



BIOTEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK

Penulis :

Ayu Rahayu

La Ode Muhammad Aswad Salam

Rasyidah Mappanganro

Mawakia Anwar

Silmy Aulia Rufiatin Nisa

ISBN 978-634-255-260-5



9

786342

552605

BIOTEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK

**Ayu Rahayu
La Ode Muhammad Aswad Salam
Rasyidah Mappanganro
Mawakia Anwar
Silmy Aulia Rufiatin Nisa**



GETPRESS INDONESIA

BIOTEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK

Penulis :

Ayu Rahayu
La Ode Muhammad Aswad Salam
Rasyidah Mappanganro
Mawakia Anwar
Silmy Aulia Rufiatin Nisa

ISBN : 978-634-255-260-5

Editor : Mila Sari, M. Si.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S. Pd.

PENERBIT : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022
Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Desember 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul *Bioteknologi Reproduksi Ternak* ini dapat diselesaikan. Buku ini hadir untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai bioteknologi reproduksi ternak, mulai dari konsep dasar hingga aplikasi teknologi modern yang relevan dengan kondisi Indonesia. Isi buku ini mencakup pembahasan tentang pengantar bioteknologi reproduksi ternak, inseminasi buatan: tujuan, manfaat dan sejarah, penilaian, pengenceran, dan penyimpanan semen cair, teknik inseminasi buatan dan evaluasi hasil, dan transfer embrio dalam reproduksi ternak. Akhir kata, semoga buku ini dapat menjadi referensi dan dapat memberikan manfaat serta inspirasi bagi semua pembaca.

Padang, Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENGANTAR BIOTEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Definisi dan Konsep Dasar.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Bioteknologi Reproduksi	7
1.4 Ruang Lingkup Bioteknologi Reproduksi Ternak.....	8
1.5 Sejarah dan Perkembangan Bioteknologi Reproduksi Ternak	13
1.6 Signifikansi Kajian.....	16
DAFTAR PUSTAKA	19
BAB 2 INSEMINASI BUATAN: TUJUAN, MANFAAT DAN SEJARAH.....	21
2.1 Pendahuluan	21
2.2 Tujuan inseminasi Buatan.....	22
2.2.1 Peningkatan Mutu Genetik Ternak.....	22
2.2.2 Efisiensi Reproduksi dalam Skala Luas	23
2.2.3 Pengurangan Risiko Penyakit Reproduksi.....	23
2.2.4 Dukungan Program Pemuliaan dan Konservasi	23
2.2.5 Penyediaan Bibit Unggul Secara Merata	24
2.3 Manfaat Inseminasi Buatan.....	24
2.3.1 Manfaat Genetik	24
2.3.2 Manfaat Ekonomi.....	25
2.3.3 Manfaat Kesehatan.....	26
2.3.3 Manfaat Sosial dan Lingkungan	26

2.4 Sejarah Perkembangan Inseminasi Buatan.....	27
2.4.1 Era Awal dan Penemuan Pertama	27
2.4.2 Abad ke-19: Perkembangan Teknik.....	28
2.4.3 Abad ke-20: Revolusi dan Komersialisasi	29
2.4.4 Era Modern dan Teknologi Terkini	30
2.4.5 Perkembangan Inseminasi Buatan di Indonesia	32
DAFTAR PUSTAKA	34
BAB 3 PENILAIAN, PENGECERAN, DAN PENYIMPANAN SEMEN CAIR.....	38
3.1 Pendahuluan	38
3.2 Penilaian Kualitas Semen.....	39
3.2.1 Evaluasi Makroskopik.....	43
3.2.2 Evaluasi Mikroskopik.....	45
3.2 Pengenceran Semen.....	55
3.3 Penyimpanan Semen Cair.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
BAB 4 TEKNIK INSEMINASI BUATAN DAN EVALUASI HASIL	67
4.1 Inseminasi Buatan	67
4.2 Persiapan Teknis Inseminasi Buatan.....	68
4.2.1 Persiapan Semen.....	69
4.2.2 Persiapan Peralatan.....	70
4.2.3 Persiapan Ternak Betina	72
4.3 Pelaksanaan Inseminasi Buatan	74
4.3.1 Pelaksanaan <i>Thawing</i>	75
4.3.2 Persiapan Gun Inseminasi Buatan.....	76
4.3.1 Palpasi Rektal.....	77
4.3.1 Deposisi Semen.....	77
4.3.1 <i>Recording</i>	78

4.4 Teknik Inseminasi Buatan Berbagai Ternak.....	79
4.4.1 Sapi – Teknik Recto Vaginal	80
4.4.2 Kerbau – Modifikasi Teknik dan Tantangan.....	80
4.4.3 Kambing/Domba – Teknik untuk Ternak Kecil	81
4.4.4 Babi – Cervical AI dan Deep Cervical AI	82
4.4.5 Unggas (Ayam/Itik) – Teknik yang Berbeda.....	83
4.5 Teknik Sexing Pada Inseminasi Buatan	84
4.6 Evaluasi Hasil Inseminasi Buatan.....	85
4.5.1 Palpasi Rektal.....	86
4.5.2 Ultrasonografi	87
4.5.3 Pleret Puting	88
4.7 Evaluasi Jenis Kelamin Pada Fetus.....	88
4.7 Faktor Yang Mempengaruhi Keberhasilan IB	91
4.7.1 Faktor Teknis.....	91
4.7.2 Faktor Semen.....	92
4.7.3 Faktor Ternak.....	92
4.7.4 Faktor Lingkungan	93
DAFTAR PUSTAKA	94
BAB 5 TRANSFER EMBRIO DALAM REPRODUKSI TERNAK.....	96
5.1 Transfer Embrio	96
5.2 Prosedur Transfer Embrio	100
5.2.1 Seleksi Hewan Donor	101
5.2.2 Superovulasi Hewan Donor.....	102
5.2.3 Inseminasi dan Pembilasan Embrio.....	104
5.2.4 Evaluasi dan Klasifikasi Embrio	105
5.2.5 Seleksi dan Persiapan Hewan Resipien.....	106
5.2.6 Transfer Embrio	107
5.3 Teknologi Transfer Embrio di Masa Mendatang.....	108

DAFTAR PUSTAKA111

INDEKS113

GLOSARIUM116

BIODATA PENULIS122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Ilustrasi Perbandingan Metode	9
Gambar 1. 2 Timeline Perkembangan Bioteknologi Reproduksi Ternak.....	16
Gambar 3. 1 Photometer SDM6 untuk Menganalisis Konsentrasi Sel Sperma dan Menghitung Jumlah Volume Pengencer Secara Otomatis.....	45
Gambar 3. 2 Hemasitometer Neubauer Chamber.....	46
Gambar 3. 3 Kiri: Perbesaran lebih Tinggi (100x) pada Area Persegi Penghitungan Pusat Utama (1 mm ²) pada Grid Hemasitometer yang Menunjukkan 25 Kotak.....	47
Gambar 3. 4 Spervision CASA System	50
Gambar 3. 5 Semen Sapi yang Diberi Pewarna Eosin-Negrosin. Sel yang Putih Menandakan Sperma yang Hidup dan yang Menyerap Warna Mendakan Sperma yang Mati (1 Sel) (Gambar Kiri); Membran Plasma Utuh Ditandai Dengan Ujung Ekor yang Melengkung (a) dan Utuh Lurus (b) (Gambar Kanan).	51
Gambar 3. 6 Gambar kiri:Tudung Akrosom Utuh Ditandai dengan Warna Lebih Gelap pada 1/2 – ¾ Akrosom (Chowdhury <i>et al.</i> , 2014). Gambar kanan: Spermatozoa yang Mengalami Kerusakan pada DNA akan Terwarnai Biru Tua, Sementara yang Memiliki DNA Utuh Akan Terwarnai Biru Terang (Pembesaran 400x) (Priyanto <i>et al.</i> , 2015).....	54
Gambar 4. 1 <i>Gun</i> inseminasi.....	70
Gambar 4. 2 <i>Plastic Sheat</i>	71
Gambar 4. 3 <i>Hand glove</i>	71
Gambar 4. 4 <i>Gun</i> Kandang.....	72
Gambar 4. 5 <i>Gun</i> Kandang.....	74
Gambar 4. 6Pemasangan <i>Plastic Sheat</i>	76
Gambar 4. 7 Teknik Recto Vaginal.....	80
Gambar 4. 8 Laparoscopic.....	81
Gambar 4. 9 <i>Gun</i> Inseminasi Babi.....	82
Gambar 4. 10 Inseminasi Buatan pada Ayam	84

Gambar 4. 11 Pendeteksian Kebuntingan dengan Palpasi	
Rektal.....	86
Gambar 4. 12 a) Tidak Bunting b) Bunting >15 Hari	
Setelah IB.....	87
Gambar 4. 13 Pendulum Cincin Emas Penentu Jenis Kelamin	
Fetus	89
Gambar 4. 14 Alat Pendeteksi Jenis Kelamin Fetus.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perbandingan Adopsi Teknologi Reproduksi Ternak di Beberapa Negara	6
Tabel 1. 2 Contoh Penerapan Bioteknologi Reproduksi Ternak di Indonesia.....	12
Tabel 3. 1 Rataan Volume Semen Segar Antar Bangsa Sapi.....	43
Tabel 3. 2 Konsentrasi Spermatozoa Semen Segar pada Bangsa Sapi yang Berbeda.....	45

BAB 1

PENGANTAR BIOTEKNOLOGI REPRODUKSI TERNAK

Oleh Ayu Rahayu

1.1 Pendahuluan

Sektor peternakan merupakan salah satu bagian penting dari pembangunan nasional yang berperan besar dalam menyediakan kebutuhan pangan asal hewan, seperti daging, susu, dan telur. Pangan tersebut tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi, tetapi juga penyedia protein hewani yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan, kesehatan, serta peningkatan kualitas gizi masyarakat. Selain itu, peternakan juga memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian melalui penyediaan lapangan kerja, pemanfaatan sumber daya lokal, bahan baku industri, serta potensi besar dalam pasar ekspor. Namun demikian, perkembangan industri peternakan modern dihadapkan pada berbagai tantangan, di antaranya keterbatasan bibit unggul, rendahnya efisiensi reproduksi, munculnya penyakit menular, serta persaingan global yang semakin ketat.

Dalam menghadapi tantangan tersebut, dibutuhkan terobosan inovatif yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan usaha peternakan. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah penerapan bioteknologi reproduksi. Bidang ini memanfaatkan prinsip-prinsip fisiologi reproduksi, genetika, serta biologi molekuler

untuk mengoptimalkan proses reproduksi pada ternak. Bioteknologi reproduksi tidak hanya berfungsi untuk memperbaiki mutu genetik dan mempercepat penyebaran bibit unggul, tetapi juga memiliki peran penting dalam konservasi plasma nutfah, terutama ternak-ternak lokal yang merupakan aset genetik bangsa.

Perkembangan bioteknologi reproduksi telah melalui perjalanan panjang. Sejak ditemukannya teknik inseminasi buatan pada abad ke-18, teknologi ini berkembang pesat dan mulai diterapkan secara luas pada ternak besar, termasuk sapi dan kuda. Di Indonesia, inseminasi buatan mulai diperkenalkan pada tahun 1970-an, terutama pada sapi potong dan sapi perah, dan terbukti mampu meningkatkan produktivitas serta mempercepat penyebaran bibit unggul. Seiring berjalannya waktu, teknologi reproduksi mengalami kemajuan lebih lanjut, antara lain dengan ditemukannya teknik transfer embrio, fertilisasi in vitro, kriopreservasi semen dan embrio, hingga manipulasi genetik melalui teknik kloning dan pengeditan gen berbasis CRISPR/Cas9.

Kemajuan tersebut memiliki arti penting bagi perkembangan peternakan di Indonesia. Penerapan bioteknologi reproduksi tidak hanya mendukung peningkatan produktivitas ternak, tetapi juga mampu menjawab kebutuhan strategis, seperti penyediaan bibit berkualitas, pengendalian penyakit melalui deteksi dini berbasis molekuler, serta pelestarian plasma nutfah lokal seperti sapi Bali, kerbau rawa, ayam lokal, maupun itik Magelang. Dengan demikian, bioteknologi reproduksi tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, tetapi juga membuka peluang besar bagi pemenuhan pasar ekspor.

Penulisan buku ini dimaksudkan untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai bioteknologi reproduksi ternak, mulai dari konsep dasar hingga aplikasi teknologi modern yang relevan dengan kondisi Indonesia. Buku ini juga diharapkan

dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, praktisi, maupun pembuat kebijakan yang berkecimpung di bidang peternakan. Melalui kajian ini, pembaca akan memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai peran bioteknologi dalam mendukung peternakan berkelanjutan, sekaligus memahami tantangan dan prospek pengembangannya di masa depan.

1.2 Definisi dan Konsep Dasar

Bioteknologi reproduksi ternak adalah cabang ilmu yang menggabungkan prinsip biologi reproduksi, fisiologi, dan teknologi modern untuk mengatur, mengendalikan, dan meningkatkan proses reproduksi pada hewan ternak. Bioteknologi reproduksi ternak merupakan cabang ilmu yang memanfaatkan prinsip-prinsip biologi, genetika, dan teknologi untuk mengelola, memanipulasi, serta mengoptimalkan proses reproduksi pada hewan ternak. Perkembangan teknologi tersebut telah memberikan kontribusi besar dalam mendorong efisiensi dan produktivitas usaha peternakan. Di era modern, bioteknologi tidak hanya digunakan untuk mempercepat perkembangbiakan, tetapi juga sebagai strategi untuk memperbaiki kualitas genetik, menjaga keberlanjutan sumber daya genetik, dan mengatasi berbagai tantangan reproduksi yang sering dihadapi peternak. Bioteknologi reproduksi pada ternak adalah pemanfaatan teknologi modern yang ditujukan untuk meningkatkan efisiensi reproduksi, produktivitas, serta kualitas genetik hewan ternak. Ruang lingkup teknologi ini meliputi inseminasi buatan (IB), transfer embrio (TE), fertilisasi in vitro (FIV), kriopreservasi, kloning, hingga penggunaan teknik molekuler seperti marker assisted selection (MAS) dan rekayasa genetik. Melalui pendekatan tersebut, proses perbanyakan ternak unggul dapat dilakukan lebih cepat, efisien, dan terarah, sekaligus mendukung

program konservasi plasma nutfah lokal (Hafez & Hafez, 2000); Gordon, 2005).

Di Indonesia, penerapan bioteknologi reproduksi sudah berlangsung cukup lama, terutama dalam bentuk inseminasi buatan. Program IB dengan semen beku dari pejantan unggul banyak diaplikasikan pada sapi Peranakan Ongole (PO), sapi Bali, dan kerbau, yang dikelola oleh Balai Inseminasi Buatan (BIB) Singosari dan Lembang. Teknologi ini terbukti mampu meningkatkan mutu genetik dan populasi ternak secara signifikan (Toelihere, 1993; Suyadi, 2018). Selain itu, transfer embrio (TE) juga telah diterapkan di Balai Embrio Ternak (BET) Cipelang, Bogor, untuk memperbanyak keturunan sapi perah dan sapi potong unggul (Betteridge, 2003).

Sementara itu, penelitian fertilisasi in vitro (FIV) mulai dikembangkan pada sapi Bali dan sapi lokal di berbagai perguruan tinggi serta lembaga penelitian untuk mengatasi masalah infertilitas dan meningkatkan produksi embrio (Paramio & Izquierdo, 2016). Kriopreservasi juga menjadi salah satu teknologi penting yang sudah mapan digunakan, baik untuk penyimpanan semen beku sapi, kerbau, maupun unggas lokal seperti ayam KUB dan itik Magelang, yang berguna dalam program konservasi plasma nutfah (Vishwanath, 2003; Suyadi, 2018)

Adapun teknologi kloning dan editing genetik (CRISPR-Cas9) masih dalam tahap penelitian dasar di Indonesia, terutama di universitas dan lembaga riset genetika hewan ((Niemann & Lucas-Hahn, 2012)). Meski demikian, marker assisted selection (MAS) sudah mulai dimanfaatkan pada ayam lokal (KUB, Sentul, Cemani) maupun itik (Magelang, Alabio) dalam program pemuliaan berbasis penanda genetik (Campbell & Campbell, 2016). Oleh karena itu, penerapan bioteknologi reproduksi di Indonesia telah terbukti berkontribusi dalam meningkatkan produksi serta memperbaiki kualitas genetik ternak, dan masih memiliki

peluang besar untuk terus dikembangkan sesuai tuntutan industri peternakan modern.

Kemajuan dalam bioteknologi reproduksi telah membuka peluang besar bagi peningkatan produksi daging, susu, dan telur, sekaligus mengurangi ketergantungan pada metode reproduksi alami yang seringkali memiliki keterbatasan. Sebagai contoh, inseminasi buatan (IB) memungkinkan seekor pejantan unggul menyumbangkan materi genetiknya kepada ribuan betina dalam waktu singkat. Selain itu, teknologi transfer embrio (TE) dan fertilisasi in vitro (FIV) memberikan peluang manipulasi reproduksi yang lebih terkendali, sehingga keturunan yang dihasilkan dapat diarahkan memiliki sifat sesuai dengan tujuan pemuliaan.

Di Indonesia, penerapan bioteknologi reproduksi sudah dimulai sejak tahun 1970-an dengan program inseminasi buatan sapi potong dan sapi perah. Pemerintah melalui berbagai program seperti BIB (Balai Inseminasi Buatan) telah memfasilitasi penyediaan semen beku pejantan unggul ke berbagai daerah. Penerapan teknologi ini secara nyata telah membantu peningkatan populasi ternak dan produktivitas peternakan rakyat. Namun demikian, masih terdapat tantangan berupa keterbatasan pengetahuan teknis di kalangan peternak, infrastruktur laboratorium yang belum merata, serta biaya operasional yang relatif tinggi untuk teknologi lanjutan seperti TE atau FIV.

Urgensi pengembangan bioteknologi reproduksi juga semakin tinggi seiring dengan meningkatnya permintaan produk hewani yang berkualitas, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal, baik untuk pemenuhan kebutuhan nasional maupun sebagai produk unggulan yang berpotensi menembus pasar ekspor. Selain itu, perubahan iklim dan degradasi lahan telah memicu kebutuhan akan strategi pemeliharaan ternak yang lebih efisien, termasuk dalam hal reproduksi. Dengan bioteknologi, proses seleksi

genetik dapat dilakukan lebih cepat dan tepat, sehingga populasi ternak yang dihasilkan mampu beradaptasi dengan lingkungan, tahan terhadap penyakit, dan memiliki produktivitas optimal.

Secara global, negara-negara maju telah memanfaatkan teknologi ini tidak hanya untuk meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga sebagai bagian dari strategi konservasi plasma nutfah hewan langka atau hampir punah. Teknologi kriopreservasi semen, embrio, bahkan jaringan ovarium dan testis telah digunakan untuk menyimpan materi genetik dalam jangka waktu yang sangat lama. Langkah ini penting untuk menjaga keragaman genetik di tengah ancaman hilangnya spesies akibat perubahan lingkungan atau faktor antropogenik lainnya. Dengan demikian, bioteknologi reproduksi ternak memegang peran strategis sebagai jembatan antara ilmu pengetahuan modern dan praktik peternakan di lapangan.

Tabel 1. 1 Perbandingan Adopsi Teknologi Reproduksi Ternak di Beberapa Negara

Negara	Teknologi Dominan	Tingkat Adopsi	Keterangan Utama
Indonesia	Inseminasi Buatan (IB)	±70% sapi potong	TE & FIV masih terbatas pada program pemerintah
Brasil	Transfer Embrio (TE) & FIV	400.000 embrio/tahun	Pusat produksi embrio sapi terbesar di dunia
Jepang	Kloning & TE	Tinggi	Sukses mempertahankan mutu genetik sapi Wagyu

Negara	Teknologi Dominan	Tingkat Adopsi	Keterangan Utama
Cina	Editing Genetik & FIV	Tinggi	Terapkan CRISPR untuk sapi perah tahan mastitis
Amerika	IB & TE	Tinggi	Industri sapi perah dan daging terbesar di dunia

1.3 Tujuan dan Manfaat Bioteknologi Reproduksi

- Tujuan utama pengembangan bioteknologi reproduksi ternak antara lain:
 1. Meningkatkan efisiensi reproduksi melalui teknologi inseminasi buatan, sinkronisasi estrus, dan fertilisasi in vitro.
 2. Meningkatkan mutu genetik ternak dengan mempercepat penyebaran bibit unggul melalui IB dan TE.
 3. Mengatasi masalah reproduksi seperti infertilitas, rendahnya angka konsepsi, atau kualitas semen yang buruk.
 4. Mendukung konservasi plasma nutfah melalui kriopreservasi semen, embrio, dan oosit.
 5. Mendukung produksi massal ternak unggul untuk memenuhi kebutuhan pangan hewani.
- Beberapa manfaat nyata yang dapat diperoleh antara lain:
 1. Aspek ekonomi: mempercepat peningkatan produktivitas, mengurangi biaya pemeliharaan pejantan/ betina unggul.

2. Aspek genetik: memperbaiki mutu genetik ternak lokal maupun introduksi.
3. Aspek konservasi: menjaga keberlanjutan plasma nutfah lokal (misalnya sapi PO, sapi Bali, itik Magelang, ayam KUB).
4. Aspek sosial: meningkatkan kesejahteraan peternak melalui peningkatan hasil produksi.

1.4 Ruang Lingkup Bioteknologi Reproduksi Ternak

Ruang lingkup bioteknologi reproduksi ternak mencakup serangkaian teknik, metode, dan pendekatan ilmiah yang bertujuan untuk mengatur, memperbaiki, atau mempercepat proses reproduksi hewan. Cakupan ini tidak hanya terbatas pada manipulasi mekanis seperti inseminasi buatan, tetapi juga meliputi intervensi molekuler, fisiologis, dan genetik yang dilakukan pada berbagai tahap siklus reproduksi. Dengan demikian, bioteknologi reproduksi tidak hanya berfokus pada “memperbanyak jumlah ternak” tetapi juga pada peningkatan kualitas genetik, pengendalian penyakit reproduksi, dan konservasi sumber daya genetik. Secara umum, ruang lingkup bioteknologi reproduksi dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: (1) teknologi reproduksi konvensional yang dimodifikasi, (2) teknologi reproduksi modern berbasis laboratorium, dan (3) teknologi reproduksi berbasis molekuler dan genetik.

Selain ketiga kategori utama tersebut, ruang lingkup bioteknologi reproduksi juga meliputi manajemen reproduksi yang didukung teknologi, seperti sinkronisasi estrus, pengaturan siklus reproduksi melalui hormon, dan monitoring kesehatan reproduksi menggunakan alat deteksi

digital. Perkembangan teknologi informasi dan sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) juga mulai diintegrasikan dalam sistem reproduksi modern, misalnya untuk memantau aktivitas estrus secara real-time.



Gambar 1. 1 Ilustrasi Perbandingan Metode

Di Indonesia, penerapan ruang lingkup teknologi ini masih bervariasi antar wilayah. Daerah dengan akses fasilitas laboratorium yang baik, seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur, cenderung sudah mengadopsi teknologi tingkat lanjut seperti TE dan FIV. Sementara itu, di daerah dengan infrastruktur terbatas, penerapan teknologi konvensional seperti IB masih menjadi tulang punggung peningkatan produktivitas reproduksi ternak.

Pemahaman yang utuh tentang ruang lingkup bioteknologi reproduksi menjadi penting bagi peternak, peneliti, dan pembuat kebijakan agar dapat memilih teknologi yang tepat sesuai dengan tujuan, kondisi, dan sumber daya yang tersedia. Hal ini juga menjadi dasar bagi pengembangan

strategi nasional dalam pemanfaatan teknologi reproduksi untuk mendukung ketahanan pangan dan pengelolaan sumber daya genetik secara berkelanjutan. Contoh Teknologi Bioteknologi Reproduksi Ternak dan Aplikasinya:

1. Inseminasi Buatan (IB)

Pengertian: Teknik memasukkan semen (cair/beku) ke dalam saluran reproduksi betina dengan bantuan manusia (Ax *et al.*, 2000).

Aplikasi:

- a. Digunakan luas pada sapi, kerbau, kambing, domba, unggas, bahkan ikan.
- b. Mempercepat penyebaran bibit unggul pejantan berkualitas.
- c. Menekan biaya pemeliharaan pejantan dalam jumlah besar.

2. Transfer Embrio (TE)

Pengertian: Pemindahan embrio dari betina donor (unggul) ke betina resipien (induk pengganti).

Aplikasi:

- a. Meningkatkan jumlah keturunan dari betina unggul.
- b. Diterapkan pada sapi, kuda, kambing, dan domba.
- c. Mendukung program pemuliaan ternak dengan cepat.

3. Fertilisasi In Vitro (FIV) / *In Vitro Fertilization* (IVF)

Pengertian: Pembuahan sel telur dan sperma dilakukan di luar tubuh betina (dalam laboratorium).

Aplikasi:

- a. Menghasilkan embrio dalam jumlah besar.
- b. Digunakan pada sapi perah, sapi potong, dan kambing.
- c. Cocok untuk mengatasi masalah infertilitas.

4. Kriopreservasi (Pembekuan Sel Reproduksi)

Pengertian: Teknologi penyimpanan jangka panjang sel sperma, oosit, atau embrio pada suhu sangat rendah (-196°C dalam nitrogen cair).

Aplikasi:

- a. Digunakan dalam inseminasi buatan dengan semen beku.
- b. Menjadi metode konservasi plasma nutfah ternak lokal.
- c. Menjamin ketersediaan sumber daya genetik di masa depan.

5. Kloning (*Somatic Cell Nuclear Transfer*, SCNT)

Pengertian: Membuat individu baru yang identik secara genetik dengan donor melalui pemindahan inti sel somatik ke dalam sel telur yang telah dibuang intinya.

Aplikasi:

- a. Digunakan untuk menghasilkan ternak unggul dengan sifat tertentu.
- b. Masih terbatas pada penelitian dan produksi ternak bernilai tinggi.

6. *Marker Assisted Selection* (MAS) dan Editing Genetik (CRISPR-Cas9)

Pengertian: Seleksi dan perbaikan sifat reproduksi berdasarkan penanda genetik atau pengeditan gen.

Aplikasi:

- a. Digunakan untuk meningkatkan sifat fertilitas, produktivitas susu, daging, atau resistensi penyakit.
- b. Potensial dikembangkan pada ternak lokal untuk memperbaiki kualitas genetik.

Tabel 1. 2 Contoh Penerapan Bioteknologi Reproduksi Ternak di Indonesia

Teknologi	Contoh Penerapan di Indonesia
Inseminasi Buatan (IB)	Digunakan luas pada sapi Peranakan Ongole (PO), sapi Bali, dan kerbau untuk meningkatkan mutu genetik. Program BIB (Balai Inseminasi Buatan) Singosari dan Lembang memproduksi semen beku dari pejantan unggul untuk distribusi nasional.
Transfer Embrio (TE)	Diterapkan pada sapi perah Frisian Holstein (FH) dan sapi potong untuk memperbanyak keturunan betina unggul. Balai Embrio Ternak (BET) Cipelang, Bogor, telah melakukan transfer embrio sejak 1990-an.
Fertilisasi In Vitro (FIV/IVF)	Penelitian IVF pada sapi Bali dan sapi lokal dilakukan oleh IPB dan beberapa balai penelitian untuk mengatasi infertilitas dan menghasilkan embrio dalam jumlah banyak.
Kriopreservasi	Semen beku ayam KUB, sapi PO, dan kerbau diproduksi di balai inseminasi untuk program perbibitan. Juga digunakan dalam konservasi plasma nutfah itik lokal (Alabio, Magelang,

Teknologi	Contoh Penerapan di Indonesia
	Tegal) melalui penyimpanan semen di nitrogen cair.
Kloning (SCNT)	Masih dalam tahap penelitian di beberapa perguruan tinggi (misalnya IPB). Aplikasinya terbatas pada hewan model dan penelitian biomedis.
<i>Marker Assisted Selection (MAS) & Editing Genetik</i>	MAS sudah mulai diterapkan dalam seleksi ayam lokal (KUB, Sentul, Cemani) serta itik Magelang dan Alabio untuk sifat produksi telur. Teknologi CRISPR masih tahap riset di laboratorium penelitian genetika hewan di Indonesia.

1.5 Sejarah dan Perkembangan Bioteknologi Reproduksi Ternak

Sejarah bioteknologi reproduksi ternak dimulai dari upaya manusia untuk mengendalikan dan mengoptimalkan proses perkembangbiakan hewan domestik sejak ribuan tahun lalu. Meskipun teknologi modern baru berkembang pesat pada abad ke-20, prinsip dasar pengendalian reproduksi telah dikenal sejak peradaban kuno. Catatan sejarah menunjukkan bahwa bangsa Babilonia dan Mesir kuno telah melakukan seleksi sederhana terhadap hewan ternak untuk mendapatkan keturunan dengan sifat unggul.

Periode awal bioteknologi reproduksi modern dimulai pada akhir abad ke-18 dan awal abad ke-19 ketika ilmuwan seperti Lazzaro Spallanzani berhasil melakukan inseminasi buatan (IB) pertama pada anjing tahun 1784. Spallanzani membuktikan bahwa pembuahan dapat terjadi tanpa

perkawinan alami, sebuah temuan yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi reproduksi buatan. Memasuki abad ke-20, perkembangan teknologi semakin pesat. Pada tahun 1930-an, Uni Soviet di bawah pimpinan ilmuwan Ilya Ivanov berhasil mengembangkan metode IB secara massal pada sapi, kuda, dan domba. Inovasi ini memicu gelombang penerapan IB di berbagai negara, termasuk Indonesia, yang mulai memperkenalkan teknologi ini pada akhir 1970-an melalui Balai Inseminasi Buatan (BIB).

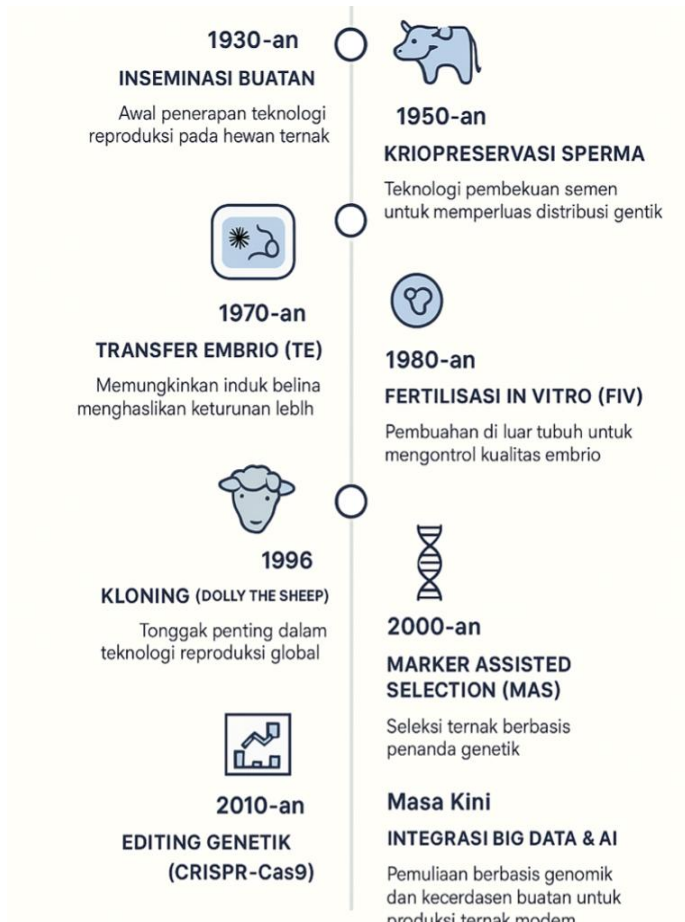
Tonggak penting lainnya terjadi pada dekade 1950-an ketika metode kriopreservasi semen mulai diperkenalkan. Penemuan bahwa semen dapat dibekukan dalam nitrogen cair (-196°C) tanpa kehilangan viabilitas memberikan terobosan besar dalam distribusi genetik. Peternak kini dapat menggunakan materi genetik pejantan unggul dari jarak ribuan kilometer tanpa harus memindahkan hewan fisiknya.

Memasuki dekade 1970-an dan 1980-an, bioteknologi reproduksi memasuki babak baru dengan pengembangan transfer embrio (TE) pada sapi dan domba. Teknik ini memungkinkan embrio hasil pembuahan alami atau *in vitro* dipindahkan ke induk resipien, sehingga seekor betina unggul dapat menghasilkan lebih banyak keturunan dalam waktu singkat. Pada periode yang sama, mulai berkembang teknik fertilisasi *in vitro* (FIV) yang memberikan kontrol penuh terhadap proses pembuahan dan pembelahan embrio di laboratorium.

Tahun 1990-an menjadi era revolusi molekuler dalam bioteknologi reproduksi. Kemajuan di bidang biologi molekuler, seperti *polymerase chain reaction* (PCR), deteksi DNA, dan analisis genetik, memungkinkan pemilihan pejantan dan betina berdasarkan informasi genetik yang spesifik. Teknologi ini melahirkan metode seperti sexing semen untuk menentukan jenis kelamin keturunan dan *marker-assisted selection* (MAS) untuk mempercepat pemuliaan sifat unggul.

Memasuki abad ke-21, perkembangan teknologi semakin mengarah pada integrasi bioteknologi reproduksi dengan rekayasa genetik dan teknologi digital. Contohnya adalah penggunaan *somatic cell nuclear transfer* (SCNT) atau teknik kloning yang sempat populer setelah kelahiran domba Dolly pada tahun 1996. Meskipun masih terbatas karena pertimbangan etis dan biaya tinggi, teknik ini membuka peluang baru dalam konservasi spesies langka.

Di Indonesia, sejarah perkembangan bioteknologi reproduksi mengikuti tren global dengan penyesuaian pada kondisi lokal. Program seperti Upsus Siwab (Upaya Khusus Sapi Indukan Wajib Bunting) memanfaatkan inseminasi buatan dan sinkronisasi estrus secara masif untuk meningkatkan populasi sapi potong. Sementara itu, lembaga penelitian dan universitas mulai mengembangkan teknik lanjutan seperti FIV, TE, dan kriopreservasi embrio, meskipun penerapannya di lapangan masih terbatas pada skala penelitian atau industri besar. Sejarah ini menunjukkan bahwa bioteknologi reproduksi ternak merupakan bidang yang berkembang dinamis, berawal dari eksperimen sederhana hingga menjadi teknologi canggih yang memadukan biologi, genetika, dan teknologi informasi. Perjalanan panjang ini menjadi fondasi bagi inovasi masa depan yang lebih presisi, efisien, dan berkelanjutan.



Gambar 1. 2 Timeline Perkembangan Bioteknologi Reproduksi Ternak

1.6 Signifikansi Kajian

Kajian mengenai bioteknologi reproduksi ternak memiliki arti penting dalam berbagai aspek, baik di tingkat akademik, praktis, maupun strategis, karena mampu menjawab tantangan di bidang peternakan modern. Beberapa signifikansi utamanya adalah:

1. Pemenuhan Kebutuhan Pangan Hewani

Pertumbuhan penduduk yang pesat menuntut peningkatan produksi protein hewani seperti daging, susu, dan telur. Bioteknologi reproduksi, seperti inseminasi buatan (IB) dan transfer embrio (TE), memungkinkan peningkatan populasi dan mutu genetik ternak dalam waktu relatif singkat, sehingga mampu mendukung program ketahanan pangan nasional.

2. Perbaikan Mutu Genetik

Melalui teknologi seperti IB, TE, dan *marker assisted selection* (MAS), ternak dengan sifat unggul (pertumbuhan cepat, produksi susu tinggi, atau tingkat fertilitas baik) dapat dikembangkan dan disebarluaskan lebih luas. Hal ini penting dalam program pemuliaan ternak, baik untuk sapi potong, sapi perah, unggas, maupun itik lokal.

3. Konservasi Plasma Nutfah Lokal

Indonesia memiliki kekayaan plasma nutfah ternak lokal, seperti sapi Bali, sapi PO, ayam KUB, itik Magelang, dan itik Alabio. Teknologi kriopreservasi semen, embrio, dan oosit berperan penting dalam melestarikan sumber daya genetik ini agar tidak punah, sekaligus menjaga keberlanjutan pemanfaatannya di masa depan.

4. Peningkatan Efisiensi Produksi

Bioteknologi reproduksi mampu menekan biaya pemeliharaan pejantan dalam jumlah besar, mempercepat deteksi estrus, serta mengatasi permasalahan infertilitas. Dengan demikian, efisiensi reproduksi ternak meningkat dan usaha peternakan menjadi lebih menguntungkan.

5. Dukungan terhadap Penelitian dan Pendidikan

Kajian bioteknologi reproduksi tidak hanya bermanfaat secara praktis, tetapi juga mendukung perkembangan ilmu pengetahuan. Penelitian tentang fertilisasi *in vitro* (FIV), kultur embrio, atau editing genetik memberikan kontribusi terhadap inovasi ilmiah, serta menjadi materi penting dalam pendidikan tinggi di bidang peternakan dan bioteknologi.

6. Implikasi Sosial-Ekonomi

Penerapan bioteknologi reproduksi ternak dapat meningkatkan pendapatan peternak melalui peningkatan hasil produksi dan mutu ternak. Secara lebih luas, hal ini dapat mendorong pengembangan agribisnis dan industri peternakan yang berdaya saing tinggi, serta berkontribusi pada pembangunan ekonomi nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ax, R. L., Dally, M., Didion, B. A., Lenz, R. W., Love, C. C., Varner, D. D., Hafez, B., & Bellin, M. E. 2000. Artificial Insemination. In E. S. E. Hafez & B. Hafez (Eds.), *Reproduction in Farm Animals* (pp. 376–389). Lippincott Williams & Wilkins.
- Betteridge, K. J. 2003. A history of farm animal embryo transfer and some associated techniques. *Animal Reproduction Science*, 79(3–4), 203–244. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00164-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00164-0)
- Campbell, A. G., & Campbell, M. K. (2016). *Animal reproduction and biotechnology laboratory notes*. Colorado State University.
- Gordon, I. 2005. *Reproductive technologies in farm animals*. CABI Publishing.
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. 2000. *Reproduction in farm animals* (7th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Niemann, H., & Lucas-Hahn, A. 2012. Somatic cell nuclear transfer cloning: Practical applications and current legislation. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(S5), 2–10. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02117.x>
- Paramio, M. T., & Izquierdo, D. 2016. Current status of in vitro embryo production in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 51(S2), 37–48. <https://doi.org/10.1111/rda.12779>
- Suyadi. 2018. *Bioteknologi reproduksi ternak: Konsep dan aplikasinya*. Universitas Brawijaya Press.
- Toelihere, M. R. 1993. *Inseminasi buatan pada ternak*. Angkasa.

Vishwanath, R. 2003. Artificial insemination: The state of the art. *Theriogenology*, 59(2), 571-584.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01241-4](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01241-4)

BAB 2

INSEMINASI BUATAN: TUJUAN, MANFAAT DAN SEJARAH

Oleh La Ode Muhammad Aswad Salam

2.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi reproduksi pada ternak telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, yang didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas peternakan guna memenuhi permintaan protein hewani yang terus meningkat (Mikkola *et al.*, 2024). Pertumbuhan populasi dunia yang mencapai miliaran jiwa menuntut adanya inovasi dalam sektor peternakan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi secara efisien dan berkelanjutan.

Inseminasi buatan (IB) atau *artificial insemination* (AI) merupakan salah satu teknologi reproduksi yang memainkan peran krusial dalam mendukung peningkatan produktivitas dan mutu genetik ternak (Ciornei *et al.*, 2024). Teknologi ini memungkinkan peternak untuk memanfaatkan material genetik dari pejantan unggul tanpa harus memelihara pejantan tersebut secara langsung, sehingga memberikan akses yang lebih luas terhadap keunggulan genetik.

Sebagai salah satu teknik bioteknologi reproduksi paling awal dan paling banyak diterapkan di dunia, inseminasi buatan telah terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam transformasi industri peternakan modern (Foote,

2002). Teknologi ini tidak hanya mengubah cara pandang tentang reproduksi ternak, tetapi juga membuka peluang besar untuk akselerasi perbaikan genetik dalam skala populasi yang luas.

2.2 Tujuan inseminasi Buatan

Penerapan inseminasi buatan dalam sistem peternakan modern didorong oleh berbagai tujuan strategis yang saling berkaitan untuk mencapai efisiensi dan efektivitas produksi ternak. Tujuan-tujuan ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis reproduksi, tetapi juga mencakup dimensi ekonomi, genetik, kesehatan, dan keberlanjutan sistem peternakan secara keseluruhan.

Pemahaman yang komprehensif terhadap tujuan inseminasi buatan menjadi landasan penting bagi peternak, praktisi veteriner, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi pengembangan peternakan yang optimal (Zuidema *et al.*, 2021). Setiap tujuan yang ditetapkan memiliki implikasi jangka panjang terhadap produktivitas, profitabilitas, dan keberlanjutan usaha peternakan.

Dalam konteks global, tujuan inseminasi buatan juga sejalan dengan upaya mencapai ketahanan pangan dan mendukung sistem produksi pangan yang berkelanjutan. Hal ini menjadi semakin relevan mengingat meningkatnya permintaan protein hewani di seluruh dunia, termasuk di Indonesia sebagai negara dengan populasi besar dan ekonomi yang terus berkembang.

2.2.1 Peningkatan Mutu Genetik Ternak

Tujuan utama inseminasi buatan adalah meningkatkan mutu genetik ternak melalui pemanfaatan pejantan unggul yang telah terbukti memiliki keunggulan dalam sifat-sifat ekonomis penting. Dengan teknologi IB,

material genetik dari seekor pejantan superior dapat digunakan untuk menginseminasi ratusan bahkan ribuan betina, sehingga mempercepat penyebaran gen-gen unggul dalam populasi ternak (Pasino *et al.*, 2020).

2.2.2 Efisiensi Reproduksi dalam Skala Luas

Inseminasi buatan memungkinkan memperluas jangkauan pemanfaatan pejantan unggul dalam skala geografis yang luas tanpa perlu memindahkan ternak secara fisik. Satu ejakulat dari pejantan berkualitas tinggi dapat diproses menjadi puluhan dosis semen yang dapat didistribusikan ke berbagai lokasi, sehingga efisiensi reproduksi meningkat secara signifikan (Sumadiasa *et al.*, 2021).

2.2.3 Pengurangan Risiko Penyakit Reproduksi

Penerapan inseminasi buatan dapat mengurangi risiko penularan penyakit reproduksi yang umumnya ditransmisikan melalui kontak langsung dalam perkawinan alami (Tadesse *et al.*, 2022). Penyakit seperti brucellosis, trichomoniasis, dan vibriosis yang dapat menurunkan fertilitas dan menyebabkan keguguran dapat diminimalkan melalui protokol sanitasi yang ketat dalam program IB.

2.2.4 Dukungan Program Pemuliaan dan Konservasi

Inseminasi buatan berperan penting dalam mendukung program pemuliaan terstruktur dan konservasi plasma nutfah. Teknologi ini memungkinkan preservasi material genetik dari pejantan langka atau spesies terancam punah melalui teknik kriopreservasi, sehingga keragaman genetik dapat dipertahankan untuk generasi mendatang (Dwiputri *et al.*, 2025).

2.2.5 Penyediaan Bibit Unggul Secara Merata

Melalui sistem distribusi yang terorganisir, inseminasi buatan memfasilitasi penyediaan bibit unggul secara cepat dan merata kepada peternak di berbagai wilayah, termasuk daerah terpencil yang sebelumnya sulit mengakses pejantan berkualitas tinggi (Kusriatmi *et al.*, 2014).

2.3 Manfaat Inseminasi Buatan

Implementasi inseminasi buatan dalam sistem peternakan menghasilkan berbagai manfaat nyata yang dapat dirasakan oleh seluruh stakeholder dalam rantai nilai peternakan. Manfaat-manfaat ini tidak hanya terbatas pada peningkatan performa reproduksi, tetapi meluas hingga mencakup aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan yang berkelanjutan (Zaenuri *et al.*, 2023).

Evaluasi manfaat inseminasi buatan perlu dilihat dari perspektif multi-dimensi untuk memahami dampak komprehensif teknologi ini terhadap industri peternakan. Pemahaman yang mendalam tentang berbagai manfaat ini akan membantu dalam pengambilan keputusan strategis terkait adopsi dan pengembangan program inseminasi buatan di tingkat individu maupun kebijakan nasional.

2.3.1 Manfaat Genetik

Penerapan inseminasi buatan memberikan kontribusi signifikan dalam perbaikan mutu genetik populasi ternak melalui seleksi intensif terhadap pejantan donor. Pemanfaatan pejantan unggul dapat dilakukan secara maksimal, dimana satu pejantan dengan nilai pemuliaan tinggi dapat menghasilkan ribuan keturunan dalam satu generasi, dibandingkan dengan

perkawinan alami yang terbatas pada puluhan keturunan saja (DPKH Riau, 2021).

Program seleksi keturunan menjadi lebih terarah karena recording dan evaluasi genetika dapat dilakukan secara sistematis. Data produktivitas dan reproduktivitas dari keturunan hasil IB dapat dianalisis secara komprehensif untuk menentukan strategi pemuliaan selanjutnya, sehingga kemajuan genetika dapat dicapai dengan lebih cepat dan terukur (Tanari *et al.*, 2025).

2.3.2 Manfaat Ekonomi

Dari perspektif ekonomi, inseminasi buatan memberikan keuntungan dalam hal penekanan biaya pemeliharaan pejantan. Peternak tidak perlu lagi mengeluarkan biaya besar untuk memelihara pejantan berkualitas tinggi, karena dapat mengakses material genetika superior melalui program IB dengan biaya yang relatif terjangkau (Sofiyanto *et al.*, 2024).

Peningkatan produksi daging, susu, dan hasil ternak lainnya merupakan dampak langsung dari perbaikan genetika melalui IB. Ternak hasil IB umumnya memiliki performa produksi yang lebih baik dibandingkan dengan ternak hasil perkawinan konvensional, sehingga memberikan keuntungan ekonomi yang lebih tinggi bagi peternak (Pasino *et al.*, 2020).

Ketersediaan bibit unggul dengan harga lebih terjangkau memungkinkan peternak skala kecil untuk mengakses genetika berkualitas tinggi, sehingga kesenjangan produktivitas antara peternakan besar dan kecil dapat diperkecil (Tadesse *et al.*, 2022).

2.3.3 Manfaat Kesehatan

Aspek kesehatan reproduksi ternak menjadi lebih terjamin dengan penerapan inseminasi buatan karena risiko penularan penyakit menular seksual dapat diminimalkan. Protokol sanitasi yang ketat dalam pengumpulan, pemrosesan, dan penyimpanan semen memastikan bahwa material genetik yang digunakan bebas dari kontaminasi patogen (Putri *et al.*, 2023).

Kesehatan reproduksi betina juga meningkat karena trauma fisik yang mungkin terjadi selama perkawinan alami dapat dihindari, terutama pada kasus dimana terdapat perbedaan ukuran tubuh yang signifikan antara pejantan dan betina (Pasino *et al.*, 2020).

2.3.3 Manfaat Sosial dan Lingkungan

Inseminasi buatan memberikan dampak sosial positif dengan membantu peternak kecil mendapatkan akses terhadap bibit unggul yang sebelumnya hanya tersedia untuk peternakan besar. Demokratisasi akses terhadap genetik superior ini berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan peternak dan pengembangan ekonomi pedesaan (Bonewati *et al.*, 2024).

Program swasembada protein hewani mendapat dukungan kuat dari penerapan IB karena peningkatan produktivitas ternak secara nasional dapat dicapai lebih cepat. Selain itu, efisiensi penggunaan sumber daya dan lahan juga meningkat karena produktivitas per unit ternak dan per unit lahan menjadi lebih optimal (Razak *et al.*, 2021).

2.4 Sejarah Perkembangan Inseminasi Buatan

Perkembangan inseminasi buatan telah melalui perjalanan panjang dari eksperimen sederhana hingga menjadi teknologi canggih yang diterapkan secara luas di seluruh dunia. Sejarah ini menunjukkan bagaimana inovasi bertahap dalam bidang biologi reproduksi dan teknologi preservasi semen berkontribusi pada transformasi industri peternakan modern (Foote, 2002).

2.4.1 Era Awal dan Penemuan Pertama

Sejarah inseminasi buatan dimulai dari konsep-konsep primitif yang berkembang menjadi eksperimen ilmiah yang sistematis. Walaupun tidak ada catatan ilmiah yang pasti, beberapa sumber sejarah mencatat bahwa konsep inseminasi buatan pada kuda sudah dikenal di dunia Arab sekitar abad ke-14. Pada saat itu pangeran Arab mengambil semen dari vagina kuda betina musuhnya menggunakan tampon kapas yang baru saja dikawinkan dengan kuda jantan unggul yang terkenal memiliki performa lari yang cepat, yang selanjutnya semen tersebut dimasukkan kedalam kuda betinanya yang sedang birahi. Akibatnya, kuda betina asal pangeran menjadi bunting dan melahirkan keturunan yang gagah dan cepat berlari (Toelihere, 1993).

Konsep yang masih bersifat empiris ini kemudian berkembang menjadi pendekatan ilmiah yang lebih sistematis pada abad ke-18. Teknik inseminasi buatan pertama kali dicatat secara ilmiah pada tahun 1770-an oleh Lazzaro Spallanzani, seorang ahli biologi Italia yang berhasil membuahi hewan seperti katak dan anjing spaniel menggunakan metode ini. Spallanzani melakukan eksperimen pada anjing betina dan berhasil membuktikan bahwa sperma diperlukan untuk

fertilisasi, yang merupakan terobosan penting dalam memahami proses reproduksi (Foote, 2002).

Keberhasilan eksperimen Spallanzani membuka jalan bagi pengembangan lebih lanjut. Pada tahun 1784, inseminasi buatan pertama yang berhasil pada anjing dilaporkan oleh Spallanzani, yang menghasilkan kelahiran tiga anak anjing setelah 62 hari (Lonergan, 2018). Pencapaian ini menandai dimulainya era baru dalam teknologi reproduksi pada hewan yang akan terus berkembang hingga saat ini.

2.4.2 Abad ke-19: Perkembangan Teknik

Setelah keberhasilan eksperimen pada abad ke-18, perkembangan inseminasi buatan pada abad ke-19 mengalami periode konsolidasi dan standarisasi metode. Meskipun tidak banyak terobosan besar yang tercatat pada awal abad ini, para peneliti dan peternak di berbagai negara mulai mengeksplorasi kemungkinan aplikasi praktis dari teknologi ini. Eksperimen-eksperimen kecil dilakukan secara sporadis di berbagai tempat, namun belum ada metode yang terstandarisasi dan dapat direplikasi secara konsisten.

Tonggak penting terjadi pada akhir abad ini ketika seorang ilmuwan Rusia bernama Ilya Ivanovich Ivanoff (1870-1932) mulai mengembangkan pendekatan yang lebih sistematis. Pada tahun 1899, Ivanoff menjelaskan upaya pertama untuk mengembangkan metode praktis inseminasi buatan yang dapat diterapkan secara luas dalam bidang peternakan. Kontribusinya yang signifikan dalam mengembangkan teknik dan prosedur standar membuat Ivanoff kemudian diakui sebagai bapak inseminasi buatan modern (DeJarnette *et al.*, 2004; Foote, 2002). Karya pionir Ivanoff ini membuka jalan bagi

perkembangan pesat teknologi inseminasi buatan pada abad ke-20.

2.4.3 Abad ke-20: Revolusi dan Komersialisasi

Abad ke-20 menandai era transformasi besar dalam sejarah inseminasi buatan, di mana teknologi ini berkembang dari eksperimen laboratorium menjadi praktik komersial yang tersebar luas. Fondasi yang diletakkan oleh Ivanoff pada akhir abad ke-19 mulai membuahkan hasil nyata dengan munculnya berbagai inovasi teknis dan organisasional.

Periode 1930-an menjadi titik balik penting dalam pengembangan sistem koperasi inseminasi buatan. Pada tahun 1936, Brownell melakukan inseminasi pada sapi di kawanan Cornell, yang menandai dimulainya program inseminasi buatan secara terorganisir di Amerika Serikat. Pekerjaan ini kemudian berkembang pesat pada akhir tahun 1930-an dengan munculnya program-program serupa di Minnesota dan Wisconsin. Terinspirasi oleh kesuksesan model sistem Denmark, sebuah koperasi inseminasi buatan pertama didirikan di New Jersey pada tahun 1938, yang segera diikuti oleh pembentukan koperasi-koperasi serupa di negara bagian New York pada tahun yang sama (Moore and Hasler, 2017). Model koperasi ini terbukti efektif dalam menyebarkan teknologi dan pengetahuan kepada para peternak.

Terobosan teknologi paling signifikan terjadi pada era 1940-an dengan pengembangan teknik kriopreservasi atau pembekuan semen. Inovasi ini merevolusi seluruh industri inseminasi buatan karena memungkinkan penyimpanan semen dalam jangka waktu yang lama dan transportasi ke berbagai lokasi tanpa kehilangan kualitas. Teknologi pembekuan ini membuka kemungkinan baru dalam penyebaran genetik

unggul lintas geografis yang sebelumnya tidak terbayangkan (Loneragan, 2018). Dengan kemajuan ini, inseminasi buatan mulai berkembang menjadi industri global yang terorganisir dengan baik dan menjadi pilar penting dalam modernisasi peternakan di seluruh dunia.

2.4.4 Era Modern dan Teknologi Terkini

Memasuki abad ke-21, teknologi inseminasi buatan telah mengalami evolusi yang luar biasa, jauh melampaui konsep dasar yang dirintis oleh para pionir pada abad-abad sebelumnya. Kemajuan pesat dalam bidang bioteknologi, genetika molekuler, dan teknologi informasi telah membawa inseminasi buatan ke level yang sama sekali baru, mengintegrasikan berbagai inovasi mutakhir yang meningkatkan efisiensi dan akurasi reproduksi ternak.

Salah satu terobosan paling signifikan dalam era modern adalah pengembangan teknik sexing sperma, yang memungkinkan peternak untuk menentukan jenis kelamin anak ternak sebelum kelahiran. Teknologi ini sangat revolusioner karena memberikan kontrol yang belum pernah ada sebelumnya dalam perencanaan produksi ternak, memungkinkan peternak sapi perah untuk memproduksi lebih banyak betina atau peternak sapi potong untuk menghasilkan lebih banyak jantan sesuai kebutuhan pasar. Bersama dengan itu, teknologi pembekuan dan penyimpanan semen juga mengalami penyempurnaan dramatis. Metode kriopreservasi modern kini menggunakan protokol yang jauh lebih canggih, dengan kontrol suhu yang presisi dan penggunaan krioprotektan yang lebih efektif, sehingga mampu mempertahankan viabilitas sperma dalam jangka waktu yang sangat panjang tanpa penurunan kualitas yang berarti (Moore and Hasler, 2017; Vishwanath and Moreno, 2018).

Inovasi tidak berhenti pada aspek teknis pembekuan saja. Metode seleksi sperma telah berkembang menjadi sangat sophisticated dengan memanfaatkan teknologi seperti flow cytometry dan computer-assisted sperm analysis (CASA) yang dapat mengevaluasi motilitas, morfologi, dan kualitas genetik sperma dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Hal ini memastikan bahwa hanya sperma dengan kualitas terbaik yang digunakan dalam proses inseminasi, meningkatkan tingkat keberhasilan pembuahan secara signifikan. Lebih jauh lagi, inseminasi buatan kini tidak lagi berdiri sendiri sebagai teknologi tunggal, melainkan terintegrasi dengan berbagai teknologi reproduksi bantuan lainnya seperti transfer embrio, in vitro fertilization (IVF), dan bahkan teknik-teknik genomik untuk seleksi genetik yang lebih presisi (Sharpe and Evans, 2009; Umirbaeva *et al.*, 2024).

Integrasi teknologi digital juga mengubah landscape inseminasi buatan modern. Sistem manajemen data terkomputerisasi kini memungkinkan tracking yang detail terhadap riwayat reproduksi setiap individu ternak, analisis performa genetik, dan prediksi hasil breeding dengan menggunakan algoritma kecerdasan buatan (de Freitas Curti *et al.*, 2023). Aplikasi mobile dan platform digital memudahkan peternak untuk mengakses informasi, menjadwalkan inseminasi, dan berkonsultasi dengan ahli secara real-time. Teknologi-teknologi ini secara kolektif telah mentransformasi inseminasi buatan dari sekadar prosedur reproduksi menjadi sistem manajemen genetik yang komprehensif dan presisi, membuka peluang baru untuk peningkatan produktivitas peternakan yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam sejarah (Schillings *et al.*, 2021).

2.4.5 Perkembangan Inseminasi Buatan di Indonesia

Gelombang modernisasi peternakan yang melanda dunia pada pertengahan abad ke-20 turut membawa teknologi inseminasi buatan ke Indonesia. Pengenalan teknologi ini merupakan bagian dari upaya besar untuk meningkatkan produktivitas sektor peternakan nasional yang pada saat itu masih mengandalkan metode tradisional.

Inseminasi buatan pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada awal tahun 1950-an melalui kerja sama internasional dengan Denmark. Prof. B. Seit, seorang ahli dari Denmark, memainkan peran kunci dalam memperkenalkan teknologi ini di Fakultas Kedokteran Hewan dan Lembaga Penelitian Peternakan Bogor. Langkah perintis ini menjadi tonggak awal pembangunan industri peternakan modern di Indonesia, membuka jalan bagi transformasi sektor peternakan dari sistem tradisional menuju pendekatan yang lebih ilmiah dan efisien (Maraganta, 2022).

Setelah lebih dari dua dekade pengenalan awal, pemerintah Indonesia mulai membangun infrastruktur permanen untuk mendukung program inseminasi buatan secara nasional. Pada tahun 1975, dimulailah pembangunan Balai Inseminasi Buatan (BIB) Lembang di Bandung, Jawa Barat, yang menjadi balai pertama dan paling penting di Indonesia. Proyek ambisius ini mendapat perhatian tinggi dari pemerintah, tercermin dari peresmian langsung oleh Menteri Pertanian Prof. DR. Ir. Toyib Hadiwidjaya bersama Wakil Perdana Menteri Selandia Baru, Mr. Hon B Talboys pada tanggal 3 April 1976. Kerja sama internasional ini menunjukkan komitmen serius Indonesia dalam mengadopsi teknologi modern untuk pembangunan peternakan (Sapibagus, 2022).

Keberhasilan BIB Lembang menjadi katalis bagi perkembangan lebih lanjut. Seiring berjalannya waktu, Indonesia terus mengembangkan program inseminasi buatan secara lebih luas dan sistematis dengan membangun berbagai Balai Inseminasi Buatan di berbagai wilayah nusantara. Ekspansi infrastruktur ini memungkinkan penyebaran teknologi ke daerah-daerah terpencil dan menjangkau lebih banyak peternak. Program inseminasi buatan nasional kemudian berkembang menjadi salah satu pilar strategis dalam upaya peningkatan produktivitas peternakan dan pencapaian target swasembada daging, yang hingga kini masih menjadi prioritas pembangunan sektor peternakan Indonesia (Maraganta, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Bonewati, Y.I., Farid, M., Herni, Agustan, Hamka, 2024. The implication of Artificial Insemination Technology on Farmers' Willingness to Adopt the Beef Cattle in Soppeng Regency. *Bul. Peternak.* 48, 9–19. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v48i1.88828>
- Ciornei, S.G., Ucar, O., Lopes, G., Cenariu, M., 2024. Editorial: Perspectives in the biotechnology of artificial insemination in ruminants. *Front. Vet. Sci.* 11, 1–3. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1376794>
- de Freitas Curti, P., Selli, A., Pinto, D.L., Merlos-Ruiz, A., de Carvalho Balieiro, J.C., Ventura, R.V., 2023. Applications of livestock monitoring devices and machine learning algorithms in animal production and reproduction: an overview. *Anim. Reprod.* 20, 1–14. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0077>
- Dejarnette, J.M., Marshall, C.E., Lenz, R.W., Monke, D.R., Ayars, W.H., Sattler, C.G., 2004. Sustaining the Fertility of Artificially Inseminated Dairy Cattle: The Role of the Artificial Insemination Industry. *J. Dairy Sci.* 87, E93–E104. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70065-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70065-X)
- DPKH Riau, 2021. Inseminasi Buatan Pada Hewan Ternak, Manfaat dan Tujuan IB [WWW Document]. Dinas Peternak. dan Kesehat. Hewan Provinsi Riau. URL <https://dispkh.riau.go.id/post/34/inseminasi-buatan-pada-hewan-ternak-manfaat-dan-tujuan-ib>
- Dwiputri, N.T., Mulyani, N.S., Kusumorini, A., 2025. Reproduksi Buatan Terhadap Hewan Langka Dalam Upaya Konservasi. *Conserva* 3, 01–09. <https://doi.org/10.35438/conserva.v3i01.215>

- Foote, R.H., 2002. The History of Artificial Insemination: Selected Notes and Notables. *J. Anim. Sci.* 80, 1–10. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80e-suppl_21a
- Kusriatmi, Oktaviani, R., Syaukat, Y., Said, A., 2014. Peranan Teknologi Inseminasi Buatan (IB) pada Produksi Sapi Potong di Indonesia. *J. Agro Ekon.* 32, 57–74.
- Lonergan, P., 2018. Review: Historical and futuristic developments in bovine semen technology. *Animal* 12, 4–18. <https://doi.org/10.1017/S175173111800071X>
- Maraganta, H., 2022. Jalan Panjang Teknologi Inseminasi Buatan. *Bul. Teknol. Inov. Pertan.* 1, 13–17.
- Mikkola, M., Desmet, K.L.J., Kommisrud, E., Riegler, M.A., 2024. Recent advancements to increase success in assisted reproductive technologies in cattle. *Anim. Reprod.* 21, 1–31. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2024-0031>
- Moore, S.G., Hasler, J.F., 2017. A 100-Year Review: Reproductive Technologies in Dairy Science. *J. Dairy Sci.* 100, 10314–10331. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13138>
- Pasino, S., Waru, A.T., Mirnawati, 2020. Peningkatan Produktivitas Sapi Betina Melalui Inseminasi Buatan Dengan Metode Rektovaginal. *J. Peternak. Lokal* 2, 39–45.
- Putri, L.R., Sagala, N.R., Atifah, Y., 2023. Analisis Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi Keberhasilan Inseminasi Buatan Pada Sapi. *Pros. Semnas Bio* 541–548.
- Razak, N.R., Herianto, H., Armayanti, A.K., Kurniawan, M.E., 2021. Pengaruh Karakteristik Peternak Dan Adopsi Teknologi Terhadap Keberhasilan Inseminasi Buatan Di Kecamatan Sinjai Barat Kabupaten Sinjai. *J.*

- Agrisistem Seri Sosek dan Penyul. 17, 111–118.
<https://doi.org/10.52625/j-agr-sosekpenyuluhan.v17i2.210>
- Sapibagus, 2022. Sejarah Balai Inseminasi Buatan (BIB) Lembang Bandung Jawa Barat [WWW Document]. URL <https://sapibagus.com/sejarah-balai-inseminasi-buatan-bib-lembang-bandung-jawa-barat/>
- Schillings, J., Bennett, R., Rose, D.C., 2021. Exploring the Potential of Precision Livestock Farming Technologies to Help Address Farm Animal Welfare. *Front. Anim. Sci.* 2, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.639678>
- Sharpe, J.C., Evans, K.M., 2009. Advances in flow cytometry for sperm sexing. *Theriogenology* 71, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.021>
- Sofiyanto, A., Tatipikalawan, J.M., Jesajas, H., 2024. Analisis Ekonomi Usaha Sapi Potong Yang Mengikuti Dan Tidak Mengikuti Program Inseminasi Buatan Di Kecamatan Waelata. *Agrinimal J. Ilmu Ternak dan Tanam.* 12, 21–28. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2024.12.1.21-28>
- Sumadiasa, I.W.L., Drajat, A.S., Hy, L., Zaenuri, L.A., Rodiah, R., 2021. Inseminasi Buatan Menggunakan Semen Beku Sapi Eksotik: Dampak Dan Penanggulangannya. *J. Pepadu* 2, 75–82. <https://doi.org/10.29303/pepadu.v2i1.2167>
- Tadesse, B., Reda, A.A., Kassaw, N.T., Tadeg, W., 2022. Success rate of artificial insemination, reproductive performance and economic impact of failure of first service insemination: a retrospective study. *Success rate Artif. insemination, Reprod. Perform. Econ. impact Fail. first Serv. Insemin. a Retrospect. study* 18, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03325-1>
- Tanari, M., Rusiyantono, Y., Duma, Y., Mangun, M., Landopu,

- N.N., 2025. Evaluasi Keberhasilan Inseminasi Buatan Sapi Bali di Kecamatan Mori Utara Kabupaten Morowali Utara. *J. Ilm. AgriSains* 26, 42–49. <https://doi.org/10.22487/jiagrisains.v26i1.2025.42-49>
- Toelihere, M.R., 1993. Inseminasi Buatan pada Ternak Angkasa, Bandung.
- Umirbaeva, A., Kurenkov, A., Makhanbetova, A., Seisenov, B., Vorobjev, I.A., Barteneva, N.S., 2024. Systematic review and meta-analysis of cryopreserved bovine sperm assessment: harnessing imaging flow cytometry for multi-parametric analysis. *Front. Vet. Sci.* 11, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1371586>
- Vishwanath, R., Moreno, J.F., 2018. Review: Semen sexing - Current state of the art with emphasis on bovine species. *Animal* 12, 85–96. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000496>
- Zaenuri, L.A., Rodiah, Dradjat, A.S., Sumadiasa, I.W.L., HY, L., Yulian, E., 2023. Sosialisasi Keuntungan Inseminasi Buatan Pada Sapi Bali di Kelompok Peternak Sapi desa Sapit Kecamatan Suela Kabupaten Lombok Timur. *J. Pengabd. Magister Pendidik. IPA* 6, 913–918.
- Zuidema, D., Kerns, K., Sutovsky, P., 2021. An Exploration of Current and Perspective Semen Analysis and Sperm Selection for Livestock Artificial Insemination. *Animals* 11, 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani11123563>

BAB 3

PENILAIAN, PENGECERAN, DAN PENYIMPANAN SEMEN CAIR

Oleh Rasyidah Mappanganro

3.1 Pendahuluan

Keberhasilan inseminasi buatan (IB) sangat bergantung pada kualitas semen yang digunakan, baik dalam bentuk segar, cair, maupun beku. Semen cair merupakan bentuk semen yang telah diencerkan dengan bahan pengencer tertentu dan disimpan dalam suhu rendah untuk mempertahankan viabilitas dan motilitas spermatozoa selama periode waktu tertentu. Penggunaan semen cair memiliki keunggulan dalam hal efisiensi distribusi dan fleksibilitas waktu inseminasi, terutama di daerah yang belum memiliki fasilitas pembekuan semen. Namun, tantangan utama dalam penggunaan semen cair adalah menjaga kualitas spermatozoa selama penyimpanan, karena semen cair lebih rentan terhadap penurunan kualitas dibandingkan semen beku.

Penilaian kualitas semen merupakan tahap awal yang krusial sebelum proses pengenceran dan penyimpanan dilakukan. Parameter yang umum dinilai meliputi volume, warna, konsistensi, pH, konsentrasi spermatozoa, motilitas progresif, viabilitas, abnormalitas morfologi, dan integritas membran plasma, akrosom, dan DNA. Semen yang memenuhi

standar kualitas, seperti motilitas >70%, konsentrasi >200 juta spermatozoa/ml, dan abnormalitas morfologi <20%, dapat digunakan untuk proses pengenceran dan penyimpanan (SNI, 2017).

Pengenceran semen bertujuan untuk meningkatkan volume ejakulat, menyediakan nutrisi bagi spermatozoa, menjaga pH, dan melindungi spermatozoa dari stres suhu selama penyimpanan. Oleh karena itu, bahan pengencer harus mengandung komponen yang mampu melindungi spermatozoa dari efek negatif pendinginan. Selain suhu dan durasi, faktor lain yang memengaruhi kualitas semen selama penyimpanan adalah kontaminasi mikroba. Penambahan antibiotik dalam pengencer menjadi langkah penting untuk mencegah pertumbuhan bakteri yang dapat merusak spermatozoa.

3.2 Penilaian Kualitas Semen

Beberapa faktor yang memengaruhi kualitas semen adalah sebagai berikut:

a) Umur ternak

Salah satu faktor yang dapat memengaruhi kualitas semen adalah usia sapi jantan yang digunakan. Umur atau usia mempengaruhi perkembangan testis dan pembentukan sperma. Sapi jantan yang berumur antara 2-7 tahun dapat menghasilkan semen terbaik dengan tingkat keberhasilan kebuntingan yang tinggi pada sapi betina yang dikawinkan, dibandingkan dengan sapi jantan di luar rentang usia tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh menunjukkan bahwa sapi jantan yang berusia 5 tahun atau lebih memiliki kualitas semen yang baik. Hafez and Hafez (2000) menyatakan bahwa produksi semen bisa mencapai puncaknya pada usia 7 tahun. Pada masa pubertas, sperma masih memiliki

tingkat kelainan yang tinggi karena usia sapi yang masih muda, yang dapat menyebabkan kegagalan saat perkawinan.

b) Bangsa ternak

Setiap bangsa sapi memiliki kualitas semen yang berbeda-beda tergantung pada usia, kondisi tubuh, kegembalaan, dan rasnya. Salah satu aspek yang berpengaruh pada kualitas semen adalah ras sapi jantan yang akan menyumbangkan semen. Ras sapi perah, misalnya, cenderung memiliki tingkat birahi yang tinggi dan memproduksi jumlah sperma yang lebih banyak dibandingkan dengan sapi potong (Hafez, 2000).

c) Genetika

Peran genetika sangat memengaruhi produksi dan kualitas sperma pada ternak sapi perah dan sapi potong, dengan perbedaan jumlah dan mutu semen yang dihasilkan (Bilyaro *et al.*, 2024, Sembada *et al.*, 2021). Faktor genetik berperan dalam menentukan ketahanan spermatozoa terhadap stres suhu selama proses pembekuan. Genotipe tertentu menunjukkan kemampuan lebih baik dalam mempertahankan integritas membran dan motilitas spermatozoa, dibandingkan genotipe lainnya (Mappanganro *et al.*, 2025, Nikitkina *et al.*, 2021, Ryu *et al.*, 2019).

d) Skor Kondisi Tubuh

Ternak dengan Skor Kondisi Tubuh (SKT) yang optimal memang menunjukkan produksi semen segar, konsentrasi sperma, dan produksi semen beku yang tertinggi, diikuti oleh ternak dengan SKT gemuk dan sedang. Penelitian pada hewan seperti keledai menunjukkan bahwa SKT yang baik (tidak terlalu kurus atau gemuk) menghasilkan biometrik testis, konsentrasi sperma, motilitas, viabilitas, dan kadar testosteron yang

lebih tinggi dibandingkan dengan SKT yang buruk atau terlalu gemuk (Masoud *et al.*, 2021).

e) Suhu dan Musim

Suhu ekstrem, baik sangat rendah maupun sangat tinggi, dapat memengaruhi organ reproduksi ternak jantan, menghambat regulasi suhu skrotum, dan mengakibatkan gangguan pada spermatogenesis serta produksi sperma. Ternak jantan yang terpapar suhu panas cenderung memiliki kualitas fertilitas yang rendah (Susilawati, 2011). Musim juga dapat memengaruhi kualitas semen pada hewan ternak di daerah subtropis. Di Indonesia, pengaruh musim terhadap kualitas semen relatif minim karena perbedaan sinar matahari tidak signifikan. Perubahan musim dapat membatasi produksi Hormon Follicle Stimulating Hormone yang mengatur produksi sperma dalam testis (Hafez, 2000).

f) Libido dan Frekuensi Ejakulasi

Birahi atau libido yang tinggi bisa menambah volume serta konsentrasi spermatozoa motil per ejakulat (Rehman *et al.*, 2016, Islam *et al.*, 2018, Chaudhary *et al.*, 2019). Birahi pun dipengaruhi oleh aspek genetik (keturunan). Keadaan fisik yang sedikit baik ataupun tidak normal juga bisa mengurangi birahi dan mutu semen. Begitu pula pada keadaan daerah pada waktu penampungan serta pertukaran kolektor semen juga bisa berdampak pada birahi ternak, jadi mutu semen yang diproduksi juga kurang bagus.

g) Pakan

Pakan ternak juga sangat berdampak pada pertumbuhan dan diferensiasi badan ternak. Bobot badan sangat berhubungan positif kepada pertumbuhan organ reproduksi ternak (bobot testis). Nutrisi yang cukup, khususnya energi, dapat meningkatkan fungsi

spermatogenik, massa testis, konsentrasi sperma, dan persentase sperma normal, seperti yang terlihat pada penelitian dengan diet tinggi energi pada ruminansia muda (Ros-Santaella *et al.*, 2019). Pada domba dan kambing jantan, perubahan asupan pakan berpengaruh besar terhadap produksi sperma melalui perubahan ukuran tubulus seminiferus dan efisiensi spermatogenesis, meskipun fungsi endokrin testis (produksi testosteron) hanya terpengaruh pada kondisi kekurangan pakan yang berat atau jangka panjang (Martin *et al.*, 2010).

h) Jenis Pengencer

Agar pemanfaatan pejantan bebas penyakit dengan kualitas genetik unggul dapat optimal dalam program inseminasi buatan, diperlukan upaya preservasi atau pengawetan semen segera setelah penampungan guna menjaga kemampuan fertilisasi spermatozoa. Untuk itu, semen dicampurkan dengan larutan pengencer yang memenuhi kebutuhan fisik dan kimiawinya, lalu disimpan pada suhu dan kondisi tertentu sehingga viabilitas spermatozoa dapat dipertahankan sesuai lama penyimpanan yang diinginkan dan siap digunakan sesuai kebutuhan (Feradis, 2010).

Evaluasi semen terbagi atas evaluasi makroskopis, mikroskopis, uji biokemis serta uji biologis. evaluasi yang sering dipakai pada suatu balai inseminasi buatan (BIB) yakni evaluasi secara makroskopis maupun mikroskopis. Evaluasi makroskopis terdiri dari volume, warna, bau serta konsistensi. Evaluasi mikroskopis meliputi gerak massa dan motilitas individual, persentase hidup, konsentrasi, spermatozoa yang abnormal, dan metode yang terbaru adalah integritas membran plasma, tudung akrosom utuh dan integritas DNA sperma.

3.2.1 Evaluasi Makroskopik

a. Volume

Volume semen adalah salah satu parameter dasar dalam penilaian kualitas semen yang akan digunakan pada program inseminasi buatan, dengan rata-rata volume ejakulat sapi berkisar antara 5 hingga 8 ml (Mappanganro, 2020). Volume semen akan meningkat selaras dengan umur, ukuran tubuh, kadar pakan, perbaikan kondisi kesehatan reproduksi ternak, jumlah penampungan serta akan berkurang setelah mencapai puncak dewasa (Garner and Hafez, 2000).

Tabel 3. 1 Rataan Volume Semen Segar Antar Bangsa Sapi

Bangsa	Volume Semen(ml)
Bali	4,60 ± 1,69 ^a
Limousin	5,82 ± 1,58 ^b
Simmental	5,94 ± 1,54 ^b
Brahman	7,20 ± 2,04 ^c
Total rata-rata	5,89 ± 1,94

Sumber: Mappanganro (2020)

Tabel di atas menunjukkan bahwa rata-rata volume semen untuk sapi Bali, Limousin, Simmental, dan Brahman adalah 4,60 ml, 5,82 ml, 5,94 ml, dan 7,20 ml, secara berturut-turut. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam volume semen antara sapi Simmental dan Limousin. Terdapat perbedaan yang nyata antara pejantan sapi Bali dengan kesemua bangsa sapi lainnya, dimana volume semen terbesar dihasilkan oleh sapi Brahman (7,20 ml), sementara yang terendah adalah sapi Bali (4,60 ml).

b. Warna

Semen sapi yang bagus memiliki warna seperti susu ataupun krem keputihan serta keruh. Sekitar 10 persen ternak memproduksi semen yang bagus berwarna kekuningan, yang diakibatkan oleh vitamin B2 (riboflavin) yang diangkut oleh suatu gen autosom resesif serta tidak memiliki dampak pada fertilitas (Feradis, 2010).

c. Derajat Keasaman

Rata-rata derajat keasaman/pH semen yang bagus ialah berkisar 6,4 sampai 7,8 yang bisa diamati dengan sistem pencocokan warna pada kertas lakmus yang sudah ditetesi semen pada warna yang ada pada tabung kemasan kertas lakmus (Garner and Hafez, 2000).

d. Bau

Semen yang sehat umumnya memiliki bau yang khas, yang juga mencerminkan bau dari hewan itu sendiri. Bau yang tidak sedap dapat muncul jika semen mengandung nanah, oleh karena adanya infeksi pada organ atau saluran reproduksi (Kusumawati *et al.*, 2016).

e. Kekentalan (Konsistensi)

Konsistensi merupakan derajat kekentalan. Kekentalan semen ternak bisa dilihat dengan teknik mengayunkan tabung yang memuat semen. Semen yang normal memiliki derajat kekentalan yang nyaris mirip atau sedikit lebih kental dari susu sedang semen yang tidak normal, baik warna ataupun derajat kekentalannya mirip dengan air buah kelapa (Hafez, 2000). Pada sapi, semen yang kental dengan warna krem umumnya mengandung 1.000–2.000 juta atau lebih sel spermatozoa per ml.

Semen yang lebih encer dengan warna menyerupai susu memiliki konsentrasi sekitar 500–600 juta sel spermatozoa/ml, sedangkan semen yang tampak keruh atau berawan rata-rata hanya mengandung 100–500 juta sel spermatozoa/ml (Feradis, 2010).

3.2.2 Evaluasi Mikroskopik

a. Jumlah Sperma (Konsentrasi)

Konsentrasi spermatozoa ternak sapi sekitar 800 sampai 2000 juta sel sperma per ml (Situmorang, 2002). Perbandingan konsentrasi spermatozoa antar ternak pejantan dianggap dipengaruhi oleh mutu genetik pada tiap pejantan (Situmorang, 2002).

Tabel 3. 2 Konsentrasi Spermatozoa Semen Segar pada Bangsa Sapi yang Berbeda

Bangsa	Konsentrasi (juta/ml)
Bali	1.995,29 ± 348,46 ^a
Limousin	963,04 ± 275,40 ^b
Simmental	1.008,58 ± 208,99 ^b
Brahman	1.000,75 ± 202,58 ^b
Total rata-rata	1.241,92 ± 509,65

Ket : Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P < 0,01$)

Sumber: Mappanganro (2020).



Gambar 3. 1 Photometer SDM6 untuk Menganalisis Konsentrasi Sel Sperma dan Menghitung Jumlah Volume Pengencer Secara Otomatis

(Sumber: koleksi pribadi)

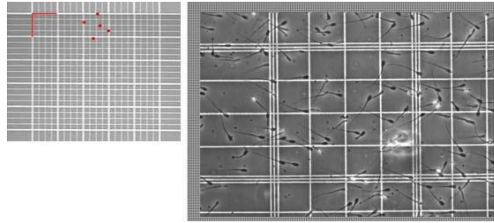
Fotometer seperti SDM6 (Gbr. 3.1) sering digunakan. Sampel semen segar diencerkan dalam kuvet dengan volume pengencer yang telah ditentukan dan dianalisis menggunakan fotometer. Proses analisis ini memakan waktu sekitar 30 detik. Volume, motilitas progresif, jumlah sperma per dosis, dan volume per dosis dimasukkan. Jumlah dosis yang akan dibekukan dan volume akhir extender akan dihitung.



Gambar 3. 2 Hemasitometer Neubauer Chamber
(Sumber: Baracaldo *et al.* (2007))

Jumlah rata-rata sperma per mm persegi dikalikan dengan faktor kedalaman ruang dan pengenceran semen kemudian diubah menjadi sperma per sentimeter kubik, misalnya:

- Kedalaman hemasitometer 0,1 mm x 10
- Faktor pengenceran x 200
- $\text{Sperma/mm}^3 \times 1000 = \text{sperma cm}^3$
- 0,25 atau 0,5 ml *straw* x 0,25 atau 0,5 ml=sperma/dosis
- $\text{Sperma/dosis} \times \% \text{ motil} = \text{sperma motil/dosis}$



Gambar 3. 3 Kiri: Perbesaran lebih Tinggi (100x) pada Area Persegi Penghitungan Pusat Utama (1 mm²) pada Grid Hemasitometer yang Menunjukkan 25 Kotak
(Sumber: Baracaldo *et al.* (2007)).

Hemasitometer digunakan sebagai metode standar untuk menentukan konsentrasi sel dan untuk kalibrasi sistem elektronik penghitungan sel. Metode ini sangat andal dan murah, tetapi memakan waktu sekitar 10 menit per sampel dan melibatkan penghitungan sperma yang agak membosankan secara visual. Pengenceran sperma sebelum mengisi dua ruang hemasitometer dapat dilakukan dengan berbagai cara

b. Gerak Sperma (Motilitas)

Motilitas merupakan gerakan sperma yang maju ke arah depan secara progresif. Tujuan akhir dari bahan pengencer ialah demi aktivitas IB sehingga kemampuan gerakan spermatozoa secara progresif (maju ke depan) sebagai tolak ukur yang sepenuhnya diperhitungkan. Artinya sel sperma yang pergerakannya berputar atau pergerakannya hanya di satu tempat lebih lagi jika tidak ada pergerakan tidak menjadi tolak ukur evaluasi mutu semen beku ataupun semen cair. Indikator motilitas ialah indikator utama selain konsentrasi sperma, yaitu evaluasi layak tidaknya semen untuk dimanfaatkan pada kegiatan inseminasi buatan.

Susilawati *et al.* (2018) menyatakan bahwa untuk proses fertilisasi yang efektif, diperlukan sekitar sepuluh juta spermatozoa yang memiliki motilitas. Oleh karena itu, sebagai standar untuk prosedur inseminasi, jumlah spermatozoa yang harus ada dalam setiap straw adalah sebesar $2,5 \times 10^7$ dengan motilitas minimal 40%.

Pergerakan motilitas sperma dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1) Gerak Massa

Feradis (2010) mengatakan sperma pada suatu rumpun memiliki predisposisi untuk bergerak secara bersamaan pada satu arah yang membentuk gelombang tebal serta tipis, pergerakan gesit dan lambat bergantung pada spermatozoa yang hidup didalamnya. Gerak massa spermatozoa bisa diamati jelas di bawah mikroskop menggunakan perbesaran 10×10 dengan cahaya yang minim. Berlandaskan penghitungan gerak massa, mutu semen bisa ditentukan Susilawati (2011) sebagai berikut:

- Sangat baik (+++), tampak gelombang-gelombang besar, banyak, gelap, tebal serta aktif menyerupai gumpalan awan hitam pada waktu akan turun hujan serta pergerakannya gesit dan berpindah-pindah tempat.
- Baik (++), apabila terlihat gelombang-gelombang kecil, tipis, renggang, sedikit jelas serta pergerakannya lambat.
- Lumayan (+), apabila tidak terlihat suatu gelombang sebaliknya Cuma pergerakan individu aktif secara progresif

- Buruk (Nekrospermia/0), apabila Cuma sedikit bahkan tidak terdapat pergerakan individual.

2) Gerak Individual

Pada perbesaran 45×10 di bawah mikroskop pada selapis tipis di atas obyek gelas yang ditutupi menggunakan gelas penutup bakal kelihatan pergerakan individual sel spermatozoa. Biasanya yang paling baik ialah pergerakan progresif ataupun pergerakan aktif maju kedepan. Pergerakan melingkar serta mundur termasuk pertanda terjadinya Cold shock ataupun medianya tidak isotonik dengan semen. Pergerakan berayun ayun ataupun berotasi pada tempat umumnya terjadi di semen afkir, apabila semen tidak melakukan pergerakan sama sekali akan dianggap mati semen tersebut (Feradis, 2010).

Nilai persentase gerak sperma berkisar 0-100 ataupun 0-10 yang termasuk syarat demi mendapatkan keinginan yang sama. Motilitas sperma dibawah nilai 40% memperlihatkan nilai sperma sedikit bagus dikarenakan mayoritas persentase yang fertil berkisar antara 50 sampai 80% sel spermatozoa yang motil aktif progresif. Kualitas sperma ditentukan dengan nilai sebagai berikut:

90%: Pergerakan sangat aktif atau gesit, terlihat gelombang besar, bergerak cepat;

70-85% : Pergerakan aktif atau gesit, terdapat gelombang besar serta gerak massa cepat;

40-65% : Pergerakan lumayan aktif atau lumayan gesit, terdapat gelombang tipis dan renggang serta gerak massa lamban;

20-30% : Pergerakan kurang aktif atau kurang gesit, tidak terdapat gelombang, Cuma gerakan individual saja;

10% : Pergerakan individual sperma sedikit sekali ataupun tidak terdapat sama sekali atau mati

Uji motilitas individu sperma dilakukan dengan mengambil 10 μ L semen menggunakan mikropipet lalu meneteskan pada kaca objek, kemudian ditambahkan larutan NaCl fisiologis dengan perbandingan 1:4. Campuran lalu dihomogenkan, diambil satu tetes, lalu ditempatkan pada kaca objek lain dan ditutup dengan kaca penutup. Dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop pada pembesaran 100x dan 400x di 10 lapangan pandang, dengan kriteria motilitas dalam rentang 0–100% menggunakan interval 5%.

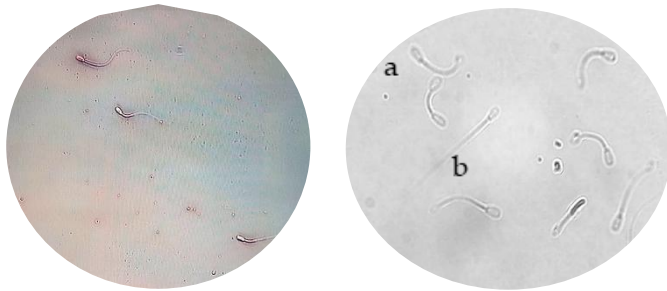


Gambar 3. 4 Spervision CASA System

(Sumber: koleksi pribadi)

c. Viabilitas

Persentase hidup atau viabilitas sperma dipengaruhi oleh kebutuhan atas nutrisinya (Rotimi *et al.*, 2024, Becerro-Rey *et al.*, 2025). Nutrien yang digunakan spermatozoa sebagai sumber energi akan terus dimanfaatkan hingga cadangannya menurun, sehingga berakibat pada penurunan persentase kelangsungan hidup spermatozoa (Skoracka *et al.*, 2020, Adikara *et al.*, 2023, Ye *et al.*, 2020). Pemeriksaan hidup ataupun mati sel spermatozoa (viabilitas) bisa dilakukan menggunakan teknik pewarnaan diferensial memakai zat warna eosin ataupun dengan campuran eosin nigrosin (Hasbi *et al.*, 2023).



Gambar 3. 5 Semen Sapi yang Diberi Pewarna Eosin-Negrosin. Sel yang Putih Menandakan Sperma yang Hidup Dan Yang Menyerap Warna Mendakan Sperma yang Mati (1 Sel) (Gambar Kiri); Membran Plasma Utuh Ditandai Dengan Ujung Ekor yang Melengkung (a) dan Utuh Lurus (b) (Gambar Kanan).

(Sumber: koleksi pribadi).

Metode pengujiannya adalah 10 μL semen ditempatkan pada gelas objek, diikuti dengan penambahan 50 μL pewarna eosin-nigrosin, kemudian dihomogenkan untuk membuat preparat ulas. Setelah itu, preparat dikeringkan di atas meja penghangat selama 15-20 detik. Preparat kemudian diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 kali. Spermatozoa yang masih hidup tidak akan menyerap warna, sementara yang sudah mati akan menyerap warna. Jumlah spermatozoa yang hidup dan mati dihitung dalam 10 lapangan pandang. Menurut Susilawati (2011), viabilitas spermatozoa dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Persentase Hidup (\%)} = \frac{\text{Jumlah spermatozoa hidup}}{\text{Total spermatozoa diamati}} \times 100\%$$

d. Abnormalitas

Semen ternak dapat mengandung sel sperma dengan berbagai bentuk abnormalitas. Campbell *et al.* (2003) menyatakan bahwa semen berkualitas tinggi biasanya memiliki maksimal 5 hingga 15% spermatozoa yang abnormal. Menurut Garner and Hafez (2000), pada inseminasi buatan tingkat abnormalitas spermatozoa yang dapat diterima umumnya berada pada kisaran 5–20%. Kelainan struktur spermatozoa dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu abnormalitas primer, sekunder, dan tersier. Abnormalitas primer timbul akibat kegagalan dalam proses spermatogenesis, abnormalitas sekunder muncul ketika spermatozoa melewati epididimis, sedangkan abnormalitas tersier terjadi setelah ejakulasi atau karena penanganan yang kurang tepat selama proses inseminasi buatan (Sakkas *et al.*, 2003).

Menurut Feradis (2010), abnormalitas spermatozoa dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Abnormalitas (\%)} = \frac{\text{Jumlah spermatozoa abnormal}}{\text{Total spermatozoa diamati}} \times 100\%$$

e. Membran plasma utuh (MPU)

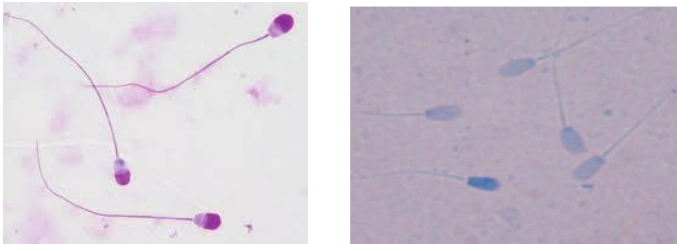
Dilakukan menggunakan metode Hypoosmotic Swelling Test (HOS). Sebanyak 10 μL semen dimasukkan ke dalam microtube berisi 1.000 μL larutan HOS (tersusun atas 1,351 g fruktosa dan 0,735 g Na-sitrat dalam 100 mL aquadest; osmolaritas 150 mOsm), kemudian dicampur hingga homogen. Larutan tersebut diinkubasi dalam penangas air bersuhu 37 °C selama 30 menit. Selanjutnya, keutuhan membran plasma dievaluasi dengan meneteskan satu tetes campuran ke kaca objek, menutupnya dengan kaca penutup, lalu diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 400X. Spermatozoa dengan morfologi normal yang merespons larutan HOS dihitung pada 10 lapangan pandang. Rumus yang digunakan (Priyanto *et al.*, 2015) adalah:

$$\text{MPU(\%)} = \frac{\text{Jumlah spermatozoa yang bereaksi}}{\text{Total spermatozoa yang bereaksi + tidak bereaksi}} \times 100\%$$

f. Tudung Akrosom Utuh (TAU)

Penilaian ini dilakukan dengan menggunakan larutan formol-saline yang terdiri dari 2,54 g potassium dihydrogen phosphate, 5,41 g sodium chloride, 6,19 g di-sodium hydrogen phosphate dehydrate, 125 mL larutan formaldehyde (37%), dan 875 mL aquadest (Arifiantini, 2012). Sejumlah tetes semen ditambahkan ke dalam microtube yang berisi larutan formol-saline dengan perbandingan

1:100. Campuran tersebut didiamkan selama 1 jam, kemudian diambil satu tetes dan ditempatkan pada gelas objek, ditutup dengan gelas penutup. Dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop fase kontras pada perbesaran 400x. Sperma yang memiliki tudung akrosom yang utuh dapat diidentifikasi dengan adanya 1/2 sampai 2/3 bagian anterior kepala yang berwarna lebih gelap daripada bagian posterior. Pengamatan dilakukan pada 10 lapangan pandang yang berbeda (Priyanto *et al.*, 2015).



Gambar 3. 6 Gambar kiri: Tudung Akrosom Utuh Ditandai dengan Warna Lebih Gelap pada 1/2 – 3/4 Akrosom (Chowdhury *et al.*, 2014). Gambar kanan: Spermatozoa yang Mengalami Kerusakan pada DNA akan Terwarnai Biru Tua, Sementara yang Memiliki DNA Utuh Akan Terwarnai Biru Terang (Pembesaran 400x) (Priyanto *et al.*, 2015)

g. Pengujian Integritas DNA

Semen disiapkan menjadi preparat ulas pada gelas objek, kemudian dikeringkan dan difiksasi menggunakan campuran etanol 96% dan aseton (1:1) selama 30 menit pada suhu 4°C. Setelah proses fiksasi, preparat dikeringkan kembali dan dihidrolisis menggunakan larutan HCl 0,1 N selama lima menit pada suhu 4°C. Preparat kemudian dicuci

tiga kali dengan air suling, kemudian diwarnai dengan pewarnaan Toluidine Blue 0,05%, lalu dibiarkan selama 10 menit. Setelah itu, preparat yang telah diwarnai dicuci kembali dengan air suling, dihidrasi dua kali menggunakan t-butanol, dan dibersihkan dua kali menggunakan xylol. Amati preparat di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 400x. Sperma dengan keutuhan kromatin yang baik menunjukkan warna biru terang pada kepala mereka, sedangkan yang memiliki keutuhan kromatin yang berkurang akan berwarna biru tua. Pengujian dilakukan pada 100 spermatozoa untuk setiap sampel (Erenpreisa *et al.*, 2003).

3.2 Pengenceran Semen

Semen yang memenuhi syarat selanjutnya akan dilanjutkan ke tahap produksi setelah melalui evaluasi semen segar, di mana dilakukan proses pengenceran. Pengencer semen atau *extender* digunakan sebagai media pengawet sperma untuk memfasilitasi terjadinya pembuahan. Pengencer juga bertujuan untuk memelihara dan mengawetkan metabolisme sperma, mengatur pH medium selama dan setelah pencairan, mengendalikan transmisi dan kontaminasi bakteri, serta mengurangi risiko kerusakan kriogenik. Sifat-sifat ini penting untuk menjaga kualitas sperma selama penyimpanan, transportasi, dan penggunaan dalam berbagai teknik reproduksi seperti fertilisasi *in vitro*, IB, injeksi sperma intracytoplasmic, serta penelitian ilmiah.

Rumus pengenceran semen berdasarkan konsentrasi dan volume dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah pengencer yang dibutuhkan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} \times \text{Volume awal}}{\text{Konsentrasi akhir}} - \text{volume awal}$$

Rumus ini digunakan untuk mendapatkan volume akhir semen yang diinginkan dengan konsentrasi tertentu, misalnya jika ingin mengencerkan semen dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah sesuai kebutuhan inseminasi atau penyimpanan (Anand, 2018, Zhang *et al.*, 2024). Contohnya, jika semen awal memiliki konsentrasi 400 juta/ml dan volume 1 ml, dan ingin diencerkan menjadi 100 juta/ml, maka: $[(400 \times 1) / 100] - 1 = (400/100) - 1 = 4 - 1 = 3$ ml pengencer. Dengan demikian, semen 1 ml ditambah 3 ml pengencer akan menghasilkan 4 ml semen encer dengan konsentrasi 100 juta/ml.

Rumus untuk mendapatkan jumlah straw semen adalah:

$$\text{Jumlah straw} = \frac{\text{Volume total semen encer yang tersedia}}{\text{Volume 1 straw}}$$

Jika ingin menghitung berdasarkan jumlah spermatozoa per straw, rumusnya menjadi:

$$\text{Jumlah straw} = \frac{\text{Konsentrasi sperma} \times \text{Volume total semen encer}}{\text{Jumlah spermatozoa per straw}}$$

Rumus ini digunakan untuk memastikan setiap straw berisi jumlah spermatozoa yang sesuai standar inseminasi, misalnya pada sapi atau kelinci (Di Iorio *et al.*, 2023, Dumont, 2002). Sebagai contoh, jika tersedia 10 ml semen encer dengan konsentrasi 100 juta/ml dan setiap straw diisi 0,25 ml dengan 25 juta spermatozoa, maka jumlah straw = $(100 \text{ juta} \times 10) / 25 \text{ juta} = 40$ straw

a. Kuning telur

Beberapa penelitian mendukung penggunaan kuning telur dari berbagai jenis unggas sebagai bahan pengencer semen, tidak hanya terbatas pada ayam, tetapi juga puyuh, bebek, dan kalkun. Kuning telur puyuh terbukti memberikan hasil motilitas sperma yang lebih tinggi pada semen ayam dibandingkan kuning telur ayam

(Maapola *et al.*, 2023). Pada sapi, penggunaan kuning telur ayam dan bebek dalam pengencer tris-citrat dapat mempertahankan kualitas semen pasca-thawing, meskipun viabilitas sperma lebih tinggi pada kuning telur ayam dibandingkan bebek (Khatimah *et al.*, 2021). Secara umum, kuning telur puyuh dan bebek dapat menjadi alternatif efektif untuk pengencer semen, tergantung pada spesies dan tujuan penggunaannya (Quraini *et al.*, 2022, Saraswati *et al.*, 2024).

b. Susu

Susu telah diadaptasi untuk pembekuan semen mamalia, umumnya dalam bentuk yang dilarutkan dan dikombinasikan dengan arabinosa, fruktosa, atau kuning telur (Pagl *et al.*, 2006, Hernández-Avilés *et al.*, 2020). Protein dalam susu skim membantu menjaga pH semen dan memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam berat. Laktosa, salah satu senyawa penting dalam susu, bersifat hidrofilik (Tiku and Tandi, 2014) dan membantu melindungi dinding sel sperma dari kejutan beku, serta mencegahnya dari kerusakan (Bergeron *et al.*, 2007).

c. Lesitin kedelai

Penggunaan lesitin kedelai, terutama dalam bentuk nanopartikel, terbukti mampu menjaga motilitas, viabilitas, dan integritas membran sperma pada sapi, kambing, domba, dan unggas, dengan hasil yang sebanding atau bahkan lebih baik dibandingkan pengencer berbasis kuning telur (Mousavi *et al.*, 2023, Chelucci *et al.*, 2015, Aires *et al.*, 2003, Salmani *et al.*, 2014). Konsentrasi optimal lesitin kedelai bervariasi antar spesies, namun umumnya berkisar antara 1–3%, dan dapat meningkatkan kualitas semen pasca-thawing serta tingkat fertilisasi *in vitro* dan *in vivo* (Zhao *et al.*, 2020).

d. Vitamin

Penambahan Vitamin E ke dalam pengencer kuning telur Tris pada konsentrasi 60 dan 120 μM telah terbukti meningkatkan integritas membran plasma, mitokondria, serta parameter kinematik sperma pada domba jantan, ayam jantan, dan sapi jantan setelah proses kriopreservasi (Sartika *et al.*, 2022) Vitamin C memiliki peran yang signifikan sebagai antioksidan utama dalam semen. Penelitian telah menunjukkan bahwa konsentrasi 0,9 mg/mL Vitamin C dapat meningkatkan daya tahan dan kualitas sperma dingin dalam semen domba Awassi yang disimpan pada suhu 5°C (Azawi and Hussein, 2013).

e. Pengencer Komersial

Beberapa produk pengencer komersial digunakan untuk melarutkan dan mengawetkan semen selama proses pendinginan dan krioproteksi. Andromed® (Minitube GmbH, Jerman) merupakan pengencer tanpa bahan kuning telur yang saat ini digunakan di beberapa balai inseminasi buatan di Indonesia. Selain pada sapi, pengencer ini juga dapat digunakan pada ternak ruminansia lainnya. Keunggulan pengencer ini adalah keamanan biologis yang optimal terjamin karena tidak ada bahan yang berasal dari hewan, memberikan hasil pembekuan yang konsisten dan optimal, serta tingkat kesuburan yang tinggi, bahkan dengan berbagai perbandingan pengenceran.

3.3 Penyimpanan Semen Cair

Saat ini, sebagian besar perusahaan IB di seluruh dunia mengemas dan memasarkan semen beku dalam bentuk *straw* yang tersedia dalam dua ukuran: *straw* mini (0,25 ml) dan *straw* sedang (0,5 ml). *Straw* berisi semen yang telah disegel dapat dibekukan menggunakan metode pembekuan tradisional atau dengan freezer yang dapat diprogram secara komputer.

- 1) Dalam metode pembekuan, *straw* ditempatkan pada rak dan ditahan secara horizontal 4 cm di atas permukaan nitrogen cair selama 10 menit, kemudian dimasukkan ke dalam nitrogen cair. Tersedia rak pembekuan terapung khusus yang mengapung selama sekitar 20 menit sebelum secara otomatis menurunkan *straw* ke dalam nitrogen cair.
- 2) Freezer terprogram yang dikendalikan komputer memiliki komponen berikut: ruang pembekuan, komputer dengan layar, dan sumber nitrogen cair

Sebelum *straw* dimasukkan ke dalam ruang pembekuan, freezer harus dijalankan pada suhu ruang, yaitu sekitar 4°C. *Straw* disusun di rak dan ditempatkan di dalam ruang pembekuan. Komputer mengontrol suhu di dalam ruang dan di dalam *straw*, secara bertahap menurunkannya dari 4°C ke suhu terendah yang dipilih (misalnya, -140°C) pada kecepatan tertentu per menit. Freezer yang terkomputerisasi menawarkan pilihan program pembekuan yang tak terbatas, dengan kecepatan pembekuan berkisar dari +0,01 hingga 60°C/menit, dengan akurasi 0,01°C, dan suhu berkisar antara 40°C hingga -180°C. Setelah tahap pembekuan selesai, *straw* dipindahkan ke dalam tangki nitrogen cair untuk tujuan penyimpanan, distribusi, dan pemasaran (suhu -196°C).

DAFTAR PUSTAKA

- Adikara, Y., Wurlina, W., Mulyati, S., Susilowati, S., Restiadi, T., Mustofa, I. & Safitri, E. 2023. Calliandra honey and nutritional deficiency influence to spermatozoa motility and viability in *Rattus norvegicus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1271.
- Aires, V., Hinsch, K., Mueller-Schloesser, F., Bogner, K., Mueller-Schloesser, S. & Hinsch, E. 2003. In vitro and in vivo comparison of egg yolk-based and soybean lecithin-based extenders for cryopreservation of bovine semen. *Theriogenology*, 60 2, 269-279.
- Anand, M. 2018. Effect of Dilution and Sperm Concentration on Post Thaw Semen Quality in Barbari Buck. *Journal of Animal Research*.
- Arifiantini, R. I. 2012. *Koleksi dan evaluasi semen pada hewan*, Bogor, PT. Penerbit IPB Press.
- Azawi, O. I. & Hussein, E. K. 2013. Effect of vitamins C or E supplementation to Tris diluent on the semen quality of Awassi rams preserved at 5 °C. *Vet Res Forum*, 4, 157-60.
- Baracaldo, M. I., Barth, a. D. & Bertrand, W. 2007. Steps for Freezing Bovine Semen : From Semen Collection to the Liquid Nitrogen Tank. In: REVAH, I. (ed.) *Reviews in Veterinary Medicine*. International veterinary international service.
- Becerro-Rey, L., Martín-Cano, F., Silva-Rodríguez, A., Ortega-Ferrusola, C., Da Silva-Álvarez, E., Ortiz-Placín, C., Tapia, J. A., Gil, M. & Peña, F. 2025. Stallion spermatozoa express LDH isoforms A, B, and C, with LDHC playing a crucial role in sustaining sperm viability. *Reproduction (Cambridge, England)*, 170.

- Bergeron, A., Brindle, Y., Blondin, P. & Manjunath, P. 2007. Milk Caseins Decrease the Binding of the Major Bovine Seminal Plasma Proteins to Sperm and Prevent Lipid Loss from the Sperm Membrane During Sperm Storage. *Theriogenology*, 68, 120-126.
- Bilyaro, W., Rafian, T., Azis, A. R. & Dani, M. 2024. Upaya Meningkatkan Produksi Sapi Potong melalui Penerapan Genetika. *Journal of Agriculture and Animal Science*, 4, 84-89.
- Campbell, J. R., Kenealy, M. D., Campbell, K. L. & Campbell, J. R. 2003. *Animal sciences : the biology, care, and production of domestic animals*, McGraw-Hill.
- Chaudhary, J., Solanki, G., Vijyeta, H., Gamit, P. & Murthy, K. 2019. Sexual Behavior and its Relationship with Semen Quality Parameters in Jaffrabadi Breeding Bulls. *THE INDIAN JOURNAL OF VETERINARY SCIENCES AND BIOTECHNOLOGY*.
- Chelucci, S., Pasciu, V., Succu, S., Addis, D., Leoni, G., Manca, M., Naitana, S. & Berlinguer, F. 2015. Soybean lecithin-based extender preserves spermatozoa membrane integrity and fertilizing potential during goat semen cryopreservation. *Theriogenology*, 83 6, 1064-1074.
- Chowdhury, S., Das, S., Gupta, T., Sana, D. & Bose, S. 2014. Evaluation of frozen semen by acrosomal integrity and sperm concentration –Two vital quality parameters of male fertility in bovines. *Exploratory Animal and Medical Research*, 4, 101-107.
- Di Iorio, M., Lauriola, F., Rusco, G., Antenucci, E., Schiavitto, M. & Iaffaldano, N. 2023. Cryopreserving Rabbit Semen: Impact of Varying Sperm Concentrations on Quality and the Standardization of Protocol. *Veterinary Sciences*, 11.
- Dumont, P. 2002. Adjusting the number of spermatozoa in mini-straws by determination of the operative volume of bovine semen. *Theriogenology*, 57 6, 1743-1754.

- Erenpreisa, J., Erenpreiss, J., Freivalds, T., Slaidina, M., Krampe, R., Butikova, J., Ivanov, A. & Pjanova, D. 2003. Toluidine blue test for sperm DNA integrity and elaboration of image cytometry algorithm. *Cytometry Part A*, 52A, 19-27.
- Feradis 2010. *Bioteknologi Reproduksi Ternak*, Bandung, Alfabeta.
- Garner, D. L. & Hafez, E. S. E. 2000. Spermatozoa and Seminal Plasma.
- Hafez, B. & Hafez, E. S. E. 2000. Reproduction in farm animals.
- Hafez, E. S. E. 2000. Preservation and Cryopreservation of Gametes and Embryos. *In*: HAFEZ, B. & HAFEZ, E. S. E. (eds.). Lippincott Williams and Wilkins.
- Hasbi, H., Dagong, M. I. A., Zulkharnain, Z., Baba, S., Sonjaya, H., Baco, S., Gustina, S., Maulana, T., Gunawan, M., Agung, P. P., Herlina, N., Yanthi, N. D., Kaiin, E. M. & Said, S. 2023. Comparison of fresh and cryopreserved semen quality of polled and horned Bali bulls. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 13, 33-41.
- Hernández-Avilés, C., Ramírez-Agámez, L., Love, C., Friedrich, M., Pearson, M., Kelley, D., Beckham, A., Teague, S., Lacaze, K., Brinsko, S. & Varner, D. 2020. The effects of metabolic substrates glucose, pyruvate, and lactate added to a skim milk-based semen extender for cooled storage of stallion sperm. *Theriogenology*, 161, 83-97.
- Islam, M., Apu, A., Hoque, S., Ali, M. Y. & Karmaker, S. 2018. Comparative study on the libido, semen quality and fertility of Brahman cross, Holstein Friesian cross and Red Chittagong breeding bulls. *Bangladesh Journal of Animal Science*.
- Khatimah, K., Yusuf, M., Utami, R., Toleng, A., Masturi, Sahiruddin & Masir, U. 2021. Comparison of chicken-egg yolk and duck-egg yolk in tris-citric acid as extender to maintain the

- quality of post-thawing Bali bull semen. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 788.
- Kusumawati, E. D., Leondro, H., Krisnaningsih, A. T. N., Susilawati, T., Isnaini, N. & Widhad, R. Pengaruh Suhu Dan Lama Simpan Semen Segar Terhadap Motilitas dan Abnormalitas Spermatozoa Kambing Peranakan Etawa (Pe). 2016 2016 Malang. Unikama.ac.id, 409-412.
- Maapola, R., Nephawe, K., Nedambale, T. & Ramukhithi, F. 2023. Evaluation of Japanese Quail Egg-Yolk Extender in Cryopreservation of Cockerel Semen. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*.
- Mappanganro, R. 2020. Produksi Semen Segar (Volume dan Konsentrasi) dan Beku dari Sapi Pejantan dengan Skor Kondisi Tubuh (SKT) yang Berbeda. *Jurnal Ilmu dan Industri Peternakan*, 6, 1-13.
- Mappanganro, R., Sonjaya, H., Baco, S., Hasbi, H. & Gustina, S. 2025. Seminal plasma protein profiles based on molecular weight as biomarkers of sperm fertility in horned and polled Bali bulls. *Veterinary World* 18, 122-132.
- Martin, G., Blache, D., Miller, D. & Vercoe, P. 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 4 7, 1214-1226.
- Masoud, S., Kishta, A., Kandil, O., Fathalla, S., Shawky, S. & Abdoon, A. 2021. Effect of body condition score on the testicular biometrical measures, semen characteristics and testosterone level in jackass. *Reproduction in domestic animals = Zuchthygiene*.
- Mousavi, S. M., Towhidi, A., Zhendi, M., Mohammadi-Sangcheshmeh, A., Amou-Abediny, G., Moradi, M. & Kastelic, J. 2023. A soy lecithin nanoparticles-based extender effectively cryopreserves Holstein bull sperm. *Animal reproduction science*, 257, 107326.

- Nikitkina, E., Dementieva, N., Shcherbakov, Y., Krutikova, A., Musidray, A., Pleshanov, N. & Samoylov, O. 2021. 501 Late-Breaking: Search for Genomic Associations with Cryo-resistance of Sperm in Animals. *Journal of Animal Science*.
- Pagl, R., Aurich, J., Müller-Schlösser, F., Kankofer, M. & Aurich, C. 2006. Comparison of an extender containing defined milk protein fractions with a skim milk-based extender for storage of equine semen at 5 degrees C. *Theriogenology*, 66 5, 1115-1122.
- Priyanto, L., Arifiantini, R. I. & Yusuf, T. L. 2015. Detection of DNA damage in fresh and frozen semen of cow spermatozoa using toluidine blue staining. *Jurnal Veteriner*, 16, 48-55.
- Quraini, S. P., Susilowati, S., Restiadi, T. I. & Chusniati, S. 2022. Comparison of different poultry egg yolks-citrate extender with green tea (*Camellia sinensis*) extract addition on Sapudi ram spermatozoa quality in chilled temperature storage. *Ovozoa : Journal of Animal Reproduction*.
- Rehman, H., Alhidary, I., Khan, R., Qureshi, M., Sadique, U., Khan, H. & Yaqoob, S. 2016. Relationship of age, breed and libido with semen traits of cattle bulls. *Pakistan Journal of Zoology*, 48, 1793-1798.
- Ros-Santaella, J., Kotrba, R. & Pintus, E. 2019. High-energy diet enhances spermatogenic function and increases sperm midpiece length in fallow deer (*Dama dama*) yearlings. *Royal Society Open Science*, 6.
- Rotimi, D., Iyobhebhe, M., Oluwayemi, E., Olajide, O., Akinsanola, B., Evbuomwan, I., Asaleye, R. & Ojo, O. 2024. Energy metabolism and spermatogenesis. *Heliyon*, 10.
- Ryu, D., Song, W.-H., Pang, W., Yoon, S.-J., Rahman, M. & Pang, M. 2019. Freezability biomarkers in bull epididymal spermatozoa. *Scientific Reports*, 9.

- Sakkas, D., Seli, E., Bizzaro, D., Tarozzi, N. & Manicardi, G. 2003. Abnormal spermatozoa in the ejaculate: abortive apoptosis and faulty nuclear remodelling during spermatogenesis. *Reproductive biomedicine online*, 7 4, 428-432.
- Salmani, H., Towhidi, A., Zhandi, M., Bahreini, M. & Sharafi, M. 2014. In vitro assessment of soybean lecithin and egg yolk based diluents for cryopreservation of goat semen. *Cryobiology*, 68 2, 276-280.
- Saraswati, N. A., Hermadi, H. A., Suprayogi, T. W., Hernawati, T. & Hestianah, E. P. 2024. Spermatozoa motility and viability of turkey (*Meleagris gallopavo*) semen in egg yolk nanoparticles-phosphate buffered saline extender at 3-5°C storage. *Ovozoa: Journal of Animal Reproduction*.
- 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: Effect of Commercial Addition of Vitamin E to Andromed Diluent on Pre-Freezing Spermatozoa Quality of Simmental Cattle. *Anoa: Journal of Animal Husbandry*, 1, 45-51.
- Sembada, P., Ramadhan, I., Raihan, M. R. F., Mugniawan, A. & Hendrawan, M. R. R. 2021. Performa Produksi dan Reproduksi Sapi Perah di UPTD BPPIP-TSP BUNIKASIH: Production and Reproductive Performance of Daily Cattle at UPTD BPPIP-TSP Bunikasih. *Jurnal Sains Terapan : Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian*, 10, 70-82.
- Situmorang, P. 2002. Pengaruh Kolesterol Terhadap Daya Hidup dan Fertilitas Spermatozoa Sapi. *JITV*, 7, 251-258.
- Skoracka, K., Eder, P., Łykowska-Szuber, L., Dobrowolska, A. & Krela-Kaźmierczak, I. 2020. Diet and Nutritional Factors in

Male (In)fertility—Underestimated Factors. *Journal of Clinical Medicine*, 9.

SNI 2017. *Semen Beku-Part 1: Sapi Jantan*. SNI 4869.1, Jakarta, Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

Susilawati, T. 2011. *Spermatology*, Universitas Brawijaya, Malang.

Susilawati, T., Ratnawati, D., Isnaini, N., Kuswati, K. & Yekti, A. P. 2018. Character of liquid semen motility in various diluents on Balinese cattle during cold storage. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 20, 166-172.

Tiku, B. & Tandil, L. 2014. Pengaruh Laktosa dan Kuning Telur Sebagai Sumber Energi Terhadap Persentase Hidup dan Motilitas Spermatozoa pada Semen Beku Kambing Peranakan Etawa (Pe).

Ye, N., Lv, Z., Dai, H., Huang, Z. & Shi, F. 2020. Dietary alpha-lipoic acid supplementation improves spermatogenesis and semen quality via antioxidant and anti-apoptotic effects in aged breeder roosters. *Theriogenology*, 159, 20-27.

Zhang, L., Wang, X., Jiang, C., Sohail, T., Sun, Y., Sun, X., Wang, J. & Li, Y. 2024. Effect of Different Dilution Methods and Ratios of Ram Semen on Sperm Parameters after Cryopreservation. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 14.

Zhao, J.-Q., Xiao, G.-L., Zhu, W.-L., Fang, D., Li, N., Han, C.-M. & Gao, Q.-H. 2020. Ram semen preserved at 0°C with soybean lecithin Tris-based extender substituted for egg yolk. *Animal Bioscience*, 34, 192-197.

BAB 4

TEKNIK INSEMINASI BUATAN DAN EVALUASI HASIL

Oleh Mawakia Anwar

4.1 Inseminasi Buatan

Perkembangan teknologi Inseminasi Buatan telah membawa revolusi dalam manajemen reproduksi ternak. Pada mulanya Inseminasi Buatan dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan resiko perkawinan alam, termasuk rendahnya efisiensi perkawinan, keterbatasan pejantan unggul, serta potensi penularan penyakit reproduksi. Seiring kemajuan bioteknologi, Inseminasi Buatan kemudian menjadi fondasi dalam program pemuliaan ternak karena mampu mengoptimalkan pemanfaatan pejantan unggul secara luas dan seragam, bahkan lintas wilayah dan negara melalui teknologi semen beku.

Penerapan Inseminasi Buatan memiliki tujuan yang bersifat multidimensional. Secara reproduktif, Inseminasi Buatan meningkatkan efisiensi perkawinan dengan mengatasi hambatan jarak, waktu dan kondisi fisik antara pejantan dan betina. Secara kesehatan, teknologi ini meminimalkan penularan penyakit kelamin yang lazim terjadi pada perkawinan alam. Sedangkan secara genetis, Inseminasi Buatan menjadi instrumen penting dalam percepatan perbaikan mutu ternak, karena satu pejantan unggul yang

telah teruji performa genetiknya dapat membuahi ribuan betina melalui semen yang telah diproses, dibekukan, dan didistribusikan secara terstandarisasi sehingga aman.

Pelaksanaan Inseminasi Buatan tidak hanya melibatkan pemasukan semen ke dalam saluran reproduksi betina, namun mencakup serangkaian tahapan teknis yang harus dilakukan secara tepat. Beberapa langkah penting tersebut meliputi proses *thawing* atau pencairan *straw* semen beku pada suhu dan durasi tertentu, pengecekan kondisi alat dan kebersihan, serta palpasi rektal untuk menentukan posisi serviks dan memastikan jalur inseminasi yang benar. Selain itu, keberhasilan Inseminasi Buatan juga bergantung pada ketepatan deteksi birahi, penanganan semen, sterilisasi alat dan keterampilan inseminator dalam mengendalikan teknik *rectovaginal* selama proses deposisi semen .

Bab ini akan membahas secara kompehesif prinsip dan teknik pelaksanaan Inseminasi Buatan serta metode evaluasi keberhasilannya. Pemahaman terhadap kedua aspek tersebut sangat penting untuk memastikan pencapaian indikator reproduksi utama seperti *conception rate* (CR), *service per conception* (S/C) dan *non-returt rate* (NRR). Melalui penguasaan teknik IB yang benar, termasuk tahapan teknis seperti *thawing*, persiapan alat, hingga palpasi rektal, serta didukung evaluasi hasil yang akurat, program reproduksi diharapkan mampu mencapai efisiensi maksimal serta mempercepat peningkatan mutu genetik ternak nasional.

4.2 Persiapan Teknis Inseminasi Buatan

Keberhasilan Inseminasi Buatan sangat bergantung pada persiapan teknis yang matang dan terencana. Persiapan ini mencakup tiga komponen utama yang saling berkaitan yaitu persiapan semen, peralatan dan ternak betina. Masing-masing komponen memerlukan perhatian khusus dan pelaksanaan

yang presisi, karena kesalahan dalam salah satu tahap saja dapat menurunkan keberhasilan Inseminasi Buatan secara signifikan.

4.2.1 Persiapan Semen

Proses persiapan semen beku merupakan tahap kritis yang menentukan viabilitas spermatozoa. Tahapan ini dimulai dengan pengambilan *straw* dari tangka nitrogen yang harus dilakukan dengan cepat dan tepat. *Straw* diambil menggunakan pinset/penjepit karena pengambilan menggunakan tangan kosong tanpa alat dapat melukai dan dikhawatirkan dapat mencemari kondisi penyimpanan. *Straw* tidak boleh berada diluar nitrogen cair lebih dari 3-5 detik sebelum proses *thawing* dimulai.

Proses *thawing* (pencairan) dilakukan dengan merendam *straw* dalam *water bath* yang terkontrol pada suhu berkisar 35-37°C selama 30-45 detik. Penggunaan *thermometer* disarankan penggunaannya untuk memastikan akurasi suhu. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan kualitas semen dalam *straw* sehingga tidak berdampak pada keberhasilan inseminasi buatan. Setelah melakukan *thawing* kemudian *straw* dikeringkan dengan tisu atau kain lap yang bersih dan dipotong ujungnya dengan steril. Perlu diperhatikan bahwa semen harus segera digunakan dalam hitungan detik hingga pelaksanaan deposisinya guna mempertahankan motilitas sperma yang optimal.

Control kualitas pasca-*thawing* dapat dilakukan dengan mengecek motilitas spermatozoa secara mikroskopis. Semen dengan motilitas dibawah 40% sudah tidak digunakan lagi untuk pelaksanaan Inseminasi Buatan.

4.2.2 Persiapan Peralatan

Melakukan persiapan peralatan menjadi sangat penting sehingga tidak boleh ada yang terlewat sama sekali. Perlu diingat bahwa penyiapan peralatan inseminasi membutuhkan perhatian khusus baik dari sisi sterilitas alat juga kelengkapan alat yang disiapkan. Peralatan yang perlu disiapkan meliputi *gun* inseminasi, *plastic sheath*, *gun cover*, *hand glove*, gunting steril. Masing-masing peralatan tersebut memiliki fungsi yang penting dalam pelaksanaan inseminasi buatan sehingga perlu diperhatikan kondisinya.

Gun Inseminasi merupakan alat inti dalam pelaksanaan inseminasi buatan. *Gun* inseminasi terbuat dari *stainless steel* agar mudah dibersihkan dan tidak mudah terjadi korosi. Kinerja *Gun* inseminasi harus maksimal sehingga perlu diperhatikan bahwa *gun* inseminasi tidak boleh bengkok, tersumbat apalagi kotor agar tidak terkontaminasi. Terdapat dua ukuran pada *gun* inseminasi berdasarkan fungsinya yaitu ± 55 cm untuk sapi dan ± 35 cm untuk kambing. Hal ini mempertimbangkan ukuran organ reproduksi masing-masing ternak.



Gambar 4. 1 *Gun* inseminasi



Gambar 4. 2 *Plastic Sheat*

Plastic sheath terbuat dari *polietilen* (PE) karena bahan ini dikenal ringan, fleksibel, non toksik, lebih rigit dan ekonomis. Perlu diingat bahwa *plastic sheath* harus dalam keadaan halus (tidak ada bagian yang tajam) dan baru sehingga bisa dipastikan kondisinya steril, hal ini dikarenakan permukaan *plastic sheath* merupakan bagian yang akan banyak melakukan kontak secara fisik dengan organ reproduksi betina sehingga tidak terjadi resiko melukai organ reproduksi.



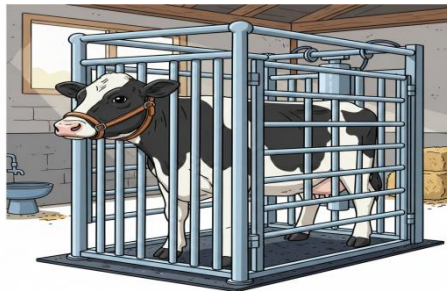
Gambar 4. 3 *Hand glove*

Hand glove yang terbuat dari plastik dengan ukuran ± 90 cm. Berfungsi untuk melapisi bagian tangan yang akan melakukan palpasi rektal agar tidak banyak terjadi kontaminasi dan memudahkan tangan melakukan palpasi rektal juga menghindari melukai bagian usus besar betina saat melakukan palpasi rektal. Peralatan-

peralatan ini merupakan peralatan pokok dalam pelaksanaan inseminasi buatan.

Adapun peralatan pendukung dalam pelaksanaan inseminasi buatan seperti *gun cover* yang dibutuhkan untuk melapisi *gun* inseminasi agar tidak terjadi kontaminasi sehingga sterilitas *gun* inseminasi selalu terjaga terutama selama perjalanan. Tidak lupa gunting yang steril untuk memotong ujung *straw* setelah pelaksanaan *thawing* dan jangan lupa untuk mengeringkan *straw* sebelum dipotong. Yang tak kalah penting lainnya yaitu *thermos* berisikan nitrogen sebagai tempat penyimpanan *straw* selama perjalanan menuju kandang peternak yang berfungsi untuk menyimpan dan memastikan kualitas *straw*.

4.2.3 Persiapan Ternak Betina



Gambar 4. 4 *Gun Kandang*

Ternak betina yang akan dikawinkan dengan menggunakan teknologi inseminasi buatan disebut akseptor. Akseptor perlu di siapkan dan dipikirkan kenyamanannya agar untuk menghindari akseptor stres sehingga tidak mengganggu probabilitas keberhasilan inseminasi buatan. Dalam mendukung pelaksanaan inseminasi buatan sebaiknya gunakan kandang jepit agar akseptor tidak banyak gerak karena

hal ini dapat memudahkan inseminator dalam pelaksanaan inseminasi buatan. Sebelumnya perlu dipastikan bahwa ternak betina siap menjadi akseptor dengan dilaksanakan pendeteksian birahi terlebih dahulu. Karena pendeteksian birahi menjadi pokok dalam persiapan pelaksanaan inseminasi buatan dan keberhasilannya.

Adapun indikator pendeteksian birahi yang dapat dilakukan oleh peternak meliputi mengamati vulva pada bagian labia mayora apakah terdapat perubahan seperti warna berubah kemerahan, suhu pada vulva meningkat dan ukurannya yang lebih membengkak. Hal ini yang sering kita sebutkan sebagai ciri birahi 3A atau abang, aboh, anget. Indikator lain muncul pada tingkah laku ternak yang menunjukkan kegelisahan dan penurunan nafsu makan. Keluarnya lendir pada bagian vulva memperkuat adanya indikator birahi atau minta kawin, hal ini biasanya disebut *dalan* bahasa jawa. Beberapa hal tersebut dapat dilakukan oleh peternak sebelum kemudian menghubungi inseminator dan dipastikan dengan mendeteksi adanya reaksi pelebaran pada bagian serviks sebagai indikator final adanya estrus atau birahi.

Indikator-indikator tersebut biasa dikenali peternak sebagai indikator A B C D E atau Abang Aboh Anget, Bengak-bengok, Clingkrak-clingkrik, Dlewer dan Estrus. Dengan pendeteksian yang tepat kita dapat meningkatkan peluang keberhasilan inseminasi buatan secara maksimal. Ketepatan pendeteksian birahi juga dapat memastikan fase estrus yang sedang terjadi sehingga dapat dipastikan waktu pelaksanaan inseminasi buatan sudah tepat. Tidak hanya itu, ketika dapat memastikan fase estrus saat pelaksanaan inseminasi kita dapat meningkatkan probabilitas *sexing* sperma secara bioteknologi yaitu dengan memastikan kondisi pH dalam serviks mengingat kromosom Y memiliki ciri yang agresif

namun sensitif dalam keadaan asam yang memungkinkan mempermaikan waktu, fase dan lokasi deposisi semen agar kita dapat meningkatkan probabilitas jenis kelamin pedet yang diinginkan.

4.3 Pelaksanaan Inseminasi Buatan

Dalam pelaksanaan inseminasi buatan terdapat beberapa tahapan yang dilakukan seperti *thawing*, persiapan *gun* inseminasi buatan, pelaksanaan palpasi rektal dan deposisi semen. Setiap tahapan-tahapan ini harus dilakukan dengan presisi agar dapat memperoleh keberhasilan yang tinggi. Berikut tahapan pelaksanaan inseminasi buatan yang dilakukan di kandang.



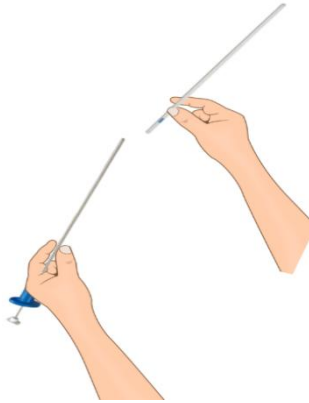
Gambar 4. 5 *Gun* Kandang
Sumber : (Susilawati, 2013)

4.3.1 Pelaksanaan *Thawing*

Pelaksanaan *thawing* diawali dengan mengeluarkan *straw* dari dalam nitrogen cair bersuhu -196°C atau -321°C pada tekanan atmosfer normal. Penyimpanan *straw* dalam nitrogen cair berfungsi untuk mempertahankan kualitas sperma atau menghindari kerusakan atau kematian sperma. *Straw* menyimpan sperma sebanyak 12 juta hingga 25 juta sel sperma yang dianggap cukup untuk mencapai keberhasilan kebuntingan setelah melalui berbagai macam alur seperti pembuatan di Balai Inseminasi Buatan kemudian ditransportasikan ke Dinas Peternakan masing-masing wilayah, didistribusikan pada inseminator dan berakhir dikandang saat diinseminasikan pada akseptor. Ada banyak kemungkinan kematian atau abnormalitas pada sel sperma pada *straw*.

Perlu diingat bahwa tujuan pelaksanaan *thawing* yaitu menjaga integritas dan viabilitas sel sperma melalui proses secara hati-hati dan perlahan untuk menghindari kematian dan abnormalitas akibat perubahan suhu yang drastis. Melakukan *thawing* dengan suhu dan waktu yang tepat yaitu dengan menggunakan air bersuhu $36-38^{\circ}\text{C}$ dengan durasi 40-60 detik. Penting diingat bahwa *straw* yang telah di *thawing* harus langsung digunakan atau di deposisikan agar memperoleh tingkat keberhasilan yang tinggi. Hal terakhir pada tahapan ini yaitu memasukkan *straw* pada *gun* inseminasi dan gunting ujung sisi paling luar dan semen siap dideposisikan.

4.3.2 Persiapan Gun Inseminasi Buatan



Gambar 4. 6Pemasangan *Plastic Sheat*

Selagi menunggu tahapan *thawing* selesai sebaiknya dilakukan persiapan *gun* agar pelaksanaan inseminasi buatan dapat dilakukan dengan sesegera mungkin untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Sebelum digunakan *gun* inseminasi dilakukan pembersihan menggunakan alkohol minimal 70% agar steril sebelum digunakan. Setelah proses *thawing* selesai *straw* yang telah dicairkan/dihidupkan diletakkan pada bagian ujung kemudian ditutup/dilapisi dengan *plastic sheath*.

Tujuan dari penggunaan *plastic sheath* yaitu untuk melindungi *gun* inseminasi sehingga dapat mencegah cedera pada bagian organ reproduksi betina. Penggunaan *plastci sheath* juga berfungsi untuk memastikan proses pemasukan semen berjalan dengan lancar, menjaga kebersihan *gun* inseminasi dan agar *gun* inseminasi mulus masuk ke dalam saluran saluran reproduksi betina.

4.3.1 Palpasi Rektal

Palpasi rektal dilakukan setelah melakukan persiapan *gun* inseminasi. Dalam pelaksanaan palpasi rektal harus menggunakan *hand glove* agar dapat melindungi inseminator dari penularan penyakit yang timbul dari kotoran ternak/menghindari penularan penyakit yang mungkin muncul pada kotoran ternak khususnya yang bersifat zoonosis. *Hand glove* inseminasi terbuat dari plastik berwarna merah pada umumnya yang berukuran 90 cm. Tujuan dilakukan palpasi rektal saat pelaksanaan inseminasi rektal berfungsi untuk memposisikan organ reproduksi betina khususnya serviks dan vagina agar *gun* inseminasi dapat melalui vagina dengan mudah hingga tiba dibagian serviks. Penting untuk diingat saat memasukkan *gun* inseminasi sebaiknya tetap lurus horisontal dan tangan kiri yang sedang melakukan palpasi rektal memastikan organnya lurus tidak menyumbat *gun* inseminasi mencapai serviks.

4.3.1 Deposisi Semen

Ketika *gun* inseminasi telah masuk ke dalam organ reproduksi betina, inseminator memastikan bahwa ujung *gun* inseminasi telah tiba diposisi deposisi yang diinginkan yaitu uterus. Deposisi semen dilakukan dibagian uterus agar pelaksanaan inseminasi buatan menjadi lebih efektif dan efisien. Adapun manfaat pendeposisian semen dilakukan diuterus karena :

1. Memperpendek jarak tempuh spermatozoa

Dengan pendeposisian semen dilakukan dibagian uterus sperma tidak perlu melewati bagian serviks dengan konsisi *barrier* fisiologis yang ketat. Dengan begitu penempatan sperma lebih dekat dengan bagian tubafalopi sebagai tempat fertilisasi (pertemuan sel gamet jantan dan betina).

2. Mengurangi jumlah kehilangan sperma

Lendir yang dihasilkan oleh serviks banyak menjebak sperma yang melewatinya. Sehingga jumlah sel gametnya berkurang karena banyak yang terjebak dan mati di serviks. Sehingga lebih baik ditempatkan langsung dibagian yang lebih efektif.

3. Volum semen pada *straw* lebih sedikit dari kawin alami

Jumlah sperma pada *straw* jumlahnya terukur dan jauh lebih sedikit dibandingkan kawin alami. Sehingga agar efektif sperma perlu ditempatkan diposisi yang lebih efisien.

4. Kondisi lingkungan di uterus lebih aman bagi sperma

Kontraksi yang terjadi di uterus mempermudah gerak sperma untuk menuju ke tubafalopi sehingga secara transportasi sperma jadi lebih efisien.

4.3.1 Recording

Langkah terakhir pada pelaksanaan inseminasi buatan yaitu *recording*. Dimana tahapan pencatatan ini bertujuan agar semua data tersimpan rapi dan dapat ditelusuri kembali. Peternak sebagai manusia memiliki batas kemampuan dalam mengingat, sehingga *recording* tidak hanya sekedar catatan namun alat yang sangat bisa memudahkan peternak dalam mengingat. Adapun hal-hal yang perlu dicatat meliputi :

1. Identitas Hewan

Recording identitas ternak sangat penting agar setiap ternak dapat dikenali secara individu sehingga tidak beresiko tertukar. *Reording* identitas juga dapat memudahkan memahami riwayat hewan seperti dari segi kesehatan, pakan, reproduksi dan produksi. Identitas juga menjadi sangat penting

karena dalam kegiatan seleksi dan pemuliaan *recording* identitas menjadi penanda.

2. Reproduksi

Recording reproduksi dilakukan guna menghindari masalah reproduksi, evaluasi keberhasilan program perkawinan dan membantu mendeteksi pola abnormalitas, menentukan waktu yang tepat untuk inseminasi, kawin atau tindakan lain, mendukung efisiensi ekonomi.

3. Produksi ternak

Recording untuk produksi ternak menjadi sangat penting karena dapat menilai performa produksi atau menentukan nilai ekonominya, sebagai dasar seleksi pemuliaan, menghubungkan produksi dengan kesehatan dan manajemen, juga mengoptimalkan pakan dan biaya pemeliharaan

4.4 Teknik Inseminasi Buatan Berbagai Ternak

Inseminasi Buatan merupakan salah satu teknologi reproduksi yang paling luas digunakan dalam industri peternakan modern. Penerapan teknik inseminasi buatan pada setiap spesies ternak tidak sama mengingat anatomi dan fisiologi reproduksi pada masing-masing spesies berbeda. Sehingga perlu dipelajari karakteristik dari masing-masing spesies sehingga proses inseminasi dapat dipastikan berjalan dengan efektif dan memberi hasil yang optimal. Menjamin keamanan dan kenyamanan pada ternak juga menjadi pertimbangan perlunya memahami teknik inseminasi buatan pada masing-masing spesies. Hal lain yaitu inseminator dapat memastikan penggunaan semen yang optimal karena dapat memastikan bahwa tidak ada sperma yang terbuang.

4.4.1 Sapi – Teknik Recto Vaginal



Gambar 4. 7 Teknik Recto Vaginal

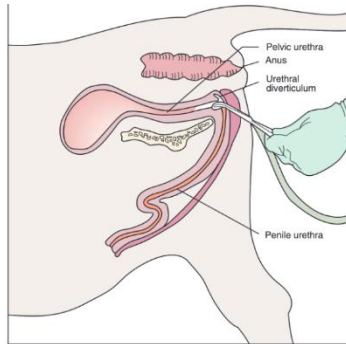
Sumber : (Afiati, Herdis and Said, 2022)

Pada sapi teknik recto vaginal digunakan karena ukuran tubuh yang besar dan struktur serviks yang berlipat sehingga membutuhkan stabilisasi dari rektum. Teknik recto vaginal merupakan kegiatan saat memasukkan tangan ke dalam rektum untuk memegang dan menstabilkan serviks dengan tangan dari atas. Teknik ini digunakan karena serviks sapi memiliki lipatan annular yang cukup panjang dan berlekuk sehingga membutuhkan stabilisasi agar *gun* inseminasi dapat masuk sengan tepat dan akurat. Selain itu juga didukung oleh tubuh ternak yang besar sehingga tangan dapat memasuki rektum untuk memandu posisi serviks. Kelebihan dari metode ini adalah tingginya akurasi keberhasilan karena adanya rangsangan secara langsung pada bagian serviks.

4.4.2 Kerbau – Modifikasi Teknik dan Tantangan

Pada kerbau teknik yang sama dengan sapi diterapkan dengan beberapa modifikasi, mengingat serviks yang lebih lebih keras serta tanda birahi yang lebih sulit sehingga proses inseminasi memiliki tantangan sendiri. Modifikasi yang dilakukan yaitu seperti penggunaan pelumas yang lebih banyak karena ukuran vagina pada kerbau lebih panjang. Tekanan pada serviks dilakukan dengan lebih hati-hati karena

serviks yang lebih keras, sempit dan berkelok sehingga membutuhkan lebih banyak pelumas dibandingkan sapi. Serta waktu pelaksanaan inseminasi buatan kurang tepat sehingga pemeriksaan mengandalkan pemeriksaan secara hormonal atau tanda subtile karena lemahnya respon estrus sehingga lebih banyak kerbaru yang menunjukkan *silent heat*.



Gambar 4. 8 Laparoscopic

Sumber : (Cox, 2024)

4.4.3 Kambing/Domba – Teknik untuk Ternak Kecil

Pada kambing dan domba tidak memungkinkan penggunaan teknik recto-vaginal sehingga inseminasi dilakukan melalui metode cervical atau laparoscopic. Karena menyesuaikan dengan ukuran tubuh dan struktur serviks yang sangat berlekuk. Untuk teknik inseminasi buatan pada kambing

dan domba yaitu cervical dilakukan deposisi semen tidak pada bagian uterus melainkan pada bagian serviks mengingat bentuk serviks berlekuk sangat kompleks. Sedangkan teknik laparoscopic yang sangat umum terjadi di domba semen dideposisikan langsung ke ujung cornu uteri dengan menggunakan semen beku dikarenakan tingkat keberhasilannya menjadi sangat tinggi. Perbedaan pada kambing/domba sebagai ruminansia

kecil yaitu memiliki cincin "*S-shaped*" yang sulit ditembus *gun* inseminasi.

4.4.4 Babi – Cervical AI dan Deep Cervical AI

Pada babi pendekatan yang digunakan justru sangat khas dimana teknik cervical dan *deep cervical* yang memanfaatkan bentuk serviks babi yang spiral dan secara alami dapat mengunci *gun* inseminasi. Pada teknik inseminasi babi, *gun* inseminasi yang digunakan berbentuk spiral. Hal ini dikarenakan *gun* inseminasi spiral akan dikunci pada serviks/tidak menembus serviks sedangkan semen masuk dikarenakan adanya kontraksi uterus. Dengan bentuk serviks yang berbeda dari spesies lainnya memiliki beberapa keunggulan seperti lebih mudah karena respon uteri membantu menghisap semen dan tidak perlu melakukan pemegangan serviks dari rektum.



Gambar 4. 9 *Gun* Inseminasi Babi

4.4.5 Unggas (Ayam/Itik) – Teknik yang Berbeda

Pada unggas seperti ayam dan itik menggunakan teknik inseminasi buatan melalui eversi kloaka dan deposisi semen ke saluran tubafalopi. Mengingat burung tidak memiliki struktur serviks seperti mamalia dan volume semen yang digunakan sangat kecil. Keuntungan melakukan inseminasi buatan pada unggas seperti :

1. Kemampuan unggas betina meningkat dalam menghasilkan telur fertil
2. Perdagangan DOC dan bibit unggu menjadi lebih cepat
3. Memperoleh keunggulan produktivitas
4. Meningkatkan jumlah pejantan unggul dengan kualitas produksi yang juga unggul (Afiati, Herdis and Said, 2022)

Adapun tahapan inseminasi buatan pada unggas yang perlu dilakukan dan diperhatikan sebagai berikut:

1. Siapkan unggas betina dengan memegang erat paha dengan satu tangan
2. Keluarkan vulva dengan cara menekan abdomen atau bagian perut unggas dengan jari dan telapak tangan sedangkan ibujari menekan diatas kloaka. Vulva unggas berada pada sisi kiri sedangkan sisikanan merupakan rektum
3. Masukkan semen dengan menggunakan spuit tuberkulum setelah saluran telur terlihat deposisikan semen sedalam 3 cm dari vulva.
4. Setelah pendeposisian semen, mulai longgarkan tekanan abdominal agar semen tidak keluar kembali.



Gambar 4. 10 Inseminasi Buatan pada Ayam
Sumber : (Kab. Gresik, 2025)

4.5 Teknik Sexing Pada Inseminasi Buatan

Sexing saat ini sedang sangat diminati dimana beberapa peternak secara khusus menginginkan jenis kelamin calon pedetnya sesuai dengan keinginannya. Selain karena faktor keinginan, faktor harga menjadi salah satu pertimbangannya dimana peternak *breeding* lebih fokus menginginkan calon anaknya betina, sedangkan peternakan *fatening* lebih menginginkan jenis kelamin jantan (Anwar *et al.*, 2023). Hal ini banyak memicu peneliti melakukan teknik sexing untuk mendapatkan yang diinginkan. Saat ini yang teknik sexing yang telah diterapkan yaitu teknik sexing dalam laboratorium dan dalam organ reproduksi.

Teknik sexing dalam laboratorium dilakukan dengan memisahkan spermatozoa kromosom X dan kromosom Y pada saat pembuatan *straw* dalam menunjang pelaksanaan inseminasi buatan. Hal ini yang memicu peternak lebih memilih melakukan perkawinan buatan dibandingkan alami, karena terdapat probabilitas jenis kelamin calon anaknya bisa ditentukan. Saat ini telah di pasarkah *straw* dengan kromosom tertentu untuk menunjang minat peternak. Namun dari segi harga *straw* sexing memiliki harga lebih mahal hingga

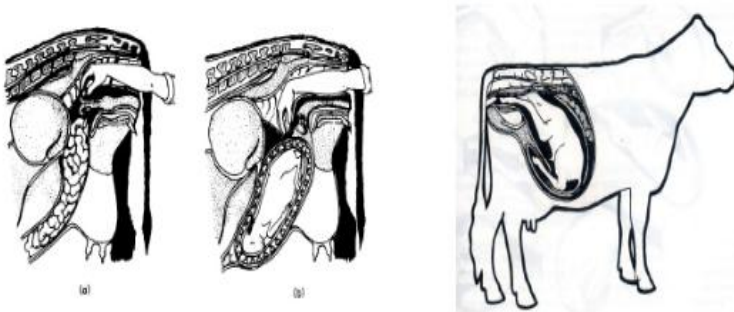
mencapai >5 kali lipat dari harga *straw* biasa. Karena peternak merasa diuntungkan dengan menggunakan *straw* sexing ini sehingga hingga saat ini teknik ini masih sangat diminati.

Teknik yang dilakukan secara sederhana oleh inseminator yaitu dengan bergantung pada lokasi pendeposisian semen. Dimana semen yang dideposisikan pada posisi vagina hingga serviks cincin 2 cenderung menghasilkan pedet betina. Sebaliknya semen yang dideposisikan pada cincin >2 hingga uterus menunjukkan hasil dominan anakan berjenis kelamin jantan. Hal ini diakibatkan adanya perbedaan keadaan lingkungan pada masing-masing posisi. Semakin ke dalam tingkat keasaman semakin menurun (mendekati normal). Mengingat sifat kromosom Y yang hiperaktif menyebabkan kromosom Y lebih mudah kelelahan dan kehabisan energi terutama dalam keadaan asam, sehingga bila semen dideposisikan pada lokasi yang asam maka kemungkinan besar jenis kelamin fetus adalah betina dan begitu sebaliknya (Anwar *et al.*, 2016).

4.6 Evaluasi Hasil Inseminasi Buatan

Hasil evaluasi pelaksanaan inseminasi buatan adalah kebuntingan sehingga perlu dilakukan pendeteksian kebuntingan untuk memperoleh hasilnya. Ketepatan pendeteksian kebuntingan merupakan hal yang sangat penting dalam keberhasilan peternakan *breeding* (Susilawati *et al.*, 2022). Pemeriksaan kebuntingan sebaiknya dilakukan sedini mungkin untuk memperoleh keuntungan lebih bagi peternak. Pendeteksian kebuntingan sejak dini sangat dibutuhkan oleh peternak mengingat pendeteksian kebuntingan sedini mungkin dapat meningkatkan efisiensi reproduksi dan memperpendek *calving interval*. Terdapat beberapa teknik dalam pendeteksian hasil inseminasi buatan seperti:

4.5.1 Palpasi Rektal



Gambar 4. 11 Pendeteksian Kebuntingan dengan Palpasi Rektal

Sumber : (Dinas Pertanian, 2025)

Pendeteksian kebuntingan menggunakan teknik palpasi rektal merupakan pendeteksian yang paling umum digunakan didunia peternakan. Selain karena cepat, lebih banyak ahlinya, harganya juga lebih terjangkau dibandingkan melakukan pendeteksian kebuntingan dengan menggunakan teknologi USG. Pelaksanaan pendeteksian kebuntingan dengan palpasi rektal disarankan dilaksanakan > 60 hari untuk menghindari resiko kematian embrio dini.

Metode diagnosis yang menggunakan tangan kosong sebagai alat pendeteksi yang dimasukkan dalam rektum dan mendeteksi adanya perubahan pada organ reproduksi sapi terutama bagian uterus. Secara spesifik saat palpasi tangan mencari bagian membran slip yang terasa seperti selaput tipis diantara jari dengan uterus, kantung amnion yang terasa seperti balon kecil berisi cairan, plasenta yang terasa seperti tombol yang menjadi khas dikebuntingan 3-5 bulan dan yang terakhir yaitu fetus yang dapat dirapa pada umur 307 bulan.

4.5.2 Ultrasonografi

Pendeteksian menggunakan Ultrasonografi (USG) termasuk hal yang tidak sering dilakukan. Hal ini terjadi karena keterbatasan alat dan tenaga ahli dilapangan. Pendeteksian kebuntingan menggunakan USG dapat dilakukan pada usia sedini mungkin yaitu 26 hari, namun pelaksanaan pendeteksian menggunakan USG diumur muda perlu Kehati-hatian yang tinggi mengingat tingginya resiko kematian embrio dini (Susilawati *et al.*, 2022). Pendeteksian menggunakan USG membutuhkan tenaga ahli yang masih jarang tersedia di lapangan terutama di Indonesia sendiri. Biaya yang mahal dan kurangnya tenaga ahli menjadi alasan pendeteksian menggunakan USG jarang dilakukan.



Gambar 4. 12 a) Tidak Bunting b) Bunting >15 Hari Setelah IB

Sumber : (Frastantie, Agil and Ita Tumbelaka, 2019)

Perlu keahian dalam menerjemahkan gambar USG karena tidak mudah pembacaannya. Pada sapi biasa menggunakan *probe* rektal dibandingkan *probe* abdomen. Karena sapi memiliki ketebalan yang kurang jelas ditembus oleh USG sehingga hasil resonansi kurang jelas. Sedangkan menggunakan *probe* rektal menjadi solusi karena berhasil mendapatkan hasil resonansi dari lapisan yang paling tipis sehingga hasilnya menjadi jelas dan meningkatkan akurasi ketepatannya. Warna abu-abu

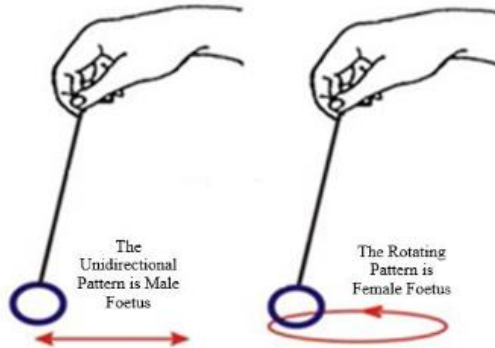
yang muncul pada hasil USG menunjukkan adanya lapisan tebal dan warna hitam menunjukkan tidak adanya gelombang *ultrasound* yang teresonansikan atau dapat dianggap terdapat ruang kosong berisi cairan yang disebut amnion.

4.5.3 Pleret Puting

Metode pendeteksian kebuntingan yang paling murah dan simpel. Namun pendeteksian dengan metode pleret puting baru bisa dilaksanakan setelah dilakukan kering kandang. Karena bila tidak dilaksanakan kering kandang saat puting dipleret susu akan keluar berwarna putih sehingga tidak dapat dideteksi bunting atau tidaknya. Pada kebuntingan awal metode pleret puting mengeluarkan cairan berwarna putih namun mulai mengental dan lengket yang menunjukkan adanya keberhasilan inseminasi buatan. Apabila susu tidak lengket atau mengental maka dapat dipastikan bahwa ternak tidak bunting. Semakin tua umur kebuntingan maka akan semakin kental cairan yang keluar diikuti dengan warna yang semakin menguning menunjukkan adanya proses pembentukan kolostrum pada umur kebuntingan yang semakin tua (siap lahir).

4.7 Evaluasi Jenis Kelamin Pada Fetus

Tingginya minat peternak yang menginginkan informasi jenis kelamin pada calon pedet mereka sehingga terdapat beberapa penelitian yang menemukan beberapa cara mendeteksi jenis kelamin fetus. Yang pertama yaitu dengan pendulum cincin emas dan alat pendeteksi jenis kelamin fetus sapi.



Gambar 4. 13 Pendulum Cincin Emas Penentu Jenis Kelamin Fetus

Sumber : (Anwar *et al.*, 2023)

Terlihat pada gambar bahwa terdapat dua pola yang menunjukkan jenis kelamin fetus. Pola berputar menunjukkan jenis kelamin fetus betina dan pola searah atau bolak balik menunjukkan jenis kelamin fetus jantan. Hal ini terjadi akibat adanya resonansi gelombang elektromagnetik yang membentuk pola berbeda. Metode pendulum cincin emas menunjukkan akurasi hingga 91,67% (Anwar *et al.*, 2023). Metode pendeteksian menggunakan cincin emas menunjukkan akurasi dengan efektifitas yang tinggi karena semua orang bisa melakukannya sehingga tidak membutuhkan tenaga ahli dan menggunakan alat khusus dalam pendeteksiannya. Kelebihan metode ini yaitu tidak ditentukan berapa kadar emas yang dapat meresonansikan pola elektromagnetik karena menggunakan bandul/cincin dengan kadar yang kecilpun dapat menunjukkan hasil yang sama akuratnya. Apabila tali yang digunakan kurang dari 20 cm maka hasil akan menunjukkan pembiasan pada jenis kelamin operator sehingga perlu sangat diperhatikan ukuran talinya.



Gambar 4. 14 Alat Pendeteksi Jenis Kelamin Fetus

Sumber : (Anwar *et al.*, 2023)

Selain pendulum cincin emas, terdapat juga alat pendeteksi jenis kelamin fetus yang memiliki tingkat akurasi tinggi mencapai 90% karena alat tersebut dikembangkan dari pendeteksian menggunakan pendulum cincin emas diatas. Alat ini mengadaptasi renponsif gelombang elektromagnetik yang diresonansikan oleh fetus berjenis kelamin tertentu dengan resonansi yang berbeda. Walau alat ini memiliki akurasi dan efektifitas yang tinggi namun alat masih kurang dipasarkan sehingga baru sebagian orang yang memanfaatkan alat tersebut. Alat pendeteksi jenis kelamin ini juga masih dalam proses penyempurnaan agar alat dapat lebih bermanfaat, lebih mudah dipegang dan lebih mudah diterapkan oleh lebih banyak orang. Penggunaan alat pendeteksi jenis kelamin ini cukup mudah, yaitu cukup menempelkan sensor (bagian belakang alat) beberapa saat pada bagian abdominal sebelah kanan, biarkan alat memproses sinyal yang diresonansikan fetus hingga muncul hasil pendeteksian yang ditandai dengan warna lampu yang menyala. Dimana apabila lampu merah yang menyala menandakan fetus berjenis kelamin jantan dan apabila lampu kuning yang menyala menandakan fetus berjenis kelamin betina (Anwar, 2023).

4.7 Faktor Yang Mempengaruhi Keberhasilan IB

Keberhasilan inseminasi buatan sangat penting dalam menentukan populasi ternak di suatu daerah. Dalam menentukan keberhasilan inseminasi buatan dapat diamati dari berbagai aspek yaitu CR (*Conseption Rate*) atau persentase kebuntingan dari sejumlah ternak yang diinseminasi, S/C (*Servis per Conception*) atau jumlah perkawinan yang diperlukan untuk menghasilkan satu kali kebuntingan, CI (*Calving Interval*) yaitu jarak antar kelahiran (Mudawamah, 2022).

4.7.1 Faktor Teknis

Pada faktor teknis sangat berkaitan dengan pelaksanaan inseminasi buatan. Keahlian dan keterampilan inseminator sangat menentukan keberhasilan inseminasi buatan sehingga inseminator yang terampil akan menunjang peternak memperoleh hasil yang maksimal (Mudawamah, 2022). Keahlian yang dimaksudkan berupa penguasaan inseminator terhadap anatomi reproduksi, pengalaman menangani berbagai kondisi ternak dan ketepatan penggunaan *gun* inseminasi. Sedangkan dari sisi teknis inseminasi meliputi deposisi semen pada lokasi yang tepat yaitu uterus, alat yang digunakan steril, penggunaan pelumas tepat, waktu pelaksanaan inseminasi buatan sesuai waktu birahi. Kelalaian dalam teknis akan sangat berdampak pada keberhasilan karena bila ada kontaminasi maupun luka pada organ reproduksi dapat merubah kondisi lingkungan organ reproduksi yang kemudian berdampak pada aktivitas spermatozoa.

4.7.2 Faktor Semen

Dalam pelaksanaan inseminasi buatan semen menjadi bahan utama sehingga semen menjadi faktor terpenting. Kualitas dari semen sebagai penentu utama tingkat keberhasilan inseminasi buatan. Sehingga dibuatlah sistem standarisasi yang dibuat oleh Balai Inseminasi Buatan (BIB) bagaimana mempertahankan kualitas 25 juta spermatozoa dalam *straw* yang berisikan 0,25 ml semen (Isnaini and Fazrien, 2020). Kualitas semen ditentukan dari konsentrasi sperma, motilitas, mortalitas dan abnormalitas dari sperma. Sehingga penanganan *straw* menjadi kunci dari kualitas semen.

Untuk memperoleh semen dengan kualitas sperma baik maka perlu dilakukan penanganan ketat selama penyimpanan berlangsung. Seperti menstabilkan penyimpanan *straw* dalam nitrogen cair bersuhu -196°C dan *straw* tidak boleh keluar dari permukaan nitrogen karena dikhawatirkan adanya perubahan suhu. Tidak hanya selama masa penyimpanan, masa transportasi pun juga tetap harus menjaga kestabilan suhu (Susilowati *et al.*, 2023). Begitupun dengan penanganan pada saat *thawing* penggunaan suhu air dan durasi pencelupan harus sesuai, serta penggunaan semen beku yang telah *dithawing* juga harus dilakukan sesegera mungkin dengan durasi maksimum 10 menit.

4.7.3 Faktor Ternak

Keadaan ternak akseptor atau ternak betina juga tidak kalah penting sehingga ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Mulai dari pendeteksian birahi yang harus akurat, kondisi tubuh atau *Body Condition Score* (BCS), status kesehatan reproduksi dan umur. Pendeteksian birahi yang saat ini telah dilakukan masih bergantung pada pengamatan dan pengetahuan peternak, sedangkan pendeteksian birahi memegang peranan penting dalam

keberhasilan inseminasi buatan. Perlu dilakukan pendeteksian birahi lebih dari 2 kali untuk semua spesies sehingga dapat memastikan fase birahi yang dialami akseptor sehingga inseminator dapat memastikan kapan saat yang tepat untuk melaksanakan inseminasi buatan (Mafruchati, 2024). *Body Condition Score* (BCS) menjadi tidak kalah penting dimana BSC menjadi indikator penentu kecukupan nutrisi pada seekor ternak (Manafi, 2011). Sedangkan status kesehatan reproduksi juga perlu diperhatikan, karena ternak dengan masalah kesehatan pada organ reproduksinya membuat ternak lebih berfokus pada penyembuhan dibandingkan reproduksinya. Umur ternak tidak boleh terlalu muda maupun terlalu tua, karena diperkirakan organ reproduksi pada ternak yang masih muda belum siap untuk bunting, sedangkan pada ternak dengan umur yang tua sudah dianggap kelelahan dalam reproduksi.

4.7.4 Faktor Lingkungan

Lingkungan dapat mempengaruhi stres, kesehatan dan deteksi birahi. Karena suhu dan iklim yang membuat ternak tidak nyaman dapat mengganggu ovulasi dan menurunkan motilitas semen. Manajemen kandang juga harus diperhatikan agar tetap bersih, tidak licin dan memiliki ventilasi yang baik sehingga ternak nyaman terutama saat pelaksanaan inseminasi buatan. Nutri juga perlu diperhatikan, karena pakan yang buruk mengganggu hormon reproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiati, F., Herdis and Said, S. (2022) *Pembibitan Ternak dengan Inseminasi Buatan* . 1st ed. Edited by T. Kamal. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Anwar, M. *et al.* (2016) "The Accuracy Level of Gold Ring for Sex Determining using the Theory of Intensity Electromagnetic Wave Againsts Ultrasonography (USG)," in *The USR International Seminar on Food Security (UISFS)*. Bandar Lampung: Universitas Lampung , pp. 133–136.
- Anwar, M. (2023) *Rancang Bangun Pendeteksi Jenis Kelamin Berdasarkan Nilai Medan Magnet Pada Foetus Sapi*. Thesis . Universitas Diponegoro .
- Anwar, M. *et al.* (2023) "The intensity of the magnetic field on different sex of fetus and accuracy of sex detection using gold ring pendulum," *Livestock and Animal Research*, 21(1), p. 9. Available at: <https://doi.org/10.20961/lar.v21i1.59727>.
- Cox, V. (2024) *Anatomy II*. Spring. Available at: <https://pressbooks.umn.edu/largeanimalanatomy/front-matter/introduction/> (Accessed: November 21, 2025).
- Dinas Pertanian, P. dan P.K.S. (2025) *PEMERIKSAAN KEBUNTINGAN JADIKAN TRANSAKSI JUAL BELI TERNAK LEBIH JELAS*, <https://pertanian.slemankab.go.id/pemeriksaan-kebuntingan-jadikan-transaksi-jual-beli-ternak-lebih-jelas/>.
- Frastantie, D., Agil, M. and Ita Tumbelaka, L. (2019) "Deteksi Kebuntingan Dini pada Sapi Perah dengan Pemeriksaan Ultrasonography (USG) dan Analisis

- Hormon Steroid (Early Pregnancy Detection using Ultrasonography detection and Hormone Steroid Analysis in Dairy Cattle)," *ACTA VETERINARIA INDONESIA*, 7(2), pp. 9–16. Available at: <http://www.journal.ipb.ac.id/indeks.php/actavetindones>.
- Isnaini, N. and Fazrien, W.A. (2020) *Fisiologi Reproduksi dan Inseminasi Buatan pada Kerbau*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Kab. Gresik, B. (2025) *Inseminasi Buatan Pada Unggas* , <https://bp4kgresik.wordpress.com/2014/01/21/inseminasi-buatan-pada-ayam/>.
- Mafruchati, M. (2024) *Reproduksi Normal, Inseminasi Buatan dan Penyakit Reproduksi pada Berbagai Hewan Sebagai Dasar Kajian pada Embrio Hewan*. Sidoarjo: Zifatama Jawa.
- Manafi, M. (ed.) (2011) *Artificial Insemination in Farm Animals*. Croatia: InTech.
- Mudawamah (2022) *Bioteknologi Reproduksi Ternak*. Indonesia: Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Susilawati, T. (2013) *Pedoman Inseminasi Buatan Pada Ternak . Pertama*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- Susilawati, T. *et al.* (2022) *Manajemen Reproduksi dan Inseminasi Buatan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Susilowati, S. *et al.* (2023) *Kawin Suntik Pada Kambing Pote, Pakan, Penyakit Dan Perencanaan Keuangan Usaha Ternak*. Surabaya: Cipta Media Nusantara.

BAB 5

TRANSFER EMBRIO DALAM REPRODUKSI TERNAK

Oleh Silmy Aulia Rufiatin Nisa

5.1 Transfer Embrio

Perkembangan teknologi reproduksi hewan dimulai dari upaya manusia untuk memperbaiki kualitas genetik dan meningkatkan produktivitas ternak. Pada generasi awal, teknologi reproduksi yang dominan digunakan adalah inseminasi buatan (IB), yang memungkinkan perkawinan buatan tanpa kehadiran pejantan secara langsung. Inovasi ini memberikan dasar penting bagi perkembangan teknologi selanjutnya yang berfokus pada peningkatan efisiensi reproduksi dan kualitas keturunan. Seiring kemajuan bioteknologi, muncul generasi kedua berupa *multiple ovulation and embryo transfer* (MOET) yang memungkinkan satu induk betina menghasilkan keturunan dalam jumlah banyak dalam satu siklus reproduksi. Selanjutnya, generasi ketiga dari bioteknologi reproduksi ditandai oleh pengembangan fertilisasi in vitro (IVF) yang memungkinkan pembuahan di luar tubuh hewan betina. Teknologi ini memperluas potensi penelitian terhadap embrio serta memfasilitasi pengujian genetik sebelum implantasi. Lebih jauh lagi, generasi keempat teknologi reproduksi hewan bergerak menuju rekayasa genetik, termasuk pembentukan hewan transgenik dan kloning, dimana struktur DNA dapat

dimodifikasi untuk mencapai sifat-sifat genetik tertentu (Supriatna, 2018). Dengan demikian, perkembangan ini menggambarkan evolusi bioteknologi dari tingkat fisiologis ke tingkat molekuler.

Transfer embrio (TE) menempati posisi penting dalam rangkaian teknologi tersebut karena berperan sebagai jembatan antara bioteknologi tradisional seperti IB dengan teknologi molekuler seperti kloning. Melalui TE, satu ekor donor betina unggul dapat menghasilkan banyak keturunan yang mewarisi sifat genetiknya. Teknologi ini tidak hanya mempercepat perbaikan mutu genetik, tetapi juga memperpendek interval generasi ternak unggul, sehingga berpotensi besar meningkatkan produktivitas industri peternakan. Dalam konteks global, TE mulai dikomersialisasikan pada tahun 1970-an di Amerika Utara dan Eropa, kemudian berkembang pesat berkat dukungan lembaga seperti *International Embryo Transfer Society* (IETS) yang didirikan tahun 1974.

Selain fungsi peningkatan genetik, TE memiliki peran lain sebagai teknologi reproduksi berbantuan (*assisted reproductive technology*) yang membantu mengatasi masalah infertilitas akibat faktor patologis atau usia. Dengan kemampuannya mengatasi kendala reproduksi alami, TE memberikan peluang baru dalam konservasi plasma nutfah dan pelestarian spesies langka melalui penyimpanan embrio beku (*frozen embryo*). Namun, di negara berkembang seperti Indonesia, penerapan teknologi ini masih terbatas oleh faktor ekonomi, ketersediaan peralatan, dan kompetensi sumber daya manusia. Meski demikian, TE tetap dianggap sebagai teknologi potensial yang mampu menunjang keberlanjutan produksi ternak unggul di masa depan (Supriatna, 2018).

Dalam konteks inovasi, teknologi TE termasuk ke dalam kategori difusi teknologi yang memerlukan proses sosialisasi dan adopsi oleh pengguna. Inovasi di bidang peternakan tidak

hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga mekanisme penyebarannya ke masyarakat (Yusnaweti dkk., 2013). TE merupakan inovasi yang cukup kompleks karena membutuhkan dukungan infrastruktur, biaya besar, serta koordinasi lintas lembaga. Dengan demikian, keberhasilan penerapan teknologi reproduksi tidak hanya ditentukan oleh faktor biologis, melainkan juga oleh sistem sosial, kebijakan pemerintah, dan perkembangan teknologi.

Secara global, penerapan transfer embrio telah menunjukkan kemajuan signifikan sejak pertengahan abad ke-20. Laporan pertama mengenai embrio transfer pada sapi disampaikan oleh Umbaugh (1949), dan kelahiran pedet pertama hasil TE dicapai oleh Willet dkk. (1951). Sejak saat itu, teknologi ini berkembang pesat di Amerika Serikat, Kanada, dan Eropa. Pada tahun 1980-an, Amerika Serikat telah mentransfer sekitar 200.000 embrio per tahun dengan tingkat kebuntingan mencapai 50–60%, sedangkan di Jerman, penerapan TE pada sapi perah menghasilkan lebih dari 13.000 embrio yang ditransfer pada tahun 2007 (Supriatna, 2018). Peningkatan efisiensi ini didukung oleh kemajuan teknik superovulasi, sinkronisasi estrus, serta metode pembekuan embrio.

Menurut data *International Embryo Transfer Society* (IETS), jumlah embrio hasil pembuahan *in vivo* yang ditransfer secara global mencapai 591.000 pada tahun 2010, meningkat 10,6% dari tahun sebelumnya. Selain embrio segar, sekitar 328.000 embrio beku juga berhasil digunakan untuk transfer, menunjukkan peningkatan tren penggunaan embrio beku yang lebih efisien dan mudah didistribusikan antar negara (Stroud, 2011). Negara-negara seperti Jepang dan Australia juga mengembangkan sistem TE terpadu untuk mempercepat produksi sapi potong unggul, dengan hasil kelahiran yang mencapai 50% dari total embrio yang ditransfer.

Di Indonesia, penerapan TE dimulai pada awal tahun 1980-an dan berkembang pesat sejak berdirinya Balai Embrio Ternak (BET) Cipelang di Bogor pada tahun 1994. BET berfungsi sebagai pusat produksi dan pelatihan TE, serta menjadi sumber utama distribusi embrio unggul ke berbagai daerah. Keberhasilan TE di Indonesia tergolong bervariasi, dengan rata-rata empat embrio per donor dan tingkat kebuntingan sekitar 30–50% (Supriatna, 2018). Kendala utama pelaksanaan TE biasanya meliputi keterbatasan peralatan impor, fluktuasi harga bahan kimia, dan ketersediaan hewan ternak resipien yang layak transfer.

Penerapan program TE lintas wilayah di Indonesia awalnya diperkenalkan melalui kerja sama antara BET Cipelang dan Dinas Peternakan Provinsi Sumatera Barat sejak 1994, kemudian diresmikan secara nasional pada 1997. Data menunjukkan bahwa antara tahun 1994–2008, telah dilakukan 279 kali transfer embrio dengan tingkat kebuntingan rata-rata 26,5% dan tingkat kelahiran 94,6% dari sapi bunting. Meskipun hasilnya belum maksimal, program ini dianggap berhasil memperkenalkan teknologi TE kepada masyarakat peternak dan menjadi dasar bagi pembentukan model penyebaran teknologi berbasis kerja sama antar wilayah (Yusnawati dkk., 2013).

Secara keseluruhan, penerapan TE di Indonesia masih berada pada tahap penguatan sistem dan peningkatan efisiensi. Tantangan seperti keterbatasan sumber daya manusia, tingginya biaya, dan kebutuhan sinkronisasi kebijakan antar instansi masih menjadi kendala utama. Namun, keberhasilan awal di berbagai daerah menunjukkan potensi besar teknologi ini dalam mendukung program swasembada daging nasional serta memperkuat kemandirian bioteknologi reproduksi hewan di Indonesia.

5.2 Prosedur Transfer Embrio

Teknologi transfer embrio (TE) merupakan salah satu bentuk bioteknologi reproduksi yang berperan besar dalam percepatan perbaikan mutu genetik hewan ternak. Melalui teknik ini, embrio hasil pembuahan dari induk betina unggul dapat dipindahkan ke rahim betina lain yang berperan sebagai resipien, sehingga satu ekor donor mampu menghasilkan keturunan dalam jumlah lebih banyak dibandingkan dengan proses reproduksi alami (Vijayalakshmy dkk., 2018). Penerapan teknologi ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, tetapi juga untuk memperpendek interval generasi dan mempertahankan sumber daya genetik hewan-hewan unggul yang bernilai ekonomi tinggi (Yesilkaya & Erdem, 2022). Dalam konteks global, TE telah menjadi metode utama dalam program pemuliaan ternak modern, terutama pada sapi perah, sapi potong, dan domba, yang menuntut efisiensi reproduksi tinggi.

Selain aspek produksi, transfer embrio juga memiliki nilai strategis dalam upaya konservasi spesies langka dan pengendalian penyakit yang ditularkan melalui semen atau induk betina. Keunggulan lainnya terletak pada kemampuan penyimpanan embrio dalam jangka panjang melalui teknik kriopreservasi, sehingga memungkinkan distribusi genetik lintas wilayah bahkan antarnegara tanpa perlu memindahkan hewan hidup (Troxel, 2017). Namun demikian, keberhasilan TE sangat bergantung pada keterpaduan antara faktor biologis, teknis, dan manajerial, meliputi seleksi donor, proses superovulasi, inseminasi, evaluasi embrio, hingga kesiapan resipien.

Pemahaman menyeluruh terhadap setiap tahapan dalam prosedur TE sangat penting untuk menjamin keberhasilan kebuntingan dan kelahiran. Setiap langkah, mulai dari pemilihan donor hingga transfer embrio ke

resipien, memerlukan pengetahuan fisiologis, keterampilan teknis, dan manajemen reproduksi yang baik. Dengan demikian, TE bukan sekadar teknologi reproduksi berbantu, tetapi juga menjadi fondasi utama bagi pengembangan industri peternakan yang berorientasi pada peningkatan mutu genetik, efisiensi produksi, dan keberlanjutan sumber daya hayati di masa depan (Vijayalakshmy dkk., 2018; Yesilkaya & Erdem, 2022). Metode dalam pelaksanaan transfer embrio meliputi serangkaian prosedur antara lain: (1) Seleksi hewan donor; (2) Superovulasi hewan donor; (3) Inseminasi dan pembilasan embrio; (4) Evaluasi dan klasifikasi embrio; (5) Seleksi dan persiapan hewan resipien; dan (6) Transfer embrio.

5.2.1 Seleksi Hewan Donor

Seleksi hewan donor merupakan tahap awal yang menentukan keberhasilan program transfer embrio (TE). Hewan donor dipilih berdasarkan potensi genetik dan performa produksi yang tinggi, baik dalam hal produksi susu, pertumbuhan daging, maupun kemampuan reproduksi. Donor ideal adalah individu dengan nilai genotip dan fenotip unggul, bebas dari penyakit keturunan seperti *Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency* (BLAD) dan *Complex Vertebral Malformation* (CVM), serta tidak menunjukkan kelainan reproduksi (Yesilkaya & Erdem, 2022). Pemilihan donor yang tepat memungkinkan peningkatan mutu genetik populasi secara cepat dan efisien melalui transfer embrio kepada resipien yang subur namun berdaya produksi lebih rendah.

Selain faktor genetik, aspek fisiologis dan status kesehatan juga menjadi pertimbangan penting. Donor harus memiliki siklus estrus normal, sehat secara umum, dan terbebas dari penyakit menular seperti bruselosis dan tuberkulosis (Shull, 2009). Faktor usia juga

berpengaruh terhadap kualitas embrio yang dihasilkan. Donor yang terlalu muda belum memiliki kematangan folikel optimal, sedangkan donor yang terlalu tua cenderung menghasilkan embrio dengan tingkat keberhasilan rendah akibat penurunan fungsi ovarium (Yesilkaya & Erdem, 2022).

Evaluasi cadangan ovarium menjadi metode modern dalam penentuan calon donor. Hormon *Anti-Müllerian* (AMH) digunakan sebagai indikator kemampuan superovulasi dan potensi produksi embrio. Tingkat AMH yang tinggi menunjukkan jumlah folikel antral yang banyak dan korelasi positif dengan kualitas oosit (Yesilkaya & Erdem, 2022). Pengukuran ini membantu memilih donor dengan potensi fisiologis optimal. Dengan demikian, seleksi donor tidak hanya berdasarkan performa produksi, tetapi juga mempertimbangkan parameter hormonal dan reproduktif untuk menjamin efisiensi program TE. Selanjutnya, aspek manajemen dan kondisi lingkungan donor perlu diperhatikan agar tidak menimbulkan stres fisiologis. Donor harus memiliki riwayat reproduksi normal dengan jarak beranak sekitar 365 hari serta tidak pernah mengalami distokia. Donor juga harus mendapatkan pakan sesuai kebutuhan energi metabolik dan tidak dalam kondisi terlalu kurus atau gemuk, karena kondisi ekstrem dapat menurunkan fertilitas dan respons terhadap superovulasi (Troxel, 2017).

5.2.2 Superovulasi Hewan Donor

Superovulasi bertujuan untuk merangsang pelepasan banyak oosit dalam satu siklus estrus, sehingga jumlah embrio yang dapat diambil meningkat. Prosedur ini dilakukan dengan pemberian hormon gonadotropin seperti *Follicle Stimulating Hormone* (FSH), *Pregnant Mare Serum Gonadotropin* (PMSG), atau

kombinasi dengan hormon lain seperti *Prostaglandin F2 α* (PGF2 α) dan *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) (Vijayalakshmy dkk., 2018; Yesilkaya & Erdem, 2022). FSH biasanya diberikan dua kali sehari selama empat hari berturut-turut, dimulai pada fase tengah siklus estrus ketika korpus luteum masih aktif.

FSH mendorong perkembangan folikel multipel di ovarium, sedangkan PGF2 α disuntikkan pada hari keempat untuk menyebabkan regresi korpus luteum dan menimbulkan estrus sekitar 48 jam kemudian pada sapi (Troxel, 2017). PMSG, yang juga memiliki aktivitas seperti FSH dan LH, sering digunakan karena biayanya lebih rendah dan dapat diberikan dalam satu kali dosis. Namun, waktu paruh PMSG yang panjang dapat menyebabkan pembentukan folikel abnormal dan menurunkan kualitas embrio. Sebaliknya, FSH murni memberikan respons ovulasi yang lebih konsisten walaupun memerlukan beberapa kali penyuntikan (Yesilkaya & Erdem, 2022).

Faktor yang memengaruhi respon superovulasi meliputi umur, ras, status nutrisi, serta kondisi lingkungan. Donor dengan kondisi tubuh ideal menunjukkan respons yang lebih baik dibandingkan dengan hewan yang mengalami defisiensi gizi. Stres akibat suhu ekstrem atau penanganan kasar dapat menurunkan respons hormonal terhadap superovulasi. Selain itu, keberadaan folikel dominan pada awal perlakuan akan menghambat perkembangan folikel lainnya, sehingga waktu terbaik untuk memulai superovulasi adalah pada hari ke-8 hingga ke-12 siklus estrus. Secara umum, superovulasi yang berhasil akan menghasilkan 5–10 oosit fertil yang dapat dikoleksi sebagai embrio. Namun, variasi antar individu masih tinggi sehingga diperlukan evaluasi dan penyesuaian dosis hormon secara spesifik. Keberhasilan tahap ini

menentukan banyaknya embrio yang dapat digunakan untuk transfer berikutnya.

5.2.3 Inseminasi dan Pembilasan Embrio

Setelah donor menunjukkan tanda estrus, inseminasi buatan dilakukan untuk memastikan pembuahan oosit yang telah dilepaskan akibat superovulasi. Inseminasi dilakukan dua hingga tiga kali, dengan interval 12 jam sejak awal estrus, menggunakan semen dengan motilitas yang tinggi dan viabilitas optimal (Troxel, 2017). Tujuannya adalah memastikan bahwa sperma mencapai oviduk saat ovulasi terjadi. Dalam beberapa protokol, semen diinjeksikan ke dalam badan uterus untuk mengoptimalkan fertilisasi tanpa menimbulkan trauma pada dinding rahim.

Beberapa hari pasca-inseminasi, embrio yang telah mencapai tahap morula atau blastokista dikumpulkan melalui teknik pembilasan uterus. Teknik nonbedah dengan kateter Foley lebih umum digunakan karena lebih aman dan efisien dibandingkan metode pembedahan (Vijayalakshmy dkk., 2018; Yesilkaya & Erdem, 2022). Kateter dimasukkan melalui serviks ke dalam uterus, kemudian cairan *Dulbecco's Phosphate Buffered Saline* (DPBS) atau larutan Ringer laktat dialirkan berulang kali untuk mengeluarkan embrio. Volume total cairan yang digunakan berkisar 500–1000 mL, tergantung pada ukuran uterus. Cairan hasil pembilasan kemudian disaring menggunakan filter berpori 50–70 mikrometer agar embrio tertahan. Setelah itu, embrio diperiksa di bawah mikroskop stereoskopik dengan pembesaran 50x untuk menentukan jumlah dan tahap perkembangannya (Yesilkaya & Erdem, 2022). Rata-rata, setiap donor menghasilkan empat hingga enam embrio yang dapat ditransfer, meskipun variasi sangat tergantung pada keterampilan operator dan kondisi fisiologis donor.

Pembilasan perlu dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah kerusakan embrio serta meningkatkan tingkat kebuntingan setelah transfer.

5.2.4 Evaluasi dan Klasifikasi Embrio

Evaluasi embrio merupakan langkah penting untuk memastikan hanya embrio berkualitas tinggi yang ditransfer ke resipien. Menurut sistem klasifikasi *International Embryo Transfer Society* (IETS), penilaian dilakukan berdasarkan parameter berupa tahap perkembangan (grade 1-9) dan kualitas morfologi (kode 1-4) (Yesilkaya & Erdem, 2022; Troxel, 2017). Embrio dinilai berdasarkan bentuk, ukuran, warna, tekstur sitoplasma, jumlah dan kerapatan blastomer, serta integritas zona pelusida.

Embrio dengan kode 1 (*excellent/good*) menunjukkan bentuk simetris, warna seragam, dan lebih dari 85% sel hidup. Embrio kode 2 (*fair*) memiliki sedikit variasi ukuran sel, sedangkan kode 3 (*poor*) menunjukkan degenerasi yang nyata dengan hanya 25% massa sel hidup. Embrio kode 4 dianggap rusak dan tidak layak untuk transfer (Troxel, 2017). Dari segi tahap perkembangan, embrio dapat berada pada fase morula awal (*grade 3*), blastokista (*grade 6*), atau blastokista menetas (*grade 8*). Embrio pada tahap morula kompak hingga blastokista ekspansi dianggap paling ideal untuk transfer atau pembekuan karena tingkat keberhasilannya lebih tinggi.

Evaluasi dilakukan secara morfologis menggunakan mikroskop atau melalui metode pewarnaan vital untuk mendeteksi viabilitas sel (Vijayalakshmy dkk., 2018). Keberhasilan kebuntingan bergantung pada kesesuaian tahap perkembangan embrio dengan kondisi uterus resipien. Selain itu, hanya

embrio yang dinilai berkualitas sangat baik (kode 1) yang disarankan untuk proses pembekuan karena daya tahannya terhadap stres kriopreservasi lebih tinggi dibandingkan dengan embrio kualitas menengah. Dengan demikian, klasifikasi embrio bukan sekadar tahapan administratif, tetapi berfungsi sebagai mekanisme seleksi fisiologis yang menentukan keberhasilan akhir program TE.

5.2.5 Seleksi dan Persiapan Hewan Resipien

Hewan resipien berperan sebagai “ibu pengganti” yang menerima embrio hasil dari donor unggul. Kriteria resipien meliputi kondisi fisiologis sehat, siklus estrus normal, dan tidak memiliki gangguan reproduksi (Vijayalakshmy dkk., 2018). Sinkronisasi estrus antara donor dan resipien menjadi faktor kunci, perbedaan waktu lebih dari 24 jam antara estrus keduanya dapat menurunkan tingkat kebuntingan secara signifikan. Untuk mencapai sinkronisasi tersebut, hormon progesteron, PGF2 α , dan GnRH sering digunakan dalam berbagai kombinasi (Yesilkaya & Erdem, 2022). Penanaman implan progesteron selama 10 hari diikuti injeksi *estradiol valerate* dan pelepasan implan menghasilkan estrus sekitar 36 jam kemudian. PGF2 α juga dapat digunakan dengan protokol satu atau dua kali injeksi dengan interval 11 hari untuk memicu estrus pada 90% sapi yang diobati. Setelah sinkronisasi berhasil, resipien harus dipantau secara intensif agar waktu transfer embrio sesuai dengan fase fisiologis uterusnya.

Selain status reproduksi, kondisi nutrisi dan manajemen juga berpengaruh besar terhadap keberhasilan implantasi. Hewan resipien harus berada pada kondisi tubuh ideal serta bebas stres. Perubahan pola pakan mendadak atau lingkungan bising sebelum dan sesudah transfer harus dihindari karena dapat

mengganggu kestabilan hormonal yang diperlukan untuk mempertahankan kebuntingan. Resipien yang memiliki korpus luteum fungsional pada waktu transfer memberikan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi karena produksi progesteronnya mendukung implantasi embrio. Oleh karena itu, pemeriksaan rektal atau ultrasonografi dilakukan sebelum transfer untuk memastikan keberadaan korpus luteum yang aktif (Troxel, 2017).

5.2.6 Transfer Embrio

Transfer embrio dilakukan setelah embrio diklasifikasikan dan hewan resipien siap menerima implantasi. Pada sapi, metode yang umum digunakan adalah transfer nonbedah menggunakan kateter khusus (*Foley* atau *AI gun*) yang dimasukkan melalui serviks menuju tanduk uterus yang memiliki korpus luteum (Vijayalakshmy dkk., 2018). Embrio dimasukkan ke dalam sedotan berisi media transfer dan disuntikkan dengan hati-hati ke bagian apikal tanduk uterus tanpa menimbulkan luka.

Proses transfer dilakukan di bawah pengaruh anestesi epidural ringan untuk mengurangi kontraksi rektum. Ketepatan penempatan embrio menjadi faktor penting karena kontak langsung dengan endometrium menentukan keberhasilan implantasi. Jika diinginkan kelahiran kembar, masing-masing tanduk uterus dapat menerima satu embrio. Keberhasilan transfer nonbedah setara dengan metode bedah dan memiliki keuntungan karena tidak menimbulkan trauma pada rahim (Troxel, 2017). Pada spesies seperti domba, kambing, dan babi, metode bedah atau laparoskopi masih sering digunakan karena struktur anatomi yang berbeda. Prosedur ini melibatkan pembedahan kecil pada dinding abdomen untuk menempatkan embrio langsung ke tanduk uterus

(Vijayalakshmy dkk., 2018). Setelah transfer, hewan diberi antibiotik profilaksis dan dipelihara dalam kondisi tenang.

Secara umum, faktor-faktor penentu keberhasilan TE meliputi kualitas embrio, kesesuaian tahap perkembangan embrio dengan siklus uterus resipien, serta keterampilan operator dalam melakukan transfer. Tingkat keberhasilan kebuntingan pada sapi biasanya berkisar antara 50–70% apabila semua kondisi ideal terpenuhi. Oleh karena itu, kombinasi antara kompetensi teknis, manajemen ternak yang baik, dan pemilihan embrio berkualitas tinggi menjadi dasar keberhasilan program TE secara keseluruhan.

5.3 Teknologi Transfer Embrio di Masa Mendatang

Saat ini, nampaknya perkembangan teknologi reproduksi hewan menunjukkan arah yang semakin maju menuju optimalisasi efisiensi dan keberlanjutan produksi ternak. Teknologi transfer embrio (TE) kini tidak hanya menjadi sarana peningkatan mutu genetik, tetapi juga bagian integral dari sistem reproduksi berbasis bioteknologi yang berkelanjutan. Melalui kombinasi antara teknologi fertilisasi *in vitro* (IVF), seleksi genomik, dan kriopreservasi, TE akan terus berperan sebagai alat utama dalam mempercepat peningkatan produktivitas dan daya saing industri peternakan global (Lonergan, 2024).

Kemajuan berikutnya diperkirakan akan terfokus pada peningkatan kualitas embrio *in vitro* melalui pendekatan molekuler dan epigenetik. Integrasi bioteknologi modern, seperti pengeditan gen (CRISPR-Cas9) dan pemanfaatan data genomik, akan memungkinkan produksi embrio yang lebih tahan terhadap stres lingkungan dan penyakit. Teknologi ini tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan tingkat kebuntingan, tetapi juga menurunkan risiko kehilangan

embrio akibat faktor fisiologis maupun teknis. Selain itu, penelitian mengenai mikrobioma uterus dan kondisi metabolik induk resipien akan semakin penting untuk memastikan kesesuaian lingkungan implantasi embrio. Arah ini menunjukkan bahwa masa depan TE akan lebih berbasis pendekatan presisi biologis, di mana setiap langkah dikontrol secara genetik dan fisiologis untuk hasil maksimal (Yadav dkk., 2025).

Salah satu aspek penting dalam evolusi teknologi ini adalah penerapan sistem otomatisasi dan digitalisasi dalam setiap tahapan proses. Penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) mulai diterapkan untuk mengevaluasi kualitas oosit dan embrio secara *real-time*, menggantikan metode observasi manual yang cenderung subjektif (Heape dkk., 2025). Dengan analisis berbasis algoritma, penilaian morfologi embrio dapat dilakukan secara cepat dan akurat, sehingga meningkatkan efisiensi seleksi embrio berkualitas tinggi untuk ditransfer. Selain itu, data yang dikumpulkan dari ribuan siklus produksi embrio dapat digunakan untuk mengembangkan model prediktif yang memperkirakan tingkat keberhasilan kebuntingan berdasarkan profil genetik hewan donor dan resipien.

Penerapan teknik kriopreservasi terbaru juga menjadi sorotan dalam pengembangan masa depan TE. Teknik pembekuan embrio yang lebih ramah sel dengan penggunaan vitrifikasi *micro-volume* dan krioprotektan sintesis telah memperbaiki tingkat keberhasilan pasca-pencairan secara signifikan. Teknologi ini akan sangat berguna untuk mendukung distribusi global materi genetik tanpa hambatan geografis maupun karantina (Lonergan, 2024). Dalam konteks konservasi, kemampuan menyimpan embrio dalam jangka panjang berpotensi menjadi strategi penting dalam penyelamatan spesies langka dan pengelolaan plasma nutfah ternak lokal. Dengan demikian, kriopreservasi bukan hanya

alat pelengkap tetapi diprediksi sebagai pilar utama dalam sistem bioteknologi reproduksi masa depan.

Disamping peningkatan teknis, aspek-aspek lain seperti etika, regulasi, dan keberlanjutan akan menjadi faktor penentu keberlanjutan penerapan teknologi ini. Penerapan teknologi reproduksi lanjutan di negara berkembang masih menghadapi tantangan berupa biaya tinggi, keterbatasan infrastruktur, dan kapasitas sumber daya manusia (Yadav dkk., 2025). Oleh karena itu, masa depan TE menuntut adanya kebijakan reproduksi yang inklusif, pelatihan teknisi terampil, serta sistem regulasi yang mendukung adopsi teknologi tanpa mengabaikan kesejahteraan hewan. Pendekatan multidisiplin yang melibatkan bioteknologi, ekonomi, dan etika menjadi faktor penting untuk memastikan bahwa inovasi di bidang reproduksi berjalan selaras dengan nilai kemanusiaan dan keberlanjutan lingkungan.

Arah pengembangan TE di masa mendatang tampaknya akan bergerak menuju integrasi penuh antara bioteknologi reproduksi dan teknologi digital. Kombinasi antara teknologi omik (genomik, proteomik, metabolomik), kecerdasan buatan, serta rekayasa genetik memungkinkan penciptaan suatu sistem reproduksi yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Dengan semakin berkembangnya konsep peternakan cerdas (*smart farming*), transfer embrio akan berperan tidak hanya sebagai alat produksi, tetapi juga sebagai sistem manajemen genetik yang mendukung ketahanan pangan global. Oleh karena itu, inovasi di bidang TE bukan sekadar evolusi teknis, melainkan revolusi biologis yang akan menentukan arah masa depan industri peternakan modern (Heape dkk., 2025).

DAFTAR PUSTAKA

- Heape, W., Lonergan, P., & Mikkola, M. (2025). Embryo Transfer: Past, Present, and Future Perspectives. *Reproductive Biotechnology Advances Journal*, 12(3): 45–62.
- Hunter, R. H. F. (1995). *Physiology and Technology of Reproduction in Female Domestic Animals*. Academic Press.
- Lonergan, P. (2024). Embryo Transfer: Past, Present, Future – A Personal Perspective. *Animal Reproduction*, 21(3): e20240068. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2024-0068>.
- Shull, J.W. (2009). Managing the problem beef embryo donor. *Proceedings: Society for Theriogenology*. Montgomery, 283-8.
- Stroud, B. (2011). *IETS Statistics and Data Retrieval Committee Report*. International Embryo Transfer Society Annual Meeting.
- Supriatna, I. (2018). *Transfer Embrio pada Ternak Sapi (Edisi Kedua)*. SEAMEO BIOTROP, Bogor.
- Troxel, T. R. (2017). Embryo Transfer in Cattle (FSA3119). University of Arkansas, Division of Agriculture.
- Vijayalakshmy, K., Manimegalai, J., Verma, R., & Chaudhry, V. (2018). Embryo Transfer Technology in Animals: An Overview. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5): 2215–2218.
- Yadav, J. N., Singh, H. K., Yadav, V., & Diwakar, R. P. (2025). Artificial Insemination and Embryo Transfer: Emerging Technologies in the Livestock Industry. *International Journal of Environment, Agriculture and*

Biotechnology, 10(2): 119–126.
<https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.102.12>

Yesilkaya, O. F., & Erdem, H. (2022). *Multiple Ovulation and Embryo Transfer in Cattle*. In *Animal Health Perspectives* (Vol. 1, pp. 168–174). Unique Scientific Publishers.

Yusnaweti., Reza, M. & Nasrul, W. (2013). Model Penyebaran Teknologi Embrio Transfer Sapi Potong Lintas Wilayah Kabupaten Provinsi Sumbar. *Menara Ilmu*, Vol. II(35): 46–51.

INDEKS

A

Abnormalitas, 52, 53, 63
Abnormalitas Sperma, 63
Akseptor, 72

B

Balai Inseminasi Buatan (BIB), 4, 14, 32, 36, 92
Body Condition Score (BCS), 92

C

Cervical AI, iv, 82

D

Deposisi, iii, 77

E

Efisiensi Reproduksi, ii, 23
Embrio, iv, 4, 12, 95, 99, 104, 105, 107, 112

F

Fertilisasi, 10, 12
Freezer, 59

G

Gun Inseminasi, iii, vi, 70, 76, 82

H

Hewan donor, 101

Hewan resipien, 106

I

Inseminasi buatan, 19, 21, 23, 26, 32

Inseminasi Buatan, ii, iii, iv, vi, 5, 6, 10, 12, 24, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 67, 68, 69, 74, 75, 79, 84, 85, 94, 95

Inseminasi Buatan (IB), 6, 10, 12, 35

Integritas DNA, 54

K

Kriopreservasi, 4, 11, 12

L

Laparoscopic, vi, 81

M

Membran Plasma Utuh, 51

Motilitas, 47, 49, 63, 66

P

Palpasi rektal, 77

Pengenceran Semen, iii, 55

Plasma Nutfah, 17

R

Recording, iii, 78, 79

S

Semen Cair, iii, 59

Sexing, iv, 84

Spermatozoa, vi, viii, 45, 52, 53, 54, 62, 65, 66

Straw, 59, 69, 75

Superovulasi, iv, 101, 102

T

Thawing, iii, 75

Transfer embrio, 97, 101, 107

Transfer Embrio, iv, 6, 10, 12, 96, 100, 107, 108, 111

Tudung Akrosom Utuh, vi, 53, 54

U

Ultrasonografi (USG), 87

V

Viabilitas, 51

GLOSARIUM

Abnormalitas Sperma : Kelainan bentuk atau struktur sperma yang menurunkan kemampuan membuahi sel telur

Akseptor : Ternak betina yang akan diinseminasi dengan teknik inseminasi buatan

Amnion : Kantong berisi cairan yang melindungi embrio/fetus dalam uterus (dapat diraba saat palpasi)

Annular : Lipatan-lipatan pada serviks sapi yang menimbulkan hambatan saat memasukkan *gun* inseminasi

Artificial Insemination (AI): Istilah bahasa Inggris untuk Inseminasi Buatan (IB).

Balai Inseminasi Buatan (BIB): Lembaga atau pusat yang didirikan oleh pemerintah Indonesia untuk memproduksi dan mendistribusikan semen beku untuk program Inseminasi Buatan nasional.

Biosecurity: Aspek kesehatan reproduksi ternak yang lebih terjamin dengan penerapan inseminasi buatan karena risiko penularan penyakit menular seksual dapat diminimalkan. Protokol sanitasi yang ketat dalam pengumpulan, pemrosesan, dan penyimpanan semen.

Birahi/Estrus : Fase ketika betina menunjukkan kesiapan untuk kawin, ditandai perubahan vulva, lendir dan perilaku

Body Condition Score (BCS) : Penilaian kondisi tubuh ternak yang menunjukkan kecukupan nutrisi dan mempengaruhi kesiapan reproduksi

Brucellosis: Salah satu penyakit reproduksi yang dapat ditularkan melalui perkawinan alami dan dapat diminimalkan risikonya melalui protokol sanitasi ketat dalam program IB.

Calving Interval (CI) : Jarak waktu antara satu kelahiran berikutnya

Cervical AI : Teknik inseminasi yang menempatkan semen pada serviks (umum pada kambing, domba dan babi)

Computer-Assisted Sperm Analysis (CASA): Teknologi modern yang digunakan untuk mengevaluasi motilitas, morfologi, dan kualitas genetik sperma dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

Conception Rate (CR) : Persentase ternak yang berhasil bunting dari total yang diinseminasi

Deep Cervical AI : Teknik inseminasi pada babi yang memanfaatkan bentuk serviks spiral dan kontraksi uterus

Deposisi : Proses penempatan semen ke dalam saluran reproduksi (biasanya hingga uterus untuk efisiensi)

Efisiensi Reproduksi: Peningkatan kemampuan pemanfaatan pejantan unggul secara luas, dimana satu ejakulat dapat diproses menjadi puluhan dosis semen dan didistribusikan ke berbagai lokasi.

Embrio: Embrio adalah tahap awal perkembangan makhluk hidup yang terjadi setelah pembuahan sel telur oleh sperma

Fertilisasi : Pertemuan dan penyatuan sel telur dengan sel sperma yang terjadi di tubafalopi

Fertilisasi in vitro (IVF): Proses pembuahan sel telur oleh sel sperma di luar tubuh hewan betina.

Flow Cytometry: Teknologi yang dimanfaatkan dalam metode seleksi sperma modern, termasuk dalam pengembangan teknik sexing sperma.

Gun Inseminasi : Alat berbentuk batang logam tempat memasang *straw* untuk memasukkan semen ke saluran reproduksi

Hand Glove : Sarung tangan panjang (± 90 cm) yang digunakan saat palpasi rektal untuk menjaga higienitas dan keamanan

Hewan donor: Induk betina yang unggul secara genetik dan berfungsi sebagai penghasil embrio untuk dipindahkan ke hewan lain.

Hewan resipien: Induk betina yang menerima embrio hasil pembuahan dari hewan donor dan berperan sebagai tempat berkembangnya embrio hingga lahir.

Inseminasi Buatan (IB): Salah satu teknologi reproduksi yang memainkan peran krusial dalam mendukung peningkatan produktivitas dan mutu genetik ternak. Teknik bioteknologi reproduksi paling awal dan paling banyak diterapkan di dunia.

Inseminasi buatan: Proses reproduksi pada hewan ternak dengan memasukkan semen beku yang telah dicairkan ke dalam saluran reproduksi betina agar terjadi pembuahan.

Kriopreservasi: Teknik pembekuan atau preservasi material genetik (semen) dalam jangka waktu yang lama, yang memungkinkan penyimpanan material genetik pejantan langka dan transportasi ke berbagai lokasi.

Krioprotektan: Zat kimia yang berfungsi mereduksi pengaruh letal proses pemaparan pembekuan sel sehingga dapat menjaga viabilitas sel setelah pembekuan.

Laparoscopic : Teknik inseminasi pada tomba/kambing yang menggunakan kamera laparoskop untuk deposisi langsung ke cornu uteri

Lendir Serviks : Sekresi serviks yang berubah saat birahi dan dapat menjebak atau menghambat sperma

Membran Slip : Selaput tipis yang diraba antara uterus dan jari pemeriksa, menajdi tanda awal kebuntingan

Mortilitas : Kemampuan sperma sergerak maju secara progresif (sangat penting untuk peluang pembuahan)

Nitrogen Cair : Media penyimpanan *straw* semen paad suhu -196°C untuk menjaga viabilitas sperma

Non-return Rate (NRR) : Indikator keberhasilan IB berdasarkan betina yang tidak kembali birahi setelah inseminasi

Palpasi rektal : Teknik memasukkan tangan ke rektum untuk memegang serviks, memposisikan uterus dan mendeteksi kebuntingan

Pengenceran: proses pencampuran semen segar dengan bahan pengencer (diluter/ extender) dengan tujuan mempertahankan viabilitas dan fertilitas sperma selama penyimpanan maupun sebelum digunakan dalam inseminasi buatan (IB).

Penilaian Kualitas Semen: serangkaian pemeriksaan laboratorium untuk menilai mutu dan potensi fertilitas semen yang dihasilkan pejantan.

Penyimpanan Semen Cair: upaya mempertahankan viabilitas sperma dengan cara menyimpannya pada suhu rendah $3-5^{\circ}\text{C}$ untuk jangka pendek (2–5 hari) atau membekukannya pada suhu -196°C dalam nitrogen cair untuk jangka panjang sehingga mutu dan daya fertilitasnya tetap terjaga.

Plasma Nutfa: Material genetik dari pejantan langka atau spesies terancam punah yang dapat dikonservasi melalui teknik kriopreservasi dalam program IB.

Plastic Sheath : Selongsing plastik steril yang melapisi gun inseminasi untuk melindungi organ reproduksi betina

Recording : Langkah akhir IB berupa pencatatan identitas, riwayat reproduksi dan produksi ternak

Recto-vaginal Technique : Teknik inseminasi pada sapi dengan tangan di rektum dan gun masuk melalui vagina

Servis per Conception (S/C) : Jumlah inseminasi atau kawin yang diperlukan hingga tercapai satu kebuntingan

Sexing : Teknik penentuan atau pengaturan jenis kelamin pedet melalui pemisahan sperma atau penentuan lokasi deposisi

Sexing Sperma: Teknik modern yang memungkinkan peternak untuk menentukan jenis kelamin anak ternak (misalnya, memproduksi lebih banyak betina atau jantan) sebelum kelahiran, memberikan kontrol dalam perencanaan produksi ternak.

Silent Heat : Kondisi birahi tanpa gejala jelas (umum terjadi pada kerbau)

Straw : Tabung kecil berisi semen beku berkapasitas 0,25 ml

Superovulasi: Proses biologi yang melibatkan pertumbuhan, pematangan, dan pelepasan lebih banyak sel telur dari ovarium dibandingkan dengan ovulasi yang normal.

Thawing : Proses pencairan semen beku pada suhu 35-37°C selama 30-45 detik sebelum digunakan

Transfer embrio: Proses pemindahan embrio dari betina donor ke betina resipien dalam spesies yang sama.

Transfer Embrio: Salah satu teknologi reproduksi bantuan yang terintegrasi dengan inseminasi buatan dalam sistem manajemen genetik yang komprehensif.

Trichomoniasis: Salah satu penyakit reproduksi yang dapat ditransmisikan melalui perkawinan alami dan dapat diminimalkan risikonya melalui protokol sanitasi ketat dalam program IB.

Tubafalopi : Saluran penghubung ovarium dan uterus tempat terjadinya pembuahan

Ultrasonografi (USG) : Metode pendeteksian kebuntingan menggunakan gelombang ultrasound (dapat dilakukan sejak 26 hari kebuntingan)

Uterus : Organ tempat implantasi embrio dan lokasi deposisi semen pada teknik IB sapi untuk efisiensi maksimal.

Vibriosis: Salah satu penyakit reproduksi yang dapat ditransmisikan melalui perkawinan alami dan dapat diminimalkan risikonya melalui protokol sanitasi ketat dalam program IB.

BIODATA PENULIS



Ayu Rahayu, S.Pt., M.Sc.

Dosen Program Studi Peternakan
Fakultas Pertanian Universitas Tidar

Penulis lahir di Banyumas tanggal 15 Desember 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Tidar. Penulis merupakan lulusan dari SMA Negeri 1 Purwokerto pada tahun 2009. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto pada tahun 2013 dan S2 pada Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tahun 2015. Sekarang Penulis sedang menempuh S3 Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penulis menekuni bidang Genetika, Pemuliaan dan Reproduksi Ternak.

BIODATA PENULIS



drh. La Ode Muhammad Aswad Salam, M.Si

Dosen Program Studi Peternakan
Fakultas Pertanian, Perikanan dan Peternakan
Universitas Sembilanbelas November Kolaka

Penulis lahir di kolaka tanggal 20 Oktober 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Perikanan dan Peternakan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kedokteran Hewan, Program Pendidikan Profesi Dokter Hewan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Biologi Reproduksi di Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang Kesehatan hewan dan reproduksi ternak.

BIODATA PENULIS



Rasyidah Mappanganro, S.Pt., M.Si.

Dosen Jurusan Ilmu Peternakan

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Penulis lahir di Parepare tanggal 09 Februari 1976. Penulis adalah dosen tetap pada Jurusan Ilmu Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Produksi Ternak dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Peternakan Universitas Hasanuddin. Penulis saat ini sedang menempuh pendidikan S3 di Program Studi Ilmu Peternakan Universitas Hasanuddin.

BIODATA PENULIS



Mawakia Anwar, S.Pt., M.Pt.

Dosen Program Studi D3Produksi Ternak
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Karanganyar

Penulis lahir di Kabupaten Pamekasan pada tanggal 31 Maret 1994. Penulis merupakan dosen tetap pada prodi D3 Produksi Ternak Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Karanganyar. Menyelesaikan S1 dan S2 pada jurusan Peternakan Universitas Diponegoro.

Penulis memiliki ketertarikan kuat pada dunia penulisan dan telah memiliki beberapa pengalaman dalam penulisan ilmiah. Bidang keahlian penulis meliputi bioreproduksi dan reproduksi aplikatif pada ternak ruminansia, khususnya dalam pengembangan teknologi terapan untuk meningkatkan efisiensi manajemen reproduksi ternak.

Visinya adalah menghadirkan teknologi lokal yang aplikatif, murah, dan tepat guna untuk meningkatkan efisiensi reproduksi sapi dan kesejahteraan peternak, serta memperkuat posisi ilmu peternakan Indonesia dalam ranah bioteknologi modern.

BIODATA PENULIS



Silmy Aulia Rufiatin Nisa, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Biologi
Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Mojokerto pada tahun 1996 dan saat ini tengah berdomisili di Purwokerto, Banyumas Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi S1 Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang tahun 2017. Setelah lulus S1, penulis melanjutkan pendidikan magister pada Program Studi S2 Biologi, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) Institut Teknologi Bandung pada tahun 2021. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar PNS di Program Studi Sarjana Biologi, Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman mulai tahun 2024 hingga kini.

Sebagai seorang dosen, penulis pernah mengampu mata kuliah Biologi I, Bioteknologi Reproduksi Hewan, Fisiologi Organisme Akuatik, dan Fisiologi Hewan. Ketertarikan penulis pada bidang Biologi Reproduksi berawal dari rasa ingin tahu tentang bagaimana kehidupan baru bermula dan bagaimana manusia dapat memahami serta menjaga keseimbangannya. Bidang ini tidak hanya mempelajari proses biologis, tetapi juga mengajarkan tentang keberlanjutan dan tanggung jawab terhadap kehidupan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: silmy.nisa@unsoed.ac.id.