yang tepat dan menjaga skor kondisi tubuh (BCS) dalam rentang optimal dengan manajemen pemberian pakan yang baik.

H. Teknologi Deteksi Estrus pada Ternak

Deteksi estrus yang akurat dan tepat waktu sangat penting untuk meningkatkan efisiensi program inseminasi buatan (IB) dan manajemen reproduksi pada ternak. Kemajuan teknologi memungkinkan metode deteksi estrus yang lebih presisi, mengurangi ketergantungan pada observasi visual yang memakan waktu (Kamphuis et al., 2020).

Beberapa teknologi reproduksi yang khusus digunakan untuk mendeteksi status estrus pada ternak sebagai berikut:

- 1. Sensor Pedometer dan Accelerometer:** Pedometer dan accelerometer adalah perangkat yang dipasang pada kaki atau leher ternak untuk memantau peningkatan aktivitas yang biasanya terjadi selama estrus. Perangkat ini dapat mengirim data ke sistem komputer untuk dianalisis, memungkinkan deteksi aktivitas estrus secara otomatis. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki akurasi yang tinggi dalam mendeteksi estrus pada sapi perah (Fricke et al., 2021). Penggunaan pedometer menunjukkan hasil yang baik dalam deteksi estrus pada sapi di berbagai iklim, termasuk daerah tropis (Rutten et al., 2022).
- 2. Alat Pengukuran Suhu Tubuh Intraruminal:** Perubahan suhu tubuh sering terjadi selama estrus, yang dapat dimonitor menggunakan alat sensor suhu intraruminal. Alat ini ditanamkan pada rumen dan mengirimkan data suhu tubuh secara real-time. Penurunan suhu sebelum estrus dapat menjadi indikator awal terjadinya estrus (Silva et al., 2023). Metode ini sangat berguna pada peternakan besar di mana pengawasan manual tidak memungkinkan (Rodriguez et al., 2021).



Gambar 3. 2

Alat Pedometer dan *Accelerometer* pada Telinga Ternak

Sumber: <https://www.cowmanager.com>

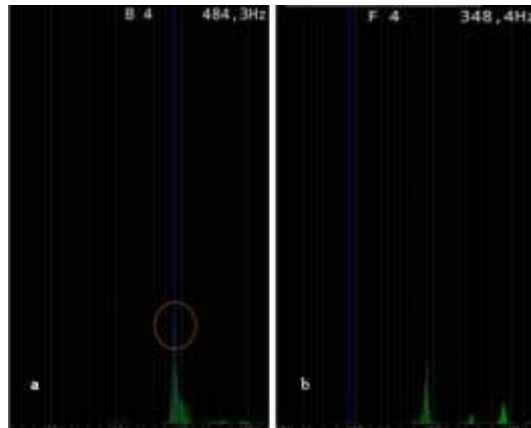
3. Teknologi *Wearable* Berbasis IoT (*Internet of Things*):

Penggunaan teknologi wearable yang terhubung dengan IoT memungkinkan pemantauan aktivitas fisik dan perilaku ternak secara langsung melalui perangkat mobile. Data aktivitas seperti peningkatan gerakan, perilaku makan, dan interaksi sosial dapat dianalisis untuk mendeteksi estrus (Sánchez et al., 2022). Implementasi IoT untuk deteksi estrus dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan waktu inseminasi, mengurangi kesalahan deteksi manusia, dan mengoptimalkan produksi ternak (Zhang et al., 2021).

4. Deteksi Estrus Menggunakan Sistem Kamera Video dan AI:

Sistem kamera video dengan dukungan kecerdasan buatan (AI) dapat mengamati perilaku kawin, seperti mounting atau standing heat. Teknologi ini bekerja dengan menganalisis rekaman video menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk mendeteksi perubahan perilaku yang menandakan estrus (Benítez et al., 2022). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam deteksi estrus memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan observasi visual manual (López et al., 2023).

5. **Biosensor Berbasis Hormon:** Biosensor berbasis hormon adalah teknologi terbaru yang mendeteksi kadar hormon seperti progesteron dalam susu atau darah, yang dapat membantu menentukan fase siklus estrus. Alat ini dapat mendeteksi perubahan kadar progesteron dengan cepat dan akurat, sehingga memungkinkan identifikasi waktu estrus secara lebih presisi (Tao et al., 2020). Biosensor ini sangat berguna pada sapi perah, di mana sampel susu dapat diambil secara rutin dan dianalisis untuk pengelolaan reproduksi (Caraviello et al., 2021).
6. **Sistem RFID untuk Monitoring Perilaku:** Sistem *Radio-Frequency Identification* (RFID) memungkinkan pemantauan lokasi dan perilaku ternak secara terus-menerus. Teknologi ini digunakan untuk melacak perubahan aktivitas dan pergerakan ternak, yang sering kali meningkat selama periode estrus (van der Spek et al., 2020). Sistem RFID terintegrasi dengan perangkat lunak dapat memberikan notifikasi kepada peternak tentang kemungkinan waktu estrus (Romano et al., 2022).
7. **Deteksi estrus dengan Audio Spectrum Monitor:** Penggunaan aplikasi *Audio Spectrum Monitor* (ASM) mudah dan murah. Aplikasi ini berada di appstore yang mudah diakses. ASM telah digunakan untuk mendeteksi estrus pada kambing dan sapi oleh Nurcholis dan Sumaryanti, 2024 dengan jumlah sampel terbatas. Dari Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa suara yang ditangkap oleh ASM di ubah dalam bentuk (Hz) melebihi 300 Hz diartikan sapi di indikasikan Estrus.



Gambar 3. 3

Hasil Rekaman Deteksi Estrus pada Sapi

Sumber: (Nurholis et al., 2024)



BAB 4

4

BAB 4 **INSEMINASI BUATAN (TEKNIK DAN PROSEDUR)**

drh. Muhammad Farid.M.Sc

A. Definisi Inseminasi Buatan

Inseminasi buatan adalah bioteknologi pertama yang diterapkan untuk meningkatkan kualitas hidup reproduksi dan genetika ternak. Inseminasi buatan (IB) atau kawin suntik adalah upaya memasukkan semen/mani ke dalam saluran reproduksi hewan betina yang sedang birahi dengan bantuan tenaga pelaksana (inseminator) agar hewan dapat bunting. Semen adalah mani yang berasal dari sapi pejantan unggul yang dipergunakan untuk kawin suntik atau inseminasi buatan.

Inseminasi buatan meliputi penampungan semen pejantan, penilaian kuantitas dan kualitas, penambahan pengenceran, penyimpanan dan kemudian diinseminasikan pada ternak betina. Selama beberapa tahun, inseminasi buatan telah berhasil meningkatkan perbaikan mutu genetik ternak, sehingga dalam waktu singkat dapat menghasilkan anak dengan kualitas baik dalam jumlah yang besar dengan memanfaatkan pejantan unggul sebanyak-banyaknya. Adapun kelebihan pada penerapan inseminasi buatan:

1. Perbaikan mutu genetik ternak sehingga dapat menghasilkan ternak yang memiliki kualitas yang baik.
2. Mencegah penyebaran penyakit menular khususnya yang berkaitan dengan penyakit reproduksi.

3. Biaya lebih murah
4. Straw semen dapat digunakan kapanpun dan dimanapun
5. Rekording ternak lebih baik
6. Menghindari trauma yang disebabkan oleh pejantan

Kekurangan pada penerapan inseminasi buatan :

1. Beberapa pejantan dapat menularkan virus tanpa adanya kegajala klinis
2. Seleksi genetik yang tidak akurat dapat menularkan sifat jelek
3. Membutuhkan keterampilan dalam penampungan, penyimpanan dan transportasi semen

Dalam penerapan bioteknologi IB pada ternak ditentukan oleh empat faktor utama, yaitu semen beku, deteksi birahi, keterampilan tenaga pelaksana (inseminator) dan kesehatan reproduksi ternak.

B. Semen Beku

Semen beku adalah semen atau air mani yang diencerkan dengan pengencer dan dibekukan suhu tertentu di bawah titik beku air agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Dalam proses pembuatan semen beku melalui beberapa tahap guna mendapatkan semen dengan kualitas terbaik. Adapun tahapan dalam pembuatan semen beku :

1. Penampungan Semen

Semen pejantan sapi dapat ditampung pada umur 12 bulan, sedangkan domba, kambing dan babi adalah 7 bulan sedangkan kuda 24 bulan. Semen yang ditampung harus berasal dari ternak dengan kualitas reproduksi dan riwayat kesehatan yang baik. Ada beberapa teknik yang digunakan dalam penampungan semen yaitu:

- a. **Metode pengurutan/*massase*:** yaitu teknik yang digunakan dengan cara mengurut/memijat daerah organ reproduksi agar semen dapat keluar yang sering dilakukan pada ternak unggas (kalkun dan ayam) sedangkan pada ternak besar (sapi, kerbau,

kuda) teknik pengurutan diterapkan apabila mempunyai masalah dengan kakinya (lumpuh atau pincang/cedera) memiliki potensi genetik tinggi.

- b. Metode elektroejakulator:** yaitu teknik penampungan semen dengan menggunakan elektroejakulator yang berfungsi memberikan rangsangan listrik melalui rektum agar semen dapat keluar dan kemudian ditampung pada tabung reaksi.
- c. Vagina buatan:** yaitu penampungan semen dengan menggunakan vagina tiruan dan merupakan metode yang paling efektif diterapkan pada ternak besar (sapi, kuda, kerbau) ataupun ternak kecil (domba, kambing, dan babi) yang normal (tidak cacat) dan libidonya bagus. Metode vagina tiruan menghasilkan semen yang maksimal dengan metode yang lebih sederhana dibandingkan metode lainnya.

2. Pemeriksaan Kualitas Semen

Semen yang telah ditampung dari pejantan akan dilakukan pemeriksaan kualitas semen yang sesuai standar kelayakan sebelum dilakukan pengenceran. Pemeriksaan semen merupakan suatu tindakan yang perlu dilakukan untuk melihat kuantitas (jumlah) dan kualitas semen. Pemeriksaan semen dibagi menjadi dua tahap, yaitu pemeriksaan secara makroskopis dan pemeriksaan mikroskopis. Pemeriksaan makroskopis yaitu pemeriksaan semen secara garis besar tanpa memerlukan alat bantu yang rumit, sedangkan pemeriksaan mikroskopis bertujuan melihat kondisi semen dengan memerlukan alat bantu yang cukup lengkap.

Evaluasi makroskopis meliputi: volume semen, pH (derajat keasaman) semen, konsentrasi semen, bau semen, dan warna semen. Semen ternak yang memiliki kualitas semen yang baik memiliki volume semen sapi antara 5-8 ml, pH 6,4–7,8, sapi konsistensi kental dan berwarna krem mempunyai konsentrasi 1.000 juta sampai 2.000 juta atau lebih sel spermatozoa per ml. Semen yang normal, pada umumnya, memiliki bau amis khas disertai dengan bau dari hewan itu sendiri. Semen sapi normal berwarna seperti susu atau krem keputih-putihan dan keruh.

Adapun pemeriksaan mikroskopis meliputi: motilitas (gerakan massa sperma, gerakan individu sperma), konsentrasi sperma dalam tiap mililiter semen, persentase spermatozoa hidup, persentase abnormalitas. Motilitas merupakan salah satu kriteria penentu kualitas semen yang dilihat dari banyaknya spermatozoa yang motil progresif dibandingkan dengan seluruh spermatozoa yang ada dalam satu pandang mikroskop. Motilitas sperma sapi pada umumnya berkisar antara 70% sampai dengan 90%. Adapun gerakan massa dengan menggunakan derajat gerakan dengan kriterianya adalah sebagai berikut:

- a. **“Sangat baik”(+++)**, terlihat gelombang-gelombang besar, banyak, gelap, tebal, dan aktif serta bergerak cepat.
- b. **“Baik” (++)**, terlihat gelombang-gelombang kecil, tipis, jarang, kurang jelas, dan agak lambat.
- c. **“Kurang baik” (+)**, jika tidak terlihat gelombang melainkan hanya gerakan individual aktif progresif.
- d. **“Buruk”** bila hanya sedikit atau tidak kelihatan.

3. Penambahan Bahan Pengencer

Spermatozoa tidak dapat tahan hidup untuk waktu yang lama kecuali ditambahkan berbagai unsur kedalam semen. Unsur-unsur ini yang membentuk suatu pengencer yang baik, mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Menyediakan sumber energi bagi spermatozoa.
- b. Melindungi spermatozoa terhadap kejutan dingin (*cold shock*) pada saat pembekuan.
- c. Menyediakan suatu penyangga terhadap perubahan pH akibat pembentukan asam laktat dari hasil metabolisme spermatozoa.
- d. Mempertahankan tekanan osmotik dan keseimbangan elektrolit yang sesuai.
- e. Mencegah pertumbuhan kuman.

- f. Memperbanyak volume semen sehingga banyak hewan betina dapat diinseminasi dengan satu ejakulat.
4. **Pengawetan:** Pengawetan semen menjadi semen beku bertujuan untuk menghentikan aktifitas sperma agar daya hidup sperma dapat diperpanjang sampai batas waktu yang lama. Sebelum pengawetan, semen yang telah diberikan bahan pengencer akan dimasukkan kedalam straw dengan volume 0,25 atau 0,5 ml. Straw akan disimpan pada pendingin secara bertahap untuk menghindari *cold shock* yang dapat menyebabkan kerusakan pada spermatozoa. Semen pada akhirnya akan disimpan pada kontainer yang berisi Nitrogen Cair dengan suhu -196°C .

C. Deteksi Birahi

Berahi (Estrus) merupakan salah satu faktor penting dalam manajemen reproduksi. Kegagalan dalam deteksi berahi dapat menyebabkan kegagalan kebuntingan. Deteksi berahi yang tepat merupakan faktor yang penting dalam program inseminasi buatan.

Inseminasi Buatan berdasarkan deteksi estrus mengikuti aturan Pagi-Malam. Artinya, jika seekor sapi menunjukkan perilaku estrus di pagi hari, dia harus diinseminasi di malam hari. Jika dia menunjukkan aktivitas estrus di malam hari, dia harus diinseminasi keesokan paginya. Karena sapi berovulasi 24-32 jam setelah dimulainya estrus, Inseminasi Buatan dilakukan sekitar 8-12 jam setelah deteksi estrus sehingga memungkinkan sperma berada di dalam uterus untuk waktu yang cukup untuk menjalani kapasitas(pematangan sperma) sebelum dapat membuahi oosit.

D. Prosedur Inseminasi Buatan

Ada beberapa prosedur dalam pelaksanaan inseminasi buatan :

1. **Persiapan alat Inseminasi Buatan (IB):** Pada pelaksanaan inseminasi buatan dibutuhkan alat berupa gun inseminasi buatan, adalah alat yang digunakan untuk memasukkan semen ke dalam organ reproduksi betina yaitu pada bagian serviks dan *gloves*

berupa sarung tangan panjang yang berfungsi melindungi tangan dari kontaminasi pada saat tangan inseminator dimasukkan ke dalam rektum untuk mengarahkan gun ib.

2. **Persiapan ternak akseptor yang sedang birahi:** Sapi betina yang menjadi akseptor inseminasi buatan adalah betina yang telah dewasa kelamin ditandai dengan gejala birahi (estrus) seperti adanya lendir bening pada vulva, berwarna merah, dan hangat.
3. **Semen *Thawing*:** *Thawing* adalah proses mencairkan semen beku atau *straw* pada bak air agar metabolisme spermatozoa kembali aktif dan siap untuk membuahi oosit. *Thawing* dilakukan dengan merendam semen dalam bak air pada suhu 30-35 °C selama 40 detik. Waktu pencairan untuk sedotan harus minimal 30 detik. Semen yang dicairkan harus diinseminasi dalam waktu 15 menit setelah dicairkan dan penurunan drastis pada suhu pasca-pencairan harus dihindari.
4. **Atur *Straw* dalam Gun IB:** *Straw* yang telah dithawing kemudian dimasukkan ke dalam gun IB sebelum didisposisikan pada ternak betina.

E. Teknik Inseminasi Buatan

1. Persiapkan alat (IB) dan ikat ternak/dimasukkan dalam kandang jepit hal ini bertujuan agar sapi dalam keadaan aman pada saat dilakukan inseminasi buatan.
2. Pastikan waktu yang tepat untuk IB.
3. Ambil sarung tangan disposibel yang membungkus sepanjang lengan.
4. Oleskan sedikit pelicin pada bagian belakang tangan.
5. Gun yang berisi straw diletakkan dimulut. Jaga piston agar tidak tertekan dan ujung gun jangan sampai terkontaminasi. Pada tahap ini upayakan agar sapi tenang jika dihampiri.
6. Bersihkan vulva dengan kertas pembersih atau kain dengan tangan yang tidak bersarung.

7. Jari tangan membentuk seperti corong, kemudian masukkan gerakan berputar masuk ke dalam rektum.
8. Tunggu sampai anus relaks sehingga tangan lebih mudah masuk dan bersihkan sisa kotoran tanpa mengeluarkan tangan
9. Bersihkan seluruh bibir vulva dari kotoran, urin, feses, dan pelicin dengan lap kertas atau kain.
10. Pergelangan tangan dalam rektum menekan ke bawah agar bibir vulva mudah dimasuki ujung gun saat memasuki vagina.
11. Masukkan gun sepanjang vulva dan vagina, bila ujung tertahan sebelum mencapai *cervix*, dorong *cervix*. Dengan cara ini lipatan-lipatan dalam vagina akan merenggang dan memudahkan gun bergerak ke depan.
12. Pegang *cervix* dengan jari. Bantu gun memasukkan cicin *cervix*.
13. Gerakkan gun sepanjang *cervix* melewati semua cincin serviks hingga teraba ujung gun. Dengan terabanya ujung gun dipermukaan uterus maka gun telah mencapai sasaran.
14. Perlu dihindari memasukkan gun terlalu dalam ke uterus. Karena luka pada uterus yang akan berpengaruh pada fertilisasi ovum.
15. Dorong penghisap gun hati-hati dan pelan-pelan serta semprotkan 2/3 bagian semen di depan uterus. Sambil menarik gun hingga ujungnya berjarak 1 cm di belakang uterus semprotkan sisa semen di belakang *straw*. Kadang-kadang gun tidak bisa mencapai ujung *cervix* tetapi betina dapat bunting.
16. Gun ditarik pelan-pelan dari *cervix* dan vagina.
17. Mengeluarkan tangan dari rektum dengan pelan-pelan.
18. Buang sarung, plastic sheat, straw dan kertas lap ke tempat sampah.
19. Recording ternak yang telah di IB dibutuhkan untuk tindakan selanjutnya.

Teknik inseminasi yang akurat membutuhkan keterampilan teknis dari inseminator dan manajemen. Keterampilan manajemen

termasuk penyimpanan semen yang tepat dan manajemen kontainer semen. Namun, program AI yang sukses tidak hanya bergantung pada keterampilan dan manajemen yang tepat tetapi juga pengetahuan peternak dalam mendeteksi estrus/birahi. Perlakuan terhadap ternak pada saat melahirkan dan setelah melahirkan menjadi faktor yang penting dalam keberlangsungan reproduksi ternak.



BAB 5

5

BAB 5 **MANAJEMEN KESEHATAN REPRODUKSI TERNAK**

Hastuti, S.Pt., M.P

A. Pendahuluan

Manajemen kesehatan reproduksi ternak merupakan aspek penting dalam bidang peternakan yang bertujuan untuk memastikan optimalisasi proses reproduksi, peningkatan produktivitas, serta kesehatan ternak secara keseluruhan. Seiring dengan meningkatnya permintaan terhadap produk hewan seperti daging, susu, dan telur, kebutuhan akan pengelolaan reproduksi yang efisien dan efektif semakin mendesak. Reproduksi yang sehat tidak hanya mempengaruhi tingkat kelahiran dan kelangsungan hidup ternak, tetapi juga menentukan kualitas genetik serta efisiensi pemeliharaan ternak di masa depan (Blomberg et al., 2018; Powell & Perry, 2020).

Secara umum, manajemen kesehatan reproduksi ternak meliputi berbagai aktivitas yang terkait dengan pemantauan, pencegahan, dan penanganan masalah kesehatan yang dapat memengaruhi proses reproduksi. Dalam praktiknya, hal ini melibatkan pemahaman mendalam tentang fisiologi reproduksi ternak, deteksi estrus, teknik inseminasi buatan, serta pengendalian penyakit yang mungkin mengganggu fungsi reproduksi (Sutton & Hill, 2019). Penanganan yang tepat terhadap kesehatan reproduksi ternak sangatlah penting karena dapat mencegah masalah reproduksi seperti infertilitas, distokia, dan berbagai penyakit infeksi yang dapat berdampak buruk pada performa reproduksi (Chavatte-Palmer et al., 2018).

Penerapan manajemen kesehatan reproduksi yang baik juga melibatkan pemilihan nutrisi yang tepat serta pengelolaan lingkungan yang kondusif untuk mendukung kesehatan reproduksi. Pakan yang berkualitas dan lingkungan yang terjaga kebersihannya dapat mengurangi stres pada ternak dan meminimalkan risiko penyakit reproduksi. Selain itu, kemajuan teknologi dan bioteknologi, seperti inseminasi buatan dan fertilisasi *in vitro*, telah memberikan kesempatan lebih besar dalam pengelolaan reproduksi ternak, memungkinkan peternak untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemeliharaan ternak (O'Hara et al., 2021).

Untuk para mahasiswa program studi Peternakan ataupun praktisi peternakan, pemahaman yang mendalam tentang manajemen kesehatan reproduksi ternak akan memberikan landasan pengetahuan yang penting untuk menghadapi tantangan di bidang peternakan modern. Dengan menguasai konsep-konsep dasar dan teknik manajemen reproduksi, mahasiswa diharapkan dapat mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam praktik di lapangan guna mendukung produktivitas ternak secara optimal dan berkelanjutan (Almeida & Silva, 2016).

B. Konsep Dasar Kesehatan Reproduksi Ternak

Kesehatan reproduksi ternak merupakan elemen mendasar dalam sistem peternakan yang berkelanjutan dan produktif. Hal ini mencakup kesehatan organ reproduksi, status hormonal, dan kemampuan ternak untuk melahirkan keturunan yang sehat. Manajemen yang baik terhadap kesehatan reproduksi ternak berkontribusi signifikan terhadap produktivitas ternak, baik dalam hal kualitas maupun kuantitas produksi (Powell & Perry, 2020).

1. Perbedaan Kesehatan Reproduksi antar Spesies Ternak

Setiap spesies ternak memiliki karakteristik reproduksi yang unik, baik dari segi fisiologi maupun siklus reproduksinya. Misalnya, sapi memiliki siklus estrus yang berlangsung sekitar 21 hari, dengan estrus atau periode birahi selama 18 hingga 24 jam. Sebaliknya, kambing memiliki siklus estrus yang sedikit lebih pendek, yaitu antara 17-

21 hari, dan periode estrus yang berlangsung selama 24 hingga 36 jam (Blomberg et al., 2018).

Selain durasi siklus estrus, tanda-tanda estrus juga bervariasi antar spesies. Pada sapi, tanda estrus meliputi peningkatan aktivitas fisik, penurunan konsumsi pakan, dan perilaku seperti saling menaiki. Sementara pada kambing, tanda-tanda estrus meliputi vokalisasi yang lebih sering, meningkatnya nafsu makan, dan adanya perubahan pada vulva (O'Hara & Welsh, 2021). Pengetahuan tentang perbedaan ini sangat penting bagi peternak dalam mendeteksi waktu estrus secara akurat agar inseminasi buatan atau perkawinan alami dapat dilakukan dengan tepat waktu.

2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kesehatan Reproduksi

Kesehatan reproduksi ternak dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal yang saling berkaitan. Beberapa faktor utama yang memengaruhi kesehatan reproduksi ternak antara lain:

- a. **Genetik:** Genetika memainkan peran penting dalam kesehatan reproduksi. Beberapa masalah reproduksi, seperti infertilitas atau *freemartinism* (interseksualitas pada sapi betina kembar), memiliki keterkaitan erat dengan faktor genetik (Sutton & Hill, 2019). Seleksi genetik dan pemuliaan dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas genetik ternak sehingga memperkecil risiko masalah reproduksi.
- b. **Nutrisi:** Kualitas dan kuantitas pakan yang dikonsumsi ternak memengaruhi kesehatan reproduksi secara langsung. Misalnya, kekurangan vitamin A atau protein dapat mengganggu siklus estrus dan mengurangi kemampuan ternak untuk hamil. Sebaliknya, nutrisi yang seimbang dan sesuai kebutuhan spesies dapat mendukung fungsi reproduksi yang optimal (Almeida & Silva, 2016).
- c. **Lingkungan:** Faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, dan kondisi kandang, berperan dalam menjaga kesehatan reproduksi ternak. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan stres termal yang mengganggu siklus reproduksi. Penanganan lingkungan yang baik, seperti penyediaan

ventilasi yang cukup dan pengendalian suhu, dapat membantu ternak tetap dalam kondisi reproduksi yang optimal (Chavatte-Palmer et al., 2018).

- d. Manajemen Kesehatan:** Program pencegahan penyakit yang efektif, termasuk vaksinasi dan pengendalian parasit, adalah komponen penting dalam manajemen kesehatan reproduksi. Penyakit seperti brucellosis, leptospirosis, dan penyakit infeksi lainnya dapat menyebabkan gangguan reproduksi yang serius, termasuk aborsi, infertilitas, dan penurunan kualitas keturunan (Blomberg et al., 2018). Oleh karena itu, strategi biosekuriti yang ketat dan pemantauan kesehatan ternak secara rutin sangat diperlukan.

3. Istilah-Istilah Penting dalam Reproduksi Ternak

Pemahaman terhadap terminologi dalam reproduksi ternak membantu dalam komunikasi yang lebih efektif antara peternak, dokter hewan, dan ilmuwan. Beberapa istilah penting dalam kesehatan reproduksi ternak meliputi:

- a. Estrus:** Periode birahi pada betina, di mana terjadi peningkatan hormon estrogen dan betina siap untuk kawin.
- b. Anestrus:** Fase tidak birahi pada betina, di mana aktivitas reproduksi tidak aktif.
- c. Inseminasi Buatan:** Proses penempatan sperma secara buatan ke dalam sistem reproduksi betina untuk tujuan fertilisasi.
- d. Superovulasi:** Teknik induksi ovulasi lebih dari satu sel telur dalam satu siklus, sering digunakan dalam program transfer embrio (O'Hara & Welsh, 2021).

Pemahaman konsep dasar ini penting bagi mahasiswa peternakan agar dapat mengenali dan mengatasi tantangan reproduksi yang mungkin muncul di lapangan. Dengan demikian, mereka diharapkan dapat menerapkan strategi yang tepat untuk meningkatkan produktivitas ternak melalui manajemen reproduksi yang baik.

4. Sistem Reproduksi dan Fisiologi Ternak

Pemahaman yang mendalam tentang sistem reproduksi dan fisiologi ternak merupakan dasar dari manajemen kesehatan reproduksi yang efektif. Sistem reproduksi pada ternak melibatkan berbagai organ yang berperan dalam siklus reproduksi dan fungsi seksual. Pengetahuan tentang anatomi dan fisiologi organ reproduksi baik pada ternak jantan maupun betina sangat penting bagi mahasiswa peternakan untuk menerapkan teknik reproduksi yang tepat serta meningkatkan efisiensi produksi ternak (Peters & Ball, 2020).

a. Anatomi Organ Reproduksi Jantan

Pada ternak jantan, organ reproduksi terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu testis, epididimis, vas deferens, dan penis. Setiap organ memiliki peran khusus dalam proses reproduksi:

- 1) **Testis:** Testis adalah organ utama yang bertanggung jawab atas produksi sperma dan hormon testosteron. Sperma diproduksi di dalam tubulus seminiferus, kemudian mengalami pematangan di epididimis sebelum siap untuk fertilisasi (Vasudevan & Barbieri, 2018).
- 2) **Epididimis:** Merupakan saluran panjang berkelok-kelok yang terletak di atas testis, berfungsi sebagai tempat pematangan dan penyimpanan sperma. Di sini, sperma mengalami pematangan morfologis dan biokimiawi yang membuatnya mampu untuk membuahi sel telur (Blomberg et al., 2018).
- 3) **Vas deferens:** Saluran yang menghubungkan epididimis dengan uretra, bertugas untuk mengangkut sperma selama ejakulasi.
- 4) **Penis:** Organ kopulasi yang digunakan untuk memasukkan sperma ke dalam saluran reproduksi betina selama perkawinan atau inseminasi buatan.

b. Anatomi Organ Reproduksi Betina

Pada ternak betina, sistem reproduksi terdiri dari ovarium, oviduk, uterus, serviks, dan vagina. Setiap organ memiliki fungsi penting dalam proses reproduksi, mulai dari produksi sel telur hingga perkembangan embrio:

- 1) Ovarium:** Ovarium adalah organ reproduksi utama yang bertanggung jawab atas produksi sel telur (oosit) dan hormon reproduksi seperti estrogen dan progesteron. Di ovarium, proses ovulasi terjadi ketika oosit yang matang dilepaskan dan siap untuk dibuahi (Powell & Perry, 2020).
- 2) Oviduk (Saluran Telur):** Oviduk menghubungkan ovarium dengan uterus, dan merupakan tempat di mana fertilisasi biasanya terjadi. Struktur ini dilapisi oleh sel-sel bersilia yang membantu pergerakan oosit menuju uterus.
- 3) Uterus:** Uterus adalah tempat perkembangan embrio setelah fertilisasi. Struktur ini memiliki lapisan endometrium yang mendukung implantasi embrio serta lapisan otot yang kuat untuk melindungi dan mendukung perkembangan janin (O'Hara & Welsh, 2021).
- 4) Serviks:** Serviks adalah bagian yang menghubungkan uterus dengan vagina dan berfungsi sebagai penghalang untuk mencegah infeksi selama kebuntingan. Pada saat estrus, serviks akan membuka untuk memungkinkan masuknya sperma ke dalam uterus.
- 5) Vagina:** Merupakan saluran kopulasi yang menerima penis selama perkawinan atau alat inseminasi pada inseminasi buatan. Vagina juga berfungsi sebagai jalan lahir bagi anak yang dilahirkan.

5. Siklus Reproduksi dan Hormonal

Siklus reproduksi pada betina melibatkan serangkaian perubahan hormonal yang mempersiapkan tubuh untuk ovulasi dan kebuntingan. Siklus ini biasanya dibagi menjadi empat fase: proestrus, estrus, metestrus, dan diestrus (Chavatte-Palmer et al., 2018):

- a. **Proestrus:** Fase di mana folikel di ovarium mulai berkembang di bawah pengaruh hormon FSH (*follicle-stimulating hormone*), dan kadar estrogen mulai meningkat.
- b. **Estrus:** Fase di mana betina berada dalam kondisi birahi dan siap untuk kawin. Pada fase ini, terjadi lonjakan hormon LH (*luteinizing hormone*) yang memicu ovulasi.
- c. **Metestrus:** Fase setelah ovulasi di mana korpus luteum terbentuk dari folikel yang pecah dan mulai menghasilkan progesteron untuk mempersiapkan uterus untuk implantasi embrio.
- d. **Diestrus:** Fase yang berlangsung jika tidak terjadi fertilisasi, di mana korpus luteum mengalami regresi dan kadar progesteron menurun, mengakhiri siklus dan memulai proestrus kembali.
- e. Peran hormon dalam reproduksi ternak.
- f. Hormon memainkan peran penting dalam mengatur proses reproduksi. Beberapa hormon utama dalam reproduksi ternak meliputi:
 - 1) **Estrogen:** Bertanggung jawab untuk menginduksi estrus dan mempersiapkan saluran reproduksi untuk fertilisasi.
 - 2) **Progesteron:** Diproduksi oleh korpus luteum setelah ovulasi, hormon ini mempersiapkan uterus untuk menerima embrio dan mempertahankan kebuntingan.
 - 3) **FSH (*Follicle-Stimulating Hormone*):** Merangsang perkembangan folikel di ovarium.
 - 4) **LH (*Luteinizing Hormone*):** Memicu ovulasi dan pembentukan korpus luteum.

Pengetahuan tentang anatomi dan fisiologi reproduksi ini penting bagi mahasiswa peternakan untuk memahami bagaimana fungsi reproduksi berjalan normal dan bagaimana mengidentifikasi serta menangani gangguan yang mungkin terjadi. Dengan demikian, mereka dapat mengoptimalkan manajemen reproduksi yang sesuai dengan spesies ternak yang mereka kelola.

C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kesehatan Reproduksi

Kesehatan reproduksi ternak sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi. Memahami faktor-faktor ini sangat penting bagi peternak untuk dapat memelihara ternak dengan optimal dan mencegah masalah reproduksi yang dapat mengganggu produktivitas. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kesehatan reproduksi ternak meliputi nutrisi, genetik, lingkungan, dan manajemen kesehatan. Setiap faktor ini memiliki peran tersendiri dalam mendukung fungsi reproduksi yang sehat dan efisien (Brown et al., 2019).

1. Faktor Nutrisi

Nutrisi memegang peran penting dalam mendukung kesehatan reproduksi ternak. Kekurangan nutrisi dapat menyebabkan gangguan pada siklus estrus, infertilitas, dan gangguan pada perkembangan janin. Sebaliknya, nutrisi yang memadai dan seimbang dapat mendukung fungsi reproduksi yang optimal. Nutrisi yang berpengaruh besar pada kesehatan reproduksi antara lain:

- a. **Protein:** Protein adalah komponen utama yang diperlukan untuk produksi hormon dan pembentukan jaringan reproduksi. Kekurangan protein dapat mengakibatkan penurunan kesuburan dan kualitas embrio (Vasudevan et al., 2018).
- b. **Energi:** Asupan energi yang cukup diperlukan untuk mempertahankan aktivitas reproduksi. Defisit energi dapat menyebabkan penurunan aktivitas estrus dan ovulasi. Kelebihan energi, di sisi lain, dapat menyebabkan obesitas yang juga berdampak negatif pada reproduksi (Wilson & Baldwin, 2019).
- c. **Vitamin dan Mineral:** Beberapa vitamin, seperti vitamin A, E, dan D, sangat penting untuk fungsi reproduksi. Vitamin A, misalnya, mendukung perkembangan folikel ovarium, sementara vitamin E dan selenium membantu dalam mencegah stres oksidatif pada jaringan reproduksi. Kekurangan mineral seperti fosfor dan kalsium juga bisa mempengaruhi fungsi hormon dan kualitas sel telur (Almeida & Silva, 2016).

Pola pemberian pakan yang seimbang dan sesuai kebutuhan spesifik jenis ternak sangat penting dalam mengelola kesehatan re-

produksi. Program suplementasi yang tepat harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan status fisiologis ternak.

2. Faktor Genetik

Genetik adalah faktor mendasar yang memengaruhi berbagai aspek reproduksi ternak, termasuk kesuburan, daya tahan terhadap penyakit, dan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan. Variasi genetik antar individu ternak memungkinkan seleksi genetik untuk meningkatkan sifat-sifat yang diinginkan, termasuk kesehatan reproduksi (Sutton & Hill, 2019).

- a. **Seleksi Genetik:** Pemuliaan ternak dilakukan untuk memilih individu dengan kualitas genetik yang baik untuk meningkatkan performa reproduksi. Misalnya, pada sapi perah, seleksi genetik sering difokuskan pada peningkatan produksi susu serta ketahanan terhadap penyakit mastitis yang mempengaruhi kesehatan reproduksi (Peters & Ball, 2020).
- b. **Inbreeding:** Pemuliaan yang melibatkan *inbreeding* atau perkawinan antar kerabat dekat dapat menyebabkan peningkatan risiko penyakit genetik, penurunan kesuburan, dan anomali reproduksi lainnya. Oleh karena itu, program pemuliaan perlu dirancang untuk menghindari *inbreeding* dan meningkatkan keanekaragaman genetik (Chavatte-Palmer et al., 2018).
- c. **Pemanfaatan Teknologi Genetik:** Teknologi seperti *marker-assisted selection* (MAS) dan genomik memungkinkan deteksi dini sifat-sifat genetik yang menguntungkan atau merugikan pada ternak. Dengan teknologi ini, peternak dapat meningkatkan efektivitas pemilihan genetik untuk kesehatan reproduksi (O'Hara & Welsh, 2021).

3. Faktor Lingkungan

Lingkungan merupakan faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap kesehatan reproduksi. Kondisi lingkungan yang tidak mendukung, seperti suhu ekstrem atau kelembaban yang tinggi, dapat menyebabkan stres pada ternak dan mengganggu fungsi reproduksi mereka.

- a. **Suhu dan Stres Termal:** Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat mempengaruhi produksi hormon dan menurunkan libido serta kualitas sperma pada ternak jantan. Pada ternak betina, stres panas dapat mengganggu siklus estrus dan meningkatkan risiko abortus (Blomberg et al., 2018). Penyediaan sistem ventilasi dan pengaturan suhu kandang yang memadai sangat penting untuk mengurangi efek stres termal.
- b. **Kepadatan Kandang:** Kepadatan kandang yang tinggi dapat menyebabkan persaingan yang berlebihan di antara ternak, yang dapat memicu stres dan mempengaruhi kesehatan reproduksi. Manajemen kandang yang baik dengan memperhatikan ruang yang cukup untuk setiap ternak dapat membantu mengurangi stres dan meningkatkan performa reproduksi (Powell & Perry, 2020).
- c. **Kebersihan dan Biosekuriti:** Kondisi kandang yang tidak bersih meningkatkan risiko infeksi penyakit, yang dapat berdampak buruk pada kesehatan reproduksi. Praktik biosekuriti, seperti sanitasi rutin dan kontrol akses, penting untuk menjaga kebersihan kandang dan meminimalkan risiko penyakit (Wilson & Baldwin, 2019).

4. Faktor Manajemen Kesehatan

Manajemen kesehatan yang baik merupakan komponen penting dalam menjaga kesehatan reproduksi ternak. Penyakit yang mempengaruhi sistem reproduksi, seperti *brucellosis*, leptospirosis, dan penyakit kelamin lainnya, dapat menyebabkan infertilitas, abortus, dan gangguan lainnya (O'Hara & Welsh, 2021).

- a. **Program Vaksinasi:** Vaksinasi yang tepat waktu membantu mencegah infeksi penyakit yang dapat mempengaruhi kesehatan reproduksi. Program vaksinasi sebaiknya dirancang sesuai dengan spesies dan risiko penyakit yang ada di daerah tersebut (Almeida & Silva, 2016).
- b. **Pengawasan Kesehatan:** Pemeriksaan kesehatan rutin dan pemantauan siklus reproduksi sangat penting untuk mendeteksi dini gangguan reproduksi. Penggunaan teknologi

pemantauan reproduksi, seperti sistem pelacakan siklus estrus, dapat membantu dalam pemantauan kesehatan reproduksi secara *real-time* (Chavatte-Palmer et al., 2018).

- c. **Pengendalian Parasit:** Parasit internal dan eksternal dapat mengganggu kesehatan reproduksi dengan menyebabkan anemia, stres, dan infeksi. Program pengendalian parasit yang teratur, seperti pemberian obat cacing, penting untuk menjaga kesehatan reproduksi yang optimal (Vasudevan et al., 2018).

Dengan memahami berbagai faktor yang mempengaruhi kesehatan reproduksi, peternak dan mahasiswa peternakan dapat merancang dan menerapkan strategi manajemen reproduksi yang tepat. Pendekatan yang holistik terhadap faktor-faktor ini dapat membantu meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan ternak di masa depan.

D. Manajemen Kesehatan Reproduksi di Peternakan

Manajemen kesehatan reproduksi di peternakan mencakup serangkaian praktik yang dirancang untuk mengoptimalkan fungsi reproduksi dan memastikan keberhasilan produksi keturunan. Praktik-praktik ini melibatkan pemantauan siklus reproduksi, penerapan teknik inseminasi buatan, penanganan masa kebuntingan, dan implementasi program vaksinasi. Manajemen reproduksi yang efektif membantu meminimalkan risiko gangguan reproduksi dan meningkatkan produktivitas ternak secara keseluruhan (Peters & Ball, 2020).

1. Teknik Deteksi Estrus

Deteksi estrus yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa inseminasi atau perkawinan dilakukan pada waktu yang optimal, ketika betina sedang dalam puncak kesuburan. Terdapat beberapa metode yang digunakan di peternakan untuk mendeteksi estrus pada ternak:

- a. **Pengamatan Visual:** Peternak melakukan pengamatan langsung terhadap tanda-tanda estrus pada betina, seperti peningkatan aktivitas fisik, adanya lendir dari vulva, dan perilaku sal-

ing menaiki. Teknik ini sederhana namun membutuhkan waktu dan ketelitian, terutama pada ternak yang dipelihara dalam kelompok besar (Blomberg et al., 2018).

- b. Penggunaan Alat Deteksi Estrus:** Teknologi deteksi estrus, seperti pedometer dan alat pengukur aktivitas fisik, telah banyak digunakan untuk membantu peternak memantau aktivitas estrus secara lebih akurat. Alat ini biasanya dipasang pada kaki atau leher ternak dan akan mencatat peningkatan aktivitas yang merupakan tanda estrus (Sutton & Hill, 2019).
- c. Pemeriksaan Hormon:** Analisis hormon, seperti progesteron, dapat digunakan untuk mendeteksi estrus secara lebih pasti. Metode ini biasanya dilakukan melalui pengujian darah atau susu untuk mengukur kadar hormon yang berhubungan dengan siklus reproduksi (Powell & Perry, 2020).

Deteksi estrus yang tepat waktu dapat meningkatkan peluang keberhasilan inseminasi buatan atau kawin alami, sehingga memperpendek interval antar kelahiran dan meningkatkan produktivitas ternak.

2. Inseminasi Buatan (IB)

Inseminasi buatan (IB) adalah teknik yang sangat umum digunakan dalam manajemen reproduksi ternak untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas genetika. Teknik ini memungkinkan penggunaan semen dari pejantan unggul secara luas, tanpa risiko penularan penyakit melalui perkawinan alami.

- a. Persiapan dan Pelaksanaan IB:** IB dilakukan dengan menempatkan semen secara langsung ke dalam saluran reproduksi betina pada saat estrus. Persiapan yang dilakukan meliputi deteksi estrus yang akurat, pengaturan suhu penyimpanan semen, dan penanganan yang steril selama proses inseminasi. Waktu inseminasi harus tepat agar sperma bertemu dengan sel telur pada fase yang paling subur (Wilson & Baldwin, 2019).
- b. Keuntungan IB:** Selain meningkatkan kualitas genetika, IB juga membantu dalam mengendalikan penyebaran penyakit

menular seksual pada ternak. IB memungkinkan penggunaan semen beku dari pejantan berkualitas tinggi dari berbagai lokasi, yang tidak memungkinkan melalui kawin alami (O'Hara & Welsh, 2021).

- c. **Tantangan IB:** Tantangan dalam penerapan IB meliputi kebutuhan akan tenaga kerja terlatih untuk melaksanakan proses inseminasi dengan benar dan ketergantungan pada peralatan khusus. Selain itu, kesalahan dalam deteksi estrus dapat mengurangi efektivitas IB (Peters & Ball, 2020).

3. Penanganan Masa Kebuntingan dan Kelahiran

Manajemen masa kebuntingan sangat penting untuk memastikan kesehatan betina dan janin hingga kelahiran. Penanganan yang tepat selama masa kebuntingan mencakup pemantauan kesehatan, pemberian pakan yang cukup, dan persiapan kandang untuk kelahiran.

- a. **Pemantauan Kebuntingan:** Pemeriksaan kebuntingan dilakukan melalui palpasi rektal atau ultrasonografi untuk memastikan adanya kebuntingan dan memantau perkembangan janin. Pemeriksaan kebuntingan memungkinkan deteksi dini masalah seperti kebuntingan palsu atau kematian janin (Chavatte-Palmer et al., 2018).
- b. **Nutrisi selama Kebuntingan:** Nutrisi yang memadai sangat penting untuk mendukung pertumbuhan janin dan mempersiapkan betina untuk proses laktasi pasca-kelahiran. Asupan nutrisi harus disesuaikan dengan fase kebuntingan, dengan meningkatkan porsi pakan pada trimester terakhir untuk mendukung perkembangan janin (Vasudevan et al., 2018).
- c. **Persiapan untuk Kelahiran:** Kandang yang bersih dan tenang perlu disiapkan untuk betina yang mendekati waktu kelahiran. Peternak harus waspada terhadap tanda-tanda kelahiran yang akan datang, seperti perubahan perilaku dan pembesaran ambing. Bantuan kelahiran dapat diberikan bila diperlukan, terutama pada kasus-kasus distokia atau kelahiran sulit (Wilson & Baldwin, 2019).

4. Program Vaksinasi dan Pencegahan Penyakit

Vaksinasi merupakan salah satu cara paling efektif dalam pencegahan penyakit reproduksi. Penyakit seperti *brucellosis*, leptospirosis, dan IBR (*Infectious Bovine Rhinotracheitis*) dapat mengakibatkan aborsi, infertilitas, dan masalah reproduksi lainnya jika tidak dicegah dengan vaksinasi yang tepat.

- a. **Penerapan Program Vaksinasi:** Program vaksinasi harus disesuaikan dengan risiko penyakit yang spesifik di wilayah peternakan dan jenis ternak yang dipelihara. Vaksinasi dapat dilakukan secara individu atau massal, tergantung pada ukuran kawanan dan jenis penyakit yang dihadapi (Brown et al., 2019).
- b. **Manajemen Biosekuriti:** Selain vaksinasi, penerapan biosekuriti yang ketat juga penting untuk mencegah penyebaran penyakit. Langkah-langkah biosekuriti meliputi sanitasi kandang, kontrol akses, dan karantina untuk ternak baru atau ternak yang sakit (Almeida & Silva, 2016).
- c. **Pemantauan Kesehatan Rutin:** Pemantauan kesehatan secara berkala memungkinkan deteksi dini penyakit dan pengelolaan yang lebih efektif. Teknologi pemantauan kesehatan seperti sensor aktivitas dan pemeriksaan laboratorium dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah kesehatan sebelum menjadi serius (O'Hara & Welsh, 2021).

Manajemen kesehatan reproduksi yang komprehensif dan efektif membantu memastikan bahwa ternak tetap produktif dan sehat. Dengan menerapkan teknik deteksi estrus yang tepat, memanfaatkan teknologi inseminasi buatan, dan menjalankan program vaksinasi secara berkala, peternak dapat meminimalkan risiko gangguan reproduksi dan meningkatkan efisiensi produksi.

E. Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Reproduksi

Penyakit reproduksi adalah salah satu tantangan utama dalam industri peternakan, karena dapat menyebabkan gangguan kesuburan,

aborsi, dan penurunan produktivitas ternak. Penyakit-penyakit ini sering kali bersifat infeksius dan dapat menyebar dengan cepat dalam kawanan, sehingga upaya pencegahan dan pengendalian yang efektif sangat diperlukan. Beberapa penyakit reproduksi yang umum pada ternak meliputi brucellosis, leptospirosis, dan penyakit menular seksual seperti trichomoniasis. Strategi pencegahan dan pengendalian meliputi vaksinasi, biosekuriti, dan manajemen kesehatan yang ketat (Chavatte-Palmer et al., 2018).

1. Penyakit Reproduksi Utama pada Ternak

- a. **Brucellosis:** *Brucellosis* adalah penyakit bakteri yang disebabkan oleh *Brucella spp.*, yang dapat mengakibatkan aborsi, infertilitas, dan penurunan produksi susu pada sapi dan kambing. Penyakit ini menular melalui kontak langsung dengan cairan tubuh yang terinfeksi, seperti plasenta atau air ketuban. *Brucellosis* juga merupakan zoonosis, artinya dapat menular ke manusia (Blomberg et al., 2018).
- b. **Leptospirosis:** Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Leptospira spp.* dan dapat mengakibatkan keguguran, penurunan kesuburan, dan infeksi ginjal pada ternak. *Leptospirosis* dapat menyebar melalui air atau tanah yang terkontaminasi *urine* dari hewan yang terinfeksi. Pencegahan terutama dilakukan melalui vaksinasi dan pengendalian lingkungan (Almeida & Silva, 2016).
- c. **Trichomoniasis:** Penyakit menular seksual yang disebabkan oleh protozoa *Tritrichomonas foetus*, terutama menyerang sapi. Penyakit ini dapat menyebabkan keguguran dini dan infertilitas pada sapi betina. Penularan terjadi melalui kawin alami, sehingga inseminasi buatan sering digunakan sebagai alternatif yang lebih aman (Wilson & Baldwin, 2019).

2. Strategi Pencegahan Penyakit Reproduksi

Pencegahan penyakit reproduksi adalah langkah utama untuk menjaga kesehatan dan produktivitas ternak. Beberapa strategi pencegahan utama meliputi:

- a. **Vaksinasi:** Vaksinasi merupakan salah satu metode pencegahan yang paling efektif. Misalnya, vaksinasi terhadap brucellosis dan leptospirosis dapat secara signifikan mengurangi insiden penyakit tersebut di peternakan. Program vaksinasi harus dirancang sesuai dengan jenis penyakit yang umum di daerah tersebut dan jenis ternak yang dipelihara (Brown et al., 2019).
- b. **Biosekuriti:** Biosekuriti adalah serangkaian tindakan yang bertujuan untuk mencegah masuknya penyakit ke dalam peternakan. Praktik biosekuriti meliputi kontrol akses ke peternakan, karantina untuk ternak baru atau ternak yang sakit, dan sanitasi yang ketat untuk kandang dan peralatan. Biosekuriti yang baik dapat mencegah penyebaran penyakit reproduksi melalui kontak langsung atau tidak langsung (Peters & Ball, 2020).
- c. **Pengendalian Vektor:** Beberapa penyakit reproduksi ditularkan melalui vektor seperti tikus atau serangga. Pengendalian populasi vektor, misalnya dengan mengelola sanitasi dan menggunakan insektisida atau rodentisida, dapat mengurangi risiko penularan penyakit. Manajemen air limbah dan kebersihan lingkungan juga penting untuk mencegah perkembangbiakan vektor penyakit (O'Hara & Welsh, 2021).

3. Pengendalian dan Pengobatan Penyakit Reproduksi

Pengendalian penyakit reproduksi memerlukan diagnosis yang cepat dan tepat untuk meminimalkan penyebaran penyakit dalam kawanan. Teknik pengendalian utama meliputi:

- a. **Deteksi Dini dan Isolasi:** Pengawasan rutin dan deteksi dini terhadap tanda-tanda penyakit penting untuk mencegah penyebaran lebih lanjut. Ternak yang menunjukkan gejala penyakit reproduksi harus segera diisolasi dari kawanan untuk mencegah penularan (Sutton & Hill, 2019).
- b. **Pengobatan dengan Antibiotik dan Antiparasit:** Banyak penyakit reproduksi yang dapat diobati dengan antibiotik atau antiparasit, tergantung pada agen penyebabnya. Misalnya,

brucellosis dapat diobati dengan antibiotik yang diresepkan oleh dokter hewan, sementara infeksi parasit pada trichomoniasis dapat dikontrol dengan antiparasit yang sesuai (Vasudevan et al., 2018).

- c. **Pemanfaatan Teknologi dalam Pemantauan:** Teknologi seperti sistem pemantauan berbasis sensor atau perangkat lunak manajemen kesehatan ternak dapat membantu peternak dalam melacak kesehatan reproduksi dan mendeteksi dini tanda-tanda penyakit. Teknologi ini dapat memberikan informasi yang real-time dan membantu peternak dalam pengambilan keputusan yang cepat dan akurat (Powell & Perry, 2020).

4. Tantangan dalam Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Reproduksi

Meskipun terdapat berbagai metode untuk mencegah dan mengendalikan penyakit reproduksi, peternak sering menghadapi beberapa tantangan, seperti biaya vaksinasi dan pengobatan yang tinggi, kebutuhan akan keterampilan khusus dalam pengelolaan biosekuriti, dan keterbatasan akses ke fasilitas diagnostik yang memadai. Edukasi dan pelatihan berkelanjutan bagi peternak sangat penting untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya pencegahan dan pengendalian penyakit reproduksi (Chavatte-Palmer et al., 2018).

Pengendalian penyakit reproduksi yang efektif memerlukan pendekatan holistik yang mengintegrasikan vaksinasi, biosekuriti, pengendalian vektor, dan penggunaan teknologi. Dengan strategi ini, peternak dapat memastikan bahwa ternak mereka tetap sehat dan produktif, sehingga mendukung keberlanjutan industri peternakan.

F. Teknologi dan Inovasi dalam Kesehatan Reproduksi Ternak

Kemajuan teknologi dan inovasi dalam kesehatan reproduksi ternak telah membuka peluang baru bagi peternak untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas genetik ternak. Beberapa teknologi yang sudah diterapkan secara luas dalam industri peternakan meliputi inseminasi buatan, fertilisasi in vitro, transfer embrio, dan sistem pelacakan reproduksi berbasis teknologi informasi. Teknologi-teknologi

ini tidak hanya membantu meningkatkan keberhasilan reproduksi tetapi juga memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan akurat (O'Hara & Welsh, 2021).

1. Inseminasi Buatan (IB)

Inseminasi buatan adalah salah satu teknik reproduksi yang paling umum digunakan di seluruh dunia untuk meningkatkan kualitas genetik dan kontrol penyakit pada ternak. Proses IB melibatkan pengumpulan sperma dari pejantan unggul, yang kemudian disimpan dan ditransfer ke betina dalam keadaan estrus.

- a. **Keunggulan IB:** Inseminasi buatan memungkinkan peternak untuk menggunakan sperma dari pejantan berkualitas tinggi secara efisien tanpa harus membawa ternak secara fisik ke lokasi pejantan. Selain itu, IB mengurangi risiko penyebaran penyakit menular seksual karena tidak ada kontak langsung antara ternak jantan dan betina (Peters & Ball, 2020).
- b. **Perkembangan Teknologi Semen Beku:** Inovasi dalam penyimpanan semen beku juga telah mengembangkan cara IB dilakukan. Teknologi ini memungkinkan semen disimpan dalam jangka waktu lama dan diangkut ke berbagai lokasi tanpa kehilangan kualitas, sehingga memudahkan distribusi genetik dari pejantan unggul ke seluruh dunia (Blomberg et al., 2018).

2. *Fertilisation in Vitro* (FIV)

Fertilisation in vitro adalah teknologi reproduksi yang memungkinkan pertemuan sperma dan sel telur terjadi di luar tubuh betina. Sel telur diambil dari betina donor, kemudian dibuahi dengan sperma di laboratorium, dan hasilnya ditanamkan ke rahim betina resipien yang telah disiapkan.

- a. **Keunggulan FIV:** Teknologi ini memungkinkan pemanfaatan betina yang memiliki kualitas genetik tinggi tetapi tidak mampu menghasilkan keturunan secara alami. FIV juga memungkinkan produksi keturunan dalam jumlah besar dalam waktu yang relatif singkat (Chavatte-Palmer et al., 2018).

- b. Tantangan FIV:** Meskipun menawarkan banyak keuntungan, FIV juga memiliki tantangan, seperti biaya yang tinggi dan kebutuhan akan fasilitas laboratorium khusus. Selain itu, keberhasilan FIV bergantung pada kondisi embrio yang dihasilkan serta kemampuan resipien untuk mengandung dan melahirkan dengan baik (Brown et al., 2019).

3. Transfer Embrio (TE)

Transfer embrio adalah teknik di mana embrio yang telah dibuahi dipindahkan dari betina donor ke betina resipien. Teknik ini sering digunakan bersamaan dengan superovulasi dan FIV untuk menghasilkan banyak embrio dari betina unggul.

- a. Proses TE:** Proses TE dimulai dengan superovulasi pada betina donor, yang diikuti dengan pengambilan embrio setelah pembuahan. Embrio tersebut kemudian ditanamkan ke rahim betina resipien yang telah dipersiapkan (Almeida & Silva, 2016).
- b. Keunggulan TE:** Transfer embrio memungkinkan peningkatan jumlah keturunan dari betina unggul dalam waktu yang singkat. Teknik ini juga memungkinkan betina donor untuk tetap produktif karena embrio dapat dipindahkan ke resipien tanpa menghentikan siklus reproduksi normal betina donor (Sutton & Hill, 2019).

4. Teknologi Pelacakan Reproduksi

Penggunaan teknologi pelacakan reproduksi telah menjadi semakin populer dalam pengelolaan peternakan modern. Sistem ini biasanya terdiri dari perangkat berbasis sensor yang dipasang pada ternak untuk memantau aktivitas fisik, deteksi estrus, dan parameter kesehatan lainnya.

- a. Sensor Aktivitas dan Pedometer:** Teknologi seperti pedometer dan sensor aktivitas dapat membantu dalam mendeteksi estrus berdasarkan peningkatan aktivitas fisik pada betina. Data yang dikumpulkan dapat diakses melalui perangkat mobile atau komputer, memungkinkan pemantauan jarak jauh yang lebih efisien (Wilson & Baldwin, 2019).

- b. Aplikasi Manajemen Reproduksi Berbasis *Cloud*:** Inovasi terbaru meliputi penggunaan aplikasi berbasis cloud untuk manajemen reproduksi. Aplikasi ini memungkinkan peternak untuk melacak data reproduksi secara *real-time*, membuat prediksi tentang waktu optimal untuk inseminasi, serta menyimpan data historis tentang kesehatan dan produktivitas ternak (Powell & Perry, 2020).

G. Tantangan dan Masa Depan Teknologi Reproduksi

Meskipun teknologi reproduksi menawarkan banyak manfaat, terdapat tantangan yang harus dihadapi, seperti biaya yang tinggi, kebutuhan akan pelatihan khusus, dan akses terbatas di beberapa daerah. Namun, dengan kemajuan teknologi yang terus berlanjut, diperkirakan bahwa teknologi ini akan menjadi lebih terjangkau dan mudah diakses. Di masa depan, perkembangan seperti penyuntingan genetik dan penggunaan kecerdasan buatan untuk analisis data reproduksi dapat semakin meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen reproduksi ternak (O'Hara & Welsh, 2021).

Inovasi-inovasi ini membawa harapan baru bagi industri peternakan dalam meningkatkan produktivitas dan menjaga kesehatan reproduksi ternak dengan lebih baik. Dengan adopsi teknologi yang tepat, peternak dapat mengoptimalkan manajemen reproduksi dan menghadapi tantangan yang ada secara lebih efektif.

H. Penutup

Kesehatan reproduksi ternak adalah komponen kunci dalam memastikan keberhasilan dan keberlanjutan industri peternakan. Bab ini telah membahas berbagai aspek penting yang mempengaruhi kesehatan reproduksi, mulai dari konsep dasar dan sistem reproduksi hingga faktor-faktor yang mempengaruhi kesehatan reproduksi serta teknologi yang mendukung manajemen reproduksi ternak. Setiap aspek ini memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung produktivitas dan kesejahteraan ternak.

Dalam dunia peternakan modern, pemahaman yang mendalam tentang manajemen kesehatan reproduksi menjadi semakin penting seiring dengan meningkatnya tuntutan terhadap produk ternak yang berkualitas dan efisien. Nutrisi, genetika, lingkungan, dan manajemen kesehatan semuanya merupakan elemen yang saling berkaitan dan memerlukan pendekatan holistik dalam pengelolaannya. Dengan mengenali dan mengelola faktor-faktor ini secara efektif, peternak dapat meningkatkan tingkat kelahiran, menjaga kualitas keturunan, dan mengurangi risiko gangguan reproduksi yang dapat menghambat produktivitas (Powell & Perry, 2020).

Teknologi dan inovasi terbaru, seperti inseminasi buatan, fertilisasi *in vitro*, transfer embrio, dan aplikasi manajemen berbasis sensor, telah membawa kemajuan signifikan dalam kesehatan reproduksi ternak. Teknologi ini tidak hanya memungkinkan peningkatan efisiensi reproduksi tetapi juga membuka peluang baru untuk memperbaiki kualitas genetika secara terencana. Meskipun tantangan seperti biaya dan keterbatasan akses ke fasilitas teknologi masih ada, kemajuan ini memberikan harapan untuk masa depan yang lebih produktif dan berkelanjutan bagi industri peternakan (O'Hara & Welsh, 2021).

Bagi mahasiswa program studi Peternakan, penguasaan terhadap konsep-konsep ini sangat penting sebagai bekal untuk terjun ke dunia industri peternakan yang kompetitif. Pengetahuan tentang manajemen kesehatan reproduksi tidak hanya bermanfaat dalam meningkatkan produktivitas, tetapi juga dalam mendukung kesejahteraan ternak. Dengan menerapkan prinsip-prinsip yang telah dipelajari dalam bab ini, diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan yang akan membantu mereka dalam menghadapi berbagai tantangan di bidang peternakan.

Sebagai kesimpulan, manajemen kesehatan reproduksi ternak adalah investasi yang penting bagi setiap peternak yang ingin meningkatkan produktivitas dan kualitas ternak mereka. Implementasi teknologi dan inovasi terbaru, dikombinasikan dengan manajemen kesehatan yang komprehensif, akan menghasilkan sistem peternakan yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Dengan pendekatan

yang tepat, peternakan modern dapat terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan pasar sambil tetap menjaga kesejahteraan ternak.



BAB 6

6

BAB 6 TEKNOLOGI PENGAWETAN SPERMATOZOA

Muh. Amin, S.Pt, M.Si

A. Tinjauan Umum Teknik Pengawetan Spermatozoa

Teknologi pengawetan spermatozoa merupakan salah satu aspek penting dalam reproduksi dan bioteknologi reproduksi, terutama dalam upaya pelestarian spesies, program inseminasi buatan (IB), dan pengembangan hewan ternak. Teknik pengawetan ini umumnya terdiri dari dua metode utama, yaitu pengawetan pada suhu rendah (refrigerasi) dan kriopreservasi (pembekuan dengan nitrogen cair).

Refrigerasi merupakan teknik ini dilakukan dengan menempatkan spermatozoa pada suhu sekitar 4-5°C. Penggunaan media penyimpanan khusus yang mengandung bahan penyangga dan nutrisi dapat mempertahankan viabilitas spermatozoa selama beberapa hari. Metode ini umumnya digunakan untuk inseminasi buatan yang dilakukan dalam waktu dekat. Refrigerasi dapat mempertahankan metabolisme spermatozoa pada tingkat rendah, sehingga memperlambat degradasi sel. Durasi penyimpanan perlu diperhatikan, karena peningkatan durasi berisiko menyebabkan akumulasi radikal bebas yang dapat merusak DNA dan struktur seluler lainnya.

Kriopreservasi menggunakan nitrogen cair pada suhu -196°C untuk menyimpan spermatozoa dalam waktu yang sangat lama, bahkan beberapa dekade. Sebelum pembekuan, spermatozoa dicampur dengan krioprotektan, seperti gliserol, yang berfungsi untuk mencegah pembentukan kristal es yang dapat merusak struktur sel.

Kriopreservasi memungkinkan penggunaan spermatozoa dalam jangka panjang dan sangat penting untuk program pemuliaan, konservasi plasma nutfah, serta fertilisasi in-vitro.

B. Komparasi Teknik Refrigerasi dan Kriopreservasi

Tabel 6. 1

Komparasi Teknologi Pengawetan Spermatozoa antara Teknik Refrigerasi dan Kriopreservasi

Aspek	Refrigerasi	Kriopreservasi
Suhu Penyimpanan	4-5° C	-196°C(menggunakan nitrogen cair).
Durasi Penyimpanan	Jangka Pendek(1-7 hari)	Jangka panjang(bertahun-tahun)
Tujuan Penggunaan	Pemakaian segera atau dalam waktu dekat.	Penyimpanan jangka panjang dan pemakaian di masa depan.
Kerusakan Sel	Risiko kerusakan rendah selama jangka pendek.	Risiko kerusakan tinggi akibat pembentukan es intraseluler dan stres osmotik selama proses pembekuan dan pencairan
Medium Penyimpanan	Larutan buffer dengan nutrisi dan antibiotic.	Medium krioprotektan(seperti gliserol atau DMSO untuk mencegah kerusakan es.
Kebutuhan Infrastruktur	Relatif sederhana menggunakan lemari es/refrigerator biasa	Membutuhkan infrastruktur lebih kompleks termasuk nitrogen cair dan peralatan khusus.
Biaya	Relatif rendah	Relati tinggi karena kebutuhan nitrogen cair dan infrastruktur krionik

Aspek	Refrigerasi	Kriopreservasi
Kualitas dan Motilitas sperma	Penurunan kualitas motilitas setelah beberapa hari	Penurunan motilitas dan viabilitas lebih signifikan karena proses pembekuan dan pencairan
Protokol Penggunaan	Mudah, dengan teknik kontrol suhu rendah	Lebih rumit, membutuhkan protokol spesifikasi untuk pembekuan lambat atau cepat dan pencairan
Efek pada Viabilitas Jangka Panjang	Tidak cocok untuk penyimpanan jangka panjang karena degradasi metabolik	Cocok untuk jangka panjang meskipun dapat menyebabkan penurunan viabilitas saat pencairan
Aplikasi	Digunakan pada program inseminasi buatan yang segera dijadwalkan	Digunakan dalam penyimpanan jangka panjang untuk tujuan konservasi inseminasi di masa depan atau donasi sperma

Pilihan antara teknik refrigerasi dan kriopreservasi tergantung pada tujuan penyimpanan dan kondisi spesifik yang dihadapi. Dalam penggunaannya kriopreservasi banyak digunakan dan diteliti karena penyimpanannya berlangsung lama. Secara umum ada dua teknik Kriopreservasi yaitu pembekuan lambat dan vitrifikasi. Pembekuan lambat merupakan proses terkontrol dengan konsentrasi *Cryoprotectant Agent* (CPA) yang lebih rendah, sedangkan vitrifikasi melibatkan pendinginan cepat untuk mencegah pembentukan es di dalam sel, menggunakan konsentrasi CPA yang lebih tinggi.

Cryoprotectant agent (CPA) adalah zat yang digunakan untuk melindungi sel, jaringan, atau organ dari kerusakan yang disebabkan

oleh pembentukan es selama proses pembekuan atau kriopreservasi. CPA ini bekerja dengan cara menurunkan titik beku air dan mencegah pembentukan kristal es yang dapat merusak sel selama proses pembekuan. Beberapa contoh CPA yang sering digunakan adalah:

1. Gliserol

Gliserol telah lama dikenal sebagai agen krioprotektan yang efektif, digunakan untuk melindungi sel dan jaringan dari kerusakan akibat pembekuan. Salah satu mekanisme utama yang dikaitkan dengan fungsi gliserol dalam kriopreservasi adalah kemampuannya untuk mencegah dehidrasi berlebihan pada sel selama pembekuan. Ini penting karena dehidrasi berlebihan dapat menyebabkan kerusakan yang parah pada membran sel. Gliserol merupakan krioprotektan penetratif, artinya ia mampu menembus membran sel dan membantu mengurangi kerusakan osmotik yang terjadi selama pembekuan. Dengan kemampuannya ini, gliserol menurunkan titik beku air dan mengurangi pembentukan kristal es intraseluler yang dapat merusak struktur internal sel. Gliserol membantu menjaga integritas sel dengan meminimalkan pembentukan kristal es besar yang dapat menyebabkan lisis atau ruptur sel. Ini penting karena kristal es dapat merusak membran sel serta organel internal, yang sering kali fatal bagi kelangsungan hidup sel pasca pencairan (Pegg, D.E., 2015).

Gliserol merupakan salah satu komponen krioprotektan yang sangat penting dalam proses pengawetan spermatozoa, terutama dalam konteks kriopreservasi, di mana sel spermatozoa disimpan pada suhu rendah untuk menjaga viabilitasnya dalam jangka waktu panjang. Gliserol membantu melindungi struktur sel spermatozoa dari kerusakan yang diakibatkan oleh pembentukan kristal es selama proses pembekuan. Saat spermatozoa didinginkan hingga suhu kriogenik, air dalam sel cenderung membentuk kristal es yang dapat merusak membran sel, menyebabkan kebocoran dan kematian sel. Gliserol bekerja dengan menggantikan air dalam struktur sel, sehingga mengurangi kemungkinan pembentukan kristal es intra-seluler dan menjaga stabilitas membran plasma.

Keberhasilan penggunaan gliserol bergantung pada kemampuannya untuk berdifusi melewati membran sel. Sifat permeabel ini

penting agar gliserol dapat dengan cepat masuk dan keluar dari sel tanpa menyebabkan perubahan osmotik yang drastis, yang dapat berakibat pada lisis atau kerusakan membran. Proses penambahan dan penghilangan gliserol dilakukan secara bertahap untuk meminimalkan efek osmolaritas tinggi yang dapat merusak spermatozoa.

Penggunaan gliserol harus disesuaikan dengan konsentrasi yang optimal. Konsentrasi gliserol yang terlalu rendah mungkin tidak efektif dalam memberikan perlindungan terhadap kerusakan beku-cair, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi justru bisa bersifat toksik bagi spermatozoa. Konsentrasi gliserol yang umum digunakan sebagai krioprotektan dalam kriopreservasi spermatozoa umumnya berkisar antara 5-10%. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan gliserol dalam rentang konsentrasi ini dapat memberikan hasil yang baik dalam mempertahankan kualitas spermatozoa selama proses pembekuan dan pencairan. Sebagai contoh, studi yang dilakukan pada ikan Tor soro menggunakan gliserol dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% sebagai krioprotektan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gliserol 5-10% efektif dalam menjaga motilitas dan viabilitas spermatozoa setelah pencairan (Junior, dkk., 2007). Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa gliserol dengan konsentrasi 6-8% sering digunakan untuk spesies lain, termasuk sapi dan unggas, dalam media pengenceran berbasis TRIS (tris-hidroksimetil-aminometana) dan kuning telur untuk memberikan perlindungan optimal terhadap spermatozoa dari kerusakan selama pembekuan (Rasad, dkk., 2022).

2. Dimetil sulfoksida (DMSO)

Meskipun gliserol efektif sebagai krioprotektan, toksisitas potensial tetap menjadi perhatian utama. Beberapa studi mencoba mencari alternatif atau bahan tambahan lain untuk mengurangi toksisitas dari gliserol, seperti penggunaan dimetil sulfoksida (DMSO).

Dimetil sulfoksida (DMSO) secara luas dikenal karena perannya sebagai krioprotektan, terutama karena kemampuannya untuk menstabilkan membran sel selama kriopreservasi. DMSO mencapai hal ini dengan berinteraksi dengan bilayer lipid dalam membran sel, mengubah perilaku fase mereka, dan meningkatkan integritas strukturalnya.

Pada konsentrasi rendah, DMSO mengurangi ketebalan membran dan meningkatkan permeabilitas, yang membantu mencegah pembentukan kristal es di dalam sel yang dapat menyebabkan kerusakan. Studi yang menggunakan model liposom menunjukkan bahwa DMSO menurunkan titik beku air dalam struktur ini, menstabilkan fase lipid, dan mencegah kebocoran selama siklus pembekuan dan pencairan. Stabilisasi ini sangat penting dalam proses kriopreservasi karena meminimalkan pembentukan es dan menjaga integritas membran selama pembekuan dan pencairan (Boafo, dkk., 2022).

Selain itu, DMSO dapat membentuk pori-pori sementara di membran lipid, yang memfasilitasi lewatnya air dan zat terlarut lainnya, yang lebih lanjut membantu dalam mengatasi stres yang disebabkan oleh suhu beku. De Ménorval, dkk., 2012 melaporkan bahwa pada konsentrasi DMSO yang rendah, senyawa ini terutama menyebabkan perubahan struktural pada membran, yang mengarah pada peningkatan fleksibilitas dan ketidakteraturan. Perubahan ini meningkatkan penetrasi air ke dalam membran. Namun, pada konsentrasi DMSO yang lebih tinggi, DMSO mendorong pembentukan pori-pori hidrofobik. Awalnya, pori-pori ini bersifat sementara dan kecil, tetapi dengan kandungan DMSO yang lebih tinggi, pori-pori ini menjadi stabil dan berkembang menjadi pori-pori hidrofilik, memungkinkan transportasi molekul yang lebih besar melintasi membran. Mekanisme porasi ini penting untuk mencegah pembentukan es di dalam sel selama kriopreservasi, karena memungkinkan air dan zat terlarut bergerak lebih bebas, membantu sel bertahan dari proses pembekuan.

Dalam praktik kriopreservasi, optimalisasi konsentrasi DMSO sangat penting untuk memaksimalkan manfaatnya sekaligus meminimalkan efek toksik. Oleh karena itu, setiap jenis spesies atau bahkan tiap individu dapat membutuhkan penyesuaian protokol untuk mencapai keseimbangan yang ideal antara perlindungan dan toksisitas, terutama terkait karakteristik biokimia membran spermatozoa yang dapat bervariasi secara signifikan.

3. Etilen Glikol (EG)

Etilen glikol memainkan peran penting dalam melindungi struktur seluler spermatozoa dari kerusakan yang diakibatkan oleh pembekuan dan pencairan. Ketika spermatozoa dibekukan, pembentukan kristal es dapat merusak membran sel dan organel intraseluler. EG, dengan kemampuan permeabilitas yang tinggi, dapat masuk ke dalam sel dengan lebih cepat dibandingkan krioprotektan lainnya, seperti gliserol, dan membantu menurunkan titik beku sehingga mengurangi pembentukan kristal es intraseluler (Shen, dkk., 2016). Peran utama etilen glikol adalah menstabilkan membran sel dengan mengurangi tegangan permukaan, sehingga mencegah dehidrasi yang berlebihan selama proses pendinginan. Selain itu, etilen glikol juga meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh perubahan volume osmotik, yang biasanya terjadi selama transisi fase dari cair menjadi padat dalam medium kriopreservasi. Kemampuan etilen glikol untuk melewati membran sel lebih cepat memungkinkan penggunaan konsentrasi yang lebih rendah untuk mencapai efek krioprotektan yang optimal, sehingga mengurangi risiko toksisitas pada spermatozoa (Cordeir, 2015).

Sebuah studi mengevaluasi berbagai krioprotektan, termasuk etilen glikol, dalam extender lecithin kedelai untuk semen domba. Hasilnya menunjukkan bahwa etilen glikol (dengan konsentrasi 3% dan 5%) memiliki efek yang sebanding dengan gliserol dalam mempertahankan motilitas, viabilitas, dan integritas membran spermatozoa setelah pencairan. Ini menunjukkan bahwa etilen glikol dapat secara efektif menggantikan gliserol dalam protokol kriopreservasi (Najafi, dkk., 2017).

4. Propilen Glikol

Propilen glikol bekerja dengan mengurangi titik beku medium dan meminimalisasi pembentukan kristal es, baik di luar (ekstraseluler) maupun di dalam (intraseluler) sel spermatozoa. Propilen glikol juga bertindak sebagai agen dehidrasi yang membantu menurunkan kandungan air intraseluler, sehingga mengurangi risiko kerusakan akibat es selama pembekuan. Propilen glikol tergolong krioprotektan permeabel, yang berarti dapat menembus membran sel dan berinteraksi langsung dengan cairan intraseluler, menggantikan air, serta

menjaga keseimbangan osmotik. Proses ini membantu menurunkan konsentrasi ion-ion dalam sel yang dapat memicu kerusakan osmotik selama pembekuan dan pencairan.

Proses kriopreservasi spermatozoa dilakukan sebagai berikut Pegg, D. E. (2010):

1. **Pengumpulan Sampel:** Spermatozoa dikumpulkan melalui ejakulasi atau aspirasi dari epididimis atau testis. Prosedur pengumpulan harus dilakukan dalam kondisi steril untuk menghindari kontaminasi. Kondisi lingkungan pengumpulan, seperti suhu dan pH, juga harus dioptimalkan untuk menjaga viabilitas sperma.
2. **Evaluasi Kualitas Sperma:** Setelah pengumpulan, sperma dievaluasi berdasarkan parameter seperti motilitas, morfologi, dan konsentrasi. Ini untuk memastikan bahwa sampel yang akan dikriopreservasi memiliki kualitas yang cukup untuk menjamin keberhasilan setelah proses pembekuan dan pencairan.
3. **Penambahan Media Krioprotektan:** Media krioprotektan ditambahkan untuk melindungi spermatozoa dari kerusakan selama proses pembekuan. Krioprotektan umum yang digunakan adalah gliserol, dimetil sulfoksida (DMSO), dan etilen glikol. Krioprotektan bekerja dengan mengurangi pembentukan kristal es yang bisa merusak struktur sel sperma.
4. **Pendinginan Bertahap:** Spermatozoa didinginkan secara bertahap dari suhu ruangan ke suhu 5°C. Proses ini penting untuk mencegah *shock termal* yang bisa menyebabkan kerusakan pada sperma. Biasanya, pendinginan dilakukan menggunakan mesin khusus (*freezer* pelan) untuk mengontrol laju pendinginan.
5. **Pembekuan Cepat (Vitrifikasi) atau Bertahap:** Setelah pendinginan bertahap, spermatozoa dibekukan dengan cepat menggunakan nitrogen cair. Ada dua metode pembekuan utama: (1) vitrifikasi, yaitu pembekuan super cepat yang mencegah pembentukan kristal es, dan (2) pembekuan bertahap dengan penurunan suhu secara perlahan.
6. **Penyimpanan dalam Nitrogen Cair:** Setelah pembekuan, sperma disimpan dalam wadah kriogenik yang berisi nitrogen cair (-

196°C). Pada suhu ini, aktivitas biologis spermatozoa berhenti total, memungkinkan penyimpanan jangka panjang tanpa terjadi degradasi sel.

- 7. **Pencairan (*Thawing*):** Saat diperlukan, sperma dikeluarkan dari penyimpanan dan dicairkan secara bertahap dengan menaikkan suhu hingga mencapai suhu tubuh normal (37°C). Proses pencairan yang tepat sama pentingnya dengan pembekuan untuk meminimalisasi kerusakan sel akibat perubahan suhu yang mendadak.
- 8. **Evaluasi Pasca Pencairan:** Setelah pencairan, sperma dievaluasi kembali untuk melihat viabilitas, motilitas, dan fertilitas. Tingkat kerusakan akibat pembekuan biasanya mempengaruhi kualitas sperma pasca pencairan, sehingga evaluasi ini penting sebelum digunakan dalam teknik reproduksi seperti inseminasi buatan atau fertilisasi *in vitro* (IVF).

C. **Kualitas Spermatozoa Sebelum dan Setelah Kriopreservasi**

Kualitas spermatozoa yang mengalami penurunan setelah kriopreservasi sebagian besar disebabkan oleh kerusakan akibat proses pembekuan dan pencairan yang memicu stres oksidatif dan perubahan pada membran sel. Beberapa jurnal di atas menyoroti tantangan yang muncul dari penggunaan kriopreservasi dalam konteks reproduksi berbantuan, serta berbagai solusi yang sedang dikembangkan untuk meningkatkan kualitas spermatozoa setelah kriopreservasi.

Tabel 6. 2

Kondisi Spermatozoa Sebelum dan Sesudah Kriopreservasi

Parameter	Sebelum Kriopreservasi	Setelah Kriopreservasi
-----------	------------------------	------------------------

Parameter	Sebelum Kriopreservasi	Setelah Kriopreservasi
Motilitas Spermatozoa	Tinggi, sekitar 50-70%. Tergantung pada individu. Motilitas yang baik menandakan kemampuan spermatozoa untuk bergerak menuju sel telur.	Menurun signifikan, 20-40% disebabkan proses pembekuan dan pencairan, dimana membran sel spermatozoa rentan terhadap kerusakan.
Viabilitas Spermatozoa	Viabilitas tinggi, >80%	Menurun, sekitar 50-70%
Morfologi Spermatozoa Normal	4-15% spermatozoa normal sesuai dengan standar WHO, dengan struktur kepala, leher, dan ekor yang optimal.	Sedikit perubahan morfologi akibat kerusakan struktural selama proses pembekuan. Abnormalitas kepala atau ekor dapat meningkat.
DNA Fragmentasi	Rendah (kurang dari 15%)	Meningkat, lebih dari 20-30% Dipengaruhi oleh stres oksidatif dan kerusakan selama pembekuan.
Kapasitas Fertilisasi	Tinggi, fertilisasi in vitro >60%	Menurun, fertilisasi in vitro ~40% Disebabkan penurunan motilitas dan integritas membran.
Kadar ROS (Reactive Oxygen Species)	Normal, di bawah 10 nmol/L	Meningkat, di atas 20 nmol/L Dapat merusak DNA dan mengurangi kualitas spermatozoa.
Struktur Ak-	Normal	Kerusakan pada akrosom

Parameter	Sebelum Kriopreservasi	Setelah Kriopreservasi
rosom		meningkat.
Reaktivasi Enzimatik dan Fungsionalitas	Enzim-enzim sperma-tozoa aktif, sehingga fungsionalitas tetap tinggi.	Beberapa enzim mungkin menjadi inaktif setelah krio-preservasi, menurunkan kemampuan fertilisasi.
Stabilitas Membran	Membran sel stabil dan fleksibel pada suhu fisiologis.	Membran sel cenderung menjadi lebih rapuh setelah pencairan, meningkatkan risiko kerusakan.

D. Aplikasi dalam Breeding

Dalam konteks pembibitan ternak, teknologi pengawetan spermatozoa sangat penting karena memungkinkan pemanfaatan spermatozoa dari pejantan unggul yang terbukti memiliki kualitas genetik tinggi. Ini menjadi sangat relevan dalam upaya perbaikan genetik pada ternak. Misalnya, dalam pembibitan sapi perah, spermatozoa dari pejantan dengan produksi susu tinggi dapat digunakan untuk meningkatkan performa produksi susu pada keturunannya. Hal ini juga berlaku untuk pembibitan ternak lainnya, seperti sapi potong, kambing, domba, dan unggas, di mana seleksi genetik memainkan peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan ketahanan ternak.

Selain itu, teknologi pengawetan spermatozoa juga memungkinkan pertukaran materi genetik lintas wilayah, bahkan lintas negara, tanpa perlu memindahkan ternak secara fisik. Ini membantu mencegah penyebaran penyakit yang mungkin terjadi jika ternak dibawa secara langsung. Dalam konteks ini, teknologi ini telah berperan penting dalam program pemuliaan internasional, di mana pejantan unggul dari satu negara dapat dimanfaatkan di berbagai negara lain melalui distribusi spermatozoa beku. plikasi kriopreservasi spermatozoa tidak hanya terbatas pada hewan domestik, seperti sapi, ku-

da, dan ikan, tetapi juga pada satwa liar yang terancam punah. Sebagai contoh, upaya konservasi harimau, badak, dan spesies primata melalui kriopreservasi sperma telah menjadi topik diskusi di kalangan ilmuwan konservasi. Di Indonesia, di mana keanekaragaman hayati merupakan kekayaan nasional, aplikasi kriopreservasi spermatozoa untuk tujuan konservasi spesies endemik juga menjadi semakin penting.

Secara keseluruhan, teknologi pengawetan spermatozoa telah menjadi pilar utama dalam program pembibitan ternak modern, mendukung efisiensi reproduksi, perbaikan genetik, dan distribusi genetik unggul secara lebih luas. Implementasi yang tepat dari teknologi ini berpotensi meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraan ekonomi, terutama dalam industri peternakan.

E. Tantangan dan Solusi

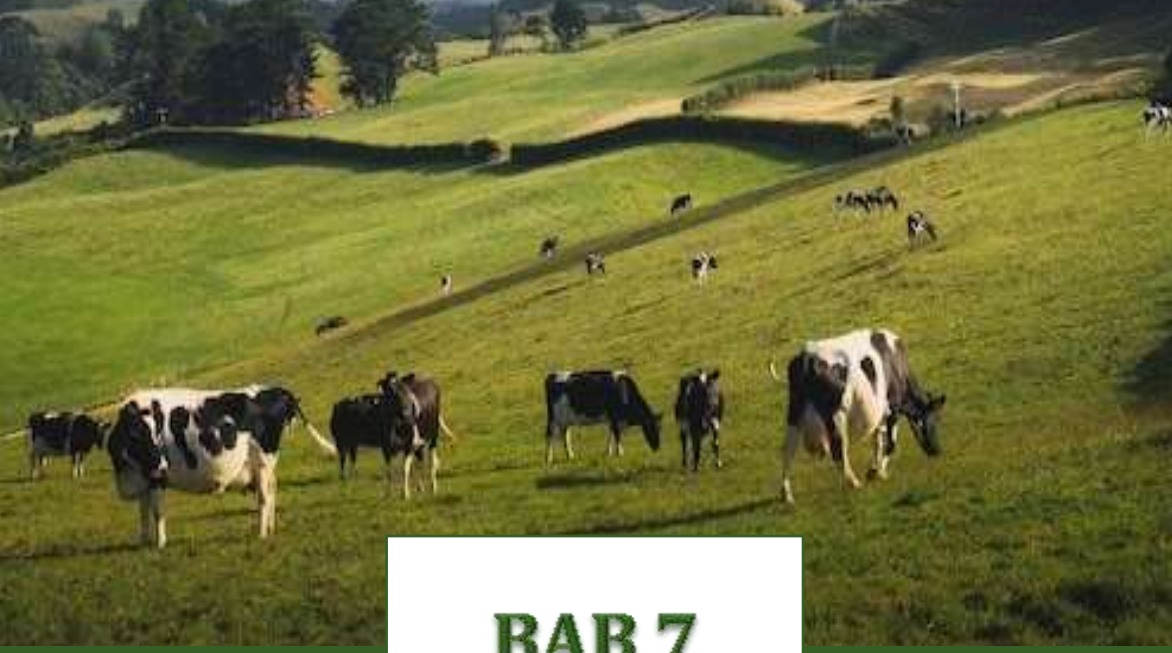
Tantangan yang sering terjadi dalam pengawetan spermatozoa serta alternatif solusi pengendaliannya dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 6. 3

Tantangan dan Solusi Pengawetan Spermatozoa

Tantangan	Solusi
Kerusakan Membran Plasma	Penambahan cryoprotectant seperti gliserol atau dimetilsulfoksida (DMSO) yang membantu melindungi membran dari kerusakan akibat kristalisasi es selama proses pembekuan.
Pembentukan kristal es	Teknik pembekuan lambat (<i>slow freezing</i>) yang memungkinkan air keluar dari sel sebelum terbentuk kristal. Metode vitrifikasi, yaitu pembekuan ultra-cepat tanpa pembentukan kristal es.
Stres Oksidatif	Penggunaan antioksidan seperti vitamin C, vitamin E, atau senyawa alami seperti melatonin yang dapat menurunkan tingkat radikal bebas yang merusak.

Tantangan	Solusi
Penurunan Motilitas Spermatozoa	Suplemen nutrisi seperti asam lemak omega-3 atau coenzyme Q10 yang dapat membantu menjaga fungsi dan motilitas sperma pasca
Kehilangan Viabilitas Sel	Optimalisasi media penyimpanan dan penggunaan buffer yang mendukung viabilitas sel sperma selama proses thawing (pencairan) sperma.
Pengaruh Suhu Ekstrem (<i>Thermal Shock</i>)	Pengaturan perubahan suhu secara bertahap selama proses thawing untuk mengurangi efek thermal shock. Penggunaan inkubator suhu rendah untuk mencairkan sperma secara perlahan.
Kerusakan DNA Spermatozoa	Optimalisasi teknik pembekuan dan penggunaan cryoprotectant yang tepat untuk mencegah fragmentasi DNA akibat pembekuan dan pencairan.
Penggunaan <i>Cryoprotectant</i> yang Berlebihan	Pengurangan dosis cryoprotectant dengan mempertimbangkan keseimbangan antara perlindungan dan toksisitas terhadap sel sperma.
Masalah Biokompatibilitas Media Pembekuan	Pengembangan media penyimpanan yang lebih kompatibel dan alami, seperti penggunaan bahan yang mendekati komposisi plasma seminal.
Perubahan pH Selama Proses Pembekuan	Penggunaan buffer pH stabil dalam media pembekuan untuk mencegah perubahan pH yang dapat merusak integritas sperma.



BAB 7

7

BAB 7 TRANSFER EMBRIO PADA TERNAK

Rasbawati, S.Pt., M.Si

A. Pengertian

Secara umum teknologi reproduksi pada bidang peternakan yang telah dikembangkan meliputi aplikasi inseminasi buatan (IB) yang merupakan generasi pertama, metode superovulasi, embrio transfer dan pengembangan teknologi *In Vitro Fertilisasi* (IVF). Beberapa negara maju bahkan sudah mengembangkan teknologi reproduksi generasi keempat yaitu pengembangan rekayasa struktur *deoxy-ribonucleic acid* (DNA) untuk penciptaan hewan transgenik dan klon yang kandungan genetiknya telah dirancang sesuai dengan tujuan tertentu atau lebih dikenal dengan istilah *genetically modified organism* (GMO). Pada bab ini secara khusus membahas mengenai transfer embrio.

Transfer embrio adalah suatu teknik memasukkan embrio ke dalam alat reproduksi ternak betina sehat (resipien) dengan alat tertentu untuk tujuan agar ternak bunting. Embrio yang dimaksud adalah hasil pembuahan spermatozoa dan sel telur yang terjadi secara alami maupun buatan (*in vivo* maupun *in vitro*). Transfer embrio merupakan teknologi reproduksi yang dipakai dalam program pemuliabiakan ternak dengan memanfaatkan bibit induk betina unggul dan juga jantan unggul secara maksimal untuk peningkatan produktivitas (jumlah dan kualitas) ternak. Tujuan transfer embrio adalah peningkatan produktivitas yang terintegrasi dengan perbaikan mutu genetik ternak dalam waktu yang singkat.

Teknologi transfer embrio pada ternak sudah sejak lama telah dilakukan, teknologi ini pertama kali dilaporkan oleh Umbaugh pada tahun 1949 dan selanjutnya dilaporkan pedet sapi pertama hasil embrio transfer pada tahun 1951 (Willet *et al*, 1951). Secara komersial penerapan teknologi transfer embrio dimulai pada awal tahun 1970-an sebagai salah satu metode pengembangbiakan ternak sapi ketika bangsa dwiguna sapi eropa (*dual purpose breed*) menjadi populer di Amerika Utara, Australia, dan New Zealand. Akibat adanya biaya impor yang sangat tinggi pada sapi eropa dan durasi karantina yang cukup panjang memaksa pengurangan sapi impor dan berinisiatif memperbanyak ternak sapi secepat mungkin yaitu dengan cara embrio transfer.

B. Sejarah Transfer Embrio

Teknologi transfer embrio (TE) pertama kali dilakukan pada kelinci oleh Walter Heape pada tanggal 27 April 1890 di Inggris (Apriani *et al*, 2018). Pada tahun 1931 Lewis dan Miller melakukan transfer embrio pada ternak superovulasi. Warwick dan Berry pada tahun 1949 berhasil melakukan pemindahan embrio pada kambing dan domba dan pada tahun 1951 berhasil dilakukan pada ternak sapi. Meskipun teknologi transfer embrio telah berhasil dilakukan pada berbagai jenis hewan, namun peneliti lebih cenderung menerapkan teknologi transfer embrio pada ternak seperti sapi, kambing dan domba.

Beberapa dekade terakhir di Indonesia telah menunjukkan perkembangan yang cukup pesat pada bidang teknologi reproduksi khususnya teknologi transfer embrio (TE). Aplikasi ini dimulai pada awal dasawarsa 1980-an. Transfer embrio pada sapi dan domba sudah dilakukan oleh beberapa perguruan tinggi seperti universitas Gajah Mada, universitas Brawijaya, universitas Airlangga dan Institut Pertanian Bogor, lembaga-lembaga penelitian seperti Balai penelitian ternak, dan LIPI, perusahaan peternakan swasta, Direktorat jenderal peternakan dan kesehatan hewan memiliki Balai Embrio Ternak (BET) Cipelang yang merupakan balai produsen embrio ternak (sapi) BET mulai beroperasi sejak tahun 1994. Kesuksesan aplikasi TE ini masih

sangat beragam dan dampaknya untuk perkembangan dan peningkatan produktivitas ternak masih sangat rendah. Padahal TE ini merupakan salah satu aplikasi yang sangat penting dalam rangka meningkatkan produktivitas ternak (Situmorang dan Endang, 2004).

Kendala umum dalam pelaksanaan metode transfer embrio adalah hampir seluruh peralatan, obat-obatan, hormon bahkan air yang cocok untuk digunakan dalam pembuatan medium *flushing* masih sangat tergantung dari pasokan dari luar negeri dan harganya fluktuasi tergantung kurs dolar.

Hingga saat ini metode transfer embrio sering dikaitkan dengan metode mutakhir yang disebut dengan metode bioteknik, dengan kata lain bioteknik dalam peternakan memiliki definisi sebagai tindakan biologis yang terkontrol dan terarah. Dalam metode transfer embrio terdapat suatu rangkaian mata rantai dari metode metode bioteknik yang saling terikat satu sama lain. Rangkaian tersebut antara lain superovulasi, sinkronisasi birahi, pembekuan embrio dan produksi kembar identik (mikromanipulasi). Metode pembekuan embrio dan produksi kembar identik dapat dikatakan sebagai lanjutan dari metode transfer embrio.

C. Manfaat Teknologi Transfer Embrio (TE)

Aplikasi teknologi transfer embrio memiliki manfaat diantaranya sebagai berikut:

1. Meningkatkan jumlah keturunan dari betina yang mempunyai kualitas unggul (superovulasi) penyimpanan embrio jangka panjang, transportasi embrio memperpendek waktu generasi, pemilihan jenis kelamin embrio (*sexing of embryo*), kelahiran kembar (twin), memproduksi kembar serupa (*identical twin*), *cloning*, dan untuk penelitian dan riset.
2. Meningkatkan mutu genetik ternak.
3. Mencegah penyakit hewan menular yang ditularkan melalui saluran kelamin.
4. Mempercepat peningkatan populasi.

5. Mempercepat pengenalan material genetik baru melalui ekspor embrio.
6. Meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam meningkatkan produksi.

D. Metode Transfer Embrio

Pelaksanaan metode transfer embrio merupakan rangkaian tahapan kerja yang bertahap dan teratur. Proses produksi embrio pada transfer embrio dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara *in-vivo* dan dapat juga dilakukan secara *in-vitro*. Proses produksi secara *in-vivo* adalah proses memproduksi embrio yang berlangsung di dalam tubuh induk sapi dengan memberikan tertentu, sedangkan secara *in-vitro* proses produksi embrio berlangsung di luar tubuh induk sapi (dilakukan di laboratorium) dengan tahapan-tahapan tertentu.

Produksi embrio secara *in-vivo* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan seleksi induk sapi donor.
2. Melakukan superovulasi (penyerentakkan birahi) pada induk sapi donor menggunakan hormon FSH.
3. Melakukan inseminasi buatan (IB) pada induk sapi donor yang mengalami birahi dengan menggunakan semen pejantan unggul.
4. Setelah melakukan IB, dalam kurun waktu tertentu (7 hari) dapat dilakukan pemanenan embrio (*flushing* embrio).
5. Embrio yang sudah di *flushing* kemudian di evaluasi dan disimpan (dibekukan) dan dapat digunakan atau di transfer pada induk resipien.

Produksi embrio secara *in-vitro* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Koleksi embrio.
2. Koleksi oosit dari sapi.

3. Selanjutnya, tahap maturasi oosit, tahap maturasi ini selama 24 jam
4. Setelah tahap maturasi, kemudian masuk ke tahap fertilisasi (5-18 jam)
5. Kemudian, tahap kultur embrio kemudian di inkubasi selama 7 hari. Setelah 7 hari di inkubasi, embrio di evaluasi dan dilakukan penyimpanan.

E. Seleksi Sapi Betina Donor

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah memilih sapi betina donor. Kriteria sapi donor untuk produksi embrio menurut BET Cipelang (2017) adalah sebagai berikut:

1. Memiliki genetika unggul.
2. Mempunyai catatan data individu (*pedigree*) yang jelas.
3. Bebas dari penyakit menular dan berbahaya.
4. Memiliki catatan reproduksi (siklus birahi).
5. Umur tidak terlalu tua.
6. Sudah pernah melahirkan minimal sekali.
7. Memiliki kemampuan reproduksi yang baik dan sehat.
8. Mempunyai sejarah reproduksi yang baik yaitu melahirkan secara teratur dan tidak mengalami distokia (kesulitan melahirkan).

F. Superovulasi Sapi Betina Donor

Dalam pelaksanaan metode transfer embrio faktor yang sangat menentukan adalah superovulasi yang diharapkan akan diperoleh sel telur yang terbuahi (embrio) seoptimal mungkin. Superovulasi dilakukan bertujuan menghasilkan sel telur dalam jumlah yang banyak dalam sekali periode estrus. Pada prinsipnya superovulasi menstimulasi perkembangan folikel dengan menggunakan hormon sehingga menghasilkan beberapa sel telur. Pada persiapan sapi donor untuk superovulasi, waktu yang terbaik dimulai pada pertengahan siklus bi-

rahi dengan menyuntikkan hormon gonadotropin dan luteolitik hormone. Hormon Gonadotropin yang biasa tersedia terdapat dalam 2 preparat yang berbeda yakni: 1) *pregnant Mare's Serum Gonadotropin* (PMSG) dengan daya kerja yang cukup lama (waktu paruh 40-120 jam) dan 2) *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) dengan pengaruh kerja yang cukup singkat (waktu paruh 2-5 jam), selain itu dapat juga digunakan human menopause gonadotropin (Hmg). Pada umumnya FSH disuntikkan 2 kali sehari selama 4 hari pada pertengahan siklus estrus normal (ketika corpus luteum fungsional masih berada pada ovarium). Selanjutnya prostaglandin disuntikkan pada hari keempat. Perlakuan tersebut akan menyebabkan regresi corpus luteum dan estrus akan terjadi sekitar 48 jam kemudian (Troxel, 2013).

Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG) dengan nama dagang Intergonan dan Brumegon dalam superovulasi dosis yang diberikan yaitu satu kali. Untuk menghindari waktu paruh yang lama dapat diberikan anti-PMSG dan menurut hasil penelitian di lapangan dapat menunjang perbaikan hasil superovulasi. Saat ini hormon gonadotropin yang paling sering digunakan untuk superovulasi adalah FSH-P (Burns-Biotec). Dosis pemberian FSH-P sebanyak 40-50 mg. Jika tidak dengan dosis tetap terbagi merata dalam delapan kali suntikan atau dengan dosis turun secara bertahap dimulai dengan dosis awal yang tinggi 8 mg dan direduksi terus sampai 3 mg pada pemberian hari terakhir. Interval pemberiannya 12 jam.

G. Seleksi dan Persiapan Sapi Betina Resipien

Pada metode TE induk yang digunakan sebagai induk resipien memiliki syarat-syarat tertentu, hal ini bertujuan agar aplikasi TE dapat berjalan dengan baik dan tingkat keberhasilan TE dapat tercapai sesuai harapan. Sapi resipien yang dapat digunakan adalah sapi dara atau sapi induk kisaran umur 18-24 bulan dengan berat badan berkisar 200-250 kg. sapi dara sebagai resipien memiliki kelebihan karena ditinjau dari aspek kehygienisan nya dan teknis pelaksanaan kerja pemindahan embrio itu sendiri. Sapi-sapi yang dijadikan resipien in harus sinkron siklusnya dengan siklus birahi sapi donor. Oleh karena itu, dapat diberikan 1-2 kali penyuntikan prostaglandin

(PGF_{2α}) dan tergantung keadaan siklus birahi dari resipien itu sendiri. Perlu diperhatikan aplikasi prostaglandin pada sapi resipien harus diberikan 12 sampai 24 jam sebelum aplikasi prostaglandin pada donor, karena siklus birahi pada donor akibat pemberian gonadotropin 24 jam lebih awal daripada resipien. Adapun syarat induk resipien adalah:

1. Memiliki pedigree yang jelas.
2. Memiliki keunggulan genetic.
3. Memiliki kemampuan reproduksi yang baik.
4. Tidak memiliki penyakit menular khususnya penyakit reproduksi.
5. Pernah beranak satu kali.
6. Umur tidak terlalu tua.
7. Tidak memiliki riwayat kesulitan melahirkan.
8. Memiliki performa tubuh yang baik (nilai BSC 2,5-3,0) atau 5 untuk sapi potong.

Pada zaman dahulu metode pemindahan embrio dilaksanakan secara bedah pada sapi resipien dalam keadaan berdiri setelah memperoleh anestesi lokal. Namun, dewasa ini telah berkembang dengan cukup pesat proses pemindahan embrio tanpa bedah hal ini disebabkan karena banyak tim transfer embrio menolak metode TE dengan cara bedah. Untuk proses pemindahan embrio tanpa bedah biasa digunakan alat transfer (transfer gun) model Hannover, pemakaian alat transfer ini mirip dengan penggunaan alat pada metode Inseminasi Buatan (IB).

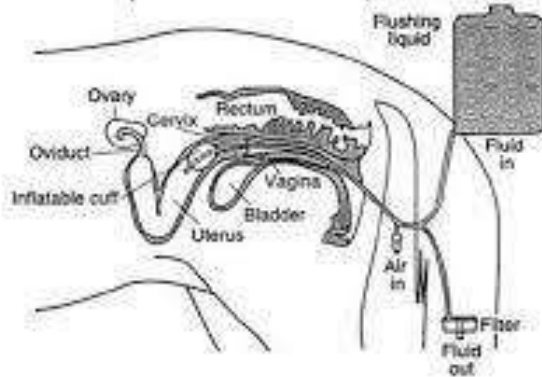
H. Flushing Embrio

Koleksi embrio dapat dilakukan dengan cara bedah dan tanpa bedah atau dengan cara flushing/pembilasan, koleksi embrio tanpa bedah memiliki kelebihan yaitu murah dalam pelaksanaan hampir tidak ada masalah dan tidak berbahaya serta dapat dilakukan di dalam kandang. Biasanya embrio akan dikoleksi dari donor dengan jalan pembilasan (*flushing*) pada hari ke-6,7 atau 8 (umumnya pada hari ke-

7 dari suatu siklus birahi). Pada hari ke-7 penyebaran sel telur yang terovulasi dalam saluran kelamin betina adalah sebagai berikut: 10% masih berada dalam saluran telur (tuba fallopi), 70% berada disekitar 10 cm tersebar di daerah tanduk Rahim (*apex cornus uteri*) dan 20% tersebar sekitar dekat cabang tanduk Rahim (*bifurkatio uteri*). Untuk pencucian kedua tanduk rahim sapi paling cocok menggunakan kateter karet yang tersedia di pasaran dalam berbagai macam tipe. Pada prinsipnya semua kateter bagian depannya (sebelum ujung) memiliki balon manset yang dapat ditiupkan udara dari luar yang berfungsi mencegah mengalirnya kembali medium ke arah badan rahim. Medium pembilas yang biasa digunakan untuk koleksi embrio yaitu modifikasi *phosphate buffered saline* (BFS) + 1% *fetal calf serum* (FCS), medium ini dapat dibuat sendiri atau dapat dibeli dalam bentuk kemasan yang telah jadi.

Medium ini dapat disimpan dalam lemari pendingin dan tahan sampai 2 minggu. Pada praktek di lapangan metode flushing embrio tanpa bedah akan diperoleh kurang dari 90% sel telur yang terovulasi. Rata-rata akan diperoleh pembilasan yang biasa sekitar 70% dari sel telur yang terovulas (Supriatna, 2018). Selanjutnya embrio yang sudah dikoleksi tersebut disaring dengan menggunakan suatu filter khusus yang disebut *embryo collector*. Kemudian di evaluasi di bawah mikroskop untuk mengetahui kualitas dan tahapan perkembangan embrio. Proses embrio dilakukan pada sapi donor yang telah dianastesi epidural sebelumnya. Adapun mekanisme flushing embrio dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Flushing embrio (koleksi embrio tanpa pembedahan)



Gambar 7. 1

Mekanisme Flushing Embrio

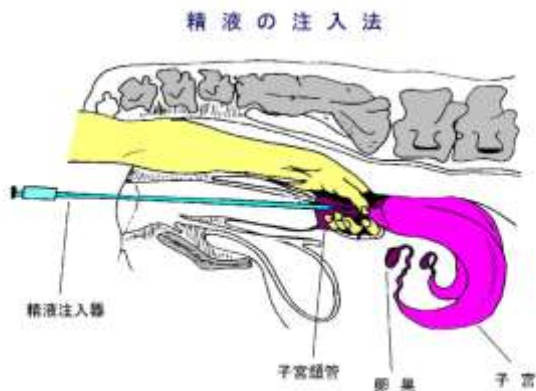
I. Evaluasi embrio

Evaluasi embrio dilakukan d bawah stereo mikroskop dengan pembesaran lebih dari 40 kali. Evaluasi dilakukan dengan melihat kriteria embrio berupa: bentuk embri; kepadatan morula; variasi ukuran sel; warna dan tekstur sitoplasma, diameter embrio seacar keseluruhan, keadaan zona pelusida, ada tidaknya vesikel dalam sitoplasma (Troxel, 2013). Embrio yang diperoleh harus memiliki stadium yang relatif sama yaitu stadium morula (32 sel). Adanya embrio yang stadium pertumbuhannya kurang dari 32 sel menunjukkan pertumbuhan yang lambat. Embrio yang diperoleh dari media pembi-las diambil menggunakan mikropipet dan kemudian dimasukkan ke dalam *straw* mini.

J. Transfer Embrio

Prosedur kerja pada metode transfer embrio adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan (embrio, gun TE, *sheat* TE, *Gloves*, gunting, tissue, tali tambang, *syringe*, *needle* 18G, kapas alkohol, pinset, lidocaine, air hangat, *sheet* TE, dan alat tulis).
2. Memfiksasi resipien yang akan di lakukan transfer embrio.
3. Melakukan anastesi epidural.
4. Melakukan thawing embrio.
5. Memasukkan straw embrio pada gun TE kemudian memasukkan gun TE ke dalam sheet TE yang telah dilengkapi *outer sheat*.
6. Membersihkan vulva dengan air, kemudian melap dengan tissue dan kapas beralkohol.
7. Membuka vagina dengan jari dan memasukkan gun TE ke dalam alat reproduksi betina sampai ujung gun mencapai 1/3 bagian apex cornua kanan atau kiri.
8. Melakukan transfer embrio pada cornua yang ipsilateral dengan korpus luteum.



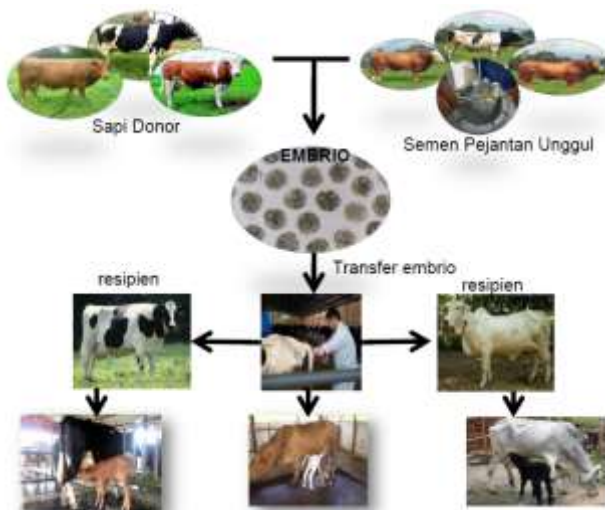
Gambar 7.2

Proses Transfer Embrio

Thawing embrio dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Persiapan bahan dan alat (Air hangat dengan suhu 38oC, thermometer, wadah air, tisu, dan kontainer berisi embrio).
2. Menyiapkan air hangat dalam wadah yang dapat merendam straw embrio.
3. Memilih *straw* embrio yang akan *dithawing*.
4. Mengambil straw embrio dari kontainer dengan menggunakan pinset dan biarkan diudara selama 7-10 detik.
5. Mencelupkan embrio kedalam air hangat sampai kristal es didalam straw meleleh dengan sempurna.
6. Mengambil dan mengeringkan *straw* embrio dengan tisu
7. *Straw* embrio siap digunakan.

Secara umum proses transfer embrio di ilustrasikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 7. 3

Transfer Embrio pada Sapi

Pada proses aplikasi transfer embrio terdapat faktor yang mempengaruhi keberhasilan teknologi reproduksi tersebut. Adapun faktor faktor yang mempengaruhinya antara lain sebagai berikut:

1. Kualitas embrio.
2. Petugas:
 - a. Disiplin dan bertanggung jawab.
 - b. Keterampilan dalam aplikasi TE:
 - 1) Memastikan resipien memiliki CL fungsional umur 6-8 hari.
 - 2) Anestesi dilakukan dengan benar dengan respon anestesi yang jelas.
 - 3) Thawing embrio beku dilakukan dengan benar, sesuai SOP.
 - 4) Menyiapkan semua peralatan TE sesuai SOP.
 - 5) Handling uterus dan memasukkan gun TE dengan hati-hati, tidak boleh ada iritasi pada dinding uterus (lihat ujung gun TE setelah aplikasi. Jika ada spot darah, tingkat keberhasilan jauh menurun).
 - 6) Memiliki pengetahuan yang cukup dalam bidang TE.
3. Resipien:
 - a. Tidak ada infeksi terutama dalam organ reproduksi.
 - b. Kualitas “birahi”: harus yakin benar, bukan hanya leleran lender.
 - c. Posisi transfer harus ipsilateral dengan CL.
 - d. Status nutrisi/pakan dalam kondisi cukup minimal 1 – 2 bulan terakhir.
 - e. Paritas: biasanya dara lebih susah untuk TE dibandingkan induk.
 - f. Perilaku: resipien yang tenang lebih baik dibandingkan yang tidak.

- g. Masalah gangguan reproduksi.

K. Standar Aplikasi di Daerah

Untuk melakukan program aplikasi teknologi transfer embrio di daerah ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu lokasi dan peternak.

1. Lokasi

Lokasi yang akan mendapatkan pelayanan Transfer Embrio telah memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Wilayah padat ternak (sapi) yang terkonsentrasi pada suatu kawasan.
- b. Kawasan yang telah intensif dalam pelaksanaan IB.
- c. Memiliki fertilitas kelompok yang tinggi, yang ditunjukkan dengan adanya keberhasilan IB yang tinggi ($S/C < 1,7$).
- d. Tersedia calon resipien yang memenuhi syarat teknis pi perah maupun sapi potong).
- e. Kawasan ternak harus bebas dari penyakit hewan menular khususnya penyakit reproduksi (Brucellosis, IBR, Tricomoniasis dll).
- f. Mudah untuk dilakukan monitoring dan evaluasi.
- g. Mutasi ternak dapat dikendalikan.

2. Peternak

- a. Pola usaha peternaknya sebagai usaha pokok dengan kepemilikan ternak diusahakan lebih dari 5 (lima) ekor.
- b. Bersedia mengikuti semua aturan/kesepakatan yang akan ditetapkan berkaitan dengan ternak hasil.
- c. Memiliki calon resipien yang memenuhi syarat yang akan diseleksi pada saat pelaksanaan Transfer Embrio (TE).
- d. Memiliki sistem pencatatan/rekording yang baik.



BAB 8

8

BAB 8 PENGUNAAN HORMON DALAM REPRODUKSI TERNAK

Ina Nurtanti, S. Pt., M.Pt

A. Pendahuluan

Berasal dari bahasa Yunani kuno, "*hormaein*", yang berarti "menimbulkan gairah", definisi konvensional hormon adalah suatu zat kimia organik yang dibuat oleh sel-sel tertentu yang sehat, dilepaskan melalui aliran darah dalam jumlah kecil dan dapat mengganggu atau merangsang fungsi spesifik jaringan atau organ. Hipotalamus, hipofisis, gonad, plasenta, dan uterus menghasilkan banyak hormon yang memengaruhi proses reproduksi. Endokrinologi adalah bidang biologi yang mempelajari bagaimana hormon dan reseptor berfungsi. Beberapa metode dalam endokrinologi termasuk:

- 1. Ablation:** metode ini dilakukan dengan membuang kelenjar endokrin melalui pembedahan untuk mempelajari gejala yang disebabkan oleh kekurangan hormon yang dihasilkan oleh kelenjar tersebut.
Kastrasi hewan jantan adalah salah satu metode ablation untuk mempelajari perubahan ciri fisik yang disebabkan oleh kehilangan hormon androgen yang dihasilkan oleh testis.
- 2. Terapi Penggantian:** Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi sindroma yang terjadi akibat ablasi. Ini dapat dicapai dengan melakukan implantasi kembali organ yang

diablasi atau dengan menyuntikkan estrak kasar (ekstrak kasar) dari kelenjar yang diablasi tersebut.

3. **Regulasi Kelenjar Endokrin:** Perubahan dalam sintesis dan sekresi hormon dapat dipelajari dengan menggunakan kondisi fisio logis dengan mengisolasi dan memisahkan hormon dari substansi lain dari ekstrak kasar kelenjar endokrin. Apabila suatu hormon dapat diisolasi dan struktur kimianya diketahui, maka hormon tersebut dapat dibuat sintetisnya.

B. Klasifikasi Hormon

Hormon utama reproduksi adalah hormon-hormon yang langsung bertanggung jawab atas berbagai fungsi reproduksi, termasuk spermatogenesis, ovulasi, kelakuan seksual, fertilisasi, implantasi, kebuntingan, kelahiran, laktasi, dan tindakan induk.– Hormon metabolik yang mempengaruhi reproduksi: hormon ini bertanggung jawab terutama atas proses metabolisme umum, yang pada akhirnya akan mempengaruhi reproduksi. Hormon metabolik menjaga kondisi hewan sehingga mereka dapat beradaptasi dengan hormon reproduksi utama. Menurut struktur kimianya, hormon reproduksi terbagi menjadi tiga kategori:

1. Golongan protein.
2. Golongan steroid.
3. Golongan asam lemak.
4. Golongan amine.

C. Mekanisme Kerja Hormon Protein pada Ternak

Hormon protein bekerja melalui interaksi dengan reseptor di permukaan membran sel dan mengaktifkan jalur transduksi sinyal yang kompleks. Mekanisme ini memungkinkan hormon protein untuk mengatur berbagai proses biologis pada ternak dengan cepat dan efisien. Pemahaman mendalam tentang mekanisme kerja hormon protein sangat penting untuk mendukung pengelolaan ternak yang optimal, seperti dalam program reproduksi, peningkatan

pertumbuhan, atau pengaturan metabolisme. Hormon protein atau peptida, seperti hormon pertumbuhan (GH), insulin, FSH, dan LH, adalah senyawa yang terdiri dari rantai asam amino. Hormon ini berperan penting dalam berbagai fungsi fisiologis pada ternak, termasuk reproduksi, metabolisme, dan pertumbuhan. Karena sifatnya yang larut air, hormon protein bekerja dengan mekanisme spesifik yang melibatkan reseptor di permukaan sel. Berikut adalah langkah-langkah mekanisme kerja hormon protein pada ternak:

1. Pengikatan pada Reseptor Membran

- a. Hormon protein tidak dapat menembus membran sel karena ukurannya besar dan sifatnya larut air.
- b. Hormon ini berikatan dengan reseptor spesifik yang terletak di permukaan membran sel target.
- c. Contoh: Insulin berikatan dengan reseptor insulin untuk mengatur kadar glukosa darah.

2. Aktivasi Sistem Transduksi Sinyal

Setelah hormon berikatan dengan reseptor, terjadi aktivasi jalur transduksi sinyal di dalam sel.

- a. Reseptor ini biasanya memiliki aktivitas enzimatis, seperti tirosin kinase, atau berikatan dengan protein lain yang memulai sinyal.
- b. Aktivasi ini memicu serangkaian reaksi biokimia di dalam sel yang disebut kaskade sinyal.
- c. Contoh: Pada hormon pertumbuhan (GH), reseptor GH mengaktifkan jalur JAK-STAT untuk mengatur transkripsi gen yang terkait dengan pertumbuhan.

3. Produksi Molekul Kedua (*Second Messenger*)

Dalam beberapa mekanisme, pengikatan hormon protein memicu pelepasan molekul kedua (*second messenger*), seperti:

- a. **cAMP (*cyclic Adenosine Monophosphate*)**: Diaktifkan oleh enzim adenilat siklase, yang memengaruhi berbagai proses seperti metabolisme energi.

- b. **Ion Kalsium (Ca^{2+}):** Dilepaskan dari retikulum endoplasma untuk mendukung kontraksi otot atau sekresi hormon lainnya.

4. Aktivasi atau Penekanan Gen Target

- a. Jalur transduksi sinyal akhirnya memengaruhi faktor transkripsi di dalam inti sel.
- b. Faktor transkripsi ini mengatur ekspresi gen tertentu, yang menghasilkan protein atau enzim yang diperlukan untuk fungsi spesifik.
- c. Contoh: Hormon FSH meningkatkan produksi protein yang mendukung perkembangan folikel ovarium.

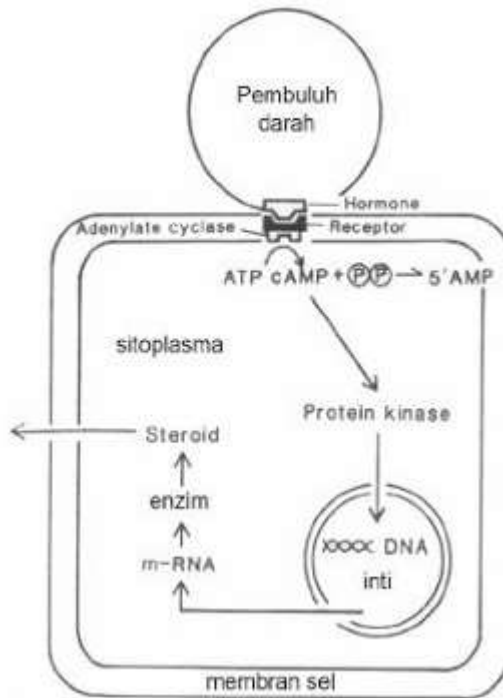
5. Respons Seluler

Setelah proses transduksi selesai, sel target menghasilkan respons spesifik sesuai dengan fungsi hormon:

- a. Insulin: Meningkatkan penyerapan glukosa oleh sel otot atau lemak.
- b. Hormon Pertumbuhan (GH): Merangsang pertumbuhan jaringan, meningkatkan metabolisme protein, dan mengatur distribusi energi.
- c. LH dan FSH: Mengatur fungsi reproduksi, seperti ovulasi atau spermatogenesis.

6. Ciri-Ciri Mekanisme Kerja Hormon Protein

- a. **Cepat:** Respon sel terhadap hormon protein biasanya lebih cepat dibandingkan hormon steroid karena tidak melibatkan perubahan langsung pada struktur membran.
- b. **Spesifik:** Hanya sel dengan reseptor yang sesuai dapat merespons hormon tertentu.
- c. **Reversibel:** Mekanisme ini dapat dihentikan dengan cepat saat kadar hormon menurun



Gambar 8. 1

Skema Mekanisme Kerja Hormon Protein

Sumber: Ilmu Reproduksi Ternak (Lestari dan Ismudino, 2014)

D. Mekanisme Kerja Hormon Steroid pada Ternak

Hormon steroid bekerja dengan cara mengatur ekspresi gen secara langsung melalui reseptor intraseluler. Mekanisme ini memungkinkan hormon steroid untuk memengaruhi proses biologis yang penting, seperti reproduksi, pertumbuhan, dan respons terhadap stres. Pemahaman mendalam tentang mekanisme kerja hormon steroid sangat penting untuk mendukung pengelolaan ternak yang lebih efektif, seperti dalam program reproduksi, pengelolaan stres, dan peningkatan produktivitas. Hormon steroid, seperti estrogen, progesteron, testosteron, dan kortisol, adalah senyawa yang larut

lemak (lipofilik) yang berasal dari kolesterol. Karena sifatnya larut dalam lipid, hormon ini dapat menembus membran sel dan bekerja langsung di dalam sel. Hormon steroid berperan penting dalam berbagai fungsi fisiologis pada ternak, termasuk reproduksi, metabolisme, pertumbuhan, dan respons terhadap stres.

Berikut adalah langkah-langkah mekanisme kerja hormon steroid pada ternak:

1. Difusi Melalui Membran Sel

- a. Karena larut lemak, hormon steroid dapat melewati membran sel tanpa memerlukan reseptor di permukaan sel.
- b. Hormon langsung masuk ke dalam sitoplasma atau nukleus sel target.

2. Pengikatan dengan Reseptor Intracellular

- a. Setelah berada di dalam sel, hormon steroid berikatan dengan reseptor spesifik yang terdapat di sitoplasma atau nukleus.
- b. Contoh: Estrogen berikatan dengan reseptor estrogen dalam sitoplasma.

3. Aktivasi Kompleks Hormon-Reseptor

- a. Kompleks hormon-reseptor yang terbentuk berpindah ke nukleus (jika reseptor berada di sitoplasma).
- b. Kompleks ini kemudian berikatan dengan elemen spesifik pada DNA yang disebut hormone response elements (HREs).

4. Regulasi Ekspresi Gen

- a. Kompleks hormon-reseptor mengatur transkripsi gen, baik dengan mengaktifkan atau menekan ekspresi gen tertentu.
- b. Aktivasi gen ini menghasilkan mRNA, yang kemudian diterjemahkan menjadi protein atau enzim yang berperan dalam respons fisiologis.
- c. Contoh: Progesteron menginduksi ekspresi gen yang mendukung penebalan dinding uterus untuk mendukung kebuntingan.

5. Respons Seluler

Setelah ekspresi gen diatur, sel menghasilkan respons spesifik sesuai dengan jenis hormon yang terlibat:

- a. **Estrogen:** Memicu perkembangan karakteristik seksual sekunder dan mempersiapkan uterus untuk implantasi embrio.
- b. **Progesteron:** Mempertahankan kebuntingan dengan mengurangi kontraksi uterus.
- c. **Testosteron:** Mendukung perkembangan otot, spermatogenesis, dan karakteristik seksual jantan.
- d. **Kortisol:** Mengatur metabolisme energi dan membantu tubuh beradaptasi terhadap stres.

E. Ciri-Ciri Mekanisme Kerja Hormon Steroid

1. Kerja Lambat tapi Bertahan Lama: Karena melibatkan regulasi ekspresi gen, efek hormon steroid membutuhkan waktu tetapi bersifat lebih tahan lama dibandingkan hormon protein.
2. Spesifik pada Gen Target: Hormon steroid hanya memengaruhi gen tertentu dengan elemen respons hormon spesifik.
3. Tergantung pada Keberadaan Reseptor: Sel hanya dapat merespons hormon steroid jika memiliki reseptor yang sesuai.

F. Contoh Mekanisme Kerja Hormon Steroid pada Ternak

1. Progesteron dalam Reproduksi:

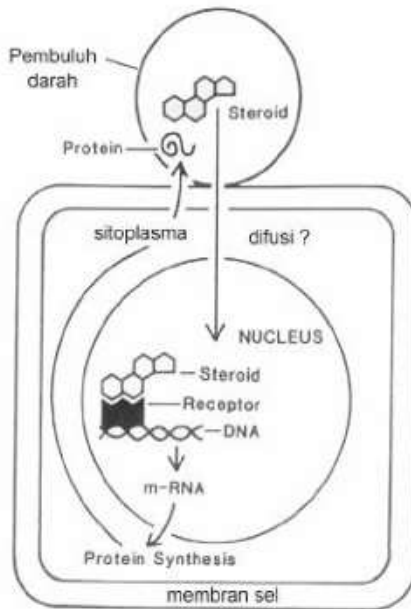
- a. Progesteron dihasilkan oleh corpus luteum setelah ovulasi.
- b. Hormon ini berikatan dengan reseptornya di sel endometrium uterus, menginduksi ekspresi protein yang mendukung kebuntingan dan mencegah siklus estrus.

2. Kortisol dalam Respons Stres:

- a. Kortisol dilepaskan oleh kelenjar adrenal sebagai respons terhadap stres.
- b. Hormon ini memengaruhi ekspresi gen di hati, meningkatkan sintesis glukosa untuk menyediakan energi tambahan.

3. Testosteron dalam Pertumbuhan:

Testosteron merangsang ekspresi gen yang mendukung pertumbuhan otot dan perkembangan karakteristik seksual sekunder pada jantan.



Gambar 8. 2

Skema Mekanisme Kerja Hormon Steroid

Sumber: Ilmu Reproduksi Ternak (Lestari dan Ismudino, 2014)

G. Jenis-Jenis Hormon

1. Oxytosin

Hormon-Hormon yang berasal dari hipotalamus *oxytocin* hormon *oxytocin* dan vasopressin disintesis di hipotalamus dan disimpan dalam neurohipofisis (hipofisis posterior). Kedua hormon ini merupakan hormon peptida pertama yang dapat diidentifikasi dan disintesis pada tahun 1953. *Oxytocin* ditemukan pada hampir semua mamalia. Arginine vasopressin disebut juga *anti diuretic hormone* (ADH) dapat diidentifikasi pada golongan marsupalia (hewan berkantung). Lysine vasopressin diidentifikasi kan pada babi sedangkan kedua tipe hormon ini dapat diketemukan pada *warthog*, *peccary*, dan *hippopotamus*. Vasotocin adalah hormon dari hipotalamus yang ditemukan pada burung yang mempunyai aksi kombinasi seperti *oxytocin* dan vasopressin.

Vasopressin dan oxytocin disintesis pada nucleus supraopticus dan nucleus paraventricular hipotalamus. Mereka hanya disimpan di dalam neurohipofisis dan kemudian dilepaskan. Neurophysins, protein pembawa protein, berperan dalam sintesis hormon hipotalamus ini. *Oxytocin* dan kompleks neurophysin I adalah prohormonnya. *Oxytocin* dan vasopressin diangkut dalam vesikula kecil yang tertutup membran, seperti neurosekresi lainnya. Arus axoplasmik membawa vesikula sekretori ke bawah melalui axon syaraf hipotalamus-hipofisis. Mereka kemudian disimpan di ujung saraf dan kemudian disimpan di kapiler pada neurohipofisis sebelum dilepaskan kembali ke sirkulasi darah. *Oxytocin* juga disintesis di korpus luteum manusia, sapi, dan domba. Oleh karena itu, *oxytocin* berasal dari hipotalamus dan ovarium.

2. Luteinizing Hormone releasing Hormone (LH-rH)

Dengan berat molekul 1183 dalton, hormon protein yang disebut *luteinizing hormone releasing hormone* (LH-RH) menginduksi pelepasan *hormone luteinizing* (LH) dan *hormone stimulating follicle* (FSH) dari hipofisis anterior. Dua jenis dasar analog LH-RH dapat disintesis. Waktu paruh (*half life*) LH-RH dalam sirkulasi sama dengan yang alami dan aktivitas biologinya sama. Pada domba, waktu paruh LH-RH adalah 7 menit. Industri peternakan tidak dapat

menggunakannya karena pendeknya waktu paruh. Karena banyaknya terminologi yang berbeda yang digunakan oleh beberapa laboratorium dan lembaga, nomenklatur hormone pelepasan LH dan FSH sering membingungkan.

Ini harus diakui bahwa, meskipun namanya berbeda, maksudnya tetap sama. LH-RH mengontrol pelepasan hormon LH dan FSH. Dua struktur pembentukan molekul LH-RH ditemukan pada ayam, dan yang satu lagi ditemukan pada bangsa ikan. Strukturnya tampaknya mirip dengan struktur LH-RH pada mammalia. Dalam kasus sapi dengan folikel sistik, LH-RH dapat digunakan dengan baik. 100 mg LH-RH dapat menginduksi pelepasan LH, yang dapat menyebabkan luteinisasi atau pecahnya folikel sistik. Pengobatan ini akan menyebabkan birahi pada sapi 19–23 hari kemudian.

3. Hormon Gonadotropin

Tiga hormon gonadotropin disekresikan oleh hipofisis anterior. Ini adalah hormon folikel stimulating, hormon luteinizing, dan prolaktin. Hormon-hormon ini bekerja terutama pada gonad. FSH, juga disebut sebagai follicotrophin, mensekresikan tiga hormon glikoprotein: FSH, LH, dan *Stimulating Hormone Thyroid* (TSH). Struktur kimia hormon ini terdiri dari dua sub unit alfa dan beta. Sub unit alfa terkait dengan beberapa spesies hormon FSH, LH, dan TSH, yang masing-masing memiliki berat molekul rata-rata 32.000 Dalton. Sub unit alfa memiliki 16.000 Dalton.

Sub unit alfa atau beta ini tidak melakukan aktivitas biologik ketika bekerja sendiri. Subunit FSH α memiliki 92 asam amino dengan karbohidrat pada asam amino nomor 52 dan 78, sedangkan subunit FSH β mencakup 108–118 asam amino, dengan 2 gugusan karbohidrat pada asam amino nomor 7 dan 24. Waktu paruh FSH adalah 2 hingga 2,5 jam.

4. Luteinizing Hormone (LH): Struktur *luteinizing hormone* (LH) juga dikenal sebagai *luteotrophin* dan *interstitial cell stimulating hormone* (ICSH). Ini adalah hormon glikoprotein yang terdiri dari dua subunit alpha dan beta, dengan berat molekul 30.000 Dalton, dan waktu paruh satu jam. Sekresi estrogen dari folikel de Graaf dipicu oleh konsentrasi basal LH dan FSH. Proses ovulasi terjadi

ketika dinding folikel pecah karena pembanjiran LH pada saat pre ovulasi. Ini menunjukkan bahwa LH adalah bahan luteotropik utama pada ternak. Selain itu, Prolaktin bertanggung jawab untuk menjaga aktivitas korpus luteum. LH merangsang interstitial sel (sel Leydig) pada kedua ovarium dan testis untuk mensekresikan androgen.

5. Estrogen

Hormon estradiol adalah yang paling banyak. Sel granulosa dari folikel pada fase antral hingga folikel de Graaf menghasilkan hormon estrogen ini. Hormon estron juga diproduksi oleh plasenta maternal, sehingga tampaknya diekskresikan melalui urin babi selama tiga hingga empat minggu masa kebuntingan. Namun, estradiol 17 alfa dan 17 beta ditemukan bersama-sama pada hari ke-54 kebuntingan kuda dan mencapai puncaknya pada hari ke-150 hingga 300 masa kebuntingan. Hormon ini termasuk dalam sintesis, yang dikenal sebagai "hipotesis dua sel dua gonadotropin", yang berlaku untuk laki-laki dan perempuan. Dengan LH, sel theca folikel mensekresikan testosteron.

Di bawah pengaruh FSH, testosteron ini kemudian aromatisasi menjadi estradiol pada sel granulosa, disebut sebagai "gonadotropin dua sel", modelnya mirip dengan yang terjadi pada testes: LH meningkatkan produksi testosteron pada sel Leydig dan FSH meningkatkan aromatisasi testosteron menjadi estrogen pada sel Sertoli dari tubulus seminiferus. Estrogen ditransfer ke dalam darah dalam bentuk terikat protein, seperti halnya hormon androgen. Estrogen adalah hormon steroid dengan fungsi fisiologik yang paling luas. Estrogen mempengaruhi sistem saraf pusat dan menyebabkan tingkah laku birahi.

6. Progesteron

Progesteron disekresi oleh sel-sel luteal korpus luteum. Ini adalah substansi intermediate dari sintesis kortisol, androgen, atau estrogen. Plasenta dan korteks adrenal juga menghasilkan hormon ini. Progesteron masuk ke dalam darah dalam bentuk yang terikat pada protein seperti androgen dan estrogen. Meskipun sekresi hormon progesteron belum diketahui secara menyeluruh, pengaruh LH pada

hewan domestik diduga yang mengontrolnya. Progesteron meningkatkan kelenjar endometrium dan menghambat motilitas myometrium untuk membantu uterus berfungsi selama implantasi dan mempertahankan kebuntingan. menghentikan kontraksi uterus, terutama melalui depolarisasi actin dan myosin otot myometrium. Sinergi estrogen dan progesteron menyebabkan birahi pada domba dan sapi.

Selain itu, merangsang perkembangan alveoli, atau jaringan sekretori, di kelenjar susu. Progesteron adalah hormon penting yang mengatur siklus birahi karena menghambat birahi dan mensekresikan LH untuk ovulasi. Meskipun tidak sekuat kortisol, progesteron juga memiliki efek anti radang, yaitu mengurangi jumlah sel eosinofil yang beredar di dalam darah.

7. Kelenjar Hormon Fungsi

Kelenjar	Hormon	Fungsi
Testis	Androgen	- Perkembangan karakter sekunder. - Produksi sperma (spermatogenesis) Tingkah laku reproduksi
	Estrogen	- Perkembangan karakter sekunder - Pigmentasi bulu - Perkembangan oviduk - Mobilisasi kalsium pada proses pembentukan cangkang keras
Ovarium	Progesteron	Pengaturan oviduk bersama estrogen pada gerak peristaltik dan sekresi albumin.
	Androgen	Pertumbuhan <i>comb</i>

Kelenjar	Hormon	Fungsi
Hipofisa Anterior	FSH (<i>Follicle Stimulating Hormone</i>)	Stimulasi perkembangan folikel (calon telur) dalam ovarium
	LH (<i>Luteinizing Hormone</i>)	Proses ovulasi
	LTH (<i>Luteotropic Hormone</i>) / Prolaktin	Proses mengeram
	TH (<i>Thyrotropic Hormone</i>)	Stimulasi glandula tiroid
	ATH (<i>Adrenotropic Hormone</i>)	Stimulasi glandula adrenal
	GPH (<i>Growth Promoting Hormone</i>)	Stimulasi proses pertumbuhan bulu
Hipofisa Posterior	Oksitosin/Pitosin	- Pengaturan proses peneluran - Kontraksi saluran darah
	Vasopresin/Pitesin	Metabolisme sel
Thyroid	Tiroksin	Proses pertumbuhan bulu
Parathyroid	Parathormone	Peningkatan Ca darah (untuk kerabang)
Adrenal	Adrenalin	Vasokontraktor (menaikkan tekanan darah dan stimulasi kegiatan jantung)
	Cortin	Fasilitator konversi protein menjadi KH
Langerhans	Insulin	Metabolisme KH (pengeluaran energi dan cadangan energi)

Gambar 8.3

Kelenjar Hormonal

Sumber: <https://edu.paperplane-tm.site>



BAB 9

9

BAB 9 PENGARUH NUTRISI TERHADAP REPRODUKSI TERNAK

Herni, S.Pt., M.Si

A. Pengertian Nutrisi

Nutrisi adalah zat-zat makanan yang terkandung dalam pakan hewan/ternak. *Nutrient* merupakan semua unsur atau senyawa kimia dalam pangan/pakan yang menunjang kebutuhan hidup pokok, pertumbuhan, laktasi, dan reproduksi. Nutrisi juga disebut dengan istilah zat makanan (*nutrient* = nutrisi) adalah zat-zat gizi terdapat dalam bahan pakan yang sangat diperlukan untuk hidup ternak meliputi protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan air (Mashur & Agustin, 2023).

Nutrisi yang tepat sangat penting untuk reproduksi ternak. Nutrisi yang baik akan membantu ternak tumbuh, berkembang, dan bereproduksi, serta meningkatkan kekebalannya. Nutrisi pakan merupakan studi yang menjelaskan tentang makanan (pakan) yang dikonsumsi ternak termasuk unggas ataupun ternak ruminansia yang memberikan fungsi pokok pada ternak yakni hidup pokok (*maintenance*), produksi, serta fungsi reproduksi. Nutrisi pada pakan terdiri dari beberapa komponen protein, karbohidrat, lemak dan air yang termasuk dalam kelompok makro nutrien serta vitamin dan mineral yang dimanfaatkan dalam jumlah sedikit atau mikro nutrient (Armeyanti *et al.*, 2024).

Pakan dan nutrisi bahan makanan tertentu selama kehidupan embrionik dan kehidupan fetus awal terhadap performansi repro-

duksi. Kemudian juga merupakan pertanyaan untuk memahami mekanisme molekuler dan seluler yang terlibat saat pergantian pada suplai nutrisi menyebabkan perubahan terhadap performansi reproduksi. Hewan memerlukan protein sebagai sumber asam amino esensial dan (pada ruminansia) sebagai sumber nitrogen untuk mikroflora rumen. Kualitas protein dalam pakan adalah tergantung pada profil asam amino dan daya cernanya. Bahan pakan protein dikategorikan sebagai bahan yang dapat terdegradasi dalam rumen dan tidak dapat terdegradasi dalam rumen pada basis kemampuan mikroba untuk menghidrolisa protein dalam rumen. Yendraliza, 2013).

Kebutuhan protein hewan tergantung pada status fisiologi dan tingkat produksi. Asam amino esensial harus disuplai dalam pakan monogastrik, namun pada ternak ruminansia mikroba rumen dapat dijadikan sumber utama asam amino. Ruminansia juga mampu mengurangi kehilangan protein dengan mendaur ulang urea, suatu produk metabolisme protein yang secara normal diekskresikan. Jadi sebagian besar urea dapat didaur ulang ke rumen saat pakan rendah nitrogen. Surplus asam amino akan di deaminasi dan nitrogen diekskresikan melalui hati dan ginjal, dan dikeluarkan dalam urin. Kelebihan ammonia adalah di konjugasi ke urea dan kemudian diekresikan. Jadi level urea tinggi adalah konsisten dengan kelebihan protein intake, mungkin dengan kekurangan energi bersamaan, dan sepertinya berhubungan dengan level amonia tinggi dalam sirkulasi (Boland *et al.*, 2001).

B. Kebutuhan Nutrisi untuk Bereproduksi

Pemberian energi yang tidak cukup kemungkinan merupakan penyebab terbesar gangguan reproduksi pada ternak. Hal ini dibuktikan pada penelitian sapi di Nigeria utara bahwa penambahan konsentrat kaya akan protein dan karbohidrat serta campuran mineral memperlihatkan masak kelamin dan kebuntingan lebih cepat dibandingkan sapi yang tidak mendapatkan tambahan energi. pada sapi yang sedang bunting dapat mengalami abortus jika kekurangan energi. Penambahan protein menyebabkan penambahan pertumbuhan pada sapi dara namun ada beberapa penelitian yang memperlihatkan bahwa sapi yang hidup dengan kadar protein rendah dan en-

ergi yang rendah masih memperlihatkan ciri-ciri birahi, bunting dan melahirkan, seperti pada kerbau (Borghese *et al.*, 2005).

Defisiensi fosfor dan protein dapat mengakibatkan ternak mengalami penundaan pubertas dan tanda-tanda birahi yang tidak normal. Kadar calcium yang rendah dalam makanan dapat menyebabkan ternak lambat pubertas. Begitu juga dengan defisiensi yodium dalam makanan ternak akan menyebabkan lahirnya bayi premature pada sapi perah dan lambatnya dewasa kelamin pada sapi dara (Yendraliza, 2013).

Menurut Ponsania *et al.*, (2023) bahwa kandungan nutrisi mempengaruhi berbagai aspek reproduksi termasuk datangnya pubertas, periode non estrus pasca beranak, gametogenesis, laju konsepsi, mortalitas embrio, pertumbuhan prakelahiran, dan tingkah laku seksual. Kandungan nutrisi yang tidak memadai akan berujung pada penurunan jumlah anak yang dihasilkan. Dari semua faktor nutrisi, konsumsi energi dan protein dilaporkan memiliki dampak terbesar pada kesuburan pada individu ternak sapi tunggal dan super ovulasi hewan. Pengaruh konsumsi protein terhadap reproduksi sapi telah diteliti sejak lama, serta diteliti pengaruhnya terhadap pedet yang dihasilkan (Rodrigues *et al.* 2021) dan pengukuran urea darah masih digunakan sebagai variabel parsial untuk menilai hubungan antara status metabolisme dan proses reproduksi (Raboisson *et al.*, 2017).

Milah & Mahmudy, (2015) menyatakan bahwa produktivitas ternak sapi potong sangat bergantung kepada nutrisi yang harus terpenuhi. Rendahnya angka kebuntingan, *service per conception* yang tinggi, serta calving interval yang panjang menjadi faktor penghambat dalam mencapai keberhasilan produksi ternak. Kesuburan ternak yang rendah dapat diakibatkan oleh asupan nutrisi yang kurang. Kekurangan mineral kalsium dan fosfor pada sapi menjadi faktor yang menyebabkan rendahnya fertilitas pada sapi potong. Kalsium (Ca) merupakan mineral yang sangat penting bagi pertumbuhan. Jika ransum ternak pada masa pertumbuhan defisien Ca maka pembentukan tulang menjadi kurang sempurna dan akan mengakibatkan gejala penyakit tulang. Fosfor (P) diperlukan dalam pembentukan tulang, gigi, sintesis protein dan sistem enzimatik. Metabolisme hidrat arang dan

keratin juga memerlukan unsur P. Gejala defisiensi P yang parah dapat menyebabkan persendian kaku dan otot menjadi lembek. Ransum yang rendah kandungan P-nya dapat menurunkan kesuburan (produktivitas), indung telur tidak berfungsi normal, depresi dan estrus tidak teratur. Pada ternak ruminansia mineral P yang dikonsumsi, sekitar 70% akan diserap, kemudian menuju plasma darah dan 30% akan keluar melalui feses. (Piliang, 2002).

Efek dari faktor nutrisi seperti konsumsi energi, level protein, dan suplementasi asam lemak, vitamin dan mineral pada produksi embrio telah dipelajari secara ekstensif. Dari semua faktor nutrisi, konsumsi energi dan protein dilaporkan memiliki dampak terbesar pada kesuburan pada individu ternak sapi tunggal dan superovulasi hewan. Kekurangan pakan secara langsung akan berpengaruh pada kurangnya protein, sedangkan protein berfungsi untuk memproduksi hormon yang ada di dalam tubuh termasuk hormon reproduksi. Protein yang kurang menyebabkan kurangnya hormon reproduksi sehingga akan menyebabkan gangguan reproduksi seperti: *silent heat* dan gangguan ovarium (Pranata *et al.* 2016).

Menurut Ponsania *et al.*, (2023) bahwa protein dalam pakan berperan dalam produksi hormon dan perkembangan folikel ovarium yang diperlukan dalam proses superovulasi. Kadar protein yang tepat dalam pakan dapat mempengaruhi kualitas sel telur yang dihasilkan selama superovulasi. Protein yang cukup membantu dalam sintesis DNA dan pembelahan sel yang tepat dalam folikel ovarium, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas dan jumlah sel telur yang dihasilkan (Pranata *et al.*, 2016).

Tabel 9. 1

Pengaruh Level Protein terhadap Parameter Kualitas Reproduksi

Sumber: (Ponsania et al. 2023)

Referensi	Ta- hun	Lokasi	Klasifikasi Ternak		Peu- bah	Level Pro- tein (%) **	
			Jenis	n		C	T
Garcia- Bojalil <i>et al.</i>	1994	USA	Holstein	2 2	CL, DE, VE, UF	12.3	27,4
Cushman <i>et al.</i>	2000	USA	Angus	3 5	OE, VE, PR	14	14
Siddiqui <i>et al.</i>	2002	Bangla- desh	Zebu	1 0	CL, OE, VE	8	11
Mikkola <i>et al.</i>	2005	Finlan- dia	Ayrshire	3 7	CL, OE, VE, DE, UF, PR	14	18
Hardiyanto <i>et al.</i>	2005	Indone- sia	Sim- mental	3 1	OE, VE, DE, UF	15	16; 17;
			Limou- sin	3 3	OE, VE, DE, UF	15	18; 20
Bader <i>et al.</i>	2005	USA	Beef Cattle	4 0	OE, VE, DE, UF, PR	35.9	41,8
Petit & Twariga- mungu	2006	Canada	Holstein	4 4	OE, VE	16.6	17,4 5; 17,6

Referensi	Tahun	Lokasi	Klasifikasi Ternak		Peubah	Level Protein (%) **	
			Jenis	n		C	T
							5
Thangavelu <i>et al.</i>	2007	Canada	Holstein	24	CL, OE, VE, PR	18.10	18,10
Albuquerque <i>et al.</i>	2012	Brazil	Nellore	32	CL, OE, DE, UF	9.09	9,10; 9,44
Eborn <i>et al.</i>	2013	USA	Angus	24	OE	11.81	12,97
Pranata <i>et al.</i>	2016	Indonesia	Simmental	20	CL, OE, VE, DE, UF, PR	16	18
Hutagaol <i>et al.</i>	2016	Indonesia	Limousin	18	OE, VE, DE, UF, PR	16	18; 20
Bottini-Luzardo <i>et al.</i>	2016	Mexico	Holstein	24	CL	11.9	19,8
Guardieiro <i>et al.</i>	2016	Brazil	Zebu	80	CL, OE, VE, DE, UF, PR	15	15,4
Kraisoon <i>et al.</i>	2018	Thailand	Holstein	42	OE, VE, PR	16.4	16,5; 16,6

Referensi	Ta- hun	Lokasi	Klasifikasi Ternak		Peu- bah	Level Pro- tein (%) **	
			Jenis	n		C	T
Silva <i>et al.</i>	2020	Brazil	Nellore	4 0	OE, VE, PR	10	12
Kang <i>et al</i>	2020	Korea	Hanwoo	3 8	OE, VE, DE, UF, PR	16.2	11,7 5; 23,6 3
Darlian <i>et al.</i>	2021	Indone- sia	Belgian Blue	2 4	CL, OE, VE, DE, UF, PR	16	17,6
Affandhy <i>et al.</i>	2021	Indone- sia	Cross- bred	2 4	VE	10	12
Coban & Erdogan	2021	Turkey	Holstein	2 0	CL, OE, VE, DE, UF, PR	15.1 0	15,1 0

* CL= Jumlah *corpus luteum*, OE= Jumlah embrio terkoleksi, VE= Jumlah embrio layak transfer, DE= Jumlah embrio tidak layak transfer, UF= jumlah embrio tidak dibuahi, PR= Proporsi embrio layak transfer.

** C = Kontrol, T = Perlakuan

Menurut Ponsania *et al.*, (2023) menyatakan bahwa hasil evaluasi dan analisis menggunakan meta-analisis pada 20 artikel (Tabel 1) yang terdiri dari 37 studi menunjukkan peningkatan level protein pakan seiring dengan peningkatan jumlah *corpus luteum*, jumlah embrio terkoleksi, jumlah embrio layak transfer, dan proporsi embrio layak

transfer. Level protein tidak berpengaruh terhadap jumlah embrio tidak layak transfer dan jumlah embrio tidak dibuahi.

C. Pengaruh Nutrisi Pada Saat Fetus

Kekurangan nutrisi pada domba selama kehidupan fetus dan neonatal menurunkan litter size. Komponen penting reproduksi adalah kelangsungan hidup saat lahir. Hal tersebut adalah bukti pada domba yang defisiensi cobalt sub-klinik selama awal kebuntingan. Domba, adalah berhubungan dengan penurunan vigour domba saat lahir dan depresi pada kekebalan pasif terhadap penyakit (Fisher and MacPherson, 1991). Saat mekanisme terlibat belum diidentifikasi, perbaikan defisiensi cobalt pada saat bunting tidak dapat memperbaiki vigour saat lahir.

Menurut Bishonga *et al.*, (1994) dalam tulisan Yendraliza (2013) menemukan bahwa ketika konsentrasi amonia plasma ditingkatkan ($100 - 150 \mu\text{mol l}^{-1}$) menyebabkan tingginya insiden kematian embrio, Selain itu juga dapat menimbulkan over size fetus. Fenomena oversize fetus belum dibatasi meskipun pada kultur embrio secara in vitro tapi mungkin penyebab oversize fetus tersebut diduga muncul dari pengaruh nutrisi in vivo. Pemberian makanan dengan level rendah pada sapi dara, akan mengganggu pertumbuhan sapi dara dan mengalami kesulitan dalam melahirkan.

D. Pengaruh Nutrisi terhadap Pubertas

Pada sapi potong, penurunan tingkatan makanan umumnya memperlambat timbulnya pubertas sedangkan tingkatan makanan yang tinggi dapat mempercepat pubertas dan peningkatan berat badan (Toelihere, 1979). Wiltbank *et al.*, 1966 menyatakan bahwa pertambahan berat badan yang lebih cepat antara waktu lahir dan waktu disapih dan antara waktu disapih dan umur 396 hari akan mempercepat timbulnya pubertas pada sapi-sapi dara. Selanjutnya Foster *et al.* (1988) menunjukkan bahwa infuse parenteral campuran asam amino-dextrose efektif memberikan frekuensi pulse *Luteinizing Hormone* (LH) tinggi dengan syarat program pemberian pakan dilakukan kontiniu pada domba selama kebuntingan. Phillippo *et al.* (1987) ber-

pendapat bahwa induksi *molybdenum* mengganggu sekresi LH, menunda pubertas pada sapi. Penelitian pada efek nutrisi terhadap pencapaian pubertas adalah bahwa kekurangan sebagian besar nutrisi dapat menunda pubertas. Selain itu perubahan level induksi pakan pada laju pertumbuhan juga dapat menunda pubertas. Kelambatan timbulnya pubertas karena kekurangan makanan mungkin disebabkan oleh rendahnya kadar gonadotropin yang dihasilkan oleh kelenjar adenohipofisis, kurangnya respon ovaria atau mungkin karena kegagalan ovaria untuk menghasilkan sejumlah estrogen yang cukup (Toelhiere, 1979).

Pada ovarium, *feed intake* yang rendah akan menunda pubertas yang disertai penurunan perkembangan folikel ovarium sehingga pada sapi betina *feed intake* yang rendah dapat membuat folikel dominan lebih kecil. Ini terjadi meskipun cukup Gonadotrophin, seperti diduga oleh respon glandula pituitary terhadap dosis fisiologi GnRH. *Metabolit blood borne* sebagai refleksi status pakan dan terlibat pada kontrol pelepasan GnRH juga merupakan subjek spekulasi. Penelitian Hall *et al.*, (1992) menunjukkan pengaruh stimulasi infusi *tyrosine* abomasal terhadap frekuensi pulse LH pada pertumbuhan terbatas anak domba betina secara tak langsung bahwa mungkin asam amino ini berfungsi sebagai signal nutrisi mempengaruhi pusat syaraf mengontrol pelepasan GnRH. *Metabolit blood-borne* yang lain adalah insulin dan insulin *like growth factors* (IGFs) namun berlawanan peran.

Makanan merupakan faktor yang penting dalam suatu usaha peternakan. Tanpa makanan yang baik dan dalam jumlah yang memadai maka meskipun ternak tersebut merupakan bibit unggul akan kurang dapat memperlihatkan keunggulannya. Kelengkapan zat gizi dalam makanan ternak ruminansia akan dapat mempercepat pubertas pada sapi, estrus pertama setelah melahirkan, menjaga kebuntingan, berat anak lahir, berat anak setelah sapih serta menjaga kondisi induk saat laktasi. Sedangkan pada ternak jantan, kelengkapan zat gizi dalam makanan ternak dapat menjaga kualitas sperma yang dihasilkan. Makanan yang cukup perlu untuk fungsi endoktrin yang normal (Yendraliza, 2013).



BAB 10

10

BAB 10

DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP REPRODUKSI TERNAK

Djunarlin Tojang, S.Si., M.Si

A. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Reproduksi Ternak

1. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Penurunan Kualitas Spermatozoa pada Reproduksi Ternak

Suhu lingkungan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi keberhasilan reproduksi ternak. Kualitas spermatozoa, yang merupakan faktor kunci dalam keberhasilan pembuahan, sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu di lingkungan sekitarnya. Peningkatan suhu lingkungan, terutama ketika mencapai level yang ekstrem, dapat mengakibatkan stres termal pada ternak, yang berdampak langsung pada kualitas dan kuantitas spermatozoa. Kondisi suhu tinggi, ternak mengalami apa yang disebut stres termal, yaitu ketidakmampuan tubuh untuk mempertahankan suhu internal dalam batas normal. Stres termal mempengaruhi berbagai sistem tubuh, termasuk sistem reproduksi. Suhu tubuh yang meningkat mengganggu keseimbangan hormonal yang diperlukan untuk pembentukan dan pematangan spermatozoa. Testis, sebagai organ penghasil sperma, sangat sensitif terhadap perubahan suhu, dan fungsinya akan terganggu ketika suhu lingkungan naik secara signifikan (Capela et al., 2022).

Proses produksi sperma, yang dikenal sebagai spermatogenesis, membutuhkan suhu yang lebih rendah dari suhu tubuh normal. Pada

mamalia, testis secara alami berada di luar rongga tubuh untuk menjaga suhu lebih rendah dari suhu inti tubuh, yang optimal bagi produksi sperma. Namun, ketika suhu lingkungan meningkat drastis, sistem pendingin alami ini bisa terganggu, menyebabkan suhu testis naik. Peningkatan suhu testis sebesar 1 hingga 2°C saja dapat mengakibatkan gangguan pada spermatogenesis, yang berakibat pada penurunan jumlah sperma yang dihasilkan, motilitas sperma yang menurun, dan peningkatan jumlah sperma abnormal (Capela et al., 2022).

Motilitas atau kemampuan gerak spermatozoa merupakan faktor penting dalam keberhasilan fertilisasi. Ketika suhu lingkungan tinggi, kualitas sperma cenderung menurun, yang ditandai dengan berkurangnya motilitas spermatozoa. Penelitian menunjukkan bahwa spermatozoa yang terpapar suhu tinggi memiliki penurunan kemampuan bergerak dan berkurangnya viabilitas atau kemampuan bertahan hidup. Hal ini berpotensi mengurangi peluang fertilisasi sel telur, yang mengarah pada penurunan tingkat kebuntingan (Brito et al., 2002).

Suhu lingkungan yang tinggi juga dapat menyebabkan peningkatan stres oksidatif pada spermatozoa. Stres oksidatif terjadi ketika produksi radikal bebas melebihi kapasitas sistem antioksidan tubuh untuk menetralkannya, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada membran sel dan DNA spermatozoa. Kerusakan ini bisa menurunkan integritas genetik spermatozoa, yang berpotensi menghasilkan keturunan dengan kualitas genetik yang lebih rendah atau bahkan menyebabkan infertilitas (Brito et al., 2002).

Penurunan kualitas spermatozoa akibat suhu tinggi berdampak langsung pada produktivitas reproduksi ternak. Tingkat fertilisasi yang rendah, peningkatan kegagalan kebuntingan, serta penurunan kualitas keturunan adalah beberapa dampak negatif yang sering diamati pada ternak yang terpapar suhu tinggi. Selain itu, penurunan kualitas spermatozoa juga memperpanjang interval antar-kelahiran, sehingga mengurangi efisiensi reproduksi ternak, yang pada akhirnya mempengaruhi produktivitas ekonomi peternakan (Brito et al., 2002).

2. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Penurunan Tingkat Ovulasi pada Reproduksi Ternak

Ovulasi adalah proses pelepasan sel telur (oosit) matang dari ovarium, yang merupakan salah satu tahap penting dalam siklus reproduksi pada ternak. Tingkat ovulasi yang optimal sangat penting untuk memastikan fertilisasi yang sukses dan kebuntingan pada ternak betina. Namun, berbagai faktor dapat menyebabkan penurunan tingkat ovulasi, yang pada akhirnya mempengaruhi tingkat fertilitas dan produktivitas ternak (Sheikh et al., 2017). Suhu lingkungan yang tinggi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi tingkat ovulasi. Stres panas (*heat stress*) terjadi ketika ternak mengalami suhu lingkungan yang tinggi, sehingga tubuh kesulitan mempertahankan suhu internal dalam kisaran yang optimal. Stres panas dapat mengganggu sistem reproduksi betina dengan menekan pelepasan hormon-hormon penting, seperti *luteinizing hormone* (LH) dan *follicle-stimulating hormone* (FSH), yang berperan dalam pematangan folikel dan pelepasan sel telur. Pada suhu yang terlalu tinggi, siklus estrus atau birahi bisa terganggu, menyebabkan ovulasi tertunda atau bahkan tidak terjadi sama sekali. Beberapa ternak mungkin masih mengalami siklus estrus, tetapi ovulasi yang tidak sempurna atau anovulasi (kondisi di mana ovulasi tidak terjadi) sering menjadi masalah pada ternak yang terpapar suhu tinggi dalam waktu lama (Sheikh et al., 2017).

Penurunan tingkat ovulasi berdampak langsung pada produktivitas ternak, terutama dalam hal interval kebuntingan dan produktivitas keturunan. Jika tingkat ovulasi rendah, peluang pembuahan juga berkurang, yang menyebabkan peningkatan jumlah siklus tanpa hasil atau *open days* (hari-hari tanpa kebuntingan). Hal ini memperpanjang jarak antar kelahiran, yang akhirnya mengurangi jumlah anak yang dihasilkan selama masa hidup produktif ternak. Penurunan tingkat ovulasi juga dapat mengakibatkan penurunan produksi susu pada ternak perah karena berkurangnya kebuntingan dan kelahiran anak yang secara alami meningkatkan produksi susu. Di sektor peternakan daging, hal ini berujung pada penurunan jumlah anak yang lahir, yang berarti penurunan total output daging yang diproduksi (Naqvi et al., 2012).

3. Pengaruh Stres Panas terhadap Siklus Estrus

Stres panas (*heat stress*) terjadi ketika suhu lingkungan berada di atas kisaran yang dapat ditoleransi oleh ternak, menyebabkan gangguan pada fungsi fisiologis tubuh, termasuk sistem reproduksi. Pada kondisi ini, tubuh ternak mengalami peningkatan suhu internal, yang berpotensi mengganggu siklus hormon yang diperlukan untuk terjadinya estrus atau birahi. Pada kondisi suhu yang ekstrem, terutama di iklim tropis dan subtropis, ternak betina sering mengalami penundaan siklus estrus. Beberapa individu bahkan mungkin berhenti mengalami estrus selama periode panas yang berkepanjangan. Fenomena ini dikenal sebagai anestrus, di mana ternak betina tidak menunjukkan tanda-tanda birahi dalam jangka waktu yang lama (Wolfenson et al., 1995).

Penundaan atau penghentian siklus estrus ini sering terjadi karena ternak yang berada dalam kondisi stres panas akan memprioritaskan energi untuk mempertahankan fungsi dasar tubuh, seperti pengaturan suhu dan menjaga keseimbangan air, daripada memfokuskan energi pada fungsi reproduksi. Akibatnya, reproduksi ditangguhkan hingga kondisi lingkungan kembali mendukung. Selain penundaan, suhu lingkungan yang tinggi juga dapat menyebabkan siklus estrus yang tidak teratur. Pada kondisi normal, siklus estrus pada ternak terjadi secara teratur dengan interval yang bervariasi tergantung pada spesies, seperti 21 hari pada sapi atau 17 hari pada kambing. Namun, pada ternak yang terpapar suhu tinggi, siklus ini bisa menjadi lebih panjang atau bahkan tidak dapat diprediksi (Wolfenson et al., 1995).

Siklus estrus yang tidak teratur disebabkan oleh ketidakseimbangan hormonal yang terjadi karena gangguan fungsi ovarium dan penurunan sensitivitas terhadap hormon estrus. Ternak mungkin menunjukkan tanda-tanda estrus yang lemah atau singkat, yang membuat deteksi birahi menjadi sulit bagi peternak. Deteksi birahi yang terlambat atau gagal sering kali mengurangi peluang keberhasilan inseminasi buatan atau perkawinan alami (Thammahakin et al., 2024).

Ternak yang mengalami stres panas, intensitas tanda-tanda birahi cenderung berkurang. Pada kondisi normal, ternak betina yang mengalami estrus akan menunjukkan perilaku seperti gelisah, meningkatnya aktivitas fisik, nafsu makan menurun, serta naik-naik (*mounting*) ke sesama ternak. Namun, pada suhu tinggi, perilaku ini sering tidak terlihat dengan jelas, yang menyebabkan peternak kesulitan mendeteksi saat yang tepat untuk kawin atau inseminasi. Kelelahan fisik akibat panas membuat ternak betina enggan untuk bergerak aktif atau menunjukkan perilaku birahi yang biasanya terlihat jelas. Penurunan intensitas tanda-tanda estrus ini sering menjadi penyebab kegagalan deteksi estrus, yang akhirnya mengurangi keberhasilan fertilisasi dan kebuntingan (Thammahakin et al., 2024).

Gangguan siklus estrus yang disebabkan oleh suhu lingkungan yang tinggi berdampak signifikan pada produktivitas reproduksi ternak. Siklus estrus yang tidak teratur, anestrus, serta penurunan intensitas tanda-tanda birahi dapat mengakibatkan penurunan angka kebuntingan, karena inseminasi buatan atau kawin alami dilakukan pada waktu yang tidak tepat, peningkatan interval kelahiran (*calving interval*), yang memperpanjang jarak antar kelahiran dan mengurangi total jumlah anak yang dihasilkan oleh ternak selama masa produktifnya, dan penurunan efisiensi reproduksi, karena lebih banyak siklus yang dilewati tanpa keberhasilan pembuahan (Trout et al., 1998)

4. Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Kematian Embrio pada Reproduksi Ternak

Suhu yang ekstrem, terutama suhu tinggi, dapat menimbulkan dampak negatif pada berbagai tahap reproduksi, termasuk perkembangan embrio, yang dapat mengurangi tingkat kelahiran dan produktivitas ternak secara keseluruhan. Suhu tinggi mengakibatkan stres panas pada ternak, yang mempengaruhi berbagai sistem fisiologis, termasuk sistem reproduksi. Stres panas menyebabkan tubuh ternak mengalihkan energi untuk mempertahankan keseimbangan suhu tubuh (*homeostasis*), yang sering kali

mengganggu proses-proses penting dalam perkembangan embrio (Siregar et al., 2019).

Stres panas berpengaruh langsung pada keseimbangan hormonal, yang sangat penting dalam mempertahankan kebuntingan. Peningkatan suhu tubuh dapat mengurangi produksi hormon progesteron, yaitu hormon yang diperlukan untuk memelihara dinding rahim (endometrium) dan mendukung perkembangan embrio. Penurunan kadar progesteron dapat menyebabkan kegagalan dalam implantasi embrio, yang berujung pada kematian embrio dini (Siregar et al., 2019).

Suhu yang tinggi tidak hanya mengganggu keseimbangan hormon, tetapi juga dapat secara langsung memengaruhi kualitas sel telur dan sperma. Ketika suhu lingkungan meningkat, sperma yang membuahi sel telur mengalami penurunan kualitas, termasuk motilitas yang buruk dan kerusakan DNA. Sel telur yang telah dibuahi (zigot) juga rentan terhadap kerusakan akibat suhu tinggi. Kerusakan ini dapat mengganggu perkembangan zigot menjadi embrio yang sehat, sehingga meningkatkan risiko kegagalan implantasi atau kematian embrio di tahap awal kebuntingan.

Suhu lingkungan yang terlalu tinggi, terutama selama beberapa hari pertama setelah fertilisasi, adalah masa kritis di mana embrio sangat rentan terhadap gangguan perkembangan. Pada kondisi suhu ekstrem, embrio dapat mengalami malformasi atau kematian karena perubahan metabolik dan peningkatan radikal bebas yang menyebabkan kerusakan seluler. Suhu yang tinggi juga menyebabkan peningkatan aliran darah ke kulit dan organ-organ eksternal untuk membantu tubuh ternak melepaskan panas. Namun, ini dapat mengurangi aliran darah ke organ reproduksi, termasuk rahim. Jika suplai darah ke rahim menurun, embrio tidak akan mendapatkan nutrisi dan oksigen yang cukup untuk berkembang dengan baik, yang dapat mengakibatkan kematian embrio pada tahap-tahap awal kebuntingan. Penurunan suplai darah ke rahim juga mempengaruhi kemampuan rahim untuk mempertahankan lingkungan yang stabil dan mendukung perkembangan embrio. Embrio yang tidak mendapatkan nutrisi yang cukup dari induknya akan rentan terhadap

kegagalan perkembangan, yang pada akhirnya menyebabkan kematian embrio sebelum terbentuknya plasenta (Naqvi et al., 2012).

Suhu tinggi memicu peningkatan stres oksidatif dalam tubuh ternak, yaitu keadaan di mana produksi radikal bebas melebihi kapasitas tubuh untuk menetralkannya dengan antioksidan. Radikal bebas ini dapat merusak DNA dan struktur sel lainnya, termasuk sel-sel embrio yang sedang berkembang. Kerusakan DNA pada embrio dapat mengganggu proses pembelahan dan perkembangan sel yang normal, yang meningkatkan kemungkinan kegagalan perkembangan atau kematian embrio. Pada masa awal perkembangan embrio, ketika sel-sel membelah dengan cepat, embrio sangat rentan terhadap kerusakan akibat radikal bebas. Stres oksidatif yang berlebihan selama masa kritis ini meningkatkan risiko keguguran embrio atau kelahiran premature (Naqvi et al., 2012).

Selain berdampak pada kematian embrio di tahap awal, suhu tinggi juga dapat mempengaruhi perkembangan janin pada tahap yang lebih lanjut. Embrio yang selamat dari fase awal kebuntingan tetapi terus terpapar suhu tinggi mungkin mengalami perkembangan janin yang terhambat atau berat lahir yang rendah, yang pada akhirnya mempengaruhi kesehatan dan produktivitas anak ternak setelah lahir. Janin yang berkembang dalam kondisi suhu tinggi juga lebih rentan terhadap anoksia atau kekurangan oksigen, karena penurunan aliran darah ke rahim selama periode panas. Anoksia dapat mengakibatkan kerusakan jaringan pada janin dan meningkatkan risiko kematian janin atau kelahiran mati (*stillbirth*) (Bilodeau & Kastelic, 2003).

Kematian embrio akibat suhu tinggi memiliki dampak signifikan terhadap produktivitas dan ekonomi peternakan. Penurunan tingkat keberhasilan kebuntingan, keguguran, serta penurunan kualitas anak yang lahir dari kebuntingan yang terpapar suhu tinggi mengakibatkan penurunan efisiensi reproduksi dan tingkat kelahiran yang lebih rendah. Hal ini pada akhirnya mengurangi output produksi, baik dalam bentuk daging, susu, maupun keturunan, yang berdampak pada keuntungan peternakan (Bilodeau & Kastelic, 2003).

B. Pengaruh Cahaya terhadap Keterlambatan dalam Siklus Birahi (Estrus) pada Reproduksi Ternak

Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan penting yang berperan dalam mengatur sistem fisiologis ternak, termasuk sistem reproduksi. Banyak jenis ternak yang memiliki siklus reproduksi yang dipengaruhi oleh fotoperiodisme, yaitu respon biologis terhadap panjangnya siang dan malam. Keterlambatan dalam siklus birahi (estrus) pada ternak sering kali terkait dengan perubahan durasi pencahayaan, baik karena faktor alami (perubahan musim) atau pengelolaan yang kurang optimal di kandang. Artikel ini akan membahas bagaimana cahaya memengaruhi keterlambatan siklus estrus pada ternak dan dampaknya terhadap reproduksi (Chemineau et al., 1992).

Fotoperiodisme adalah kemampuan organisme untuk merespon perubahan durasi cahaya siang dan malam, yang memengaruhi fungsi reproduksi ternak. Pada beberapa spesies ternak, seperti domba dan kambing, siklus estrus sangat dipengaruhi oleh panjang hari. Domba dikenal sebagai hewan *short-day breeders*, artinya mereka lebih aktif secara reproduktif pada musim dingin ketika durasi siang lebih pendek. Sebaliknya, unggas dan beberapa jenis sapi perah dapat lebih aktif secara reproduktif pada musim panas dengan pencahayaan yang lebih lama (Chemineau et al., 1992).

Cahaya memengaruhi pelepasan hormon reproduksi melalui kelenjar pineal dan hipotalamus. Ketika cahaya diterima oleh retina mata, sinyal dikirimkan ke hipotalamus untuk mengatur produksi hormon melatonin oleh kelenjar pineal. Melatonin memainkan peran kunci dalam mengatur aktivitas reproduksi berdasarkan panjang hari. Saat durasi pencahayaan berubah, produksi melatonin juga berubah, mempengaruhi pelepasan hormon-hormon lain, seperti *gonadotropin-releasing hormone* (GnRH), yang mengendalikan siklus estrus (Chemineau et al., 1992).

Ternak yang tidak mendapatkan durasi pencahayaan yang sesuai, dapat terjadi keterlambatan atau bahkan penghentian siklus estrus, yang berdampak pada keterlambatan kebuntingan dan produktivitas. Cahaya yang terlalu lama, seperti yang terjadi pada

musim panas atau ketika ternak berada di bawah cahaya buatan yang berlebihan, dapat menyebabkan penurunan produksi melatonin. Akibatnya, aktivitas hormonal yang mendukung siklus estrus berkurang, menyebabkan ternak tidak memasuki siklus estrus secara teratur. Pada spesies ternak yang sangat dipengaruhi oleh fotoperiodisme, seperti domba, keterlambatan estrus sering terjadi ketika durasi pencahayaan terlalu panjang (misalnya, di musim panas). Kurangnya pemicu hormonal akibat durasi cahaya yang tidak tepat dapat menyebabkan ovulasi tidak terjadi sesuai siklus normal (Pal et al., 2022).

Untuk menghindari dampak negatif cahaya terhadap keterlambatan estrus, peternak dapat mengelola durasi pencahayaan di lingkungan ternak. Peternak memberikan durasi pencahayaan yang sesuai dengan kebutuhan spesies ternak adalah kunci untuk menghindari keterlambatan estrus. Misalnya, pada domba, pengurangan durasi pencahayaan buatan di musim panas dapat membantu menstimulasi siklus estrus di awal musim dingin. Pastikan bahwa ternak mendapatkan siklus siang dan malam yang konsisten. Cahaya buatan yang terlalu lama atau cahaya yang tidak konsisten dapat menyebabkan gangguan hormon dan siklus estrus. Di kandang, durasi pencahayaan dapat diatur menggunakan timer otomatis untuk memberikan cahaya sesuai kebutuhan spesies. Penggunaan cahaya buatan harus dikelola dengan cermat. Pada sapi perah, misalnya, pencahayaan selama 16 jam per hari diikuti dengan kegelapan selama 8 jam telah terbukti meningkatkan efisiensi reproduksi dan produksi susu. Pada ternak yang sangat dipengaruhi oleh musim, seperti kambing dan domba, pengelolaan pencahayaan selama transisi musim sangat penting. Penyesuaian waktu pemberian cahaya dapat membantu mempercepat munculnya siklus estrus setelah periode hari panjang (Pal et al., 2022).

C. Pengaruh Polusi Udara terhadap Gangguan Hormonal dan Menurunnya Kesehatan yang Mempengaruhi Fertilitas pada Reproduksi Ternak

Polusi udara merupakan salah satu masalah lingkungan yang semakin menjadi perhatian global karena dampaknya terhadap kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan secara keseluruhan. Pada ternak, polusi udara tidak hanya memengaruhi kesehatan pernapasan, tetapi juga memiliki pengaruh negatif pada sistem hormonal yang berperan penting dalam fertilitas dan reproduksi. Paparan jangka panjang terhadap polutan udara seperti gas beracun, partikel debu, dan senyawa kimia dapat menyebabkan gangguan pada keseimbangan hormonal, penurunan kesehatan, serta penurunan produktivitas reproduksi ternak. Artikel ini akan membahas bagaimana polusi udara memengaruhi sistem hormonal dan kesehatan ternak, serta dampaknya terhadap fertilitas (Canipari & Cecconi, 2020).

Polusi udara terdiri dari berbagai polutan berbahaya yang dapat berdampak negatif pada kesehatan ternak. Polutan utama yang sering dihadapi oleh ternak di lingkungan peternakan atau daerah dengan tingkat polusi tinggi meliputi: Gas beracun seperti amonia (NH_3), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), dan nitrogen oksida (NO_x): Gas-gas ini sering berasal dari limbah industri, transportasi, dan penggunaan pupuk di bidang pertanian. Partikulat udara (PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$): Partikel halus ini berasal dari debu jalanan, asap pembakaran, dan emisi industri. Partikel ini dapat dengan mudah terhirup oleh ternak dan menembus saluran pernapasan. Senyawa organik volatil (VOC): Polutan kimia ini sering berasal dari bahan bakar, pestisida, dan pelarut kimia yang dapat mempengaruhi kesehatan secara keseluruhan. Paparan terus-menerus terhadap polutan ini dapat memicu berbagai masalah kesehatan pada ternak, termasuk gangguan pernapasan, gangguan metabolisme, hingga gangguan hormonal yang berhubungan dengan fungsi reproduksi (Frutos et al., 2015).

Polusi udara dapat menyebabkan gangguan hormonal pada ternak melalui berbagai mekanisme. Polutan seperti gas beracun dan partikulat udara dapat memasuki aliran darah melalui paru-paru,

memicu peradangan sistemik, dan mengganggu regulasi hormon yang diperlukan untuk reproduksi. Polutan udara dapat mengganggu fungsi kelenjar endokrin, seperti hipotalamus, hipofisis, tiroid, dan gonad, yang bertanggung jawab atas produksi hormon-hormon penting untuk reproduksi. Misalnya, paparan polutan dapat menyebabkan penurunan produksi hormon GnRH (*Gonadotropin-releasing hormone*), yang berperan dalam mengatur siklus estrus dan ovulasi pada betina. Polusi udara dapat memicu disruptor endokrin, zat yang meniru atau mengganggu hormon-hormon alami dalam tubuh, seperti estrogen dan testosteron. Disruptor ini dapat menghambat fungsi hormon seks yang penting dalam menjaga kesuburan dan proses reproduksi. Polusi udara dapat memicu stres oksidatif yang meningkatkan produksi kortisol, hormon stres yang dapat menekan fungsi reproduksi. Peningkatan kadar kortisol dapat menghambat pelepasan hormon-hormon reproduktif, menyebabkan keterlambatan siklus estrus pada ternak betina dan penurunan kualitas sperma pada ternak jantan (Frutos et al., 2015).

Polusi udara yang memicu gangguan hormonal dan penurunan kesehatan pada akhirnya memengaruhi fertilitas ternak. Pada ternak jantan, paparan polusi udara dapat menyebabkan penurunan kualitas sperma, termasuk motilitas sperma yang rendah, jumlah sperma yang berkurang, dan peningkatan kerusakan DNA sperma. Hal ini mengurangi kemungkinan pembuahan dan meningkatkan risiko infertilitas pada ternak jantan. Pada betina, paparan polusi udara dapat menyebabkan gangguan siklus estrus, seperti siklus estrus yang tidak teratur, anestrus (tidak mengalami birahi), atau keterlambatan ovulasi. Hal ini secara signifikan mengurangi peluang terjadinya kebuntingan. Pada ternak betina yang bunting, polusi udara dapat meningkatkan risiko keguguran atau kelahiran prematur akibat gangguan hormonal dan penurunan kesehatan. Embrio yang terpapar polusi selama perkembangan dapat mengalami gangguan pertumbuhan, yang meningkatkan angka kematian embrio atau kelahiran dengan berat badan rendah. Ternak perah yang terpapar polusi udara juga dapat mengalami penurunan dalam produksi susu, yang berkaitan dengan stres oksidatif, penurunan kesehatan, dan gangguan hormonal. Penurunan produksi susu dapat mengurangi

efisiensi produksi, terutama dalam peternakan komersial (Rhind et al., 2010).

D. Pengaruh Ketersediaan Air, Pakan, dan Nutrisi terhadap Dehidrasi, Penurunan Kualitas Susu, Malnutrisi, Kesuburan, serta Gangguan pada Siklus Birahi dan Ovulasi pada Reproduksi Ternak

Ketersediaan air, pakan, dan nutrisi merupakan faktor penting dalam kesehatan dan produktivitas ternak, khususnya dalam fungsi reproduksi. Ketersediaan sumber daya yang cukup tidak hanya berdampak pada pertumbuhan dan produksi susu, tetapi juga memengaruhi keseimbangan hormonal dan kesuburan. Kekurangan dalam aspek-aspek ini dapat menyebabkan dehidrasi, malnutrisi, dan berujung pada gangguan siklus estrus (birahi) serta ovulasi (Teitelbaum, 1981).

Air merupakan komponen esensial bagi kesehatan ternak, yang terlibat dalam hampir semua fungsi fisiologis tubuh, termasuk pencernaan, sirkulasi darah, pengaturan suhu tubuh, dan produksi susu. Dalam hal reproduksi, air juga memainkan peran penting dalam transportasi hormon, sekresi cairan reproduksi, dan kesehatan organ reproduksi. Kekurangan air atau dehidrasi menyebabkan gangguan metabolisme, yang pada akhirnya mengganggu sistem reproduksi. Dehidrasi menghambat aliran darah ke organ reproduksi, yang dapat menyebabkan gangguan siklus estrus dan penurunan produksi hormon-hormon reproduksi seperti gonadotropin dan progesteron. Hal ini dapat memperlambat atau menghentikan siklus birahi, yang menyebabkan ketidaksuburan atau penurunan tingkat kebuntingan. Pada ternak perah, air merupakan komponen utama dalam produksi susu. Kekurangan air akan menurunkan produksi susu karena tubuh ternak memprioritaskan distribusi air untuk fungsi vital lainnya, seperti pengaturan suhu tubuh dan pencernaan. Dehidrasi parah juga dapat menyebabkan penurunan kualitas susu, karena kandungan padatan dalam susu meningkat dan produksi menurun (Teitelbaum, 1981).

Siklus birahi (estrus) dan ovulasi pada ternak sangat dipengaruhi oleh keseimbangan nutrisi yang diperoleh dari pakan. Kekurangan nutrisi, terutama mikronutrien seperti vitamin A, vitamin E, serta mineral seperti selenium dan zinc, dapat menyebabkan gangguan serius dalam fungsi reproduksi. Kekurangan nutrisi yang mengandung lemak esensial atau protein berkualitas tinggi dapat mempengaruhi sintesis hormon seks seperti estrogen dan progesteron. Penurunan kadar hormon ini akan mengakibatkan gangguan dalam siklus estrus, di mana ternak tidak mengalami birahi tepat waktu atau bahkan tidak mengalami birahi sama sekali. Ovulasi memerlukan keseimbangan energi dan nutrisi makro yang cukup untuk terjadi. Ketika ternak kekurangan nutrisi penting, terutama energi metabolik dan asam lemak, ovulasi mungkin tidak terjadi sama sekali atau terjadi secara tidak teratur. Ini mengurangi tingkat kebuntingan dan meningkatkan risiko infertilitas (Firmawati et al., 2019).

Ketersediaan nutrisi yang tidak mencukupi, atau malnutrisi, sangat berpengaruh terhadap kesuburan pada ternak betina dan jantan. Pada betina, malnutrisi dapat menyebabkan penundaan pubertas, siklus anestrus, dan gangguan pada folikulogenesis (proses perkembangan folikel telur). Ini menyebabkan penurunan produksi oosit berkualitas dan gangguan implantasi embrio, yang pada akhirnya memengaruhi kebuntingan dan produksi keturunan. Pada jantan, malnutrisi menyebabkan penurunan produksi sperma, kualitas sperma yang rendah (motilitas buruk), serta peningkatan jumlah sperma abnormal. Ini secara signifikan mengurangi peluang pembuahan saat kawin alami atau inseminasi buatan, yang pada akhirnya memengaruhi tingkat fertilitas pada populasi ternak (Firmawati et al., 2019).



BAB 11

11

BAB 11

ADOPSI DAN DIFUSI INOVASI TEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK

Yulia Irwina Bonewati, S.Pt., M.Si

Inovasi teknologi reproduksi ternak merupakan salah satu upaya mengembangkan ternak lokal Indonesia dan erat kaitannya dengan kualitas dan kuantitas ketersediaan pangan hewani dalam negeri. Secara genetik, ternak lokal Indonesia memiliki keunggulan tersendiri. Namun, tuntutan perkembangan zaman mengharuskan pemanfaatan teknologi untuk pengoptimalan potensi genetik ternak lokal agar dapat memberikan manfaat untuk keberlangsungan hidup peternak. Pengoptimalan potensi genetik ternak lokal dilakukan melalui peningkatan produktivitas atau kinerja produksinya melalui teknologi di bidang reproduksi. Teknologi reproduksi yang berkembang di Indonesia saat ini ada dalam berbagai metode, mulai bantuan perkawinan alami yang sederhana hingga kloning ternak ruminansia dewasa dengan mekanisme yang kompleks. Beberapa diantaranya adalah teknologi inseminasi buatan (IB) dan transfer embrio (TE).

Teknologi IB dan TE menargetkan peternakan rakyat sebagai sasaran utama untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas ternak ruminansia. Keterlibatan peternak sebagai subjek pembangunan peternakan khususnya dalam teknologi reproduksi ternak perlu mendapat perhatian dengan terlebih dahulu memberikan penilaian terhadap keinginan peternak untuk mengadopsi teknologi reproduksi yang dimaksud. Penilaian ini akan memberikan informasi mengenai

kelayakan dan dampak potensial teknologi, sehingga memungkinkan pendekatan teknologi yang sesuai. Pengintegrasian teknologi ilmiah perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha peternakan (Hajong et al., 2023).

Peranan peternak sangat vital dalam mendorong inovasi teknologi yang secara signifikan dapat memengaruhi keputusan mereka dalam penerimaan teknologi yang sedang berkembang. Proses adopsi yang berhasil bergantung pada kapabilitas peternak untuk menerapkan praktik baru yang sejalan dengan keyakinan dan nilai-nilai yang mereka yakini dan hal tersebut bergantung pada penerimaan informasi. Peternak sebagai penerima inovasi merupakan faktor penentu adopsi teknologi dan keberhasilan proses adopsi bergantung pada kemampuan peternak mengimplementasikan teknologi melalui penerimaan informasi (Bonewati et al., 2024).

A. Adopsi Teknologi Inseminasi Buatan pada Peternak Sapi Potong

Teknologi IB memaksimalkan pemanfaatan pejantan unggul, penyebaran materi genetik unggul, meningkatkan kecepatan dan efisiensi seleksi genetik, pengenalan materi genetik baru dengan mengimpor semen *breed* unggul maupun penggunaan semen keturunan lokal, mengurangi biaya transportasi internasional, memungkinkan penggunaan semen beku bahkan setelah donornya mati, dan mengurangi risiko penyebaran penyakit menular seksual. Penerapan teknologi IB bertujuan tidak hanya sekadar mengelola usaha produktif, efisien, dan efektif. Namun tujuan jangka panjang untuk meningkatkan populasi dan produksi ternak lokal sehingga peternak bisa mandiri secara *better farming, better business, dan better living*. Namun, penerapan teknologi IB pada ternak di pedesaan juga seringkali menghadapi beberapa permasalahan terkait faktor teknis dan faktor psikologis peternak dalam keputusannya terhadap adopsi teknologi IB.

1. Faktor Teknis

Fenomena yang terjadi bahwa faktor teknis dalam implementasi teknologi IB pada peternak juga seringkali berhadapan dengan serangkaian permasalahan yang terjadi berdasarkan rujukan dari beberapa penemuan yang telah dilakukan beberapa diantaranya adalah faktor aksesibilitas wilayah, frekuensi kegiatan penyuluhan, dan sistem pemeliharaan ternak.

Aksesibilitas wilayah memiliki pengaruh yang tidak dapat disangkal dari adopsi teknologi IB pada peternak sapi potong. Inseminator mempertimbangkan kompleksitas jarak tempuh dalam mengakses wilayah dalam pelaksanaan tugasnya. Peternak yang tinggal lebih dekat dengan sentra IB cenderung lebih mengadopsi dan menggunakan teknologi tersebut dibandingkan dengan yang tinggal lebih jauh, yang berarti bahwa akses wilayah ke sentra IB memegang peranan penting dalam adopsi teknologi IB oleh peternak (Ingabire et al., 2018). Fakta bahwa distribusi tenaga inseminator yang tidak merata juga menjadi tantangan yang signifikan dalam menjangkau wilayah tertentu. Meskipun demikian, penting untuk menemukan kemudahan mengakses wilayah guna memastikan peternak dapat mengakses sentra IB, terlepas dari kesulitan yang ada.

Upaya untuk meningkatkan adopsi IB juga harus difokuskan pada edukasi kepada peternak tentang performa teknologi IB dan dampaknya terhadap hasil, efisiensi, dan profitabilitas. Salah satu dampak yang muncul akibat faktor aksesibilitas wilayah adalah komunikasi *real-time* antara inseminator dan peternak. Komunikasi *real-time* menjadi faktor penentu probabilitas peternak menerima layanan cepat dari inseminator utamanya saat akseptor/indukan mengalami birahi, sehingga hal tersebut menjadi waktu yang tepat untuk akseptor di IB (Berhe et al., 2020). Selain itu, deteksi dini terkait birahi, kebuntingan, dan kelahiran indukan sangat penting untuk penanganan dan pengelolaan yang tepat waktu dan efektif.

Frekuensi kegiatan penyuluhan juga menjadi faktor teknis peternak dalam mengadopsi teknologi IB. Terbatasnya kegiatan penyuluhan terkait IB di lingkungan peternak menyebabkan pengetahuan mereka tentang teknologi IB kurang memadai, sehingga

memengaruhi pemahaman mereka tentang potensi profitabilitasnya. Informasi yang dibutuhkan oleh peternak dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori kognitif, yaitu umum dan khusus. Informasi umum berkaitan dengan pengetahuan mendasar yang dipahami secara luas oleh masyarakat peternak, sedangkan informasi khusus diperlukan untuk benar-benar terlibat dalam inovasi teknologi yang diperkenalkan. Informasi khusus IB biasanya diperoleh melalui inseminator dan penyuluh, sedangkan informasi umum diperoleh dari informasi yang beredar di lingkungan setempat (Muhyidin, 2023). Peternak yang menerima informasi spesifik tentang teknologi diasumsikan memiliki tingkat probabilitas lebih tinggi untuk mengadopsi daripada mereka yang hanya memiliki pengetahuan dasar atau tidak memiliki totalitas informasi (Ma et al., 2017).

Mengadopsi teknologi merupakan proses yang kompleks yang melibatkan banyak faktor, dan peternak harus mempertimbangkan dengan matang terkait biaya dan profitabilitas sebelum memutuskan untuk menerapkan teknologi tersebut. Berdasarkan penelitian yang relevan, rendahnya angka kebuntingan pada sapi potong yang menggunakan teknologi IB dapat dikaitkan dengan beberapa faktor diantaranya peternak kurang memiliki pengetahuan tentang deteksi birahi indukan akibat rendahnya frekuensi pelaksanaan kegiatan penyuluhan di lingkungan tempat mereka bermukim. Jika suatu teknologi dapat menunjukkan keunggulan relatif, peternak akan lebih cenderung untuk menerapkannya ke dalam praktik peternakan mereka (Bonewati et al., 2020). Oleh karena itu, sangat penting untuk mengevaluasi dan mengomunikasikan potensi manfaat dari setiap teknologi baru yang diperkenalkan kepada peternak melalui kegiatan penyuluhan.

Faktor teknis lainnya yaitu sistem pemeliharaan ternak. Sistem pemeliharaan ternak yang masih tradisional seperti sistem semi intensif dan ekstensif juga memperngaruhi adopsi teknologi IB oleh peternak (Bonewati et al., 2024). Sistem pemeliharaan ternak secara tradisional dilakukan dengan membiarkan ternak merumput bebas. Namun, praktik ini melibatkan pemberian pakan kurang terkontrol dengan nutrisi yang tidak memadai yang dapat membahayakan kesehatan reproduksi, dan kesejahteraannya. Keberhasilan teknologi

IB bergantung pada berbagai faktor lingkungan, salah satunya dengan pemberian pakan yang cukup dan berkualitas baik untuk pejantan sebagai donor semen dan indukan sebagai akseptor IB (Susilawati & Yekti, 2018). Faktanya, banyak peternak yang masih mempraktikkan sistem peternakan tradisional secara turun temurun masih menahan diri untuk tidak menggunakan teknologi IB dan membiarkan indukan/pejantan mereka bebas merumput yang meningkatkan risiko perkawinan alami (Hajong et al., 2023).

Selain itu, mendeteksi birahi pada waktu yang tepat dapat menjadi tantangan dalam kondisi tertentu yang memengaruhi tingkat keberhasilan suatu teknologi. Meskipun pertimbangan finansial penting, persepsi kecukupan keuntungan cenderung memengaruhi keinginan peternak untuk mengadopsi inovasi baru daripada maksimalisasi keuntungan. Selain itu, kegiatan peternakan sangat mengakar dalam sistem peternakan tradisional peternak yang mengakibatkan peternak tidak beranjak dari praktik peternakan yang selama ini mereka terapkan (Ranacher et al., 2021). Produktivitas ternak seringkali menurun karena manajemen pemeliharaan yang kurang optimal, termasuk menggunakan sistem tradisional, menjalankan usaha sampingan non-agribisnis, dan mengabaikan input produksi (Sultan R, 2018).

2. Faktor Psikologis

Keputusan peternak untuk mengadopsi sebuah teknologi tidak hanya mempertimbangkan perspektif penerimaan teknologi dari penyuluh, tetapi juga proses psikologis dalam diri peternak (Baba et al., 2014). Penerapan teknologi IB telah membawa peningkatan signifikan pada status ekonomi peternak. Kemajuan ini juga menyebabkan peningkatan produksi anakan, yang menunjukkan dampak positif teknologi IB terhadap mata pencaharian peternak. Berdasarkan hal tersebut dapat diasumsikan bahwa peternak dapat menerima teknologi dengan tangan terbuka dan tetap optimis terhadap potensinya. Jika demikian, peternak telah menunjukkan sikap proaktif dan peningkatan antusiasme terhadap integrasi teknologi IB ke dalam praktik peternakan mereka. Sikap positif terhadap penerapan IB di sektor peternakan ini menyoroti potensi

manfaat teknologi IB untuk meningkatkan produktivitas dan profitabilitas peternakan. Aspek manfaat mengacu pada kegiatan usaha peternakan yang dilakukan dapat memberikan manfaat pada rumah tangga peternak dalam hal memenuhi kebutuhan ekonomi keluarga (Bonewati et al., 2022). Sebaliknya, persepsi peternak terhadap konsekuensinya juga memengaruhi adopsi teknologi IB oleh peternak. Sikap positif meningkatkan peluang untuk mengadopsi teknologi merupakan refleksi dari perilaku peternak.

Alasan yang memotivasi peternak untuk menerapkan sistem peternakan konvensional atau organik bergantung pada beberapa faktor seperti tingkat kesadaran, persepsi sosial, sumber daya yang tersedia, dan persepsi keuntungan (Riar et al., 2017). Sikap peternak dipengaruhi secara signifikan oleh persepsi kepentingan, dalam kasus di mana peternak menganggap bahwa IB dapat meningkatkan hasil dan produktivitas usaha, yang secara tidak langsung mengubah kecenderungan peternak untuk menerapkan teknologi IB (Okkyla & Samsudewa, 2013). Sikap individu terhadap perilaku tertentu ditentukan oleh keyakinan tentang konsekuensi positif dan negatif dari perilaku. Keyakinan perilaku dan evaluasi hasil adalah dua faktor yang menentukan sikap individu terhadap perilaku. Sebaliknya, evaluasi hasil mengacu pada penilaian subjektif terhadap hasil perilaku. Oleh karena itu, sikap terhadap perilaku dibentuk oleh keyakinan tentang hasil perilaku dan nilai-nilainya (Ajzen, 2005).

Norma subjektif merujuk pada faktor eksternal yang memengaruhi keputusan peternak untuk mengadopsi teknologi IB seperti keluarga, sesama peternak, pemerintah, media, inseminator, dan penyuluh. Sebagian besar masyarakat pedesaan bermata pencaharian sebagai petani dan peternak, pekerjaan ini memengaruhi lingkungan sosial secara signifikan. Hal tersebut terjadi karena keputusan peternak bisa dipengaruhi oleh lingkungan sosial yang memiliki perspektif yang sama terhadap sebuah teknologi. Proses percepatan adopsi dapat dilakukan dengan melibatkan tokoh atau masyarakat setempat. Penerimaan terhadap inovasi yang disajikan oleh individu atau entitas yang dikenal dan dihormati dalam suatu lingkungan sosial ini merupakan pendekatan yang terbukti (Ismael, 2019).

Peternak yang memanfaatkan teknologi IB biasanya berpartisipasi dalam kelompok tani yang diorganisasi dan difasilitasi oleh otoritas pemerintah daerah. Kelompok-kelompok ini menyediakan platform bagi peternak untuk terlibat dan berinteraksi dengan berbagai pemangku kepentingan dan pelaku industri. Akan tetapi, penting untuk dicatat bahwa keanggotaan kelompok tidak selalu berkorelasi dengan adopsi inovasi pada individu peternak. Norma subjektif mengacu pada persepsi individu terhadap tekanan sosial yang diberikan oleh orang-orang penting dalam kehidupan yang menentukan individu cenderung untuk menunjukkan atau menahan diri dari perilaku seperti yang dituntut oleh orang-orang disekelilingnya. Norma-norma ini dibentuk oleh keyakinan normatif individu tentang persetujuan dengan orang atau kelompok tertentu yang mereka hargai. Oleh karena itu, norma subjektif dihasilkan dari akumulasi keyakinan normatif dan motivasi individu untuk mematuhi (Ajzen, 2005).

Kontrol perilaku peternak memengaruhi keputusan untuk mengadopsi teknologi IB dalam praktik peternakan khususnya pada peningkatan biaya terkait dengan pemeliharaan indukan/akseptor, penyediaan biaya tambahan bagi inseminator, kapabilitas untuk berpartisipasi dalam implementasi IB, dan potensi risiko. Penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor tersebut ketika menerapkan teknologi IB dalam praktik peternakan untuk memastikan adopsi yang berhasil. Peternak yang lazim dalam implementasi teknologi IB diasumsikan memiliki daya kapabilitas yang cukup dalam mengaplikasikan teknologi IB, meskipun memerlukan investasi waktu dan sumber daya tambahan (Bonewati et al., 2024). Peternak dapat memperoleh manfaat yang signifikan dari kesederhanaan dan fleksibilitas yang disediakan oleh teknologi IB terutama jika inovasi tersebut unik, kompatibel, dan memiliki keunggulan relatif dari teknologi sebelumnya yang secara finansial dan temporal menguntungkan (Xu et al., 2016).

Prospek risiko yang potensial terjadi adalah indukan yang mati selama proses melahirkan dan gagal bunting, atau kondisi dimana peternak harus mengeluarkan biaya lebih, menyebabkan peternak mengevaluasi kembali untuk mengadopsi teknologi IB. Sebaliknya,

peternak yang tidak menerapkan teknologi IB menghadapi berbagai kendala dan hambatan yang mendatangkan respon negatif. Respon perihal adopsi IB cenderung masif sehingga menghalangi mereka untuk bergerak maju hingga fase implementasi. Sederhananya, respon peternak dalam mengadopsi teknologi IB ditandai dengan keberhasilan implementasi teknologi IB yang konkret pada orang lain. Adopsi IB bergantung pada observabilitas yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti status sosial ekonomi, orientasi keuntungan, dan jumlah ternak yang dipelihara (Rathod et al., 2017). Kebijakan otoritas pemerintah untuk menawarkan IB secara gratis dan penyediaan semen dari jenis pejantan unggul dapat memengaruhi peternak untuk mengadopsi teknologi IB (Bayan, 2018).

Peternak cenderung skeptis jika berhadapan dengan tantangan yang dihadapi terkait aksesibilitas wilayah dan keterbatasan komunikasi *real-time*. Akibatnya, persepsi peternak terhadap teknologi IB acapkali negatif diikuti oleh hambatan yang mereka hadapi selama proses adopsi. Kendala-kendala ini membuat peternak lebih sulit mencapai tahap implementasi, yang dapat menghambat kapabilitas peternak untuk mendapatkan manfaat dari teknologi yang absolut. Kontrol perilaku dipengaruhi oleh keyakinan tentang faktor-faktor yang dapat mendukung atau menghambat perilaku. Keyakinan ini berasal dari pengalaman masa lalu terhadap perilaku, pengetahuan yang diperoleh dengan mengamati orang lain, atau faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi seberapa sulit atau mudahnya melakukan perilaku. Pada akhirnya, rasa kontrol perilaku bergantung pada keyakinan pada kemampuan untuk mengadopsi perilaku (Ajzen, 2005).

Pengoptimalan dan efisiensi infrastruktur peternakan perlu menjadi perhatian sebagai upaya untuk menunjang pelaksanaan kegiatan peternakan di pedesaan. Mengerahkan tim inseminator yang tersebar merata dan melaksanakan penyuluhan secara rutin di daerah-daerah tempat tinggal sebagian besar *non-adopter* bermukim, sehingga peternak dapat mengakses sumber daya dan pengetahuan yang tepat untuk menerapkan teknologi IB yang akan membantu peternak dalam perubahan perilaku positif. Inseminator harus didistribusikan secara adil merata dengan peluang yang sama pada

seluruh elemen wilayah kerja. Evaluasi teknologi IB secara berkala sangat penting untuk mencapai tujuan peningkatan implementasi teknis IB (Sa'adah et al., 2019). Pengoptimalan layanan kepada peternak terfokus pada identifikasi wilayah yang intens memerlukan peningkatan melalui penilaian IB. Pemanfaatan teknologi reproduksi terbaru seperti IB, fertilisasi in vitro, dan TE oleh peternak dapat menghasilkan anakan berkualitas unggul yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan seperti peningkatan kualitas daging, ketahanan terhadap penyakit, dan tingkat pertumbuhan yang lebih cepat. Meskipun terkadang proses adopsinya lama, tetapi pengetahuan dan keterampilan yang akan dimiliki oleh peternak relatif lebih kekal. Penerapan teknologi IB memungkinkan para peternak lokal untuk memperoleh keuntungan finansial dengan menghasilkan sapi potong berkualitas dalam jumlah yang lebih banyak dan dapat dijual dengan harga tinggi.

B. Difusi Teknologi Transfer Embrio pada Peternak Sapi Potong

Setelah IB, transfer embrio (TE) merupakan generasi kedua dalam pengembangan teknologi reproduksi ternak. Teknologi TE telah lama dikenal dalam penerapan bioteknologi reproduksi ternak untuk meningkatkan kualitas genetik dalam waktu yang lebih singkat dan dalam jumlah yang lebih besar melalui teknik yang disebut transfer embrio ovulasi ganda (MOET) dan rekayasa genetika. Inseminator berperan tidak hanya pada teknik reproduksi IB saja, namun juga pada teknik reproduksi TE dimana mereka bertanggung jawab untuk mentransfer embrio ke uterus (Vivi et al., 2021). Keahlian dan keterampilan inseminator adalah faktor utama yang memengaruhi keberhasilan indukan menjadi bunting serta kemampuan dalam pemeriksaan kebuntingan setelah di IB. Setiap individu inseminator mempunyai persepsi dan interpretasi yang membentuk sikap dan perilaku yang reaksinya dihasilkan dari faktor-faktor tertentu.

Teknologi TE merupakan teknologi reproduksi yang bersifat padat modal, sehingga pemerintah belum sepenuhnya mengarahkan penggunaan teknologi ini secara komersial. Beberapa daerah yang masyarakat peternaknya sudah mengenal teknologi TE salah satunya

adalah Pemerintah Provinsi Sumatera Barat dimana teknologi ini sudah diterapkan di wilayah tersebut sejak tahun 1994. Namun hasil yang dicapai dalam implementasi teknologi TE belum memuaskan pihak penyelenggara yakni pemerintah, dan masih banyak ditemukan kekurangan dalam sosialisasi maupun penggunaan teknologi TE (Yusnaweti et al., 2013). Diseminasi ilmu pengetahuan mengharuskan inovasi dan teknologi yang dihasilkan dapat diadopsi oleh masyarakat peternak penerima manfaat, dan teknologi yang diadopsi tersebut dapat diwarisi oleh masyarakat lain.

Arti lain dari difusi adalah penyebaran inovasi. Berdasarkan fakta di lapangan, peternak tempat dilakukannya sosialisasi teknologi TE sudah menyadari akan keuntungan dan manfaat yang diperoleh dari penggunaan teknologi TE. Namun proses difusi teknologi TE di Sumatera Barat sedikit berbeda dengan difusi teknologi lainnya, dimana biaya penerapan teknologi TE sangat tinggi. Oleh karena itu, kegiatan ini dikontrol secara eksklusif oleh pemerintah. Mengingat hasil yang dicapai dari kegiatan ini belum memenuhi tujuan sebelumnya, maka model penerapan teknologi TE dinilai menjadi salah satu faktor kunci keberhasilan kegiatan ini. Perlu dikembangkan model-model yang dapat berkontribusi dalam membantu program mencapai tujuannya dengan lebih baik (Vivi et al., 2021).



BAB 12

12

BAB 12

PENGARUH ASAM AMINO DAN KARBOHIDRAT TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA PADA TERNAK

Rezki Amalyadi, S.Tr.Pt., M.Sc

Kualitas spermatozoa adalah faktor penting dalam reproduksi ternak, dan dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk nutrisi. Dua nutrien utama yang memiliki pengaruh signifikan adalah asam amino dan karbohidrat. Asam amino adalah komponen utama dalam pembentukan protein, yang berperan dalam pembentukan membran dan organel sel spermatozoa. Sementara itu, karbohidrat menyediakan energi yang diperlukan untuk motilitas dan proses vital lain yang mendukung kualitas spermatozoa.

A. Peran Asam Amino dalam Kualitas Spermatozoa

Asam amino adalah bahan dasar dalam biosintesis protein yang penting bagi pertumbuhan dan fungsi sel sperma. Beberapa asam amino, seperti L-arginin, telah terbukti berperan dalam meningkatkan motilitas sperma melalui peningkatan produksi oksida nitrat, yang berfungsi dalam relaksasi otot polos dan aliran darah ke organ reproduksi.

1. **L-arginin:** Berperan dalam meningkatkan motilitas sperma dan melindungi integritas membran sel sperma. Pemberian suplementasi L-arginin pada ternak seperti sapi dan kambing telah menun-

jukkan peningkatan yang signifikan dalam parameter kualitas sperma, seperti volume ejakulat, konsentrasi sperma, dan motilitas total.

2. **L-carnitin:** Berfungsi dalam metabolisme asam lemak dan menyediakan energi yang dibutuhkan oleh sperma selama pergerakan. Suplementasi L-carnitin telah dikaitkan dengan peningkatan motilitas sperma serta mengurangi jumlah sperma abnormal pada domba dan sapi.
3. **Glutamin:** Asam amino ini terlibat dalam pengurangan stres oksidatif pada spermatozoa, yang dapat merusak DNA sperma. Penggunaan glutamin dalam pakan ternak dilaporkan mampu mengurangi fragmentasi DNA sperma pada beberapa spesies ternak.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan larutan tarum mengandung antioksidan yang membantu menghambat reaksi radikal bebas atau senyawa pengoksidasi dan mengurangi reaksi oksidasi. Menurut Herdiawan et al. (2014), tanaman tarum mengandung antinutrisi seperti tanin, saponin, alkaloid, flavonoid, karbohidrat glikosida, terpenoid, steroid, dan indospicin. Palupi et al. (2014) menemukan bahwa tanaman tarum mengandung antioksidan seperti vitamin A, D, E, K, dan bahan aktif beta karoten. Mereka juga memiliki kandungan asam amino, yaitu lisin 1,57% dan metionin 0,43%. Antioksidan berperan penting dalam penetralan radikal bebas atau mencegah reaksi oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas. Reaksi oksidasi ini dapat menyebabkan kerusakan pada asam lemak tak jenuh, membran sel, pembuluh darah, basa DNA, dan jaringan. Spermatozoa dengan membran plasma yang masih utuh menunjukkan tingkat kehidupan yang lebih tinggi dan tingkat viabilitas yang lebih tinggi.

B. Peran Karbohidrat dalam Kualitas Spermatozoa

Karbohidrat, terutama glukosa, adalah sumber energi utama bagi spermatozoa. Spermatozoa menggunakan glikolisis dan siklus Krebs untuk menghasilkan ATP yang dibutuhkan untuk motilitas dan fungsi-fungsi lain seperti kapasitas dan akrosom reaksi.

1. **Glukosa:** Glukosa adalah sumber energi utama yang digunakan oleh spermatozoa. Penelitian pada sapi jantan menunjukkan bahwa kadar glukosa dalam cairan seminalis memengaruhi motilitas sperma. Pemberian pakan yang kaya akan glukosa terbukti meningkatkan jumlah sperma hidup dan motilitas progresif pada domba dan sapi.
2. **Fruktosa:** Selain glukosa, fruktosa yang ditemukan dalam cairan seminalis juga penting dalam menyediakan energi bagi sperma. Pada domba dan kambing, kadar fruktosa yang optimal dalam pakan dapat meningkatkan motilitas dan viabilitas sperma.

Salah satu syarat untuk pengencer semen yang baik adalah ketersediaan energi dari karbohidrat. Salah satu jenis sumber energi terbaik bagi sperma adalah karbohidrat, yang berfungsi sebagai sumber energi selama inkubasi sperma, menjaga tekanan osmotik cairan, dan berfungsi sebagai krioprotektan. Tiga jenis karbohidrat—glukosa, fruktosa, dan sukrosa—yang mudah didapat dan sering digunakan sebagai sumber energi bagi sperma dalam berbagai jenis penelitian. Jika karbohidrat ditambahkan ke pengencer, maka akan sangat bermanfaat dan membantu daya hidup spermatozoa (Salisbury dan VanDemark, 1985).

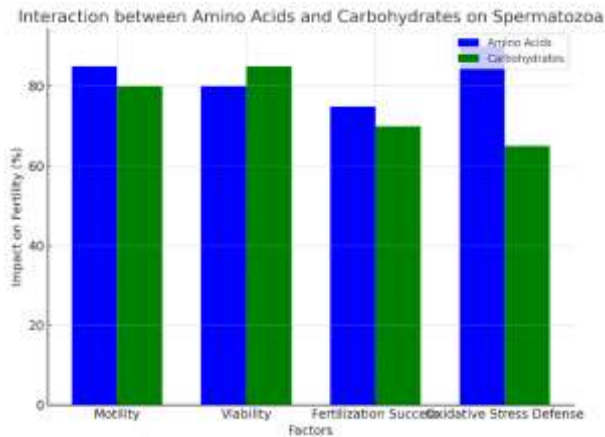
Instruksi Kerja BIB Ungaran (2011) menyatakan bahwa penggunaan 2% glukosa dalam pengencer skim kuning telur benar-benar mempertahankan motilitas spermatozoa. Namun menurut Panglowhapan (2003), glukosa dan campuran meningkatkan motilitas sperma lebih dari fruktosa. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Raharjo (2002), penambahan 2% fruktosa ke dalam pengencer skim kuning telur menghasilkan peningkatan motilitas spermatozoa. Woelder et al. (1997) menyatakan bahwa penambahan gula trehalosa atau sukrosa ke pengencer nyata meningkatkan motilitas sperma dari semen sapi yang beku. Selain itu, Rizal (2006) menyatakan bahwa penambahan sukrosa 0,2% sebagai krioprotektan ekstraseluler ke dalam pengencer dapat meningkatkan kualitas spermatozoa domba garut.

C. Interaksi Antara Asam Amino dan Karbohidrat

Penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara asam amino dan karbohidrat sangat penting untuk mendukung kualitas sperma. Sebagai contoh, kombinasi suplementasi L-arginin dengan pakan kaya glukosa dapat meningkatkan produksi sperma dan memperbaiki motilitas sperma lebih baik dibandingkan pemberian salah satu nutrisi secara terpisah. Selain itu, karbohidrat dapat memodulasi efek asam amino tertentu dengan menyediakan energi yang diperlukan untuk sintesis protein. Sebaliknya, asam amino juga berperan dalam metabolisme karbohidrat, meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan melalui glikolisis dan siklus Krebs pada spermatozoa.

Meskipun karbohidrat dan glikoform terkonjugasi yang sesuai telah lama dianggap hanya sebagai matriks pengisi ruang atau aksesori pasca-transkripsi elemen dalam glikoprotein yang berfungsi untuk melindunginya dari degradasi dini, telah menjadi jelas bahwa glikokonjugat seperti glikolipid atau glikosaminoglikan menunjukkan berbagai macam fungsi biologis tambahan. Memang, karbohidrat diekspresikan pada sebagian besar permukaan sel mamalia, dan terikat pada protein, glikoprotein, dan glikolipid, atau terkonjugasi dengan konstituen seluler seperti proteoglikan yang terjerat dalam membran sel dan dikelompokkan dalam multiantennary konfigurasi.

Asam amino dan karbohidrat memainkan peran penting dalam mengatur kualitas dan fungsi spermatozoa pada ternak. Penelitian menunjukkan bahwa kedua nutrisi ini penting untuk produksi energi, motilitas, dan fertilitas sperma secara keseluruhan.



Gambar 12. 1

Interaksi antara Asam Amino dan Karbohidrat terhadap Kualitas Spermatozoa

1. **Motilitas (Motility):** Asam amino mendukung motilitas melalui sintesis protein yang diperlukan untuk integritas struktural sperma.
2. **Viabilitas (Viability):** Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama, menyediakan ATP melalui glikolisis untuk meningkatkan viabilitas sperma.
3. **Keberhasilan Fertilisasi (Fertilization Success):** Kombinasi kedua nutrisi ini penting untuk kapasitas dan keberhasilan fertilisasi.
4. **Perlindungan Terhadap Stres Oksidatif (Oxidative Stress Defense):** Asam amino, terutama yang berperan dalam pertahanan terhadap radikal bebas, membantu menjaga kesehatan spermatozoa selama perjalanannya di sistem reproduksi (Miwa, 2015; Menezes et al. 2019). Interaksi ini menunjukkan sinergi antara asam amino dan karbohidrat dalam meningkatkan fertilitas ternak, sebagaimana dijelaskan dalam berbagai penelitian mengenai metabolisme sperma dan profil nutrisi (Menezes et al. 2019).

Asam amino seperti glutamin (Gln), leusin (Leu), dan arginin (Arg) adalah kunci dalam mempertahankan motilitas dan vitalitas

sperma. Mereka berperan sebagai bahan dasar untuk sintesis protein, yang penting bagi integritas struktural dan metabolisme spermatozoa. Studi pada spermatozoa sapi jantan menunjukkan bahwa beberapa asam amino memiliki korelasi positif dengan motilitas progresif, yang sangat penting untuk keberhasilan fertilisasi (Miwa, 2015; Menezes et al. 2019). Selain itu, asam amino juga berperan dalam melindungi sel sperma dari stres oksidatif, yang dapat merusak spermatozoa selama perjalanannya di saluran reproduksi (Engel et al. 2019).

Karbohidrat, di sisi lain, berfungsi sebagai sumber energi utama bagi spermatozoa. Proses glikolisis, yaitu pemecahan glukosa, menyediakan ATP yang dibutuhkan untuk motilitas sperma dan kapasitas, proses akhir pematangan yang memungkinkan fertilisasi. Interaksi antara sperma dan karbohidrat juga penting dalam pengikatan dengan zona pellucida (lapisan luar sel telur) selama proses fertilisasi. Interaksi protein-karbohidrat ini memastikan keberhasilan fusi spermotelur dan fertilisasi (Miwa, 2015). Kehadiran asam amino dan karbohidrat secara bersamaan mendukung metabolisme energi sperma dan melindungi terhadap stres oksidatif. Profil metabolomik pada sapi menunjukkan bahwa metabolit seperti gliserol (senyawa terkait karbohidrat) dan asam amino esensial sangat penting dalam membedakan individu dengan tingkat fertilitas tinggi dan rendah, yang menunjukkan dampak gabungan mereka terhadap hasil fertilitas (Menezes et al. 2019). Sebagai kesimpulan, asam amino dan karbohidrat mempengaruhi baik integritas struktural maupun kapasitas metabolik spermatozoa pada ternak, yang secara signifikan mempengaruhi fertilitas. Pemahaman tentang interaksi ini memberikan wawasan berharga untuk meningkatkan kinerja reproduksi dalam peternakan.

D. Pengaruh Asam Amino dan Karbohidrat pada Fertilitas

Kualitas sperma, yang mencakup motilitas, morfologi, dan viabilitas, memiliki hubungan erat dengan tingkat fertilitas pada ternak. Studi pada sapi, domba, dan kambing menunjukkan bahwa pemberian pakan dengan kandungan asam amino esensial dan karbohidrat yang seimbang dapat meningkatkan fertilitas ternak melalui peningkatan jumlah sperma yang layak, motilitas yang lebih tinggi, dan penurunan abnormalitas sperma.

Asam amino dan karbohidrat memainkan peran vital dalam mendukung fertilitas melalui pengaruh langsung terhadap kualitas spermatozoa pada ternak. Asam amino berfungsi dalam sintesis protein yang penting untuk motilitas sperma, viabilitas, dan pertahanan terhadap stres oksidatif. Asam amino seperti arginin, glutamin, dan leusin telah terbukti meningkatkan motilitas progresif sperma, menjaga membran sel, dan melindungi DNA dari kerusakan oksidatif (Miwa, 2015; Menezes et al. 2019). Suplementasi asam amino pada ternak telah dikaitkan dengan peningkatan konsentrasi sperma dan penurunan abnormalitas morfologis (Engel et al. 2019).

Di sisi lain, karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama melalui proses glikolisis, yang menghasilkan ATP untuk mendukung motilitas dan kapasitasi sperma. Proses kapasitasi ini sangat penting untuk fertilisasi yang sukses karena mempersiapkan sperma untuk menembus sel telur. Glukosa dan fruktosa adalah dua karbohidrat utama yang digunakan oleh spermatozoa, dengan glukosa memiliki peran utama dalam metabolisme energi sperma (Miwa, 2015). Kombinasi yang tepat antara asam amino dan karbohidrat dalam pakan ternak telah terbukti meningkatkan efisiensi metabolisme sperma, mendukung motilitas, dan memperbaiki kualitas sperma secara keseluruhan, yang pada akhirnya meningkatkan tingkat fertilitas (Menezes et al. 2019). Studi metabolomik pada sapi menunjukkan bahwa profil metabolit, termasuk asam amino dan senyawa terkait karbohidrat, dapat membedakan antara individu dengan fertilitas tinggi dan rendah, menyoroti pengaruh besar nutrisi ini pada reproduksi (Menezes et al. 2019).



BAB 13

13

BAB 13 PENGARUH VITAMIN TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA

Ir. Agni Ayudha Mahanani. S.Pt., M.Pt., IPP

A. Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Kualitas Spermatozoa

Kualitas spermatozoa merupakan faktor penting dalam menentukan kesuburan reproduksi ternak. Berbagai faktor internal dan eksternal dapat memengaruhi kualitas spermatozoa, salah satunya adalah paparan radikal bebas. Radikal bebas, seperti *reactive oxygen species* (ROS) adalah molekul yang dapat merusak struktur dan fungsi sel melalui proses oksidasi. Vitamin C mampu menetralkan berbagai jenis radikal bebas seperti hidroksil, superoksida, dan radikal hidrogen peroksida. Stres oksidatif terjadi ketika terdapat ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan di dalam sel. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan gangguan keseimbangan antara oksidan dan antioksidan pada tingkat sel. Ketika jumlah radikal bebas melebihi kemampuan antioksidan intraseluler untuk menetralkannya, kondisi ini berpotensi menyebabkan kerusakan sel yang serius. Pada kadar tinggi, *reactive oxygen species* (ROS) dapat menghasilkan stres oksidatif karena melampaui kapasitas pertahanan antioksidan dalam sel, sehingga menyebabkan kerusakan sel. Salah satu tanda toksisitas akibat stres oksidatif adalah tingginya hasil peroksidasi lipid, yang dapat mengganggu fungsi membran sel. Pada spermatozoa, hal ini dapat menurunkan kualitas dan bahkan menyebabkan kematian sel.

Vitamin C memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan jaringan membran plasma terhadap peroksidasi, terutama pada proses pengolahan semen beku yang melibatkan kontak langsung dengan oksigen. Kontak ini dapat meningkatkan risiko kerusakan sel sperma. Sebagai antioksidan non-enzimatis yang bersifat polar karena kandungan gugus hidroksilnya yang tinggi, vitamin C mudah larut dalam air dan bekerja pada cairan ekstraseluler. Vitamin C juga memiliki kemampuan untuk melawan dan menetralkan radikal bebas, baik dengan mencegah kerusakan DNA yang diinduksi radikal bebas maupun dengan mengurangi dampak dari produksi radikal bebas yang berlebihan.

1. Peran Vitamin C Sebagai Antioksidan pada Kualitas Spermatozoa

Vitamin C adalah antioksidan esensial yang berperan penting dalam melindungi spermatozoa ternak dari stres oksidatif. Spermatozoa ternak, yang kaya akan asam lemak tak jenuh pada membran plasmanya, sangat rentan terhadap serangan radikal bebas. Radikal bebas seperti *reactive oxygen species* (ROS) dapat menyebabkan kerusakan struktural pada membran plasma dan peroksidasi lipid. Vitamin C membantu menetralkan radikal bebas dengan mendonorkan elektron, sehingga mencegah kerusakan pada struktur spermatozoa. Selain itu, vitamin C juga memperkuat membran plasma, meningkatkan daya tahannya terhadap perubahan lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C dapat meningkatkan parameter kualitas sperma, seperti motilitas dan viabilitas, pada ternak sapi dan kambing. Dengan peran ini, vitamin C menjadi komponen penting dalam manajemen reproduksi ternak. Oleh karena itu, suplementasi vitamin C sering digunakan untuk mendukung keberhasilan reproduksi ternak di berbagai kondisi.

Stres oksidatif merupakan tantangan utama dalam menjaga kualitas spermatozoa ternak, terutama di lingkungan dengan paparan suhu tinggi atau kualitas pakan yang rendah. Ketidakseimbangan antara radikal bebas dan sistem antioksidan tubuh menyebabkan kerusakan pada DNA, protein, dan lipid spermatozoa. Vitamin C bekerja dengan cara melindungi spermatozoa dari kerusakan ini

melalui aktivitas antioksidannya yang kuat. Selain itu, vitamin C meningkatkan aktivitas antioksidan enzimatik, seperti superoksida dismutase dan katalase, untuk memperkuat sistem pertahanan tubuh. Penelitian pada kambing menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C secara signifikan mengurangi kerusakan oksidatif pada spermatozoa. Dengan perlindungan ini, spermatozoa dapat mempertahankan fungsinya meskipun dalam kondisi stres oksidatif. Oleh karena itu, vitamin C sangat penting dalam mengatasi tantangan reproduksi ternak akibat stres oksidatif. Dengan demikian, vitamin C menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas reproduksi ternak.

Salah satu kerusakan utama akibat stres oksidatif pada spermatozoa ternak adalah peroksidasi lipid, yang merusak integritas membran plasma. Peroksidasi lipid menghasilkan produk toksik yang dapat mengurangi motilitas dan viabilitas sperma. Vitamin C membantu mencegah peroksidasi lipid dengan menetralkan radikal bebas sebelum mereka menyerang membran plasma. Selain itu, vitamin C juga membantu memperbaiki struktur membran yang rusak akibat stres oksidatif, sehingga menjaga kelenturan dan stabilitasnya. Penelitian pada sapi menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C meningkatkan motilitas sperma secara signifikan. Dengan membran plasma yang lebih stabil, spermatozoa dapat bergerak lebih efisien dan mempertahankan kemampuan fertilisasinya. Hal ini menunjukkan peran penting vitamin C dalam melindungi struktur kritis spermatozoa dari kerusakan oksidatif. Oleh karena itu, suplementasi vitamin C menjadi salah satu strategi utama dalam manajemen kualitas spermatozoa ternak.

Radikal bebas juga dapat menyerang DNA spermatozoa ternak, menyebabkan fragmentasi yang berpengaruh pada kemampuan fertilisasi dan integritas genetik. Kerusakan DNA spermatozoa dapat menurunkan kualitas keturunan dan meningkatkan risiko infertilitas. Vitamin C memainkan peran penting dalam melindungi DNA sperma dengan menetralkan radikal bebas sebelum mereka menyerang molekul DNA. Selain itu, vitamin C juga membantu memperbaiki kerusakan DNA yang telah terjadi, meningkatkan peluang fertilisasi. Penelitian pada domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C secara signifikan mengurangi tingkat fragmentasi DNA pada

spermatozoa. Dengan perlindungan ini, spermatozoa dapat mempertahankan integritas genetiknya, yang penting untuk keberhasilan reproduksi. Hal ini menunjukkan bahwa vitamin C tidak hanya melindungi struktur sperma, tetapi juga fungsi genetiknya. Oleh karena itu, peran vitamin C dalam menjaga DNA spermatozoa ternak sangat penting untuk keberlanjutan produksi ternak.

Motilitas spermatozoa ternak, yang sangat penting dalam proses fertilisasi, juga dipengaruhi oleh stres oksidatif. Radikal bebas dapat merusak mitokondria spermatozoa, yang merupakan sumber energi utama untuk pergerakan sperma. Vitamin C melindungi mitokondria dari kerusakan oksidatif, memastikan bahwa spermatozoa memiliki energi yang cukup untuk bergerak. Selain itu, vitamin C juga membantu meningkatkan efisiensi produksi energi di mitokondria, yang berdampak langsung pada daya gerak sperma. Penelitian pada sapi menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C meningkatkan motilitas sperma, bahkan dalam kondisi lingkungan yang menimbulkan stres oksidatif tinggi. Dengan motilitas yang lebih baik, peluang spermatozoa mencapai sel telur meningkat, mendukung keberhasilan reproduksi. Hal ini menunjukkan bahwa vitamin C memainkan peran penting dalam menjaga parameter penting motilitas spermatozoa ternak. Oleh karena itu, vitamin C adalah elemen kunci dalam meningkatkan efisiensi reproduksi ternak.

Viabilitas spermatozoa, atau kemampuan untuk tetap hidup, sangat penting dalam menentukan kualitas sperma. Stres oksidatif dapat menyebabkan kematian sel spermatozoa, mengurangi jumlah sperma viabel dalam ejakulat. Vitamin C membantu mempertahankan viabilitas spermatozoa dengan melindungi membran plasma dan komponen seluler lainnya dari kerusakan oksidatif. Selain itu, vitamin C juga memperkuat membran plasma, sehingga sperma lebih tahan terhadap tantangan lingkungan. Penelitian pada kambing menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C meningkatkan persentase sperma hidup dalam ejakulat secara signifikan. Dengan viabilitas yang lebih tinggi, peluang fertilisasi juga meningkat, mendukung produktivitas peternakan. Hal ini menunjukkan bahwa vitamin C sangat penting dalam mempertahankan kehidupan spermatozoa ternak. Oleh karena itu, vitamin C menjadi solusi efektif

untuk meningkatkan viabilitas spermatozoa dalam industri peternakan.

Proses kriopreservasi semen ternak juga menghadapi tantangan stres oksidatif yang dapat merusak spermatozoa selama pembekuan dan pencairan. Radikal bebas yang dihasilkan selama kriopreservasi dapat merusak membran plasma, mitokondria, dan DNA spermatozoa. Vitamin C sering digunakan sebagai aditif dalam media kriopreservasi untuk melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif. Penelitian pada domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C dalam media pembekuan meningkatkan kualitas sperma setelah pencairan. Selain itu, vitamin C membantu mempertahankan motilitas dan viabilitas sperma selama proses kriopreservasi. Dengan perlindungan ini, keberhasilan inseminasi buatan pada ternak dapat ditingkatkan. Hal ini menunjukkan bahwa vitamin C adalah komponen penting dalam teknologi kriopreservasi semen. Dengan kata lain, vitamin C membantu mengatasi tantangan oksidatif selama penyimpanan semen.

Vitamin C juga bekerja sinergis dengan antioksidan lain, seperti vitamin E dan selenium, untuk melindungi spermatozoa ternak dari kerusakan oksidatif. Sebagai antioksidan sinergis, vitamin C meregenerasi vitamin E yang telah teroksidasi, meningkatkan efektivitasnya dalam melindungi sperma. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi vitamin C dan E memberikan perlindungan yang lebih baik dibandingkan penggunaan salah satu antioksidan secara terpisah. Selain itu, vitamin C juga mendukung aktivitas antioksidan enzimatis, seperti glutathione peroksidase, dalam mempertahankan kualitas sperma. Dengan kolaborasi ini, sistem antioksidan tubuh menjadi lebih efektif dalam melawan stres oksidatif. Hal ini menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C harus menjadi bagian dari strategi nutrisi terpadu untuk meningkatkan kualitas sperma ternak. Oleh karena itu, vitamin C adalah elemen penting dalam manajemen reproduksi berbasis nutrisi pada ternak.

Kondisi lingkungan yang menantang, seperti paparan suhu tinggi dan polusi, sering meningkatkan kebutuhan vitamin C pada ternak. Dalam kondisi ini, radikal bebas diproduksi dalam jumlah besar, yang

meningkatkan risiko kerusakan pada spermatozoa. Suplementasi vitamin C pada sapi dan kambing menunjukkan peningkatan signifikan pada parameter kualitas sperma, seperti motilitas dan viabilitas. Selain itu, vitamin C membantu memperbaiki kerusakan yang telah terjadi akibat paparan radikal bebas, mendukung pemulihan kualitas sperma. Dengan asupan vitamin C yang cukup, keseimbangan antara produksi radikal bebas dan kapasitas antioksidan tubuh dapat dipertahankan. Hal ini sangat penting untuk mendukung reproduksi yang optimal pada ternak. Oleh karena itu, manajemen pemberian vitamin C harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan spesifik ternak.

2. Efek Vitamin C pada Parameter Kualitas Spermatozoa Ternak

Vitamin C merupakan antioksidan yang berperan penting dalam menjaga kualitas spermatozoa pada ternak. Radikal bebas yang dihasilkan selama metabolisme atau dari lingkungan seperti polusi dan stres oksidatif dapat merusak membran plasma dan DNA spermatozoa. Pada ternak, stres oksidatif sering terjadi akibat kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti panas atau kurangnya nutrisi. Vitamin C membantu melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif dengan menetralkan radikal bebas. Selain itu, vitamin ini memperkuat membran plasma sperma, sehingga struktur dan fungsinya tetap terjaga. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C pada ternak dapat meningkatkan viabilitas sperma. Dengan memperbaiki integritas sperma, vitamin C berperan penting dalam meningkatkan keberhasilan reproduksi pada ternak. Oleh karena itu, penggunaan vitamin C dalam pakan atau suplemen menjadi strategi penting dalam manajemen reproduksi ternak.

Parameter kualitas spermatozoa, seperti motilitas, viabilitas, dan morfologi, sering dipengaruhi oleh kondisi stres oksidatif. Motilitas sperma, atau kemampuan bergerak, sangat penting dalam proses fertilisasi. Radikal bebas dapat merusak mitokondria spermatozoa, yang merupakan sumber energi utama untuk pergerakan sperma. Vitamin C melindungi mitokondria dari kerusakan oksidatif, memastikan bahwa spermatozoa memiliki energi yang cukup untuk mencapai sel telur. Penelitian pada ternak menunjukkan bahwa

suplementasi vitamin C dapat meningkatkan motilitas sperma secara signifikan. Selain itu, sperma yang lebih motil memiliki peluang lebih besar untuk mencapai dan membuahi sel telur, meningkatkan efisiensi reproduksi. Dalam konteks peternakan, hal ini sangat penting untuk meningkatkan produktivitas ternak. Oleh karena itu, pemberian vitamin C dapat membantu mengoptimalkan parameter motilitas sperma.

Viabilitas sperma, atau kemampuan sperma untuk tetap hidup, juga dipengaruhi oleh tingkat stres oksidatif. Radikal bebas dapat menyebabkan peroksidasi lipid pada membran plasma, yang mengakibatkan kerusakan dan kematian sperma. Vitamin C membantu melindungi sperma dengan mencegah peroksidasi lipid, menjaga viabilitas sperma dalam waktu yang lebih lama. Penelitian pada sapi dan kambing menunjukkan bahwa pemberian vitamin C meningkatkan jumlah sperma yang hidup selama penyimpanan semen segar atau beku. Hal ini sangat penting dalam program inseminasi buatan, di mana sperma harus tetap viabel hingga digunakan. Dengan viabilitas yang lebih tinggi, peluang keberhasilan inseminasi juga meningkat. Selain itu, vitamin C juga mendukung stabilitas membran plasma, sehingga sperma lebih tahan terhadap perubahan lingkungan. Dengan demikian, viabilitas sperma dapat ditingkatkan melalui suplementasi vitamin C.

Morfologi spermatozoa, atau struktur fisiknya, adalah parameter penting lainnya dalam menentukan kualitas sperma. Kerusakan oksidatif dapat menyebabkan deformasi pada kepala, leher, atau ekor sperma, yang mengurangi kemampuan fertilisasi. Vitamin C membantu melindungi struktur sperma dengan menetralkan radikal bebas sebelum mereka menyebabkan kerusakan. Penelitian pada kambing dan domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C dapat mengurangi tingkat sperma abnormal dalam ejakulat. Sperma dengan morfologi normal memiliki peluang lebih besar untuk berhasil membuahi sel telur. Selain itu, vitamin C juga mendukung pembentukan sperma selama proses spermatogenesis di testis. Dengan mengurangi tingkat sperma abnormal, produktivitas reproduksi ternak dapat ditingkatkan. Hal ini menjadikan vitamin C

sebagai komponen penting dalam menjaga morfologi sperma yang sehat.

DNA spermatozoa juga sangat rentan terhadap kerusakan oksidatif, yang dapat memengaruhi kemampuan fertilisasi dan perkembangan embrio. Radikal bebas dapat menyebabkan fragmentasi DNA, mengurangi integritas genetik sperma. Vitamin C membantu melindungi DNA sperma dari kerusakan oksidatif dengan menetralkan radikal bebas. Penelitian pada sapi perah menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C mengurangi tingkat fragmentasi DNA sperma. Hal ini penting untuk meningkatkan kualitas genetik sperma, yang berdampak pada kesehatan dan pertumbuhan keturunan. Selain itu, DNA yang terlindungi memastikan bahwa proses fertilisasi dan perkembangan embrio berjalan dengan baik. Dengan meningkatkan kualitas genetik sperma, vitamin C memberikan kontribusi yang signifikan pada keberhasilan reproduksi. Oleh karena itu, vitamin C sangat diperlukan untuk melindungi DNA sperma ternak.

Pada proses kriopreservasi semen, yaitu penyimpanan semen dalam kondisi beku, stres oksidatif sering menjadi masalah utama. Kontak dengan oksigen selama proses pembekuan menghasilkan radikal bebas yang merusak spermatozoa. Vitamin C dapat digunakan sebagai tambahan dalam media kriopreservasi untuk melindungi sperma dari kerusakan oksidatif. Penelitian pada domba dan kambing menunjukkan bahwa penambahan vitamin C pada media pembekuan meningkatkan kualitas sperma setelah pencairan. Sperma yang lebih tahan terhadap kerusakan selama kriopreservasi memiliki peluang lebih besar untuk digunakan dalam inseminasi buatan. Selain itu, vitamin C membantu menjaga stabilitas membran plasma selama proses pembekuan dan pencairan. Dengan demikian, keberhasilan kriopreservasi dapat ditingkatkan melalui penggunaan vitamin C. Hal ini menjadikan vitamin C sebagai komponen penting dalam teknologi reproduksi berbantuan.

Vitamin C juga berperan dalam mendukung produksi hormon reproduksi yang penting untuk spermatogenesis pada ternak. Hormon seperti testosteron diperlukan untuk pembentukan dan pematangan sperma di testis. Vitamin C membantu memperbaiki aliran darah ke

testis, memastikan suplai oksigen dan nutrisi yang cukup untuk mendukung spermatogenesis. Penelitian pada hewan ternak menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C meningkatkan konsentrasi sperma dalam ejakulat. Dengan produksi sperma yang lebih tinggi, efisiensi reproduksi pada ternak dapat ditingkatkan. Selain itu, vitamin C juga membantu memperbaiki lingkungan di testis, yang esensial untuk perkembangan sperma yang sehat. Dengan mendukung produksi hormon dan spermatogenesis, vitamin C menjadi nutrisi yang sangat penting bagi kesehatan reproduksi ternak.

Pengaruh vitamin C pada kualitas sperma tidak hanya bergantung pada dosis, tetapi juga pada interaksi dengan nutrisi lain. Vitamin C bekerja sinergis dengan vitamin E dan selenium, memperkuat sistem pertahanan antioksidan tubuh. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi vitamin C dan E memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kerusakan oksidatif pada sperma dibandingkan jika digunakan secara terpisah. Selain itu, vitamin C juga mendukung regenerasi vitamin E yang telah teroksidasi, sehingga meningkatkan efektivitasnya sebagai antioksidan. Interaksi ini menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C harus menjadi bagian dari pendekatan nutrisi holistik untuk meningkatkan kualitas sperma. Dengan kolaborasi yang optimal antara nutrisi, kesehatan reproduksi ternak dapat ditingkatkan secara signifikan. Hal ini penting untuk mendukung produktivitas dan keberlanjutan peternakan.

Manfaat vitamin C pada kualitas spermatozoa juga bergantung pada jenis ternak dan kondisi lingkungan. Pada ternak yang hidup di lingkungan dengan tingkat stres oksidatif tinggi, seperti daerah tropis atau subtropis, kebutuhan vitamin C lebih besar. Penelitian pada sapi, kambing, dan domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin C memberikan manfaat signifikan pada kondisi stres panas. Selain itu, ternak yang dipelihara dengan pakan berkualitas rendah juga mendapatkan manfaat dari suplementasi vitamin C untuk meningkatkan parameter kualitas sperma. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan vitamin C harus disesuaikan dengan kondisi spesifik setiap ternak. Dengan pendekatan yang tepat, vitamin C dapat menjadi alat penting untuk meningkatkan keberhasilan reproduksi pada

berbagai jenis ternak. Oleh karena itu, vitamin C adalah komponen yang tidak boleh diabaikan dalam manajemen reproduksi ternak.

B. Pengaruh Pemberian Vitamin E Terhadap Kualitas Spermatozoa

1. Peran Vitamin E sebagai Antioksidan

Vitamin E merupakan salah satu antioksidan yang paling penting dalam mempertahankan kualitas spermatozoa ternak. Sebagai antioksidan lipofilik, vitamin E berperan melindungi spermatozoa dari kerusakan akibat radikal bebas yang sering muncul selama proses metabolisme dan dalam kondisi stres oksidatif. Radikal bebas, seperti *reactive oxygen species* (ROS), dapat merusak struktur membran plasma spermatozoa, yang sebagian besar terdiri dari lemak tak jenuh. Kerusakan pada membran ini dapat menyebabkan penurunan motilitas, viabilitas, dan kemampuan fertilisasi spermatozoa. Vitamin E bekerja dengan cara menghambat peroksidasi lipid, sehingga menjaga integritas membran sperma tetap optimal. Dengan perlindungan ini, vitamin E memastikan spermatozoa tetap fungsional dan dapat bergerak dengan efisien menuju sel telur. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E dapat meningkatkan kualitas sperma, bahkan pada ternak yang mengalami stres oksidatif. Oleh karena itu, vitamin E adalah kunci untuk memastikan kualitas reproduksi ternak tetap terjaga meskipun dalam kondisi lingkungan yang buruk.

Selain melindungi membran plasma, vitamin E juga berperan penting dalam melindungi mitokondria spermatozoa. Mitokondria adalah sumber utama energi untuk pergerakan sperma, dan kerusakan mitokondria akibat radikal bebas dapat menyebabkan penurunan motilitas sperma. Vitamin E, dengan sifat antioksidannya, mencegah kerusakan pada mitokondria dan memastikan bahwa spermatozoa memiliki energi yang cukup untuk bergerak menuju sel telur. Sebuah penelitian pada sapi menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E meningkatkan motilitas spermatozoa dengan mengurangi kerusakan oksidatif pada mitokondria. Selain itu, vitamin E juga membantu dalam regenerasi dan mempertahankan integritas

mitokondria dalam kondisi yang penuh tekanan, seperti suhu tinggi atau kekurangan nutrisi. Dengan meningkatkan efisiensi energi spermatozoa, vitamin E berperan dalam meningkatkan kemungkinan fertilisasi. Dalam industri ternak, peningkatan motilitas sperma menjadi salah satu parameter penting dalam memastikan keberhasilan inseminasi buatan. Oleh karena itu, pemberian vitamin E sangat bermanfaat dalam meningkatkan kualitas spermatozoa ternak secara keseluruhan.

Vitamin E juga memiliki dampak positif pada viabilitas spermatozoa, yaitu kemampuan spermatozoa untuk tetap hidup dan fungsional. Stres oksidatif dapat menyebabkan kematian sel spermatozoa, yang akan menurunkan jumlah sperma yang hidup dalam ejakulat. Vitamin E membantu mengurangi kerusakan yang menyebabkan kematian sel dengan melindungi komponen seluler spermatozoa, seperti membran dan inti, dari peroksidasi lipid. Penelitian pada ternak domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E meningkatkan persentase spermatozoa yang hidup dalam ejakulat, bahkan dalam kondisi stres tinggi. Dengan meningkatkan viabilitas spermatozoa, vitamin E juga berperan dalam memperpanjang umur simpan sperma, baik dalam media beku maupun pada kondisi penyimpanan biasa. Hal ini sangat penting dalam teknologi reproduksi, khususnya dalam inseminasi buatan, di mana kualitas sperma yang terjaga akan meningkatkan tingkat keberhasilan fertilisasi. Oleh karena itu, vitamin E berfungsi untuk mempertahankan kehidupan spermatozoa dalam jangka panjang, mendukung produktivitas ternak secara keseluruhan. Dengan demikian, peran vitamin E dalam menjaga viabilitas spermatozoa sangatlah vital.

Kerusakan DNA spermatozoa akibat stres oksidatif merupakan masalah besar dalam kualitas sperma. Radikal bebas dapat merusak struktur DNA, menyebabkan fragmentasi yang berpotensi menurunkan kualitas keturunan dan menyebabkan infertilitas. Vitamin E berfungsi sebagai pelindung DNA spermatozoa dengan menetralkan radikal bebas yang dapat menyerang materi genetik. Penelitian pada sapi dan kambing menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E secara signifikan mengurangi tingkat fragmentasi DNA pada

spermatozoa. Dengan mengurangi kerusakan DNA, vitamin E membantu menjaga integritas genetik spermatozoa dan kualitas keturunan yang dihasilkan. Selain itu, vitamin E juga berperan dalam perbaikan DNA yang telah rusak, sehingga meningkatkan peluang fertilisasi. Perlindungan DNA sangat penting dalam program reproduksi ternak karena kualitas keturunan yang dihasilkan akan sangat bergantung pada integritas genetik dari spermatozoa yang digunakan. Oleh karena itu, suplementasi vitamin E memberikan dampak langsung pada keberhasilan reproduksi dan peningkatan kualitas keturunan.

Vitamin E juga berperan dalam meminimalkan efek buruk stres oksidatif yang terjadi selama kriopreservasi semen. Proses pembekuan dan pencairan semen dapat meningkatkan produksi radikal bebas, yang dapat merusak spermatozoa. Vitamin E sering ditambahkan ke dalam media pembekuan untuk melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif selama proses ini. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E dalam media pembekuan meningkatkan kualitas spermatozoa setelah pencairan, dengan memperbaiki motilitas, viabilitas, dan morfologi sperma. Hal ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi inseminasi buatan, di mana kualitas semen yang telah dibekukan dan dicairkan memainkan peran besar dalam kesuksesan reproduksi. Vitamin E membantu mempertahankan fungsi spermatozoa setelah proses kriopreservasi, menjadikannya lebih siap untuk melakukan fertilisasi. Oleh karena itu, penggunaan vitamin E dalam kriopreservasi semen adalah strategi penting untuk meningkatkan keberhasilan teknologi reproduksi pada ternak. Pemberian vitamin E yang tepat dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup sperma yang telah dibekukan dan meningkatkan hasil inseminasi.

Morfologi spermatozoa, yang mencakup bentuk dan struktur spermatozoa, merupakan parameter penting dalam menilai kualitas sperma. Radikal bebas dapat merusak struktur morfologis spermatozoa, seperti kepala atau ekor sperma, yang dapat mengurangi kemampuan sperma untuk bergerak dan fertilisasi. Vitamin E berperan dalam melindungi struktur morfologis spermatozoa dengan mencegah peroksidasi lipid yang merusak

komponen sel. Penelitian pada domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E meningkatkan jumlah spermatozoa dengan morfologi normal dalam ejakulat. Selain itu, vitamin E juga membantu memperbaiki morfologi spermatozoa yang rusak akibat stres oksidatif, meningkatkan proporsi sperma yang dapat digunakan dalam program reproduksi. Dengan memperbaiki morfologi spermatozoa, vitamin E memastikan kualitas sperma yang lebih baik, yang berdampak langsung pada keberhasilan inseminasi. Oleh karena itu, pemberian vitamin E sangat berpengaruh pada pemeliharaan bentuk dan fungsi spermatozoa, yang penting untuk proses fertilisasi. Suplementasi vitamin E membantu meningkatkan kualitas sperma ternak secara keseluruhan.

Vitamin E tidak bekerja sendiri dalam melawan stres oksidatif, tetapi berkolaborasi dengan antioksidan lainnya, seperti vitamin C dan selenium. Kombinasi antara vitamin E dan antioksidan lain dapat meningkatkan efektivitas perlindungan terhadap spermatozoa. Vitamin C, misalnya, membantu meregenerasi vitamin E yang telah teroksidasi, memungkinkan vitamin E untuk terus menjalankan fungsinya sebagai antioksidan. Selenium, di sisi lain, mendukung fungsi antioksidan enzimatik dalam tubuh, seperti glutathione peroksidase, yang bekerja bersama dengan vitamin E untuk mengurangi kerusakan oksidatif. Suplementasi bersama vitamin E, C, dan selenium dapat memberikan perlindungan yang lebih lengkap terhadap spermatozoa. Kolaborasi antara antioksidan ini membantu menjaga keseimbangan redoks tubuh, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas spermatozoa. Oleh karena itu, pemberian antioksidan secara kombinasi lebih disarankan untuk mencapai hasil terbaik dalam meningkatkan kualitas sperma ternak. Dalam konteks ini, vitamin E memainkan peran kunci dalam sinergi antioksidan yang mendukung keberhasilan reproduksi.

Pengaruh vitamin E terhadap kualitas spermatozoa ternak sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan ternak itu sendiri. Ternak yang dipelihara dalam lingkungan yang penuh stres, seperti suhu tinggi atau kualitas pakan yang buruk, akan lebih rentan terhadap stres oksidatif. Dalam kondisi seperti ini, kebutuhan tubuh terhadap antioksidan, termasuk vitamin E, meningkat. Suplementasi vitamin E

dalam pakan ternak dapat membantu mengurangi dampak negatif dari stres lingkungan, seperti peningkatan suhu atau polusi. Penelitian pada ternak sapi dan kambing menunjukkan bahwa pemberian vitamin E secara signifikan meningkatkan kualitas sperma pada ternak yang mengalami stres lingkungan. Dengan mengurangi kerusakan oksidatif pada spermatozoa, vitamin E mendukung kualitas reproduksi ternak yang lebih baik. Oleh karena itu, pemberian vitamin E harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan spesifik ternak. Vitamin E membantu ternak beradaptasi dengan lebih baik terhadap tekanan lingkungan, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas sperma dan hasil reproduksi.

Pemberian vitamin E juga berperan dalam meningkatkan efisiensi reproduksi ternak secara keseluruhan. Dengan menjaga kualitas spermatozoa, vitamin E tidak hanya berkontribusi pada peningkatan jumlah spermatozoa yang sehat, tetapi juga meningkatkan peluang fertilisasi. Hal ini sangat penting dalam program inseminasi buatan, di mana kualitas semen yang digunakan langsung mempengaruhi tingkat keberhasilan fertilisasi. Peningkatan kualitas sperma akibat suplementasi

2. Efek Vitamin E pada Parameter Kualitas Spermatozoa Ternak

Vitamin E dikenal sebagai salah satu antioksidan penting yang memainkan peran utama dalam menjaga kualitas spermatozoa ternak. Sebagai antioksidan lipofilik, vitamin E bekerja dengan cara melindungi membran plasma spermatozoa dari kerusakan akibat radikal bebas. Radikal bebas, seperti reaktif oksigen spesies (ROS), dapat menyebabkan peroksidasi lipid pada membran sperma, yang akan mengurangi motilitas, viabilitas, dan kemampuan fertilisasi spermatozoa. Pemberian vitamin E dapat membantu mencegah kerusakan oksidatif tersebut dengan mengurangi efek peroksidasi lipid. Dengan melindungi membran spermatozoa, vitamin E memastikan sel sperma tetap fungsional dan mampu bergerak menuju sel telur dengan efisien. Oleh karena itu, suplementasi vitamin E berpotensi meningkatkan kualitas sperma ternak, yang sangat penting dalam program reproduksi seperti inseminasi buatan. Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa pemberian vitamin E yang tepat

dapat meningkatkan parameter kualitas spermatozoa pada berbagai jenis ternak, seperti sapi, kambing, dan domba. Suplementasi vitamin E dapat diterapkan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan hasil reproduksi ternak, khususnya dalam meningkatkan fertilitas.

Salah satu parameter kualitas spermatozoa yang dapat ditingkatkan dengan suplementasi vitamin E adalah motilitas. Motilitas sperma merujuk pada kemampuan sperma untuk bergerak dengan efisien, yang merupakan faktor kunci dalam kemampuan spermatozoa untuk mencapai dan membuahi sel telur. Penurunan motilitas seringkali disebabkan oleh stres oksidatif yang mengurangi energi sel dan merusak mitokondria spermatozoa. Vitamin E bekerja dengan cara melindungi mitokondria dari kerusakan oksidatif, memastikan sumber energi bagi sperma tetap terjaga. Beberapa penelitian pada ternak menunjukkan bahwa pemberian vitamin E dapat meningkatkan motilitas sperma, bahkan pada kondisi stres tinggi. Misalnya, pada sapi yang dipelihara dalam kondisi lingkungan panas, pemberian vitamin E terbukti meningkatkan motilitas sperma dan mencegah penurunan kualitas sperma akibat stres panas. Vitamin E juga meningkatkan daya tahan sperma terhadap kondisi lingkungan yang tidak ideal, yang pada akhirnya meningkatkan kemampuan reproduksi ternak. Oleh karena itu, suplementasi vitamin E berfungsi sebagai alat penting untuk meningkatkan efisiensi reproduksi pada ternak.

Viabilitas atau kelangsungan hidup spermatozoa juga merupakan parameter yang dipengaruhi oleh pemberian vitamin E. Spermatozoa yang terpapar stres oksidatif cenderung mengalami kerusakan seluler yang dapat menyebabkan kematian. Vitamin E melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif, yang pada gilirannya meningkatkan jumlah sperma hidup dalam ejakulat. Dengan meningkatkan viabilitas spermatozoa, vitamin E membantu memperpanjang umur sel sperma, sehingga meningkatkan peluang fertilisasi. Penelitian menunjukkan bahwa ternak yang diberikan vitamin E dalam pakan mereka memiliki jumlah spermatozoa hidup yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak menerima suplementasi. Selain itu, peningkatan viabilitas spermatozoa juga berkontribusi pada kualitas semen yang lebih baik untuk inseminasi

buatan. Dengan memastikan bahwa sperma yang digunakan dalam proses inseminasi tetap hidup dan sehat, vitamin E berperan dalam meningkatkan tingkat keberhasilan fertilisasi. Suplementasi vitamin E pada ternak dapat menjadi strategi yang efektif untuk memperbaiki viabilitas spermatozoa dan meningkatkan efisiensi reproduksi.

Vitamin E juga berperan dalam menjaga morfologi spermatozoa agar tetap dalam kondisi baik. Morfologi spermatozoa, yang meliputi bentuk dan struktur sperma, sangat penting dalam menentukan kemampuannya untuk melakukan fertilisasi. Stres oksidatif dapat merusak struktur spermatozoa, seperti kepala, leher, dan ekor sperma, yang mengurangi kemampuan sperma untuk bergerak dan membuahi sel telur. Dengan melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif, vitamin E membantu mempertahankan morfologi normal spermatozoa. Penelitian pada ternak menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E meningkatkan jumlah spermatozoa dengan morfologi normal, mengurangi jumlah spermatozoa dengan kelainan bentuk. Hal ini sangat penting dalam memastikan bahwa sperma yang digunakan dalam inseminasi memiliki kualitas yang optimal. Pemberian vitamin E juga membantu meningkatkan kualitas semen secara keseluruhan, yang akan berdampak pada tingkat keberhasilan reproduksi ternak. Oleh karena itu, vitamin E berperan penting dalam menjaga bentuk dan struktur sperma yang normal.

Vitamin E juga berperan penting dalam melindungi DNA spermatozoa dari kerusakan yang dapat mengganggu kualitas keturunan. Stres oksidatif dapat menyebabkan kerusakan pada DNA spermatozoa, yang mengarah pada fragmentasi dan penurunan kualitas genetik sperma. Kerusakan DNA dapat memengaruhi kemampuan sperma untuk membuahi sel telur, bahkan jika sperma tersebut tampaknya sehat secara fisik. Vitamin E berfungsi sebagai pelindung DNA spermatozoa dengan mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Suplementasi vitamin E terbukti mengurangi tingkat fragmentasi DNA pada spermatozoa ternak, yang secara langsung meningkatkan peluang keberhasilan fertilisasi. Dengan menjaga integritas DNA spermatozoa, vitamin E berkontribusi pada kualitas keturunan yang dihasilkan. Penelitian pada sapi dan domba menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E secara signifikan

mengurangi kerusakan DNA spermatozoa. Oleh karena itu, vitamin E tidak hanya melindungi kualitas spermatozoa tetapi juga memastikan kualitas genetik yang lebih baik pada keturunan ternak.

Pada ternak yang mengalami stres lingkungan, seperti suhu tinggi atau polusi, suplementasi vitamin E memberikan manfaat besar dalam melindungi kualitas spermatozoa. Stres lingkungan dapat menyebabkan peningkatan produksi radikal bebas dalam tubuh, yang merusak spermatozoa dan menurunkan kualitas semen. Vitamin E membantu menyeimbangkan produksi radikal bebas dengan meningkatkan kapasitas antioksidan tubuh. Pada ternak yang terpapar stres tinggi, seperti pada periode musim panas, pemberian vitamin E dapat mengurangi kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh paparan panas. Penelitian menunjukkan bahwa pada sapi perah yang dipelihara dalam lingkungan panas, suplementasi vitamin E secara signifikan meningkatkan kualitas spermatozoa, termasuk motilitas, viabilitas, dan morfologi. Dengan demikian, vitamin E berperan sebagai pelindung yang efektif dalam kondisi lingkungan yang penuh tekanan. Oleh karena itu, suplementasi vitamin E menjadi penting untuk meningkatkan hasil reproduksi pada ternak yang hidup di bawah kondisi stres lingkungan. Pemberian vitamin E yang cukup dapat membantu ternak beradaptasi dengan lebih baik terhadap stres, meningkatkan efisiensi reproduksi mereka.

Vitamin E juga terbukti efektif dalam memperbaiki kualitas semen yang telah dibekukan, yang sering digunakan dalam inseminasi buatan. Proses kriopreservasi semen dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada spermatozoa, yang mengurangi kualitas semen pasca-pencairan. Dengan memberikan vitamin E dalam media pembekuan, kerusakan akibat radikal bebas selama proses ini dapat dikurangi. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E dalam kriopreservasi meningkatkan motilitas, viabilitas, dan kualitas morfologi spermatozoa setelah pencairan. Oleh karena itu, pemberian vitamin E pada semen yang akan dibekukan dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup spermatozoa dan keberhasilan inseminasi buatan. Suplementasi vitamin E juga memperpanjang umur simpan semen yang dibekukan, sehingga semen dapat disimpan dalam jangka waktu lebih lama tanpa mengurangi kualitasnya. Hal ini sangat

penting dalam teknologi reproduksi modern, di mana semen beku sering digunakan untuk inseminasi pada waktu yang lebih lama setelah pengambilan. Vitamin E membantu memastikan bahwa semen beku tetap memiliki kualitas yang optimal untuk proses inseminasi buatan.

Efek pemberian vitamin E pada kualitas spermatozoa ternak juga terlihat dalam peningkatan produksi keturunan yang sehat. Spermatozoa yang terlindungi dengan baik dari kerusakan oksidatif memiliki peluang lebih besar untuk membuahi sel telur dan menghasilkan keturunan yang sehat. Dengan menjaga kualitas spermatozoa, vitamin E berkontribusi pada peningkatan efisiensi produksi ternak, baik dalam jumlah keturunan maupun kualitas keturunan yang dihasilkan. Penelitian pada ternak sapi menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E dapat meningkatkan fertilitas dan kelangsungan hidup keturunan. Hal ini sangat bermanfaat dalam industri peternakan yang bertujuan untuk meningkatkan hasil reproduksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, vitamin E bukan hanya berperan dalam meningkatkan kualitas semen, tetapi juga mendukung keberhasilan program pembiakan ternak secara efektif. Suplementasi vitamin E yang tepat dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam usaha peternakan. Dengan kualitas spermatozoa yang lebih baik, ternak akan lebih efisien dalam menghasilkan keturunan yang unggul.



BAB 14

14

BAB 14 TREN DAN INOVASI TERBARU DALAM TEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK

Nurfaida, S.Pt., M.Si

A. Kloning dan Teknologi Sel Induk (*Stem Cell*)

1. Prinsip Dasar Kloning pada Hewan Ternak

Prinsip dasar kloning pada hewan ternak dalam teknologi reproduksi ternak adalah metode untuk menghasilkan individu baru yang secara genetik identik dengan induknya. Proses kloning dilakukan dengan menggunakan teknik transfer inti sel somatik (*somatic cell nuclear transfer/SCNT*), di mana inti dari sel somatik hewan donor yang mengandung informasi genetik lengkap diambil dan ditransfer ke dalam sel telur yang sudah diambil intinya. Sel telur yang telah diisi ulang dengan inti sel somatik ini kemudian dirangsang untuk berkembang menjadi embrio melalui metode kimiawi atau listrik, dan jika berkembang dengan baik, embrio tersebut ditanamkan ke rahim induk betina pengganti (Bertolini & Bertolini, 2009).

Salah satu keunggulan utama kloning dalam teknologi reproduksi ternak adalah kemampuannya untuk mempertahankan dan memperbanyak sifat-sifat genetik unggul dari individu ternak tertentu. Misalnya, seekor sapi yang memiliki produktivitas susu tinggi, kualitas daging yang baik, atau resistansi terhadap penyakit tertentu, dapat dikloning untuk menghasilkan individu-individu baru dengan sifat yang sama. Dalam industri peternakan, hal ini sangat menguntungkan karena dapat peningkatan efisiensi produksi dengan

tetap menjaga kualitas genetik yang diinginkan. Namun, meskipun prinsip dasar kloning tampak menjanjikan, prosesnya masih memiliki banyak tantangan, baik dari segi teknis maupun etis. Tingkat keberhasilan kloning masih relatif rendah, karena banyak embrio yang gagal berkembang dengan baik atau mengalami kelainan setelah lahir. Selain itu, ada kekhawatiran mengenai kesejahteraan hewan hasil kloning, yang sering kali mengalami masalah kesehatan seperti penuaan dini, gangguan metabolisme, dan penurunan kualitas hidup. Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan proses kloning. Di sisi lain, kloning pada hewan ternak juga menimbulkan perdebatan etis di kalangan masyarakat dan ilmuwan.

Beberapa pihak mengkhawatirkan dampak jangka panjang terhadap keanekaragaman genetik ternak dan kesejahteraan hewan. Kritikus juga menyoroti risiko teknologi ini dalam menciptakan ketergantungan pada genetik tertentu, yang bisa berdampak negatif jika terjadi wabah penyakit baru yang mampu menyerang populasi hasil kloning yang seragam genetiknya. Oleh sebab itu, regulasi yang ketat dan pengawasan etika sangat diperlukan dalam implementasi teknologi kloning ini. Kloning pada hewan ternak menawarkan potensi besar dalam teknologi reproduksi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas genetik. Namun, tantangan teknis, etis, dan kesejahteraan hewan masih harus diatasi sebelum teknologi ini dapat diadopsi secara luas dalam industri peternakan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan keberhasilan kloning, serta memastikan bahwa teknologi ini digunakan secara bijaksana demi keberlanjutan dan kesejahteraan ternak serta ekosistem yang lebih luas (Bertolini & Bertolini, 2009).

2. Potensi dan Kontroversi dalam Kloning Ternak

Potensi kloning ternak dalam teknologi reproduksi ternak sangat besar, terutama dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas genetik populasi ternak. Dengan kloning, peternak dapat memperbanyak hewan-hewan dengan sifat-sifat unggul, seperti sapi perah dengan produksi susu tinggi atau sapi potong dengan kualitas daging premium. Kloning juga bermanfaat dalam melestarikan spesies

ternak langka atau mempertahankan garis keturunan genetik yang unggul. Di industri peternakan, hal ini dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya produksi, karena sifat-sifat unggul dari individu ternak yang diinginkan dapat terus diturunkan tanpa ketidakpastian genetik seperti pada pembiakan alami. Namun, kontroversi dalam kloning ternak juga tidak bisa diabaikan, terutama dari segi etika dan kesejahteraan hewan. Banyak pihak mempertanyakan apakah kloning, yang melibatkan manipulasi genetik yang intens, sesuai dengan prinsip-prinsip kesejahteraan hewan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa hewan hasil kloning lebih rentan terhadap masalah kesehatan, seperti cacat lahir, gangguan metabolisme, dan tingkat kematian yang lebih tinggi dibandingkan dengan hewan hasil reproduksi alami.

Selain itu, ada kekhawatiran bahwa teknologi ini dapat mengurangi keanekaragaman genetik, yang bisa menyebabkan populasi ternak menjadi lebih rentan terhadap penyakit atau perubahan lingkungan. Di samping itu, persoalan etis dan regulasi juga menjadi tantangan besar dalam penerapan kloning ternak. Banyak masyarakat dan kelompok advokasi hewan merasa bahwa memanfaatkan kloning secara komersial melibatkan eksploitasi berlebihan terhadap hewan. Di beberapa negara, penerapan kloning untuk konsumsi manusia menghadapi regulasi yang ketat, terutama terkait keamanan produk hewan hasil kloning. Oleh karena itu, meskipun potensi kloning ternak dalam teknologi reproduksi besar, teknologi ini masih memerlukan pengawasan yang ketat dan perdebatan etis yang terus berkembang sebelum dapat diadopsi secara luas dalam industri peternakan global (Vajta & Gjerris, 2006).

B. Penggunaan Teknik *In Vitro Fertilization* (IVF)

1. Definisi IVF dan Prosedur Pelaksanaannya

In Vitro Fertilization (IVF) dalam teknologi reproduksi ternak adalah suatu metode pembuahan buatan di mana sel telur dari betina dan sperma dari jantan dipertemukan di luar tubuh hewan, tepatnya di laboratorium, untuk menghasilkan embrio. IVF biasanya digunakan pada ternak yang sulit bereproduksi secara alami atau ketika ingin

mempercepat proses seleksi genetik hewan unggul. Proses ini dilakukan dengan pembuahan terjadi tanpa adanya kontak langsung antara hewan jantan dan betina, memberikan keuntungan dalam hal kontrol genetik dan peningkatan efisiensi reproduksi (Vikrama & Balaji, 2010).

Prosedur pelaksanaan IVF pada ternak dimulai dengan pengambilan sel telur (oosit) dari betina yang dipilih. Proses ini dilakukan dengan teknik aspirasi ovarium, yaitu pengambilan oosit yang belum matang dari indung telur betina menggunakan jarum khusus yang dipandu oleh ultrasonografi. Sel telur yang telah diambil kemudian disimpan dalam medium kultur yang sesuai di laboratorium. Sementara itu, sperma yang diperoleh dari jantan juga disiapkan, biasanya melalui proses pencucian untuk meningkatkan kualitas sperma yang akan digunakan dalam pembuahan. Setelah itu, pembuahan *in vitro* dilakukan dengan mencampurkan sperma dan sel telur dalam kondisi laboratorium yang dikontrol. Sperma akan membuahi sel telur secara alami di luar tubuh betina, dan embrio yang terbentuk akan dibiarkan berkembang di inkubator selama beberapa hari. Setelah mencapai tahap embrio tertentu, embrio yang berhasil dibuahi kemudian ditransfer ke rahim betina pengganti untuk melanjutkan kebuntingan. Keberhasilan IVF dalam teknologi reproduksi ternak memudahkan peternak untuk mengoptimalkan program pemuliaan, memperbaiki kualitas genetik populasi ternak, dan meningkatkan efisiensi produksi dalam skala besar (Vikrama & Balaji, 2010).

2. Keuntungan IVF, terutama untuk Ternak Betina yang Sulit Bereproduksi secara Alami

Keuntungan utama *In Vitro Fertilization* (IVF) dalam teknologi reproduksi ternak adalah kemampuannya untuk membantu ternak betina yang mengalami kesulitan bereproduksi secara alami. Pada beberapa kasus, ternak betina mungkin mengalami masalah reproduksi, seperti gangguan hormonal, masalah ovulasi, atau kondisi kesehatan tertentu yang menghambat terjadinya pembuahan secara alami. IVF dilakukan melalui pembuahan terjadi di luar tubuh betina, sehingga mengatasi hambatan reproduksi yang mungkin dialami oleh

ternak tersebut. Ini memberikan solusi efektif untuk memastikan betina yang sulit hamil tetap dapat menghasilkan keturunan, yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan populasi ternak unggul. IVF memaksimalkan betina untuk menghasilkan lebih banyak keturunan dalam waktu yang lebih singkat. Pada metode reproduksi alami, betina biasanya hanya bisa menghasilkan satu keturunan per siklus reproduksi. Dengan IVF, sel telur dari betina dapat diambil secara berkala dan dibuahi secara eksternal, sehingga betina tersebut dapat berkontribusi pada produksi embrio yang lebih banyak tanpa harus melalui kebuntingan berulang. Teknologi ini menudahkan satu betina unggul untuk memberikan keturunan dalam jumlah yang jauh lebih besar daripada metode konvensional, yang sangat berharga dalam program pemuliaan genetik dan perbaikan kualitas ternak (Velazquez, 2008).

Keuntungan lain dari IVF adalah kemampuan untuk mengendalikan dan memperbaiki kualitas genetik. Dalam proses IVF, betina dengan kualitas genetik unggul yang mungkin mengalami kesulitan reproduksi tetap dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan embrio yang diwariskan kepada keturunan berikutnya. Dengan memilih sperma dari pejantan yang juga memiliki kualitas genetik unggul, peternak dapat memastikan bahwa embrio yang dihasilkan memiliki potensi genetik terbaik. Hal ini menyebabkan pemuliaan ternak secara lebih terarah dan sistematis, mempercepat peningkatan kualitas genetik populasi ternak, serta mendukung efisiensi dan produktivitas industri peternakan secara keseluruhan (Velazquez, 2008).

3. Tantangan dalam Aplikasi IVF pada Skala Industri

Tantangan utama dalam aplikasi *In Vitro Fertilization* (IVF) pada skala industri dalam teknologi reproduksi ternak adalah tingginya biaya dan kompleksitas prosedur. IVF memerlukan infrastruktur laboratorium yang canggih, peralatan khusus, serta keahlian teknis yang tinggi untuk menangani setiap tahap proses, mulai dari pengambilan sel telur, pembuahan di luar tubuh, hingga transfer embrio. Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas IVF dan melatih tenaga ahli sering kali menjadi penghalang bagi banyak

peternak atau perusahaan peternakan yang ingin menerapkan teknologi ini secara luas. Akibatnya, meskipun IVF menawarkan banyak keuntungan, adopsinya masih terbatas pada peternakan besar yang memiliki sumber daya cukup. Tingkat keberhasilan IVF dalam skala industri juga menjadi tantangan signifikan. Meskipun teknologi IVF telah mengalami perkembangan, tingkat keberhasilan dalam menghasilkan embrio yang berkembang dengan baik dan kebuntingan yang sukses masih relatif rendah, terutama dibandingkan dengan teknik reproduksi lain seperti inseminasi buatan. Faktor-faktor seperti kualitas sperma, sel telur, dan lingkungan kultur embrio sangat mempengaruhi keberhasilan IVF.

Pada skala industri, variabilitas dalam kondisi hewan, lingkungan, dan faktor-faktor biologis lain dapat menambah kompleksitas, sehingga memerlukan pengelolaan yang cermat dan kontrol kualitas yang ketat untuk memastikan hasil yang optimal. Selain itu, tantangan logistik dan manajemen dalam implementasi IVF pada skala besar juga tidak bisa diabaikan. Aplikasi teknologi ini memerlukan koordinasi yang baik antara pengelolaan ternak, laboratorium, dan fasilitas reproduksi lainnya. Pengambilan sel telur dan penanganan embrio harus dilakukan dengan tepat waktu dan kondisi yang optimal untuk memaksimalkan peluang keberhasilan. Di sisi lain, teknologi IVF juga memerlukan pengawasan intensif terhadap hewan betina penerima embrio untuk memastikan proses kebuntingan berjalan lancar. Semua tantangan ini menuntut manajemen yang efisien, biaya operasional yang tinggi, dan keterampilan teknis yang mumpuni, yang membuat penerapan IVF pada skala industri lebih kompleks dibandingkan metode reproduksi konvensional (Sanches et al., 2019).

C. Teknologi Genomik dan Penyuntingan Gen (CRISPR)

1. Aplikasi Penyuntingan Gen CRISPR untuk Meningkatkan Ketahanan Dan Produktivitas Ternak

Aplikasi penyuntingan gen CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*) dalam teknologi reproduksi ternak membuka peluang besar untuk meningkatkan ketahanan dan

produktivitas ternak. Teknologi ini membantu ilmuwan untuk mengedit atau memodifikasi gen secara spesifik, sehingga dapat memperbaiki sifat-sifat genetik yang diinginkan. CRISPR dapat digunakan untuk mengubah gen yang bertanggung jawab atas ketahanan ternak terhadap penyakit, menjadikannya lebih resisten terhadap infeksi bakteri, virus, atau parasit. Sebagai contoh, ternak dapat dimodifikasi agar memiliki kekebalan terhadap penyakit seperti mastitis pada sapi perah, yang sering menurunkan produktivitas dan kualitas susu. Peningkatan produktivitas melalui penyuntingan gen CRISPR juga mencakup aspek-aspek seperti pertumbuhan yang lebih cepat, efisiensi pakan yang lebih baik, dan peningkatan kualitas daging atau susu. Dengan CRISPR, peternak dapat memodifikasi gen yang berperan dalam metabolisme hewan, sehingga ternak dapat tumbuh lebih cepat dan menghasilkan lebih banyak daging atau susu dengan pakan yang lebih sedikit. Hal ini sangat penting untuk mendukung efisiensi industri peternakan dan menjawab kebutuhan pangan global yang terus meningkat.

Teknologi ini juga memodifikasi genetik yang lebih terarah dan cepat dibandingkan dengan metode tradisional, seperti persilangan selektif yang membutuhkan waktu lama. Namun, tantangan dan kontroversi terkait penggunaan CRISPR pada ternak tetap ada, terutama menyangkut aspek etis dan regulasi. Meskipun teknologi ini menawarkan potensi besar dalam meningkatkan ketahanan dan produktivitas ternak, ada kekhawatiran terkait dampak jangka panjang dari modifikasi genetik pada kesehatan hewan dan ekosistem. Regulasi yang ketat diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi ini digunakan secara aman dan tidak menyebabkan kerugian pada kesejahteraan hewan atau keanekaragaman genetik. Meskipun demikian, aplikasi CRISPR terus berkembang, dan jika dikelola dengan hati-hati, dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam meningkatkan ketahanan dan produktivitas ternak di masa depan (McFarlane et al., 2019).

2. Manfaat Genomik dalam Pemetaan Karakter Genetik yang Diinginkan

Manfaat genomik dalam teknologi reproduksi ternak sangat penting untuk pemetaan karakter genetik yang diinginkan, karena identifikasi dan analisis sifat-sifat unggul secara lebih cepat dan akurat. Genomik adalah studi tentang keseluruhan genom suatu organisme, yang dalam hal ini adalah ternak, untuk mengidentifikasi gen yang berpengaruh pada karakteristik penting seperti produktivitas susu, kualitas daging, daya tahan terhadap penyakit, dan efisiensi pakan. Dengan menggunakan teknik genomik, ilmuwan dapat melakukan seleksi genetik yang lebih terarah, memastikan bahwa ternak yang dikembangbiakkan memiliki gen-gen terbaik untuk memenuhi kebutuhan industri peternakan. Pemetaan karakter genetik dengan teknologi genomik membantu peternak memahami gen mana yang bertanggung jawab atas sifat-sifat unggul dan bagaimana sifat-sifat tersebut dapat diwariskan ke generasi berikutnya. Misalnya, melalui analisis DNA, peternak dapat mengidentifikasi hewan yang memiliki genetik kuat untuk pertumbuhan yang lebih cepat atau produksi susu yang lebih tinggi.

Hal ini menyebabkan seleksi dan pengembangbiakan hewan dengan potensi genetik unggul secara lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional. Dengan demikian, peternak dapat mempercepat program pemuliaan dan menghasilkan ternak dengan produktivitas yang lebih baik dalam waktu yang lebih singkat. Selain itu, genomik juga membantu dalam memprediksi dan mencegah penyakit pada ternak, yang pada akhirnya meningkatkan kesehatan populasi ternak secara keseluruhan. Dengan menganalisis profil genetik ternak, gen-gen yang terkait dengan kerentanan terhadap penyakit tertentu dapat diidentifikasi dan dihindari dalam program pembiakan. Hal ini tidak hanya meningkatkan ketahanan ternak terhadap penyakit, tetapi juga mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk perawatan kesehatan ternak dan meningkatkan kesejahteraan hewan. Secara keseluruhan, manfaat genomik dalam pemetaan karakter genetik memudahkan peternak untuk mengambil pendekatan yang lebih presisi dalam pengelolaan reproduksi ternak,

meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi di industri peternakan (Pandey et al., 2023).

3. Perkembangan Terkini dalam Manipulasi Genetik pada Reproduksi Ternak

Perkembangan terkini dalam manipulasi genetik pada ternak dalam teknologi reproduksi ternak telah membawa inovasi signifikan dalam meningkatkan efisiensi, ketahanan, dan produktivitas ternak. Salah satu teknologi terbaru yang menonjol adalah penggunaan penyuntingan gen seperti CRISPR-Cas9, yang memudahkan ilmuwan untuk melakukan modifikasi genetik secara presisi. Teknologi ini memudahkan penghapusan, penambahan, atau pengubahan bagian spesifik dari DNA ternak untuk memperbaiki sifat-sifat yang diinginkan. Misalnya, gen yang bertanggung jawab atas ketahanan terhadap penyakit atau peningkatan kualitas daging dapat dimanipulasi untuk menghasilkan ternak yang lebih sehat dan produktif, sekaligus mengurangi ketergantungan pada antibiotik atau vaksin. Selain penyuntingan gen, teknik transfer genetik antarspesies juga merupakan salah satu inovasi dalam manipulasi genetik pada ternak.

Teknologi ini memudahkan gen dari spesies tertentu yang memiliki sifat unggul, seperti resistensi terhadap penyakit, dipindahkan ke spesies lain. Misalnya, gen dari babi yang membuatnya tahan terhadap virus tertentu dapat diintegrasikan ke dalam genetik ternak lain untuk meningkatkan ketahanan. Perkembangan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga membantu mengatasi tantangan kesehatan ternak yang sering menjadi kendala besar dalam peternakan. Manipulasi genetik juga berkembang dalam konteks meningkatkan kesejahteraan hewan. Teknologi genetik terkini memudahkan ilmuwan untuk menghilangkan gen-gen yang menyebabkan masalah kesehatan atau meningkatkan stres pada ternak. Misalnya, modifikasi genetik dapat digunakan untuk mengurangi agresi atau stres di antara ternak yang hidup dalam kondisi padat. Selain itu, penelitian terbaru juga menunjukkan potensi untuk meningkatkan efisiensi pakan melalui manipulasi gen, di mana ternak dapat memanfaatkan nutrisi dengan lebih baik, mengurangi

kebutuhan pakan, dan meningkatkan keberlanjutan dalam industri peternakan. Secara keseluruhan, perkembangan terkini dalam manipulasi genetik pada ternak membawa potensi besar untuk revolusi dalam industri peternakan, meningkatkan produktivitas, ketahanan, dan kesejahteraan hewan (Van & Visser, 2018).

D. Perkembangan Teknologi Sensor dan IoT dalam Pemantauan Reproduksi

1. Penggunaan Teknologi Sensor dan IoT dalam Pemantauan Kesehatan Reproduksi

Penggunaan teknologi sensor dan *Internet of Things* (IoT) dalam pemantauan kesehatan reproduksi ternak telah menjadi inovasi penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen peternakan. Dengan menerapkan sensor yang terhubung ke jaringan IoT, peternak dapat mengumpulkan data secara *real-time* mengenai berbagai parameter kesehatan ternak, seperti suhu tubuh, detak jantung, dan aktivitas fisik. Informasi ini dapat membantu peternak untuk memantau kondisi kesehatan reproduksi ternak secara terus-menerus, memudahkan deteksi dini terhadap masalah kesehatan yang mungkin memengaruhi kesuburan dan produktivitas. Misalnya, perubahan suhu atau pola aktivitas dapat menjadi indikator awal bahwa seekor betina sedang dalam masa ovulasi atau mengalami masalah kesehatan. Selain itu, teknologi sensor dan IoT juga memfasilitasi pengelolaan dan analisis data yang lebih baik, yang merupakan kunci untuk pengambilan keputusan yang informasional.

Dengan memanfaatkan algoritma analisis data dan kecerdasan buatan (AI), peternak dapat mengevaluasi data yang terkumpul untuk memprediksi pola reproduksi dan kesehatan ternak. Ini membantu dalam merencanakan waktu inseminasi buatan dan pengelolaan reproduksi dengan lebih tepat, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan pembuahan dan mengurangi biaya yang terkait dengan inseminasi yang tidak berhasil. Dengan analisis yang lebih mendalam, peternak juga dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kesehatan reproduksi, seperti nutrisi, stres, atau

penyakit, dan melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk memperbaiki kondisi tersebut (Iwasaki et al., 2019).

Keberadaan teknologi sensor dan IoT dalam pemantauan kesehatan reproduksi ternak tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendukung kesejahteraan hewan secara keseluruhan. Dengan akses ke data kesehatan yang akurat dan tepat waktu, peternak dapat memberikan perawatan yang lebih baik, termasuk intervensi medis yang cepat dan efektif. Hal ini dapat mengurangi tingkat kematian ternak dan memastikan bahwa hewan berada dalam kondisi optimal untuk reproduksi. Selain itu, pendekatan berbasis data ini memudahkan peternak untuk mengadopsi praktik yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, karena pemantauan yang akurat dapat membantu mengurangi penggunaan obat-obatan dan intervensi yang tidak perlu. Secara keseluruhan, penggunaan teknologi sensor dan IoT merupakan langkah maju yang signifikan dalam meningkatkan kesehatan reproduksi dan efisiensi di sektor peternakan (Iwasaki et al., 2019).

2. Teknologi IoT untuk Pemantauan Siklus Birahi dan Kebuntingan Ternak

Teknologi *Internet of Things* (IoT) semakin banyak diterapkan dalam pemantauan siklus birahi dan kebuntingan pada ternak, memberikan solusi yang lebih efisien dan akurat dalam manajemen reproduksi. Dengan menggunakan sensor yang terhubung, peternak dapat mengumpulkan data secara real-time mengenai berbagai parameter fisiologis hewan, seperti suhu tubuh, detak jantung, dan aktivitas fisik. Sensor ini dapat dipasang pada ternak untuk memantau perubahan yang menunjukkan bahwa betina sedang dalam fase birahi, seperti peningkatan aktivitas atau perubahan perilaku. Data ini kemudian dikirim ke perangkat mobile atau komputer untuk analisis, memudahkan peternak untuk mengetahui dengan tepat kapan waktu yang optimal untuk inseminasi. Dengan teknologi IoT, pemantauan kebuntingan juga menjadi lebih efisien. Setelah inseminasi dilakukan, sensor dapat terus memantau kondisi kesehatan ternak, memberikan informasi terkait perubahan yang mungkin menunjukkan kebuntingan, seperti penurunan tingkat aktivitas atau perubahan suhu

tubuh. Data ini dapat membantu peternak dalam mengambil keputusan yang tepat, seperti kapan harus melakukan pemeriksaan kebuntingan lebih lanjut atau intervensi medis jika diperlukan.

Dengan informasi yang akurat, peternak dapat mengoptimalkan program reproduksi, mengurangi waktu antara kelahiran, dan meningkatkan tingkat keberhasilan kebuntingan, yang pada akhirnya berdampak positif pada produktivitas ternak. Keuntungan lain dari penerapan teknologi IoT dalam pemantauan siklus birahi dan kebuntingan adalah kemampuan untuk mengintegrasikan data dengan sistem manajemen peternakan yang lebih besar. Data yang dikumpulkan dari sensor dapat dianalisis dan digunakan untuk merencanakan strategi reproduksi yang lebih baik, serta untuk mengevaluasi efisiensi program inseminasi. Informasi ini tidak hanya membantu peternak dalam meningkatkan produktivitas, tetapi juga memberikan wawasan berharga untuk pengelolaan kesehatan ternak secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, peternak dapat melakukan pemantauan yang lebih baik, membuat keputusan yang lebih informasional, dan akhirnya mencapai hasil yang lebih baik dalam produksi ternak (Aloo et al., 2024).

3. Manfaat Pemantauan Berbasis Data untuk Efektivitas Reproduksi Ternak

Manfaat pemantauan berbasis data dalam teknologi reproduksi ternak sangat signifikan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam manajemen reproduksi. Dengan mengumpulkan dan menganalisis data yang relevan—seperti siklus estrus, kesehatan reproduksi, dan pola makan—peternak dapat membuat keputusan yang lebih baik dan lebih terinformasi. Misalnya, pemantauan siklus birahi secara akurat memudahkan peternak untuk melakukan inseminasi pada waktu yang tepat, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan pembuahan. Dengan memanfaatkan teknologi seperti sensor dan sistem manajemen data, peternak dapat lebih mudah mengidentifikasi hewan yang siap untuk dikawinkan dan mengoptimalkan program pembiakan ternak. Selain itu, pemantauan berbasis data juga membantu dalam pengelolaan kesehatan ternak secara keseluruhan. Data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk

mengidentifikasi pola atau tren yang mungkin menunjukkan masalah kesehatan yang mempengaruhi reproduksi. Misalnya, perubahan dalam tingkat aktivitas atau perilaku dapat menjadi indikator awal adanya masalah kesehatan, seperti infeksi atau gangguan hormonal. Dengan deteksi dini ini, peternak dapat mengambil tindakan yang diperlukan, termasuk intervensi medis, sehingga meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan ternak.

Dengan demikian, pendekatan berbasis data tidak hanya meningkatkan efektivitas reproduksi, tetapi juga mendukung keberlanjutan populasi ternak yang lebih sehat. Terakhir, pemantauan berbasis data untuk evaluasi dan perbaikan berkelanjutan dalam program reproduksi. Peternak dapat menganalisis data dari berbagai siklus reproduksi untuk mengevaluasi keberhasilan program inseminasi dan memperbaiki strategi pemuliaan. Dengan memanfaatkan data historis dan tren yang teridentifikasi, peternak dapat merencanakan program reproduksi yang lebih baik, menyesuaikan metode inseminasi, dan bahkan memilih pejantan dengan kualitas genetik terbaik. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan efisiensi, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan populasi ternak yang unggul dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, pemantauan berbasis data memainkan peran krusial dalam memajukan teknologi reproduksi ternak, menciptakan sistem yang lebih efektif dan produktif (Giordano et al., 2022).

E. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam Prediksi Reproduksi

1. Aplikasi AI untuk Analisis Data Reproduksi Ternak

Aplikasi kecerdasan buatan (AI) dalam analisis data reproduksi ternak telah menjadi salah satu inovasi terkini yang mempercepat kemajuan dalam teknologi reproduksi. AI mampu mengolah dan menganalisis data besar yang dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti sensor kesehatan, rekaman perilaku, dan informasi genetik. Dengan kemampuan pemrosesan data yang cepat dan akurat, AI dapat mengidentifikasi pola yang mungkin tidak terlihat oleh manusia, sehingga membantu peternak memahami faktor-faktor yang

mempengaruhi reproduksi ternak secara lebih mendalam. Misalnya, AI dapat memprediksi periode birahi dan keberhasilan inseminasi berdasarkan data historis, yang memudahkan peternak untuk melakukan intervensi tepat waktu dan meningkatkan tingkat keberhasilan pembuahan. Selain itu, AI juga berperan dalam meningkatkan efisiensi pemuliaan dengan pemanfaatan analisis genetik yang lebih terarah. Melalui algoritma pembelajaran mesin, AI dapat mengevaluasi kualitas genetik dari berbagai individu ternak dan merekomendasikan kombinasi gen yang optimal untuk menghasilkan keturunan berkualitas tinggi. Dengan menggunakan data dari rekam jejak reproduksi, kesehatan, dan produktivitas, AI membantu peternak dalam memilih pejantan dan betina yang memiliki gen unggul. Ini tidak hanya mempercepat proses pemuliaan, tetapi juga meningkatkan produktivitas jangka panjang dengan menciptakan populasi ternak yang lebih baik dari segi kesehatan dan performa.

Aplikasi AI dalam analisis data reproduksi juga berkontribusi pada pengelolaan kesehatan ternak secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan data yang dikumpulkan dari berbagai sumber, AI dapat mengidentifikasi tanda-tanda awal penyakit atau stres yang dapat memengaruhi kesehatan reproduksi. Sistem berbasis AI dapat memberikan rekomendasi tentang tindakan pencegahan yang harus diambil, serta mengoptimalkan program manajemen kesehatan ternak. Dengan pendekatan proaktif ini, peternak dapat memastikan bahwa ternak mereka berada dalam kondisi optimal untuk reproduksi, yang pada akhirnya meningkatkan keberhasilan program pemuliaan dan produktivitas. Secara keseluruhan, aplikasi AI dalam analisis data reproduksi ternak menawarkan potensi yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam industri peternakan (De Vries et al., 2023).

2. Penggunaan *Machine Learning* dalam Prediksi Kesuburan dan Kesehatan Reproduksi Ternak

Penggunaan *machine learning* dalam prediksi kesuburan dan kesehatan reproduksi ternak merupakan salah satu inovasi yang mengubah cara peternak mengelola reproduksi hewan. Dengan menganalisis data besar yang dihasilkan dari berbagai sumber, seperti

sensor kesehatan, catatan medis, dan informasi genetik, algoritma machine learning dapat mengidentifikasi pola dan hubungan yang kompleks antara berbagai faktor yang mempengaruhi kesuburan. Misalnya, *machine learning* dapat digunakan untuk memprediksi kapan betina akan memasuki masa birahi atau bagaimana faktor-faktor lingkungan dan nutrisi dapat memengaruhi tingkat kesuburan. Dengan prediksi yang lebih akurat, peternak dapat merencanakan waktu inseminasi dengan lebih tepat, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan pembuahan. Selain prediksi kesuburan, machine learning juga membantu dalam memantau dan menganalisis kesehatan reproduksi ternak secara keseluruhan. Algoritma *machine learning* dapat dilatih untuk mengenali tanda-tanda awal masalah kesehatan yang mungkin berdampak pada reproduksi, seperti infeksi atau gangguan hormonal. Dengan memanfaatkan data yang terkumpul dari sensor dan perangkat pemantauan, peternak dapat mendapatkan wawasan yang lebih dalam mengenai kondisi kesehatan ternak mereka. Ini memudahkan peternak untuk melakukan intervensi lebih awal, sehingga mencegah masalah kesehatan yang lebih serius dan meningkatkan kesejahteraan hewan secara keseluruhan.

Keuntungan lain dari penerapan *machine learning* dalam konteks reproduksi ternak adalah kemampuannya untuk terus belajar dan beradaptasi seiring bertambahnya data. Dengan setiap iterasi analisis, model *machine learning* dapat diperbaiki dan disempurnakan, sehingga memberikan prediksi yang semakin akurat dan relevan. Hal ini menciptakan sistem manajemen reproduksi yang lebih responsif dan efisien, yang dapat membantu peternak mengambil keputusan yang lebih baik dalam jangka panjang. Dengan menggabungkan pengetahuan dari data historis dan algoritma canggih, peternak dapat meningkatkan produktivitas dan efektivitas program reproduksi, mengarah pada hasil yang lebih baik dalam industri peternakan secara keseluruhan (Marques et al., 2024).

3. Contoh Kasus Aplikasi AI pada Teknologi Reproduksi Peternakan Modern

Aplikasi kecerdasan buatan (AI) dalam teknologi reproduksi peternakan modern telah terbukti memberikan dampak positif dalam

meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Salah satu contoh kasus yang menonjol adalah penerapan sistem manajemen reproduksi berbasis AI di peternakan sapi perah. Peternak menggunakan perangkat lunak yang dilengkapi dengan algoritma machine learning untuk menganalisis data historis mengenai siklus estrus, kesehatan, dan performa reproduksi sapi. Sistem ini dapat memprediksi dengan akurat waktu terbaik untuk inseminasi buatan, mengoptimalkan peluang pembuahan, dan mengurangi waktu antara kelahiran. Hasilnya, peternak melaporkan peningkatan signifikan dalam tingkat kelahiran dan efisiensi operasional. Contoh lain yang menarik adalah penggunaan AI dalam pemantauan kesehatan ternak, seperti proyek di mana peternak menggunakan kamera dan sensor yang terintegrasi dengan teknologi AI untuk menganalisis perilaku hewan. Dalam proyek ini, kamera mengawasi sapi dan menggunakan algoritma pengenalan pola untuk mendeteksi perubahan perilaku yang mungkin menunjukkan masalah kesehatan atau stres. Misalnya, jika sapi menunjukkan penurunan aktivitas atau perubahan pola makan, sistem AI dapat memberikan peringatan kepada peternak untuk melakukan pemeriksaan lebih lanjut.

Pendekatan ini membantu mengurangi risiko penyakit yang dapat memengaruhi kesehatan reproduksi, sehingga meningkatkan kesejahteraan hewan dan hasil produksi. Selanjutnya, aplikasi AI juga terlihat dalam analisis genetik untuk meningkatkan kualitas reproduksi ternak. Di beberapa peternakan, peternak menggunakan teknologi AI untuk mengevaluasi data genetik dari ternak dan merekomendasikan kombinasi genetik yang optimal untuk pemuliaan. Dengan menggunakan algoritma yang menganalisis data genetik, performa, dan kesehatan, AI dapat membantu peternak memilih pejantan yang tepat untuk meningkatkan sifat-sifat unggul pada keturunan, seperti pertumbuhan yang lebih cepat atau ketahanan terhadap penyakit. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi program pemuliaan, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan peternakan dengan menghasilkan populasi ternak yang lebih sehat dan produktif. Dengan berbagai aplikasi ini, jelas bahwa AI memainkan peran kunci dalam transformasi teknologi reproduksi di sektor peternakan modern (Bertolini & Bertolini, (2009).



BAB 15

15

BAB 15 **PENERAPAN *ANIMAL BEHAVIOR* PADA TEKNOLOGI** **REPRODUKSI TERNAK**

Suparman, S.Pt., M.Pt

A. Peran Animal Behavior dalam Optimalisasi Teknologi Reproduksi Ternak

Teknologi reproduksi ternak memainkan peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan industri peternakan. Salah satu aspek yang semakin diperhatikan dalam optimalisasi teknologi ini adalah pemahaman mendalam mengenai *animal behavior*, atau perilaku hewan. Melalui analisis dan pemantauan perilaku ternak, peternak dapat mengidentifikasi pola-pola penting yang berhubungan dengan reproduksi, seperti masa birahi, kesehatan reproduksi, dan kesiapan kawin, yang semuanya berdampak langsung pada tingkat keberhasilan reproduksi ternak (Hufana-Duran & Duran, 2020).

Perilaku ternak juga berfungsi sebagai indikator awal terhadap potensi masalah kesehatan yang bisa memengaruhi reproduksi. Misalnya, penurunan aktivitas fisik, perubahan pola makan, atau sikap apatis dapat menjadi tanda adanya masalah kesehatan yang membutuhkan perhatian khusus. Dengan menerapkan teknologi sensor dan alat pemantauan, peternak dapat mendeteksi perubahan perilaku ini sejak dini, sehingga intervensi medis tepat waktu yang dapat mencegah terjadinya gangguan reproduksi yang lebih serius. Data perilaku ternak yang dikumpulkan secara konsisten membantu

peternak untuk mengambil keputusan yang terinformasi, menjaga kesejahteraan hewan, dan mendukung keberhasilan program reproduksi (Hufana-Duran & Duran, 2020).

Selain meningkatkan keberhasilan reproduksi, pemantauan perilaku ternak secara real-time juga mengurangi kebutuhan akan pemantauan manual yang intensif, yang memakan waktu dan biaya. Penggunaan sensor dan perangkat lunak berbasis data yang memantau perilaku ternak memudahkan pengelolaan yang lebih efisien, memberikan peringatan otomatis ketika hewan menunjukkan tanda-tanda birahi atau masalah kesehatan. Dengan bantuan analisis data ini, peternak dapat lebih fokus pada pengelolaan strategis program reproduksi dan pemuliaan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional di seluruh siklus produksi (Hufana-Duran & Duran, 2020)

B. Deteksi Estrus Melalui Perilaku Ternak: Metode dan Teknologi Pendukung

Deteksi estrus atau masa birahi pada peternakan ternak mamalia merupakan langkah yang penting untuk memastikan keberhasilan inseminasi buatan dan meningkatkan produktivitas reproduksi. Masa birahi pada ternak betina, seperti sapi, kambing, dan domba, adalah periode ketika hewan paling reseptif terhadap pembuahan. Mengidentifikasi estrus dengan tepat memudahkan peternak untuk menentukan waktu inseminasi yang optimal, meningkatkan peluang pembuahan yang sukses. Teknologi modern kini membantu para peternak untuk memantau perubahan perilaku ternak secara lebih efisien, sehingga meminimalkan kesalahan dalam deteksi estrus dan mengoptimalkan program reproduksi (Tekin et al., 2021).

Secara tradisional, peternak telah mengandalkan observasi visual untuk mendeteksi tanda-tanda estrus pada ternak betina. Beberapa perilaku yang paling sering diamati meliputi peningkatan aktivitas fisik, seperti berjalan lebih sering atau menjadi lebih gelisah. Betina yang dalam masa birahi mungkin juga menunjukkan peningkatan vokalisasi, mencoba menaiki ternak lain, atau

menunjukkan ketertarikan pada pejantan. Namun, metode ini memiliki keterbatasan, terutama di peternakan besar di mana mengamati setiap ternak secara individual sulit dilakukan. Kesalahan dalam pengamatan atau keterlambatan dalam deteksi masa birahi dapat mengurangi efisiensi program reproduksi (Tekin et al., 2021).

Teknologi modern menawarkan berbagai solusi untuk membantu deteksi estrus lebih akurat dan efisien. Salah satunya adalah penggunaan sensor gerak dan pedometer yang dipasang pada ternak. Sensor ini merekam tingkat aktivitas fisik dan dapat mengidentifikasi perubahan signifikan dalam pola gerakan yang mungkin mengindikasikan masa birahi. Dengan bantuan algoritma berbasis kecerdasan buatan (AI), data aktivitas ini dianalisis secara real-time untuk memprediksi waktu estrus, dan peternak akan menerima notifikasi melalui aplikasi atau perangkat digital. Dengan demikian, AI membantu menyederhanakan proses deteksi dan meminimalkan risiko kesalahan. Selain sensor gerak, teknologi kamera dan pengenalan citra juga semakin banyak diterapkan.

Kamera yang dipasang di kandang dapat menangkap perilaku ternak secara visual dan mengidentifikasi tanda-tanda birahi seperti interaksi antar ternak atau upaya menaiki hewan lain. Algoritma AI pada sistem ini memproses data visual untuk mendeteksi pola yang menunjukkan estrus. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan akurasi tetapi juga memudahkan pengawasan pada skala besar tanpa perlu pengamatan langsung. Penerapan teknologi pendukung dalam deteksi estrus menawarkan manfaat besar dalam meningkatkan keberhasilan reproduksi dan produktivitas ternak. Dengan adanya prediksi yang lebih akurat, peternak dapat menjadwalkan inseminasi buatan pada waktu yang optimal, yang berarti tingkat keberhasilan pembuahan akan meningkat. Selain itu, pemantauan otomatis ini menghemat waktu dan tenaga, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja untuk pengamatan manual (Tekin et al., 2021).

C. Teknologi *Wearable* untuk Deteksi Emosi Ternak: Dampaknya pada Kesehatan Reproduksi

Perkembangan teknologi dalam dunia peternakan telah memberikan peluang baru untuk memahami dan memantau emosi ternak melalui perangkat *wearable*. Teknologi ini memudahkan deteksi perubahan perilaku dan emosi hewan secara *real-time*, yang sangat penting dalam menjaga kesehatan reproduksi. Emosi yang baik dan tingkat stres yang rendah pada ternak telah terbukti memiliki dampak positif pada kesuburan, kualitas reproduksi, dan kesejahteraan secara keseluruhan. Teknologi *wearable* pada ternak mengacu pada perangkat sensor yang dipasang di tubuh hewan untuk mengukur parameter seperti detak jantung, suhu tubuh, gerakan, dan pola aktivitas. Perangkat ini, biasanya berupa kalung atau gelang yang aman untuk ternak, mampu mengidentifikasi perubahan fisiologis dan perilaku yang dapat menunjukkan kondisi emosional ternak. Misalnya, peningkatan detak jantung atau aktivitas gelisah dapat mengindikasikan stres, sementara pola aktivitas yang stabil sering diasosiasikan dengan kondisi emosi yang lebih baik (Neethirajan, 2017).

Sensor *wearable* yang digunakan untuk deteksi emosi ternak juga dapat mengumpulkan data tentang pola makan, minum, dan istirahat, yang semuanya merupakan indikator penting kesejahteraan emosional. Data yang dikumpulkan dari perangkat *wearable* ini kemudian dianalisis menggunakan algoritma berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk mengenali pola dan mengidentifikasi tanda-tanda stres atau ketidaknyamanan pada ternak. Hasil pemantauan ini ditampilkan dalam aplikasi digital yang memberikan peringatan kepada peternak jika ada indikasi bahwa ternak mengalami stres atau perubahan emosi yang signifikan. Emosi ternak, terutama stres, memiliki pengaruh besar terhadap kesehatan reproduksi ternak. Stres kronis dapat menyebabkan gangguan hormon yang berdampak negatif pada siklus reproduksi, seperti penurunan libido pada pejantan dan ketidakaturan siklus birahi pada betina. Kondisi ini menyebabkan kesulitan dalam menentukan waktu optimal untuk inseminasi dan meningkatkan risiko kegagalan pembuahan. Sebaliknya, ternak yang berada dalam kondisi emosi baik dengan tingkat stres rendah

cenderung memiliki siklus reproduksi yang normal, lebih siap untuk inseminasi, dan peluang keberhasilan reproduksi yang lebih tinggi. Dengan teknologi *wearable* yang memantau tanda-tanda emosi dan stres secara langsung, peternak dapat melakukan intervensi lebih awal. Misalnya, jika ternak menunjukkan tanda-tanda stres, peternak dapat memberikan perawatan atau menyesuaikan kondisi lingkungan untuk meningkatkan kenyamanan hewan. Ini penting karena kesehatan emosional yang baik berkontribusi pada kesehatan reproduksi yang optimal, memperpanjang umur produktif ternak, serta mengurangi biaya yang diakibatkan oleh kegagalan reproduksi atau kondisi kesehatan lainnya (Neethirajan, 2017).

Integrasi teknologi *wearable* dalam manajemen reproduksi ternak membawa berbagai manfaat praktis dan efisiensi operasional. Dengan adanya data emosi yang dikumpulkan secara real-time, peternak dapat lebih mudah memantau kesiapan reproduksi ternak tanpa perlu bergantung pada observasi manual yang memakan waktu. Teknologi *wearable* juga memudahkan deteksi lebih dini jika ternak mengalami stres atau perubahan emosional yang memerlukan intervensi, sehingga dapat membantu dalam pencegahan masalah reproduksi jangka panjang. Selain itu, pemantauan emosi juga meningkatkan kesejahteraan ternak secara keseluruhan, yang berdampak langsung pada produktivitas peternakan. Ternak yang bebas stres cenderung memiliki kualitas hidup yang lebih baik, sehingga menghasilkan produk hewani yang berkualitas tinggi. Ini juga dapat mengurangi tingkat kematian dan penyakit yang terkait dengan kondisi stres yang berkepanjangan, seperti infeksi dan gangguan sistem kekebalan tubuh. Dengan begitu, teknologi *wearable* bukan hanya alat pemantau, tetapi juga menjadi bagian penting dalam strategi peningkatan efisiensi dan kesejahteraan di industri peternakan. Teknologi *wearable* yang dirancang untuk deteksi emosi ternak membuka jalan baru dalam pengelolaan kesehatan reproduksi. Dengan kemampuan untuk mendeteksi dan mengelola emosi ternak secara proaktif, peternak memiliki peluang besar untuk meningkatkan keberhasilan reproduksi dan menjaga kesejahteraan ternak secara menyeluruh. Integrasi teknologi ini dalam peternakan modern tidak hanya membantu meningkatkan produktivitas, tetapi juga

menciptakan lingkungan yang lebih ramah dan berkelanjutan bagi hewan (Neethirajan, 2017).

D. Analisis Perilaku Induk-Anak dalam Meningkatkan Produktivitas Reproduksi dan Kesehatan Ternak

Hubungan antara induk dan anak ternak memiliki dampak besar pada produktivitas dan kesehatan ternak dalam jangka panjang. Interaksi yang sehat antara induk dan anak tidak hanya mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan anak, tetapi juga berpengaruh pada kesehatan mental dan kesuburan induk. Melalui analisis perilaku induk-anak yang memanfaatkan teknologi pemantauan modern, peternak dapat memperoleh data penting yang berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas reproduksi serta kesejahteraan ternak (Carbone & Cahn, 2002).

Periode awal kehidupan ternak adalah masa kritis di mana ikatan emosional antara induk dan anak terbentuk, yang sangat memengaruhi perkembangan fisik dan psikologis anak. Interaksi positif antara induk dan anak, seperti pemberian susu, perawatan, dan pengasuhan yang memadai, berperan penting dalam mendukung imunitas anak serta meningkatkan pertumbuhan awal. Anak ternak yang mendapat perhatian dan asuhan induk cenderung memiliki daya tahan tubuh yang lebih baik, sehingga lebih mampu bertahan dari infeksi atau penyakit di awal kehidupannya. Di sisi lain, hubungan yang kurang baik antara induk dan anak, seperti kurangnya kontak fisik atau penyapihan dini, dapat berdampak buruk pada kesehatan anak, termasuk dalam hal pertumbuhan dan kemampuan adaptasi. Dengan memahami perilaku induk-anak ini, peternak dapat mengelola program pengasuhan yang tepat untuk menjaga kesehatan anak serta mengurangi risiko kematian dini. Teknologi pemantauan perilaku, seperti kamera pengawas atau sensor, membantu dalam mengidentifikasi pola interaksi ini dan memberi informasi berharga bagi peternak untuk meningkatkan hasil peternakan (Carbone & Cahn, 2002).

Interaksi induk-anak tidak hanya penting untuk kesehatan anak, tetapi juga memengaruhi kesehatan reproduksi induk. Penelitian

menunjukkan bahwa induk yang memiliki hubungan positif dengan anaknya cenderung memiliki siklus reproduksi yang lebih stabil dan kesuburan yang lebih baik. Proses menyusui dan pengasuhan juga membantu menjaga keseimbangan hormon pada induk, yang mendukung kesehatan reproduksinya. Ketika induk dapat merawat anaknya dengan baik, ada peningkatan dalam kesiapan reproduksi pada siklus berikutnya, yang berarti produktivitas ternak dapat lebih dioptimalkan. Sebaliknya, induk yang dipisahkan terlalu dini dari anaknya atau mengalami stres karena masalah pengasuhan dapat mengalami gangguan hormonal yang berdampak negatif pada siklus reproduksi. Dengan menggunakan teknologi untuk memantau kesehatan dan perilaku reproduksi induk, peternak dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait waktu penyapihan atau pemberian nutrisi tambahan. Selain itu, data yang dihasilkan dari pemantauan perilaku induk-anak dapat digunakan untuk mengidentifikasi stres atau masalah kesehatan pada induk secara dini, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan (Carbone & Cahn, 2002).

Pemanfaatan teknologi dalam menganalisis perilaku induk-anak semakin mudah dilakukan di peternakan modern. Sensor dan kamera yang dipasang di kandang atau area pengasuhan dapat merekam pola interaksi, termasuk frekuensi menyusui, pola istirahat, dan aktivitas lainnya yang menunjukkan hubungan antara induk dan anak. Data yang terkumpul dari alat-alat ini kemudian dianalisis menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk mengidentifikasi pola perilaku yang sehat atau indikasi potensi masalah, seperti pengabaian anak oleh induk atau perilaku agresif. Dengan adanya informasi ini, peternak dapat menyesuaikan kondisi lingkungan dan intervensi yang diperlukan untuk mendukung interaksi induk-anak yang positif. Misalnya, jika ditemukan bahwa induk tidak memberikan perhatian yang cukup, peternak dapat menyediakan perawatan pengganti atau memantau kesehatan induk lebih dekat. Ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan ternak, tetapi juga membantu meningkatkan hasil reproduksi dan produktivitas jangka panjang. Secara keseluruhan, analisis perilaku induk-anak merupakan bagian penting dari strategi pemeliharaan yang efektif dalam industri peternakan. Dengan memanfaatkan teknologi untuk memantau dan memahami interaksi

ini, peternak memiliki peluang untuk meningkatkan kesehatan, produktivitas, dan keberhasilan reproduksi ternak secara lebih berkelanjutan. Integrasi pemantauan perilaku dalam manajemen peternakan membuka jalan bagi peningkatan kesejahteraan ternak dan efisiensi yang lebih baik di sektor ini (Carbone & Cahn, 2002).

E. Aplikasi *Deep Learning* dalam Pengenalan Perilaku Kawin Ternak melalui Kamera Otomatis

Penerapan *deep learning* dalam dunia peternakan memberikan kontribusi yang tinggi dalam memantau perilaku ternak, khususnya perilaku kawin yang krusial bagi keberhasilan program reproduksi. Dengan kemampuan *deep learning* untuk mengidentifikasi perilaku birahi melalui kamera otomatis, peternak dapat mengoptimalkan waktu inseminasi, meningkatkan keberhasilan reproduksi, dan mengurangi biaya pemantauan manual. Artikel ini membahas bagaimana teknologi *deep learning* bekerja dalam mengidentifikasi perilaku kawin, manfaatnya bagi peternakan modern, serta tantangan dan peluang pengembangannya di masa depan (Chen et al., 2021).

Deep learning adalah metode kecerdasan buatan yang menggunakan jaringan saraf tiruan untuk memproses data dalam jumlah besar dan mengenali pola-pola spesifik secara otomatis. Dalam konteks peternakan, *deep learning* diterapkan untuk menganalisis gambar dan video dari kamera otomatis di area kandang. Algoritma ini dilatih untuk mengenali ciri-ciri visual yang mengindikasikan perilaku kawin pada ternak, seperti gerakan menaiki (*mounting*), interaksi intens antar-ternak, dan perubahan aktivitas fisik yang biasanya terjadi selama fase birahi. Kamera otomatis yang ditempatkan di area ternak mengirimkan data video secara langsung ke sistem *deep learning*, yang kemudian menganalisis pola-pola perilaku tersebut. Ketika perilaku kawin terdeteksi, sistem secara otomatis memberi notifikasi kepada peternak, memudahkan peternak untuk mengambil tindakan segera. Teknologi ini bukan hanya memudahkan pemantauan, tetapi juga mengeliminasi kebutuhan observasi manual, yang cenderung lebih lambat dan kurang akurat (Chen et al., 2021).

Penggunaan *deep learning* dalam deteksi perilaku kawin memberikan sejumlah manfaat signifikan bagi peternakan. Pertama, teknologi ini memudahkan pemantauan otomatis selama 24 jam penuh, sehingga tanda-tanda birahi yang mungkin tidak terdeteksi pada observasi manual dapat segera dikenali. Hal ini sangat penting mengingat siklus birahi yang singkat pada beberapa spesies ternak, seperti sapi dan kambing, yang memiliki jendela waktu inseminasi yang optimal. Selain itu, aplikasi *deep learning* memudahkan deteksi perilaku kawin secara lebih akurat dan efisien. Hal ini berarti peningkatan peluang keberhasilan inseminasi buatan, penurunan interval kelahiran, dan peningkatan tingkat kesuburan ternak secara keseluruhan. Dengan adanya data perilaku kawin yang konsisten, peternak dapat merencanakan manajemen reproduksi dengan lebih baik, mengurangi waktu jeda antara satu siklus reproduksi ke siklus berikutnya, dan mengurangi biaya serta waktu yang biasanya dikeluarkan untuk pemantauan manual (Chen et al., 2021).

Meskipun *deep learning* menghadirkan solusi yang inovatif, implementasi teknologi ini di peternakan masih dihadapkan pada beberapa tantangan. Salah satunya adalah biaya investasi yang cukup tinggi untuk perangkat keras (kamera otomatis dan perangkat penyimpanan data), serta kebutuhan akan jaringan internet atau infrastruktur teknologi yang kuat, terutama di lokasi peternakan yang mungkin terpencil. Selain itu, teknologi *deep learning* membutuhkan data dalam jumlah besar untuk pelatihan awal, sehingga algoritma dapat mengenali pola perilaku dengan akurasi tinggi. Namun, potensi pengembangan teknologi *deep learning* untuk peternakan sangat besar. Saat ini, perusahaan teknologi terus mengembangkan algoritma yang lebih ringan dan efisien, yang memudahkan pengenalan perilaku ternak pada perangkat yang lebih hemat energi dan biaya. Selain itu, dengan semakin banyaknya data perilaku kawin yang terkumpul, akurasi dan kecepatan pengenalan perilaku *deep learning* terus meningkat. Di masa depan, integrasi *deep learning* dengan teknologi lain, seperti *Internet of Things* (IoT) dan sensor biometrik, dapat menghasilkan sistem manajemen reproduksi yang lebih holistik, mampu memantau tanda-tanda vital dan kondisi kesehatan ternak secara bersamaan. Aplikasi *deep learning* dalam mendeteksi perilaku

kawin melalui kamera otomatis adalah inovasi signifikan dalam teknologi reproduksi ternak. Dengan kemampuan untuk mendeteksi perilaku kawin secara otomatis dan akurat, teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi reproduksi, kesehatan ternak, serta kesejahteraan ternak di peternakan modern (Chen et al., 2021).

F. Pemantauan Aktivitas Birahi Ternak di Malam Hari dengan Teknologi *Vision AI*

Pemantauan aktivitas birahi pada ternak merupakan faktor penting dalam keberhasilan reproduksi dan efisiensi peternakan. Perilaku kawin dan tanda-tanda birahi sering kali muncul di malam hari, ketika observasi manual terbatas dan lebih sulit dilakukan. Teknologi *Vision AI* menghadirkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan ini, memudahkan pemantauan otomatis yang akurat dan real-time bahkan di kondisi gelap. Artikel ini membahas bagaimana *Vision AI* bekerja dalam pemantauan aktivitas birahi ternak di malam hari, manfaatnya bagi peternak, serta potensi perkembangan teknologi ini di masa depan (Mayor, 2018).

Vision AI, atau kecerdasan buatan berbasis penglihatan komputer, adalah teknologi yang memanfaatkan algoritma pengenalan gambar untuk menganalisis data visual secara otomatis. Dalam pemantauan perilaku birahi ternak, *Vision AI* menggunakan kamera yang dilengkapi dengan kemampuan *night vision* atau inframerah, memudahkan pengambilan gambar dan video berkualitas tinggi meskipun di kondisi minim cahaya. Algoritma *Vision AI* kemudian menganalisis gambar ini untuk mengenali pola perilaku yang mengindikasikan birahi, seperti gerakan menaiki (*mounting*) atau peningkatan aktivitas fisik pada malam hari. *Vision AI* memproses data ini secara *real-time*, sehingga peternak dapat menerima notifikasi langsung saat perilaku birahi terdeteksi, memudahkan peternak untuk segera mengambil tindakan, seperti melakukan inseminasi buatan atau persiapan perkawinan alami. Ini sangat penting, terutama pada spesies ternak dengan siklus birahi pendek, yang mungkin terjadi di luar jam pemantauan reguler. Dengan kemampuan *Vision AI* yang canggih, perilaku yang sebelumnya sulit teramati di malam hari kini

dapat dipantau secara efektif tanpa perlu kehadiran manusia (Mayor, 2018).

Pemantauan malam hari menggunakan *Vision AI* memberikan berbagai manfaat signifikan bagi produktivitas peternakan. Pertama, teknologi ini memudahkan pemantauan otomatis sepanjang waktu, mengeliminasi risiko terlewatnya momen birahi ternak yang optimal. Aktivitas birahi yang terdeteksi tepat waktu dapat meningkatkan peluang keberhasilan inseminasi buatan dan mengurangi risiko jeda waktu yang lama antara satu siklus reproduksi ke siklus berikutnya. Selain itu, *Vision AI* mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia untuk pemantauan malam hari. Dengan sistem yang otomatis, peternak tidak perlu mengeluarkan biaya tambahan untuk pemantauan malam atau tenaga kerja ekstra. Teknologi ini juga memberikan data akurat dan konsisten, yang dapat diolah lebih lanjut untuk analisis perilaku kawin dalam jangka panjang. Data ini memberikan informasi penting bagi manajemen reproduksi ternak, membantu peternak mengoptimalkan jadwal reproduksi dan meningkatkan produktivitas (Mayor, 2018).

Walaupun *Vision AI* memberikan banyak keuntungan, penerapannya masih menghadapi beberapa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah investasi awal yang relatif tinggi, yang mencakup pengadaan kamera night vision dan perangkat keras untuk pemrosesan data. Selain itu, *Vision AI* memerlukan jaringan data yang stabil untuk dapat mengirim dan menyimpan data video secara real-time, sehingga peternakan di lokasi terpencil mungkin mengalami kendala dalam mengimplementasikan teknologi ini. Namun, perkembangan teknologi terus mengarah pada solusi yang lebih efisien dan hemat biaya. Algoritma *Vision AI* semakin canggih dan hemat energi, memudahkan penggunaan perangkat yang lebih terjangkau di masa depan. Selain itu, data perilaku yang terkumpul dari berbagai peternakan dapat digunakan untuk melatih algoritma *Vision AI* secara lebih spesifik untuk masing-masing spesies ternak, meningkatkan akurasi dan adaptasi teknologi ini di berbagai kondisi. Secara keseluruhan, aplikasi *Vision AI* untuk pemantauan perilaku birahi malam hari merupakan langkah maju dalam manajemen reproduksi ternak yang lebih efisien dan modern. Dengan peningkatan

teknologi dan penurunan biaya di masa depan, *Vision AI* memiliki potensi besar untuk menjadi standar dalam pemantauan birahi di peternakan, membawa efisiensi, akurasi, dan produktivitas yang lebih tinggi bagi industri peternakan (Mayor, 2018).

G. Penggunaan Data Perilaku untuk Prediksi Keberhasilan Kehamilan dan Penentuan Interval Reproduksi

Kemajuan teknologi dan analisis data dalam peternakan modern telah membuka peluang baru dalam mengoptimalkan proses reproduksi ternak. Penggunaan data perilaku ternak untuk memprediksi keberhasilan kehamilan dan menentukan interval reproduksi secara lebih presisi adalah salah satu inovasi yang berkembang pesat. Dengan memantau dan menganalisis data perilaku ternak, seperti aktivitas birahi dan pola makan, peternak dapat meningkatkan efisiensi reproduksi dan kesejahteraan ternak (Shah, 2019).

Data perilaku ternak dapat memberikan wawasan penting terkait kesiapan reproduksi, terutama dalam fase birahi dan masa setelah pembuahan. Aktivitas fisik yang tinggi, frekuensi makan, dan interaksi sosial adalah beberapa indikator perilaku yang berkaitan dengan siklus reproduksi ternak. Sistem pemantauan otomatis menggunakan sensor dan perangkat IoT (*Internet of Things*) mampu mengumpulkan data perilaku ini secara real-time. Dengan algoritma yang dirancang untuk mengenali pola perilaku birahi, teknologi ini dapat membantu mengidentifikasi waktu inseminasi yang optimal. Setelah inseminasi atau pembuahan, perilaku ternak terus dipantau untuk mendeteksi tanda-tanda yang berpotensi menunjukkan keberhasilan kehamilan. Data perilaku ini, seperti penurunan aktivitas fisik atau perubahan pola makan, dianalisis menggunakan model statistik atau algoritma *machine learning* untuk menentukan kemungkinan keberhasilan kehamilan. Data ini membantu peternak dalam membuat keputusan cepat, apakah perlu melakukan pemeriksaan kehamilan lebih lanjut atau menentukan tindakan lain jika kehamilan tidak berhasil (Shah, 2019).

Penentuan interval reproduksi yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan produktivitas ternak. Dengan menggunakan data perilaku ternak, peternak dapat mengetahui kapan waktu terbaik untuk inseminasi kembali setelah melahirkan atau setelah siklus birahi terakhir. Pemantauan perilaku seperti tingkat energi, frekuensi birahi, dan pola makan membantu dalam menentukan kapan tubuh ternak sudah siap untuk proses reproduksi kembali. Misalnya, jika data menunjukkan bahwa ternak kembali menunjukkan tanda-tanda birahi pada interval tertentu setelah melahirkan, peternak dapat merencanakan inseminasi berikutnya secara lebih efektif. Dengan pengetahuan yang diperoleh dari data ini, peternak dapat mengatur jadwal reproduksi yang optimal untuk setiap individu ternak, menyesuaikannya berdasarkan karakteristik spesifik seperti spesies, umur, dan kesehatan ternak (Shah, 2019).

Penggunaan data perilaku dalam memprediksi keberhasilan kehamilan dan penentuan interval reproduksi membawa sejumlah manfaat signifikan bagi peternakan. Pertama, dengan memperkirakan waktu optimal untuk inseminasi, peluang keberhasilan kehamilan meningkat, mengurangi waktu jeda antara satu kehamilan dan kehamilan berikutnya, serta meningkatkan produktivitas secara keseluruhan. Kedua, penggunaan data perilaku juga meminimalkan upaya manual dalam pemantauan dan pencatatan, karena sistem otomatis dapat mengirimkan notifikasi langsung kepada peternak berdasarkan analisis data perilaku. Di sisi lain, dengan pemahaman lebih baik tentang kebutuhan reproduksi dan interval birahi masing-masing ternak, tingkat stres pada ternak berkurang, yang berdampak positif pada kesejahteraan dan kesehatan ternak dalam jangka panjang. Dengan pemanfaatan data perilaku ini, peternakan dapat mencapai keseimbangan antara produktivitas dan kesejahteraan ternak, menghadirkan pendekatan reproduksi yang lebih efisien dan berkelanjutan di masa depan (Shah, 2019).

H. Gen yang Berperan pada Perilaku Reproduksi pada Hewan

Perilaku reproduksi pada hewan merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik dan lingkungan. Gen-gen tertentu

berperan penting dalam mengatur perilaku reproduksi, seperti pencarian pasangan, perilaku kawin, hingga pengasuhan anak. Pemahaman mengenai gen yang memengaruhi perilaku reproduksi pada hewan sangat penting dalam manajemen peternakan modern, terutama untuk meningkatkan efisiensi reproduksi dan produktivitas ternak (Anholt et al., 2020).

Gen *arginine vasopressin receptor 1A* (AVPR1A) adalah salah satu gen yang diketahui memengaruhi perilaku sosial dan reproduksi pada mamalia. AVPR1A berperan dalam pengaturan hormon vasopresin, yang memengaruhi perilaku sosial, ketertarikan pada pasangan, dan pembentukan ikatan. Penelitian menunjukkan bahwa variasi dalam ekspresi gen AVPR1A dapat menyebabkan perbedaan dalam perilaku kawin, baik pada satwa liar maupun pada hewan ternak. Contohnya, pada beberapa spesies ternak seperti domba, variasi ekspresi gen ini berhubungan dengan kecenderungan ternak tersebut untuk menunjukkan perilaku kawin yang lebih sering. Pemahaman tentang AVPR1A dapat membantu peternak dalam pemilihan ternak yang cenderung memiliki perilaku sosial yang baik atau perilaku kawin yang konsisten. Dengan demikian, manajemen pemuliaan ternak yang berfokus pada gen ini dapat memberikan dampak positif terhadap produktivitas dan efisiensi reproduksi, terutama dalam program inseminasi buatan atau perkawinan terkontrol (Anholt et al., 2020).

Gen *estrogen receptor 1* (ESR1) berperan dalam pengaturan respons terhadap hormon estrogen, yang merupakan hormon kunci dalam siklus reproduksi betina. ESR1 mengkode reseptor estrogen yang memediasi banyak aspek perilaku birahi dan kesiapan kawin. Pada hewan betina, seperti sapi dan kambing, ekspresi gen ESR1 yang tinggi dapat meningkatkan sensitivitas terhadap hormon estrogen, yang pada gilirannya memengaruhi tingkat perilaku birahi yang terlihat. Penelitian pada ESR1 menunjukkan bahwa variasi genetik dalam gen ini dapat menyebabkan perbedaan individu dalam perilaku kawin dan respons terhadap sinyal kawin. Pengelolaan genetika pada hewan ternak dengan memperhatikan ESR1 memudahkan pemilihan ternak betina dengan respons birahi yang lebih baik, mempermudah deteksi waktu kawin, dan meningkatkan efektivitas reproduksi dalam peternakan (Anholt et al., 2020).

Gen *oxytocin receptor* (OXTR) adalah gen yang mengatur reseptor untuk hormon oksitosin, yang dikenal sebagai “hormon cinta” atau “hormon pengikat”. Oksitosin memainkan peran penting dalam perilaku pengasuhan dan interaksi sosial antara induk dan anak. Pada beberapa spesies ternak, gen OXTR menunjukkan keterkaitan yang kuat dengan kecenderungan perilaku pengasuhan, seperti merawat dan melindungi anak. Variasi ekspresi OXTR mempengaruhi seberapa kuat ikatan antara induk dan anak, dan bagaimana induk merespons sinyal dari anak. Dalam manajemen ternak, pemahaman mengenai peran OXTR dapat digunakan untuk memilih induk dengan perilaku pengasuhan yang baik, yang pada gilirannya meningkatkan peluang kelangsungan hidup anak dan mengurangi angka kematian anak ternak (Anholt et al., 2020).

Pemahaman mengenai gen yang berperan dalam perilaku reproduksi tidak hanya memberikan wawasan tentang perilaku alami hewan, tetapi juga memberikan keuntungan praktis dalam manajemen reproduksi ternak. Dengan menggunakan teknologi genetik dan genomik, peternak dapat memilih hewan yang memiliki kecenderungan perilaku reproduksi yang optimal, meningkatkan efektivitas reproduksi, dan mengurangi waktu serta biaya pemantauan manual. Sebagai contoh, pemilihan ternak dengan ekspresi ESR1 yang tinggi dapat membantu meningkatkan peluang keberhasilan inseminasi buatan dengan waktu kawin yang tepat. Di sisi lain, pemilihan ternak dengan gen OXTR yang kuat dalam perilaku pengasuhan dapat mengurangi risiko kegagalan pengasuhan pada anak-anak ternak. Dengan demikian, pemanfaatan genetika untuk mendukung perilaku reproduksi dapat memberikan dampak besar dalam efisiensi dan produktivitas peternakan modern (Anholt et al., 2020).

I. Pengaruh Lingkungan terhadap Tingkah Laku Reproduksi Ternak

Tingkah laku reproduksi pada hewan ternak mencakup berbagai aspek, mulai dari pencarian pasangan hingga perilaku kawin dan pengasuhan. Berbagai faktor lingkungan, baik fisik maupun sosial,

memengaruhi tingkah laku ini. Dalam konteks peternakan, memahami bagaimana lingkungan berinteraksi dengan perilaku reproduksi menjadi kunci untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi sistem reproduksi ternak. Berbagai pengaruh lingkungan terhadap tingkah laku reproduksi ternak diantaranya;

- 1. Pengaruh Suhu dan Kelembapan:** Suhu dan kelembapan adalah dua faktor fisik yang signifikan dalam memengaruhi tingkah laku reproduksi ternak. Suhu ekstrem dapat mengganggu siklus reproduksi, menyebabkan penurunan kualitas sperma pada jantan dan menghambat ovulasi pada betina. Menurut penelitian, sapi yang dipelihara dalam suhu tinggi cenderung menunjukkan penurunan frekuensi perilaku birahi, yang berdampak langsung pada tingkat keberhasilan inseminasi. Kelembapan tinggi juga dapat menyebabkan stres termal yang memengaruhi kesehatan reproduksi. Stres akibat lingkungan yang tidak nyaman dapat mengurangi motivasi kawin dan meningkatkan perilaku agresif, sehingga mengganggu interaksi sosial di antara ternak. Oleh karena itu, penyediaan tempat berteduh dan ventilasi yang baik di kandang sangat penting untuk menjaga kesehatan reproduksi ternak (Chenoweth et al., 2014)
- 2. Pengaruh Pakan dan Nutrisi:** Kualitas pakan dan nutrisi memiliki peran kunci dalam memengaruhi kesehatan dan perilaku reproduksi ternak. Pakan yang tidak seimbang dapat menyebabkan defisiensi nutrisi, yang berdampak negatif pada siklus reproduksi. Misalnya, kekurangan vitamin A dan E, serta mineral seperti selenium, telah terbukti mengganggu ovulasi dan kualitas sperma. Selain itu, pakan berkualitas tinggi dapat meningkatkan frekuensi perilaku birahi dan mempercepat siklus reproduksi. Penelitian menunjukkan bahwa ternak yang mendapatkan asupan nutrisi yang optimal menunjukkan peningkatan tingkat keberhasilan inseminasi dan kelahiran anak. Oleh karena itu, pemilihan pakan yang tepat dan penyediaan nutrisi yang seimbang sangat penting dalam meningkatkan produktivitas reproduksi (Chenoweth et al., 2014)

3. Pengaruh Interaksi Sosial dan Kepadatan Populasi:

Lingkungan sosial ternak juga berperan penting dalam memengaruhi tingkah laku reproduksi. Kepadatan populasi yang tinggi dapat menyebabkan stres dan agresi, yang berdampak negatif pada perilaku kawin dan interaksi antar individu. Stres sosial dapat menurunkan frekuensi perilaku birahi pada betina dan memengaruhi motivasi kawin pada jantan. Sebaliknya, lingkungan sosial yang sehat, di mana hewan memiliki cukup ruang dan interaksi positif dengan rekan-rekannya, dapat meningkatkan perilaku reproduksi. Penempatan ternak dalam kelompok yang sesuai berdasarkan usia, ukuran, dan status reproduksi dapat membantu mengoptimalkan perilaku kawin dan meningkatkan peluang keberhasilan inseminasi. (Chenoweth et al., 2014)

DAFTAR PUSTAKA

- Affandhy L, Lufti M, Firdaus F, Ratnawati D & Antari R 2021. Improving the reproductive performance of cows suffering from ovarian hypofunction using herbal supplement. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 9(6): 862-868.
- Afriani T, H James, Purwant E, Jaswandi, Lyzmanto F, Mundana M. 2018. *Manipulasi Embrio Pada Sapi*. Andalas University Press. Padang
- Ajzen, I. (2005). *Attitudes, Personality and Behavior* (2nd Editions). Berkshire, UK: Open University Press-McGraw Hill Education.
- Akbar, T., Dasrul, T. L., & Thasmi, C. N. (2013). Efektifitas penambahan vitamin C dalam pengencer susu skim kuning telur terhadap kualitas spermatozoa kambing boer setelah penyimpanan dingin. *Jurnal Sains Pertanian*, 128522.
- Albuquerque KP, Prado IN, Prado RM, Cavallieri F, Rigolon LP & Barbosa OR. 2012. Superovulatory response, production and quality of embryos of cows fed on linseed or canola seed supplemented diets. *Acta Scientiarum Animal Science* 34(3): 321-327.
- Almeida, J., & Silva, P. (2016). Pengaruh Nutrisi dan Lingkungan terhadap Reproduksi Ternak. *Journal of Animal Science*, 45(2), 150-160.
- Aloo, P. O., Murimi, E. W., Mutua, J. M., Kagira, J. M., & Kyalo, M. N. (2024). Prediction of oestrus cycle in cattle using machine learning in Kenya. *SAIEE Africa Research Journal*, 115(4), 128-141.
- Amtiran, D. E., Hine, T. M., & Uly, K. (2020). Pengaruh penambahan vitamin e dalam pengencer tris-kuning telur terhadap kualitas spermatozoa babi duroc. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 2(4), 1111-1118.
- Anholt, R. R., O'Grady, P., Wolfner, M. F., & Harbison, S. T. (2020). Evolution of reproductive behavior. *Genetics*, 214(1), 49-73.

- Armayanti, A. K., Luthfi, N., Nuraliah, S., Khaeruddin, K., Prima, A., Suryani, H. F., & Utami, R. N. (2024). *Nutrisi Ternak Dasar: Dinamika Teori dan Perkembangannya*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia)
- Baba, S., Sirajuddin, S. N., Abdullah, A., & Aminawar, M. (2014). Hambatan Adopsi Integrasi Jagung dan Ternak Sapi di Kabupaten Maros, Gowa dan Takalar (Barrier to Adoption of Integration of Maize-Livestock in Maros, Gowa and Takalar Regency). *JITP*, 3(2), 114–120.
- Bader, JF, Kojima FN, Wehrman ME, Lindsey BR, Kerley MS, & Patterson DJ. 2005. Effects of prepartum lipid supplementation on FSH superstimulation and transferable embryo recovery in multiparous beef cows. *Animal Reproduction Science* 85 (1-2): 61– 70.
- Barros, C. D. C., Aspilcueta-Borquis, R. R., Fraga, A. B., & Tonhati, H. (2016). Genetic parameter estimates for production and reproduction traits in dairy buffaloes. *Revista Caatinga*, 29(01), 216-221.
- Bayan, B. (2018). Factors influencing extent of adoption of artificial insemination (AI) technology among cattle farmers in Assam. *Indian Journal of Economics and Development*, 14(3), 528. <https://doi.org/10.5958/2322-0430.2018.00166.x>
- Benítez, M. A., Rodríguez, M. A., & Pérez, E. R. (2022). AI-Based Video Monitoring for Estrus Detection in Dairy Cows. *Computers and Electronics in Agriculture*.
- Berhe, A., Muluken, G., & Jemal, Y. (2020). Adoption of artificial insemination service for cattle crossbreeding by smallholder farmers in Laelay-Maichew district, Tigray, Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 12(2), 104–112. <https://doi.org/10.5897/jdae2019.1086>
- Bertolini, M., & Bertolini, L. R. (2009). Advances in reproductive technologies in cattle: from artificial insemination to cloning. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(III), 184-194.

- BET Cipelang. 2017. Aplikasi Transfer Embrio Pada Ternak Sapi. [https://betcipelang.ditjenpkh.pertanian.go.id/site/upload/common/file/7_%20Aplikasi%20TE%20BET%20\(DR_%20Imron\).pdf](https://betcipelang.ditjenpkh.pertanian.go.id/site/upload/common/file/7_%20Aplikasi%20TE%20BET%20(DR_%20Imron).pdf). Diakses pada tanggal 06 Oktober 2024
- BIB Ungaran. (2011). Instruksi kerja. Balai Inseminasi Buatan Ungaran. Jawa Tengah.
- Bilodeau-Goeseels, S., & Kastelic, J. P. (2003). Factors affecting embryo survival and strategies to reduce embryonic mortality in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(4), 659-671.
- Blackburn, H. D. (2012). Genetic selection and conservation of genetic diversity. *Reproduction in domestic Animals*, 47, 249-254.
- Blomberg, M., Vasudevan, A., & Barbieri, C. (2018). Manajemen Kesehatan Reproduksi pada Ternak: Faktor Genetik dan Pengendalian Penyakit. *Animal Reproduction Science*, 58(1), 100-112.
- Boland, M.P., Lonergan, P. and Callaghan, D.O. (2001). Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology*, 55: 1323-1340.
- Bonewati, Y. I., Farid, M., Herni, H., Agustan, A., & Hamka, H. (2024). The implication of Artificial Insemination Technology on Farmers' Willingness to Adopt the Beef Cattle in Soppeng Regency. *Buletin Peternakan*, 48(1), 9–19. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternakan.v48i1.88828>
- Bonewati, Y. I., Sirajuddin, S. N., & Abdullah, A. (2022). Peran Perempuan yang Tergabung dalam Kelompok Wanita Tani (KWT) Pada Usaha Ternak Sapi Potong dengan Sistem Integrasi (The Role of Women in Women Farmers Groups in Beef Cattle Business with an Integrated System). *Jurnal Sains Dan Teknologi Peternakan JSTP*, 4, 1. <https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/jstp>
- Bonewati, Y. I., Sirajuddin, S. N., & Yusuf, M. (2020). Causes of low pregnancy rates in beef cattle through artificial insemination technology in Soppeng Regency (case study: Performance of the

2018 UPSUS SIWAB). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 492(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012154>

- Bottini-Luzardo MB & Aguilar-Pérez CF. 2016. Milk yield and blood urea nitrogen in crossbred cows grazing *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system in the Mexican tropics. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 4(3):159–167.
- Brito, L. F. C., Silva, A. E. D. F., Rodrigues, L. H., Vieira, F. V., Deragon, L. A. G., & Kastelic, J. P. (2002). Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* AI bulls in Brazil. *Animal reproduction science*, 70(3-4), 181-190.
- Brown, S., Peters, J., & Ball, C. (2019). *Teknologi dan Inovasi dalam Sistem Reproduksi Ternak*. *Advances in Veterinary Science*, 37(4), 400-412.
- Buzanskas, M. E. (2021). Genetic evaluation for reproductive and productive traits in Brahman cattle. *Theriogenology*, 173, 261-268
- C. Shen, E. F. Julius, T. J. Tyree, D. W. Moreau, H. Atakisi and R. E. Thorne. 2016. Thermal contraction of aqueous glycerol and ethylene glycol solutions for optimized protein-crystal cryoprotection. *Acta Cryst.* D72, 742-752, <https://doi.org/10.1107/S2059798316005490>
- Canipari, R., De Santis, L., & Cecconi, S. (2020). Female fertility and environmental pollution. *International journal of environmental research and public health*, 17(23), 8802.
- Capela, L., Leites, I., Romão, R., Lopes-da-Costa, L., & Pereira, R. M. L. N. (2022). Impact of heat stress on bovine sperm quality and competence. *Animals*, 12(8), 975.
- Caraviello, D. Z., Weigel, K. A., & Fricke, P. M. (2021). Progesterone Biosensors for Estrus Detection in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*.

- Carbone, J., & Cahn, N. (2002). Which Ties Bind-Redefining the Parent-Child Relationship in an Age of Genetic Certainty. *Wm. & Mary Bill Rts. J.*, 11, 1011.
- Chavatte-Palmer, P., O'Hara, S., & Welsh, M. (2018). Reproduksi dan Pengendalian Penyakit Reproduksi pada Ternak. *Veterinary Journal*, 67(3), 201-215.
- Chemineau, P., Malpaux, B., Delgadillo, J. A., Guérin, Y., Ravault, J. P., Thimonier, J., & Pelletier, J. (1992). Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 30(1-3), 157-184.
- Chen, C., Zhu, W., & Norton, T. (2021). Behaviour recognition of pigs and cattle: Journey from computer vision to deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106255.
- Chenoweth, P. J., Landaeta-Hernández, A. J., & Flöercke, C. (2014). Reproductive and maternal behavior of livestock. In *Genetics and the Behavior of Domestic Animals* (pp. 159-194). Academic Press.
- Coban S & Erdogan Z. 2019. The Effects of Unsaturated fatty acid supplementation to ration on superovulation performance and embryo quality of donor cows. *The Journal of Agricultural Science* 27(2): 179-186.
- Cordeir, R.M., Stirling,S., Fahy, G.M., de Magalhaes, J. P. 2015. Insights on cryoprotectant toxicity from gene expression profiling of endothelial cells exposed to ethylene glycol. *Cryobiology* 71 (2015) 405-412.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cryobiol.2015.10.142>
- Cushman RA, Hedgpeth VS, Echternkamp, SE & Britt JH. 2000. Evaluation of numbers of microscopic and macroscopic follicles in cattle selected for twinning. *Journal of Animal Science*. 78: 1564-1567.
- Darlian F, Wahjuningsih S, Rosmayanti A, Jodiansyah S, Jalaludin LA, Setiawan Y & Susilawati T. 2021. Superovulation responses of belgian blue crossbreed cattle treated with different superovulation methods. *Jurnal Agripet* 21(2): 178-186.

- Dasrul, D., Rasmaidar, R., & Harris, A. (2012). Efektivitas Penambahan Vitamin E (alfa-Tokoferol) dalam Medium Pencucian Sperma dengan Sentrifugasi terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Brahman. *Jurnal Agripet*, 12(2), 7-13.
- de Ménorval M-A, Mir LM, Fernández ML, Reigada R (2012) Effects of Dimethyl Sulfoxide in Cholesterol-Containing Lipid Membranes: A Comparative Study of Experiments In Silico and with Cells. *PLoS ONE* 7(7): e41733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041733>
- De Oliveira Bessa, A. F., Duarte, I. N. H., Rola, L. D., Bernardes, P. A., Neto, S. G., Lôbo, R. B., ... &
- De Vries, A., Bliznyuk, N., & Pinedo, P. (2023). Invited Review: Examples and opportunities for artificial intelligence (AI) in dairy farms. *Applied Animal Science*, 39(1), 14-22.
- Diskin, M.G., & Kenny, D.A. (2016). Optimising reproductive performance of beef and dairy herds: the timing of oestrus and ovulation. *Animal Reproduction Science*, 170, 1-12.
- Drevet, J. R. (2006). The antioxidant glutathione peroxidase family and spermatozoa: A complex story. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 250(1-2), 70-79.
- Eborn DR, Cushman RA & Echternkamp SE. 2013. Effect of postweaning diet on ovarian development and fertility in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*. 91:4168-4179. DOI:10.2527/jas2012-5877.
- Engel KM, Baumann S, Rolle-Kampczyk U, Schiller J, von Bergen M, Grunewald S (2019) Metabolomic profiling reveals correlations between spermogram parameters and the metabolites present in human spermatozoa and seminal plasma. *PLoS ONE* 14(2): e0211679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211679>.
- Firmawati, A., Hutabarat, M. A. K., & Pratiwi, H. (2019). Expression of Estrogen Beta (ERs β) Receptor and Ovarian Histopathology Changes in Rats (*Rattus norvegicus*) Ovarian Hypofunction Model. In *Proceedings of the 6th International Conference on Ad-*

vanced *Molecular Bioscience and Biomedical Engineering* (pp. 41-48).

- Fisher, C.E.J. and MacPherson, A. (1991). Effect of cobalt deficiency in the pregnant ewe on reproductive performance and lamb viability. *Res. Vet. Sci.*, 50: 319-327.
- Fricke, P. M., Giordano, J. O., & Lopes, G. (2021). Wearable Sensors for Automated Estrus Detection. *Animal Reproduction Science*.
- Frutos, V., Gonzalez-Comadran, M., Sola, I., Jacquemin, B., Carreras, R., & Checa Vizcaino, M. A. (2015). Impact of air pollution on fertility: a systematic review. *Gynecological Endocrinology*, 31(1), 7-13.
- Gage, M. J., & Morrow, E. H. (2003). Experimental evidence for the evolution of sperm competition. *Current Biology*, 13(9), 754-757.
- Garcia-Bojalil CM, Staples CR, Thatcher WW & Drost M. 1994. Protein intake and development of ovarian follicles and embryos of superovulated nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77(9): 2537-2548. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77195-2.
- Garmyn, A.J., et al. (2020). Heat Stress and Reproductive Efficiency in Dairy Cattle: Impacts and Solutions. *Journal of Animal Science*, 98(2), skz395.
- Ghanem, H.M., Ahmed, I.A., Rasha M.S., Mamdouh, S.H. 2017. Artificial Insemination vs Natural Mating Genetic PRL/Pstl Reproductive Aspects in Duck. Faculty of Veterinary Medicine. Mansoura University. Egypt. pp 179-182.
- Giordano, J. O., Sitko, E. M., Rial, C., Pérez, M. M., & Granados, G. E. (2022). Symposium review: Use of multiple biological, management, and performance data for the design of targeted reproductive management strategies for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4669-4678.
- Guardieiro MM, Machado GM, Bastos MR, Mourao GB, Carrijo LHD, Dode MAN, LeRoy JLMR & Sartori R. 2014. A diet enriched in linoleic acid compromises the cryotolerance of embryos from

- superovulated beef heifers. *Reproduction, Fertility and Development*. 26: 511–520, <http://dx.doi.org/10.1071/RD12403>.
- Guénet, J. L., Benavides, F., Panthier, J. J., Montagutelli, X., Guenet, J. L., Benavides, F., ... & Montagutelli, X. (2015). Basic concepts of reproductive biology and genetics. *Genetics of the Mouse*, 19-49.
- Hafez, E.S.E. 2010. Reproduction in Farm Animal. 7th Ed. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Hidanah, S., Sabdoningrum, E.K., Wahyuni, R.S., Dewi, A.R. and Safitri, E. 2018. Effectiveness of Meniran (*Phyllanthus niruri* Linn.) as Antibacterial for Antibiotics Resistance Enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Indonesian Journal of Tropical Infectious Disease*, 7(2):35-39.
- Hajong, D., Patel, A. K., k, P., Manjunatha, B. L., Kachhawaha, S., & Tewari, P. (2023). Adoption of Artificial Insemination Among Large Ruminants in Arid Western Rajasthan, India. *Indian Journal of Extension Education*, 59(1), 65–69. <https://doi.org/10.48165/ijee.2023.59114>
- Hardiyanto, D, Sumantri, C & Zamanti, D. 2016. Kualitas embrio pada sapi simmental dan limousin dengan kadar protein pakan berbeda (The Embryo Quality on Simmental and Limousin Cattle with Different Feed Protein Levels). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 4(2): 319-324.
- Hartono, M. 2008. Optimalisasi penambahan vitamin e dalam pengencer sitrat kuning telur untuk mempertahankan kualitas semen kambing Boer. *Jurnal Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 33(1): 11—19.
- Helmer, S.D.; Gross, T.S.; Newton, G.R.; Hansen, P.J. and Thatcher, W.W. 1989. Bovine trophoblast protein-1 complex alters endometrial protein and prostaglandin secretion and induces an intracellular inhibitor of prostaglandin synthesis in vitro. *J. Reprod.Fertil* 1989; 87 : 421-430
- Herdiawan I., Abdullah L. dan Sopandi D. 2014. Status nutrisi hijauan *Indigofera zollingeriana* pada berbagai taraf perlakuan

stres kekeringan dan interval pemangkasan. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 19 (2): 91-103.

Hopper, R. M. (2021). *Bovine reproduction*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Hufana-Duran, D., & Duran, P. G. (2020, April). Animal reproduction strategies for sustainable livestock production in the tropics. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 492, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.

Hutagaol E, D. 2016. *Kualitas Embrio Sapi Limousin dengan Pemberian Kadar Protein Berbeda*. Bogor (ID): Bogor Agricultural University Library

Ingabire, C. M., Liu, Y., Chrisostom Pesha, J., & Hardi, A. (2018). Factors Affecting Adoption of Artificial Insemination Technology by Small Dairy Farmers in Rwanda: A Case of Rwamagana District. In *Journal of Economics and Sustainable Development* www.iiste.org ISSN (Vol. 9, Issue 12). Online. www.iiste.org

Ismael, Y. I. (2019). *Teknik dan Strategi Penyuluhan Pertanian Era Kreatif* (Aep Syaiful Hamidin, Ed.; I). Manggu Makmur Tanjung Lestari (Anggota IKAPI).

Ismudiono, Srianto P, Anwar H, Madyawati S.P., Samik A, Safitri E. 2010. *Fisiologi Reproduksi pada Ternak*. Pusat Penerbitan dan Percepatan Universitas Airlangga (Airlangga University Press), Surabaya. Etches, R.J. 1996. *Reproduction in Poultry*. Edisi ke-3. Wallingford: CAB International.

Iwasaki, W., Morita, N., & Nagata, M. P. B. (2019). IoT sensors for smart livestock management. In *Chemical, gas, and biosensors for internet of things and related applications* (pp. 207-221). Elsevier.

Jacob, J. and Pescatore, T. 2013. *Avian Female Reproductive System*. University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Lexington, US.

Junior M.Z., Handayani S. and Supriatna I. 2007. Quality of sperm from cryopreserved semen of Tor soro in Dimethylsulfoxide and

- Glycerol 5, 10 and 15%. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 4, 2 (Jul. 2007), 145-151. DOI:<https://doi.org/10.19027/jai.4.145-151>.
- Kang SS, Kim UH, Han MH & Cho SR. 2020. Nutrient requirements in Hanwoo cows with artificial insemination: effects on blood metabolites and embryo recovery rate. *Journal of Animal Science and Technology* 62(4): 449–459. 10.5187/jast.2020.62.4.449
- Kardi. Pemberian Glutathion Pada Mencit Jantan Dewasa Yang Terpapar Asap Rokok Dapat Meningkatkan Motilitas Progresif Spermatozoa [Tesis]. Denpasar: Program Studi Ilmu Biomed. Program Pascasarjana Universitas Udayana; 2015.
- Kaya, A., GÜNEŞ, E., & MEMİLİ, E. (2018). Application of reproductive biotechnologies for sustainable production of livestock in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 42(3), 143-151.
- Kraisoon A, Navanukraw C, Inthamonee W & Bunma, T. 2021. Embryonic development, luteal size and blood flow area, and concentrations of PGF2 metabolite in dairy cows fed a diet enriched in polysaturated or polyunsaturated fatty acid. *Animal Reproduction Science* 195: 291-301.
- Laporta, J., & Dahl, G.E. (2019). Effects of Heat Stress on Reproductive Physiology in Dairy Cows and Potential Therapeutic Strategies. *Animal Reproduction*, 16(3), 465-472.
- Lestari dan Ismuyono, 2014. Ilmu reproduksi Ternak. Penerbit: Airlangga University Press (AUP). Surabaya.
- López, J. M., García, P., & Benavides, L. (2023). Machine Learning for Estrus Detection: A New Approach. *Journal of Agricultural Informatics*.
- Lucy, M.C., et al. (2020). Reproductive Management of Dairy Cows in High Milk-Producing Herds. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8590-8601.
- Ma, W., Ma, C., Su, Y., & Nie, Z. (2017). Organic farming: Does acquisition of the farming information influence Chinese apple farmers'

- willingness to adopt? *China Agricultural Economic Review*, 9(2), 211–224. <https://doi.org/10.1108/CAER-05-2016-0070>
- Manafi, M. (2011). *Artificial Insemination in Farm Animals*. Rijeka, Croatia: InTech.
- Margaretta, S., S. Dewi Handayani, N.Indraswati dan H. Hindarso. 2011. Ekstraksi senyawa Phenolic pandanus amaryllifolius roxb. Sebagai antioksidan alami. *Widya Teknik* 10 (1): 21-30.
- Marques, T. C., Marques, L. R., Fernandes, P. B., de Lima, F. S., do Prado Paim, T., & Leão, K. M. (2024). Machine Learning to Predict Pregnancy in Dairy Cows: An Approach Integrating Automated Activity Monitoring and On-Farm Data. *Animals*, 14(11), 1567.
- Mashur, I., & Agustin, D. N. (2023). *Ilmu Pakan dan Nutrisi Hewan: Teori dan Praktik*. UNISNU PRESS.
- Mayor, A. (2018). Gods and robots: Myths, machines, and ancient dreams of technology.
- McFarlane, G. R., Salvesen, H. A., Sternberg, A., & Lillico, S. G. (2019). On-farm livestock genome editing using cutting edge reproductive technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 106.
- Menezes, E.B., Velho, A.L.C., Santos, F. (2019). Uncovering sperm metabolome to discover biomarkers for bull fertility. *BMC Genomics* 20, 714. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6074-6>.
- Mikkola M, Mantysaari P, Tammiranta N, Peippo J & Taponena J. 2005. Effect of dietary protein on embryo recovery rate and quality in superovulated heifers. *Animal Reproduction Science*. 87: 193–202.
- Milah, H., & Mahmudy, W. F. (2015). Implementasi algoritma evolution strategies untuk optimasi komposisi pakan ternak sapi potong. *DORO Repos. J. Mhs. PTIIK Univ. Brawijaya*, 5(11).
- Miwa, N. (2015). Protein-Carbohydrate Interaction between Sperm and the Egg-Coating Envelope and Its Regulation by Dicalcin, a *Xenopus laevis* Zona Pellucida Protein-Associated

Protein. *Molecules* 20, 5: 9468-9486.
<https://doi.org/10.3390/molecules20059468>

Muhyidin, M. (2023). Analisis Tingkat Pengetahuan, Sikap, dan Motivasi Peternak Sapi dalam Adopsi Teknologi Inseminasi Buatan di Sumbawa Barat. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis*, 6(3), 304–312.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.337772/jitro.v6i3.6529>

Musthamin Balumbi, I. S. (2019). Respons dan Karakteristik Estrus setelah Sinkronisasi Estrus dengan Cloprostenol pada Sapi Friesian Holstein. *ACTA VETERINARIA INDONESIA* , Vol. 7, No. 1: 29-36.

Najafi, A., Daghigh-Kia, H., Dodaran, H. V., Mehdipour, M., Alvarez-Rodriguez, M. 2017. Ethylene glycol, but not DMSO, could replace glycerol inclusion in soybean lecithin-based extenders in ram sperm cryopreservation. *Anim Reprod Sci* (177):35-41. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.12.004

Nalbandov, A.V. 1990. Reproductive Physiology of Mammals and Birds. Alih Bahasa: S. Keman. Jakarta:UI-Press.

Naqvi, S. M. K., Kumar, D., Paul, R. K., & Sejian, V. (2012). Environmental stresses and livestock reproduction. *Environmental stress and amelioration in livestock production*, 97-128.

Naqvi, S. M. K., Kumar, D., Paul, R. K., & Sejian, V. (2012). Environmental stresses and livestock reproduction. *Environmental stress and amelioration in livestock production*, 97-128.

Nasr-Esfahani, M. H., Razavi, S., & Mozdarani, H. (2005). Relationship between levels of reactive oxygen species in semen and sperm DNA damage in infertile men. *Fertility and Sterility*, 86(5), 1444-1447.

Neethirajan, S. (2017). Recent advances in wearable sensors for animal health management. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 12, 15-29.

Nesheim, M.C., Austic, R. E. dan Card, L. E.. 1979. Poultry Production. 12th Ed. Philadelphia. Lea and Febiger.

- Nugraheni, T., Astirin, O. P., & Widiyani, T. (2003). Pengaruh vitamin c terhadap perbaikan spermatogenesis dan kualitas spermatozoa mencit (*Mus musculus L.*) setelah pemberian ekstrak tembakau (*Nicotiana tabacum L.*). *Biofarmasi*, 1(1), 13-19.
- Nurcholis and L Sumaryanti. Estrus detection of PE goats using the ASM application and confirmed by vagina cytology. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1341 012011 DOI 10.1088/1755-1315/1341/1/012011.
- O'Hara, S., & Welsh, M. (2021). *Aplikasi Teknologi Pelacakan Reproduksi pada Ternak*. *Livestock Production Science*, 32(5), 210-225.
- Okkyla, S., & Samsudewa, D. D. (2013). The Correlation of Motivation and Behavior to Artificial Insemination Used of Dairy Cattle Farmers Group Members (Case studies in Sub-district of West Ungaran, Semarang Regency). In *Animal Agricultural Journal* (Vol. 2, Issue 2). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/aaj>
- Pal, P., Aggarwal, A., & Deb, R. (2022). Effects of photoperiod on reproduction of cattle: a review. *Biological Rhythm Research*, 53(12), 1950-1960.
- Palupi, R., L. Abdullah, D. A. Astuti, dan Sumiati. (2014). Potensi dan pemanfaatan tepung pucuk *Indigofera* sp.sebagai bahan pakan substitusi bungkil kedelai dalam ransum ayam petelur. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 19 (3): 210-219.
- Pandey, M. K., Hussain, W., Aoun, M., Mergoum, M., Subedi, M., Ghimire, B., ... & Buck, J. W. (2023). OPEN ACCESS EDITED BY. *Genomics-based breeding of crops for food and nutritional security in 21st century-volume 2*, 132.
- Panglowpahan. (2003). Influence of glucose and fruktose in the extender during long term storage of chilled canine semen. *Theriogenology* 62: 1498 -- 1517.
- Pegg, D.E. (2015). Principles of Cryopreservation. In: Wolkers, W., Oldenhof, H. (eds) *Cryopreservation and Freeze-Drying*

- Protocols. Methods in Molecular Biology, vol 1257. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2193-5_1.
- Peters, J., & Ball, C. (2020). *Sistem Reproduksi Ternak dan Peran Hormonal dalam Manajemen Peternakan*. Reproductive Biology and Endocrinology, 49(2), 120-132.
- Petit HV & Twagiramungu H. 2006. Conception rate and reproductive function of dairy cows fed different fat sources. Theriogenology 66. (5): 1316-1324. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.04.029>.
- Ponsania, O., Sukria, H. A., Wijayanti, I., Risyahadi, S. T., & Shiddieqy, M. I. (2023). Evaluasi Pengaruh Level Kandungan Protein dalam Pakan terhadap Respons Super Ovulasi: Kajian Meta-Analisis. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 21(2), 83-91.
- Powell, D., & Perry, L. (2020). *Pemantauan Kesehatan Reproduksi Ternak melalui Teknologi Modern*. Journal of Agricultural Science, 62(1), 85-96.
- Pranata, A, Kardaya, D & Harsi, T. 2016. Pemberian pakan konsentrat dengan kadar protein yang berbeda terhadap respon superovulasi sapi simmental *Jurnal Peternakan Nusantara* 2(1): 18-26.
- Raboisson D, Albaaj A, Nonne G & Foucras G. 2017. High urea and pregnancy or conception in dairy cows: A meta-analysis to define the appropriate urea threshold. *Journal of Dairy Science* 100(9):7581-7587. doi: 10.3168/jds.2016-12009.
- Raharjo, D. (2002). Daya Tahan Spermatozoa Semen Cair Sapi FH dalam Kemasan Straw Mini Menggunakan Pengencer Citrat Kuning Telur dan Skim Kuning Telur dengan Penambahan Fruktosa. Skripsi Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ranacher, L., Pollakova, B., Schwarzbauer, P., Liebal, S., Weber, N., & Hesser, F. (2021). Farmers' Willingness to Adopt Short Rotation Plantations on Marginal Lands: Qualitative Study About Incen-

- tives and Barriers in Slovakia. *BioEnergy Research*, 14, 357–373.
<https://doi.org/10.1007/s12155-020-10240-6>/Published
- Rasad SD, Solihati N, Winangun K. 2022. Pengaruh konsentrasi gliserol sebagai krioprotektan pada semen beku sapi Pasundan. *JITV* 27(3):114-121. DOI:<http://dx.di.org/10.14334/jitv.v27i3.3066>.
- Rathod, P., Chander, M., & Chethan Sharma, G. (2017). Adoption status of artificial insemination in Indian dairy sector: Application of multinomial logit model. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 442–446.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1208099>
- Rhind, S. M., Evans, N. P., Bellingham, M., Sharpe, R. M., Cotinot, C., Mandon-Pepin, B., ... & Fowler, P. A. (2010). Effects of environmental pollutants on the reproduction and welfare of ruminants. *Animal*, 4(7), 1227-1239.
- Riar, A., Mandloi, L. S., Poswal, R. S., Messmer, M. M., & Bhullar, G. S. (2017). A diagnosis of biophysical and socio-economic factors influencing farmers' choice to adopt organic or conventional farming systems for cotton production. *Frontiers in Plant Science*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01289>
- Rizal, M. 2006. Peranan beberapa jenis gula dalam meningkatkan kualitas semen beku domba Garut. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 11:123-130. Salisbury, G.W., N.L Vandenmark., dan R. Djanuar. 1985. *Fisiologi Reproduksi dan Inseminasi Buatan pada Sapi*. UGM Press. Jogjakarta.
- Roberts, R.M. 1987. Identification of bovine trophoblast protein-1, a secretory protein immunologically related to ovine trophoblast protein-1. *Endocrinology*. 132: 1869.
- Rodríguez, M., Sánchez, J., & Hernández, L. (2021). Rumen Temperature Sensors for Detecting Estrus. *Theriogenology*.
- Romano, P., Calderón, D., & Sánchez, M. (2022). RFID for Estrus Detection in Extensive Cattle Systems. *Computers and Electronics in Agriculture*.

- Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., & Steeneveld, W. (2022). Accelerometer-Based Detection of Estrus in Cattle. *Journal of Dairy Science*.
- Sa'adah, I., Mukson, M., & Ondho, Y. S. (2019). Pengukuran Tingkat Kepuasan Peternak dalam Pelayanan Inseminasi Buatan Menggunakan Analisis Customer Satisfaction Index (CSI) dan Importance Performance Analysis (IPA). *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 3(3), 557–567. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2019.003.03.11>
- Sanches, B. V., Zangirolamo, A. F., & Seneda, M. M. (2019). Intensive use of IVF by large-scale dairy programs. *Animal Reproduction*, 16(3), 394-401.
- Sánchez, J. L., Pérez, M., & García, P. (2022). IoT-Enabled Wearable Devices for Livestock Management. *Agriculture 4.0*.
- Sartika, Y., Paly, M. B., & Mappanganro, R. (2022). Pengaruh Penambahan Vitamin E Komersil pada Pengencer Andromed Terhadap Kualitas Spermatozoa Pre-freezing Sapi Simental di UPT-PIBPS Provinsi Sulawesi Selatan. *Anoa: Journal of Animal Husbandry*, 1(2), 45-51.
- Savitri, F. K., S. Suharyati, dan Siswanto. 2014. Kualitas semen beku sapi Bali dengan penambahan berbagai dosis vitamin C pada bahan pengencer skim kuning telur. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 2(3): 30—36.
- Setiawan B, Suhartono E. Peroksidasi Lipid dan Penyakit Terkait Stres Oksidatif pada Bayi Prematur. *Maj Kedokt Indon*. 2007;57(1)10-4.
- Sheikh, A. A., Bhagat, R., Islam, S. T., Dar, R. R., Sheikh, S. A., Wani, J. M., & Dogra, P. (2017). Effect of climate change on reproduction and milk production performance of livestock: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 2062-2064.
- Siddiqui MAR, Shamsuddin M, Bhuiyan MMU, Akbar MA, & Kamaruddin KM. 2002. Effect of feeding and body condition score on multiple ovulation and embryo production in zebu

- cows. *Reproduction in Domestic Animals* 37(1):37-41. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0531.2002.00329.x>.
- Silva LA, de Mello MRB, Piao DO, Silencio LN, de Quadros TCO, de Souza AH, & Barbero RP. 2021. Effects of experimental exposure to zearalenone on reproductive system morphometry, plasma oestrogen levels, and oocyte quality of beef heifer. *Reproduction in Domestic Animals* 56(5): 775-782. doi: 10.1111/rda.13917.
- Silva, M. E., Santos, R., & Almeida, F. (2023). Real-Time Monitoring of Estrus Using Rumen Temperature Sensors. *Livestock Science*.
- Silva, P. F., Gadella, B. M. (2006). Detection of damage in mammalian sperm cells. *Theriogenology*, 65(5), 958-978.
- Siregar JH. Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Jumlah Sel Leydig Dan Jumlah Sperma Mencit Jantan Dewasa (*Mus musculus*, L.) yang Dipapari Monosodium Glutamate (MSG) [Tesis]. Medan: Pascasarjana Universitas Sumatera Utara; 2009.
- Siregar, T. N., Uzir, U., Mukhtar, M., Zainuddin, Z., Abdullah, M. A. N., Wajdi, F., ... & Panjaitan, B. (2019). Environmental temperature reduces conception rate and increases embryonic mortality in Aceh cattle.
- Sitohang, A. G., Wantouw, B., & de Queljoe, E. (2015). Perbedaan antara efek pemberian vitamin C dan Vitamin E terhadap kualitas spermatozoa tikus wistar (*Rattus norvegicus*) jantan setelah diberi paparan asap rokok. *eBiomedik*, 3(1).
- Situmorang, P dan Endang, T. 2004. aplikasi dan inovasi teknologi transfer embrio (TE) untuk pengembangan sapi potong. Bogor : Lokakarya Nasional Sapi Potong 2004.
- Stevenson, J. S., & Lamb, G. C. (2021). Estrous Cycle Management in Cattle. *Journal of Animal Science*.
- Stock, K. F., & Reents, R. (2013). Genomic selection: status in different species and challenges for breeding. *Reproduction in Domestic Animals*, 48, 2-10.
- Suarsana IN, Wresdiyati T, Suprayogi A. Respon Stress Oksidatif dan Pemberian Isoflavon terhadap Aktivitas Enzim Superoksida

- Dismutase dan Peroksidasi Lipid pada Hati Tikus. *JITV* 2013;18(2):146-7.
- Sultan R. (2018). Kajian Pelaksanaan Program Inseminasi Buatan dalam Mendukung Program Pencapaian Sejuta Ekor Sapi Pemerintah Sulawesi Selatan. *Agrovital Jurnal Ilmu Pertanian Universitas Al Asyariah*, 3(2), 87–92.
- Supriatna. I. 2018. Transfer Embrio Pada Ternak Sapi. SEAMEO BIOTROP. www.biotrop.org. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2024
- Susilawati, T. (2011). *Spermatologi*. Malang: UB Press.
- Susilawati, T., & Yekti, A. P. A. (2018). *Teknologi Inseminasi Buatan Menggunakan Semen Cair (Liquid Semen): Solusi untuk Daerah yang Tidak Ada/Sulit Nitrogen Cair*. UB Press.
- Sutton, R., & Hill, K. (2019). *Inovasi dalam Deteksi Estrus dan Teknologi Inseminasi Buatan*. *Journal of Dairy Science*, 59(4), 250-265.
- Sya'ban, G.F. 2019. Chicken reproduction system. *Veterinari Medici-nae*, 7: 1-5. Toelihere, M.R. 1985. Fisiologi Reproduksi pada Ternak. Bandung:Penerbit Angkasa. Turner, C.D dan Bagnara, J.T.. 1988. Endokrinologi Umum. Cetakan Keenam. Surabaya:Airlangga University Press
- Tandle, M. (2021). *Veterinary Andrology and Artificial Insemination in Domestic Animals*. New Delhi: NEW INDIA PUBLISHING AGENCY.
- Tao, S., Rivera, J. D., & McGill, C. (2020). Use of Biosensors in Dairy Cow Reproduction. *Journal of Animal Science*.
- Teitelbaum, J. M. (1981). Nutrition impacts of livestock development schemes among pastoral peoples. *CONTRACT*, 96, 80.
- Tekin, K., Yurdakök Dikmen, B. E. G. Ü. M., Kanca, H., & Guatteo, R. (2021). Precision livestock farming technologies: Novel direction of information flow. *Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 68(2).

- Thammahakin, P., Yawongsa, A., & Rukkwamsuk, T. (2024). Effect of Heat Stress on Subsequent Estrous Cycles Induced by PGF2 α in Cross-Bred Holstein Dairy Cows. *Animals*, 14(13), 2009.
- Thangavelu, G, Colazo, MG, Ambrose DJ, Oba M, Okine EK, & Dyck MK. 2007. Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 68 (7): 949-957.
- Trout, J. P., McDOWELL, L. R., & Hansen, P. J. (1998). Characteristics of the estrous cycle and antioxidant status of lactating Holstein cows exposed to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1244-1250.
- Troxel. T. R. 2013. Embryo Transfer in Cattle. Agriculture and Natural Resources. <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-3119.pdf>. Diakses pada tanggal 12 Oktober 2024.
- Turner, J. 2014. Reproductive Tract Anatomy and Physiology of the Cow. Department of Extension Animal Sciences and Natural Resources, New Mexico State University. Wirjaatmadja, R. 2005
- Vajta, G., & Gjerris, M. (2006). Science and technology of farm animal cloning: state of the art. *Animal reproduction science*, 92(3-4), 211-230.
- Van der Spek, D., Kemp, B., & Lokhorst, C. (2020). RFID Technology for Monitoring Livestock Behavior. *Animal Bioscience*.
- Van Marle-Köster, E., & Visser, C. (2018). Genomics for the advancement of livestock production: A South African perspective. *South African Journal of Animal Science*, 48(5), 808-817.
- Vasudevan, A., & Barbieri, C. (2018). *Nutrisi dan Reproduksi Ternak: Dampak Protein dan Energi pada Fertilitas*. Animal Nutrition, 45(3), 180-190.
- Velazquez, M. A. (2008). Assisted reproductive technologies in cattle: applications in livestock production, biomedical research and conservation biology. *Annual Review of Biomedical Sciences*, 10.
- Vikrama, C. P., & Balaji, N. S. (2010). Use of assisted reproductive technologies for livestock development. *Veterinary World*, 3(5), 238.

- Vivi, G., Noviadi, R., & Rumiyan, T. (2021). Respon Inseminator terhadap Penerapan Transfer Embrio di Kabupaten Lampung Tengah Inseminator Response for Embryo Transfer Implementation in Lampung Tengah Regency. *Jurnal Peternakan Terapan (PETERPAN)*, 3(2), 28-34. <https://jurnal.polinela.ac.id/index.php/PETERPAN/index>
- Watson, P. F. (2000). The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Animal Reproduction Science*, 60-61, 481-492.
- Willett EL, Black WG, Casida LE, Stone WH, Buckner PJ. 1951. Successful transplantation of a bovine ovum [Transplantasi ovum bovine yang berhasil]. *Science* 113: 247.
- Williams, E.J., et al. (2021). Uterine disease in cattle: mechanisms and treatment strategies. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8651-8660.
- Wilson, P., & Baldwin, S. (2019). *Faktor Lingkungan dan Manajemen Kesehatan dalam Reproduksi Ternak*. *Livestock Science*, 52(2), 275-289.
- Wirjaatmadja, R. 2003. Fisiologi Reproduksi. Diktat Kuliah. Universitas Wijaya. Kusuma Surabaya.
- Woelders, H., A. Matthij and B. (1997). Engelan cooling rate on viability and intactness of bull sperm after freezing and thawing. *Cryobiology* 35: 93-105.
- Wolfenson, D., Thatcher, W. W., Badinga, L., Savi0, J. D., Meidan, R., Lew, B. J., ... & Berman, A. (1995). Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biology of Reproduction*, 52(5), 1106-1113.
- Xu, R., Wu, Y., & Luan, J. (2016). Analysis of farmers' willingness to adopt genetically modified insect-resistant rice in China. *China Agricultural Economic Review*, 8(3), 368-382. <https://doi.org/10.1108/CAER-08-2015-0102>
- Yendraliza, Y. (2013). Pengaruh nutrisi dalam pengelolaan reproduksi ternak (studi literatur). *Kutubkhanah*, 16(1), 20-26.

Yon dan Daud, 2023. Ilmu Reproduksi Ternak. Penerbit: EUREKA MEDIA AKSARA. JAWA TENGAH.

Yusnaweti, Muhammad, R., & Nasrul, W. (2013). Model Penyebaran Teknologi Embrio Transfer Sapi Potong Lintas Wilayah Kabupaten Provinsin Sumbar. *MENARA Ilmu*, 2(35), 46–53. <http://cjfeed.co.id>

Zhang, Y., Li, H., & Wang, X. (2021). Integration of IoT in Precision Livestock Farming. *Smart Agriculture*.

RIWAYAT PENULIS



Junaedi, S.Pt., M.Si., lahir pada tanggal 13 Juni 1989 di Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan. Penulis mengawali pendidikan di TK Lembangloe Tahun 1995. Penulis melanjutkan pendidikan di SD.INP. 121 Balangloe Balang di Jeneponto tahun 1996- 2002. SMP Negeri 1 Tamalatea 2002 - 2005. SMAN 1 Tamalatea di Jeneponto tahun 2005-2008. Tahun 2008 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin pada Fakultas Peternakan, Program Studi Produksi Ternak. Tahun 2012 Penulis menyelesaikan studi Strata Satu (S1). Tahun 2013 melalui Beasiswa BPPDN penulis berkesempatan melanjutkan sekolah pascasarjana (S2) di Institut Pertanian Bogor (IPB), Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan (IPTP), Mayor Ilmu Genetika dan berhasil mendapat gelar magister (M.Si) pada tahun 2015. Pengalaman bekerja penulis yaitu tahun 2012-2013 bekerja sebagai Supervisor Farm di PT. PATRIOT COMFEED, Tbk dan Supervisor Hatchery di PT. JAPFA COOMFEED, Tbk. Tahun 2015–2016 Penulis mengajar sebagai Dosen Prodi Peternakan di Universitas Muhammadiyah Sinjai. Tahun 2016– sekarang, Penulis bergabung di Universitas sembilanbelas November Kolaka sebagai Dosen Prodi Peternakan. Rutinitas harian penulis adalah menulis artikel ilmiah, meneliti, beternak, dan bertani.



Maryam, S.Pt.,M.Si., lahir dari pasangan (alm) Bapak Landi dan Ibu Nilong yang merupakan anak kelima dari 5 bersaudara. Penulis dilahirkan di Watang Otting pada 9 Juni 1991. Penulis beralamat di Kelurahan Otting, Kecamatan Tellusiattinge, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Pada tahun 2000 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 55 Otting Kab Bone, tamat tahun 2005, SMP Negeri 2 Tellusiattinge Kab. Bone, tamat tahun 2008, SMA Negeri 1 Tellusiattinge Kab. Bone, tamat tahun 2011. Setelah selesai menempuh pendidikan menengah atas, penulis melanjutkan Pendidikan Strata (S1) S1 Jurusan Ilmu Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri UIN Alauddin Makassar, tahun (2011-2015), setelah selesai penulis pernah bekerja di dinas pertanian dan penyuluhan di kabupaten Bone, setelah itu ia melanjutkan lagi pendidikan Magister (S2) S2 Jurusan Ilmu dan Teknologi Peternakan di Universitas Hasanuddin Makassar, tahun (2019-2022). Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar, berusaha dan berdo'a untuk menyelesaikan pendidikan Magister (S2), penulis berhasil menyelesaikan program studi yang ditekuni pada tahun 2019. Penulis saat ini mengajar sebagai dosen di salah satu kampus yang ada di Kabupaten Bone yaitu Universitas Muhammadiyah Bone, mata kuliah yang di ajarkan seperti Anatomi dan Fisiologi ternak, Genetika ternak, Dasar-dasar manajemen, Pengawasan mutu hasil peternakan, Ilmu lingkungan ternak dan Sosiologi peternakan. Semoga dengan penulisan buku Anatomi dan Fisiologi Reproduksi Ternak ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan dan menambah khazanah ilmu pengetahuan serta bermanfaat dan berguna bagi sesama.

Email: marmaryam123@gmail.com.

Nurcholis. Dosen di Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Musamus Merauke sejak tahun 2013. Pada tahun yang 2015 penulis menyelesaikan studi S2 di Institut Pertanian Bogor dengan judul tesis Kualitas semen segar dan beku domba garut secara setelah pemberian pakan limbah tauge dan suplementasi omega-3. Penulis telah mempublikasikan beberapa artikel yang berhubungan dengan reproduksi sejak tahun 2018-2024. Beberapa judul penelitian di jurnal bereputasi yang relevan dengan buku ini diantaranya : (*Quality of frozen semen sexing Brahman cross bovine using Ophiocephalus striatus albumin extract; Estrus detection of PE goats using the ASM application and confirmed by vagina cytology; Protection of Myrmecodia Extract in Tris Diluent on PO Bull Sperm Quality During Freezing; Supplementation of Pandanus conoideus Oil in Cryopreservation Diluents for Maintaining the Semen Quality of Ongole Grade Bull; Reproductive Behavior's: Audiovisual detection of oestrus after synchronization using Prostaglandin F2 Alpha (PGF2 α); Correlation of sperm motility, acrosome integrity, protamine deficiency, and DNA fragmentation in proven and unproven Friesian Holstein bulls*).

Email: cholissota@gmail.com

drh. Muhammad Farid, M.Sc., merupakan Dosen Prodi Peternakan, Universitas Muhammadiyah Bone. Penulis menempuh pendidikan S1 Kedokteran Hewan Unhas, Pendidikan Profesi Dokter Hewan Unhas, dan S2 Sains Veteriner FKH UGM

Email : faridvet29@gmail.com



Hastuti, S.Pt., M.P., lahir pada tanggal 02 April 1981 di Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Penulis mengawali pendidikan di SD Binaan Negeri 1 Kolaka dan lulus tahun 1994. Penulis melanjutkan pendidikan di MTsN Kolaka 1994-1997, dan SMU Negeri 1 Kolaka tahun 1997-2000. Tahun 2000 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin pada Fakultas Peternakan, Program Studi Produksi Ternak. Tahun 2005

Penulis menyelesaikan studi Strata Satu (S1). Tahun 2008, penulis melanjutkan sekolah pascasarjana (S2) di Universitas Hasanuddin, program studi Sistem-Sistem Pertanian Konsetrasi Peternakan dan berhasil mendapat gelar magister (M.P) pada tahun 2011. Pengalaman bekerja penulis yaitu tahun 2011--sekarang, penulis bergabung di Universitas Sembilanbelas November Kolaka sebagai Dosen Prodi Peternakan.



Muh. Amin, S.Pt, M.Si., lahir di Ujung Pandang, 13 Januari 1988 merupakan anak keempat dari sembilan bersaudara. Lahir dari pasangan Subhan Syah dan Sangawati. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin pada tahun 2011 dan program Magister Ilmu Peternakan Universitas Hasanuddin pada Tahun 2015. Sejak Tahun 2020 tercatat sebagai tenaga pengajar pada Program Studi Peternakan (S1)

Fakultas Pertanian, Peternakan dan Kehutanan Universitas Muslim Maros. Penulis aktif dalam penelitian Ilmu dan teknologi Reproduksi ternak serta melaksanakan kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat dalam bidang Reproduksi Ternak.



Rasbawati, S.Pt., M.Si., lahir di Kolaka 7 Maret 1990 merupakan anak pertama dari enam bersaudara. Lahir dari pasangan H. Rustam dan Hj. Nurbaya. Penulis menempuh pendidikan S1 di Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin dan menyelesaikan studi pada tahun 2011. Penulis kemudian melanjutkan program pendidikan S2 (Magister) pada Magister Ilmu Ternak, Program studi Teknologi Hasil Ternak Universitas Diponegoro, Semarang dan menyelesaikan studi pada tahun 2013. Sejak tahun 2014 hingga saat ini tercatat sebagai tenaga pengajar pada program studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare, Penulis aktif dalam kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Penelitian yang dilakukan terfokus pada bidang Teknologi hasil ternak. Hasil dari penelitian dan pengabdian telah terpublikasi pada jurnal Nasional terakreditasi. Selain itu penulis juga aktif menulis buku dan beberapa buku telah terbit diantaranya dengan judul Manajemen Ternak Ayam Pedaging, Bahan Organik Untuk Kesuburan Tanah dan Pemupukan dan Nutrisi Non Ruminansia.



Ina Nurtanti, S. Pt., M.Pt., Dosen Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Karanganyar Penulis lahir di Ngawi, Jawa Timur 20 Maret 1993. Penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Karanganyar. Penulis menyelesaikan studi S1 dan S2 program studi Peternakan di Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menekuni bi-

dang menulis dengan karya buku praktis yang berjudul Budidaya Broiler Milenial Berbasis Closed House (2019), kemudian menulis pada beberapa buku chapter Ternak Potong (2023), Perkembangan Hewan (2023), Ilmu Tanaman dan Hijauan Pakan (2023), Manajemen Produksi Ternak (2023), Penilaian Produktivitas Ternak (2024) dan sebagai penulis di majalah Poultry Indonesia. Moto dalam hidup penulis adalah “Sukses itu bukan dilihat di mana kita bekerja, tapi hasil dari yang kita kerjakan”.



Herni, S.Pt., M.Si., lahir di Patobong, Pinrang Sulawesi Selatan, 07 Februari 1992. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjana Peternakan (S1) pada tahun 2014 di Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar, Program Magister Sains Ilmu Nutrisi dan Pakan (S2) tahun 2018 di Institut Pertanian Bogor (IPB). Sejak tahun 2020 aktif sebagai dosen tetap pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan

Peternakan Universitas Muhammadiyah Bone. Penulis sekarang memegang tugas akademik yaitu sebagai Ketua Program Studi Peternakan tahun 2021-2025 pada Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bone. Penulis juga pernah menyampaikan Oral Presenter Seminar International di Universitas Gadjah Mada tahun 2017 dan Penulis juga aktif sebagai anggota *Association of Scientist Feed and Nutritionist Indonesian (AINI)* Sulawesi Selatan



Djunarlin Tojang, S.Si., M.Si., lahir di Kolaka, 14 Juni 1969 merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Lahir dari pasangan Petrus Punda dan Debora Pare. Penulis menempuh pendidikan S1 di Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dan menyelesaikan studi pada tahun 1996. Penulis kemudian melanjutkan program pendidikan S2 (Magister) pada Magister Pengelolaan Lingkungan Hidup, Konsentrasi Manajemen Lingkungan Universitas Hasanuddin Makassar dan menyelesaikan studi pada tahun 2012. Sejak tahun 2005 hingga saat ini tercatat sebagai tenaga pengajar pada Program Studi Agroteknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis juga aktif dalam kegiatan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Out put dari Penelitian dan Pengabdian telah terpublikasi pada Jurnal Nasional dan Jurnal Internasional.



Yulia Irwina Bonewati, S.Pt., M.Si., lahir di Watampone, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan, 28 Juli 1994. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana Peternakan (S1) pada Agustus 2016 di Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar, dan Program Magister Sains Ilmu dan Teknologi Peternakan (S2) pada Januari 2020 di institusi perguruan tinggi yang sama. Penulis pernah bekerja sebagai

director secretary di PT. World Partners Ekspor pada tahun 2016-2018 di Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Sejak tahun 2021 aktif sebagai dosen tetap pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bone. Penulis pernah mendapatkan Hibah Kompetitif Nasional: Penelitian Dosen Pemula (PDP) sebagai ketua peneliti pada Tahun 2023 dan Pengabdian Masyarakat Pemula (PMP) sebagai anggota pengabdian pada Tahun 2024 dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Sejumlah publikasi artikel ilmiah dan mata kuliah yang diampu oleh penulis berfokus pada bidang sosial dan ekonomi peternakan.

Email : irwinayulia@gmail.com



Rezki Amalyadi, S.Tr.Pt., M.Sc., Lahir di Sumbawa, 16 Mei 1996. Anak Ketiga dari tiga bersaudara. Lulus Diploma IV di Program Studi Penyuluhan Peternakan dan Kesejahteraan Hewan Fakultas Peternakan Politeknik Pembangunan Pertanian Malang tahun 2019, lulus S2 di Program Studi Ilmu Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada tahun 2021. Saat ini menjadi dosen tetap Program Studi S1 Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Mataram. Mengampu

mata kuliah Manajemen Agribisnis Peternakan dan Hijauan Makanan Ternak. Pernah menjadi dosen tetap di Program Studi Peternakan Fakultas Ilmu dan Teknologi Hayati Universitas Teknologi Sumbawa tahun 2022-2023. Aktif menulis artikel di berbagai jurnal ilmiah nasional dan internasional baik terindeks sinta maupun lainnya. Pernah tampil sebagai pemakalah di Seminar nasional 2 kali di Indonesia dan 1 kali seminar internasional di Thailand. Tulisannya tentang Effect of Compost Tea and Harvest Age on Productivity, Nutrient Content, and In vitro Digestibility Cichorium Intybus telah dimuat di jurnal nasional Buletin Peternakan edisi Agustus 2022. Penulis juga pernah menerbitkan buku yang berjudul Ternak Kambing Tropis yang di diterbitkan Zahirpublishing edisi Desember 2023.



Ir. Agni Ayudha Mahanani. S.Pt., M.Pt., IPP., lahir di Pandajaya, 18 Februari 1995 merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Lahir dari pasangan Haryadi Rahmad dan Iin Yuliana. Penulis menempuh Pendidikan S1 di Fakultas Peternakan Universitas Barawijaya Malang dan menyelesaikan studi pada tahun 2017. Penulis lalu melanjutkan pendidikan Megister (S2) Ilmu Ternak dengan konsentrasi

Nutrisi dan Makanan Ternak di Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang dan menyelesaikan studi pada tahun 2020. Penulis juga mengambil Program Insinyur Teknik Peternakan di Universitas Gajah Mada. Sejak tahun 2021 hingga saat ini penulis tercatat sebagai tenaga pengajar di Universitas Sulawesi Barat. Penulis juga aktif dalam kegiatan Penelitian dan juga Pengabdian kepada masyarakat. Out put dari Penelitian dan Pengabdian telah terpublikasi dalam Jurnal Nasional dan juga Jurnal Internasional



Nurfaida, S.Pt.,M.Si., Dosen Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bone. Penulis lahir di Maros tanggal 17 Juli 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Peternakan Universitas Muhammadiyah Bone. Penulis menempuh pendidikan di SDN 1 Ladange, SMPN 1 Mallawa, SMAN 1 Mallawa. Penulis melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Peternakan di Unuversitas Alauddin

Makassar (UIN) pada thun 2008 dan pendidikan S2 jurusan Tehnologi Hasil Ternak di Universitas Hasanuddin Makassar (UNHAS) 2014. Penulis anak tunggal dari pasangan bapak Abdul Wahid, S.Ag dan ibu Nurbaya. Penulis memiliki 4 orang anak bernama Nur Afifah Az-Zahra, Abdul Ghani, Nur Aliyah Ghina dan Muh. Zayyad Uwais dari suami yang bernama Muh. Yusuf,S.T.

E-mail: nurfaidawahid8@gmail.com



Suparman, S.Pt., M.Pt., lahir pada tanggal 28 Maret. Penulis mengawali pendidikan di SD Negeri 1 Tanailandu Lembangloe Tahun 1983-1989. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Mawasangka tahun 1989 – 1992. SMA Negeri 1 Mawasangka 1992 – 1995. Tahun 1997-2003 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Haluoleo Program Studi Produksi Ternak. Tahun 2012 Penulis menyelesaikan studi Strata

Satu (S1). Tahun 2013-2016 penulis berkesempatan melanjutkan sekolah pascasarjana (S2) di Universitas Halu Oleo, Program studi Peternakan. Sekarang, Penulis bergabung di Universitas sembilanbelas November Kolaka sebagai Dosen Prodi Peternakan.

Teknologi Reproduksi pada

Ternak

Buku Teknologi Reproduksi pada Ternak membahas berbagai aspek ilmiah dan praktis dalam sistem reproduksi hewan ternak. Materi dalam buku ini mencakup dasar-dasar fisiologi reproduksi, teknologi inseminasi buatan, manipulasi siklus estrus, transfer embrio, hingga aplikasi bioteknologi modern seperti kloning dan rekayasa genetika dalam bidang peternakan. Selain itu, buku ini mengupas peran teknologi dalam meningkatkan efisiensi reproduksi, meningkatkan produksi ternak, serta menjaga keberlanjutan industri peternakan. Pembaca akan mendapatkan wawasan mengenai strategi pemuliaan ternak yang berbasis teknologi, teknik manajemen reproduksi yang optimal, serta tantangan dan prospek pengembangan teknologi reproduksi di masa depan. Buku ini cocok bagi mahasiswa, peneliti, praktisi peternakan, dan siapa saja yang tertarik dengan bidang reproduksi ternak dan penerapan teknologi dalam meningkatkan produktivitas ternak.



Penerbit

PT BUMI AKSARA

Email: bumiaksara@gmail.com bumiaksara@yahoo.com

Head Office: Gedung Bumi Aksara, Jl. Setiabudi No. 52, Jakarta 10110

Branch Office: Gedung Bumi Aksara, Jl. Setiabudi No. 52, Jakarta 10110

Telp: (021) 594 6000 Fax: (021) 594 6000

Harga P. Jumbo Rp. 20.000,-

ISBN 978-623-502-640-8 (PDF)

