

**PERBANDINGAN RESPON SUPEROVULASI DAN KUALITAS EMBRIO
PADA SAPI SIMMENTAL DAN SAPI PERANAKAN
ONGOLE DI BALAI EMBRIO TERNAK**

SKRIPSI

Oleh

SHOFI AULIA UMMAH



**PROGRAM STUDI S-1 PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

PERBANDINGAN RESPON SUPEROVULASI DAN KUALITAS EMBRIO
PADA SAPI SIMMENTAL DAN SAPI PERANAKAN ONGOLE
DI BALAI EMBRIO TERNAK

Oleh

SHOFI AULIA UMMAH
NIM : 23010122120037

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Peternakan pada Program Studi S-1 Peternakan
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shofi Aulia Ummah
NIM : 23010122120037
Program Studi : S-1 Peternakan

Dengan ini menyatakan sebagai berikut:

1. Skripsi yang berjudul: Perbandingan Respon Superovulasi dan Kualitas Embrio pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole di Balai Embrio Ternak dan penelitian yang terkait dengan skripsi ini merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan dari Pembimbing yaitu: Ir. Daud Samsudewa, S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM. dan Dr. drh. Enny Tantini Setiatin, M.Sc.

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Semarang, Juni 2026

Penulis,



Shofi Aulia Ummah

Mengetahui:

Pembimbing Utama



Ir. Daud Samsudewa, S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM.

Pembimbing Anggota



Dr. drh. Enny Tantini Setiatin, M. Sc.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : PERBANDINGAN RESPON
SUPEROVULASI DAN KUALITAS
EMBRIO PADA SAPI SIMMENTAL DAN
SAPI PERANAKAN ONGOLE DI BALAI
EMBRIO TERNAK

Nama Mahasiswa : SHOFIAULIA UMMAH

Nomor Induk Mahasiswa : 23010122120037

Program Studi / Departemen : S-1 PETERNAKAN / PETERNAKAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
Dan dinyatakan lulus pada tanggal 17 JUN 2026

Dosen Pembimbing Utama

Ir. Daud Samsudewa, S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM.

Ketua Program Studi

Ir. Rudy Hartanto, S.Pt., M.P., Ph.D., IPM.

Dekan

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

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. drh. Enny Tantini Setiatin, M.Sc.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program

Prof. Ir. Vitus Dwi Y. B. I., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU

Ketua Departemen

Dr. Ir. Sri Sumarsih, S.Pt., M.P., IPM.

RINGKASAN

SHOFI AULIA UMMAH. 23010122120037. 2026. Perbedaan Respon Superovulasi dan Kualitas Embrio pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole di Balai Embrio Ternak. (Pembimbing: **DAUD SAMSUDEWA** dan **ENNY TANTINI SETIATIN**).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan respon superovulasi dan kualitas embrio pada sapi Simmental dan sapi Peranakan Ongole (PO). Data diambil dari rekording 55 produksi embrio di Balai Embrio Ternak pada Januari 2022 – Desember 2023.

Materi yang digunakan adalah data produksi embrio sapi Simmental dan sapi Peranakan Ongole (PO) periode 2022 – 2023. Umur ternak saat diproduksi adalah 3 – 7 tahun dengan BCS 3,5. Masing-masing ternak mendapatkan perlakuan hormonal yang sama dan tahapan produksi yang sama. Metode penelitian ini adalah observasional dengan menggunakan data sekunder dari 13 ekor Sapi Simmental dengan total 33 data, dan 6 ekor Sapi PO dengan total 10 data. Data penelitian dianalisis statistik menggunakan analisis komparatif dengan bantuan IBM SPSS *Statistic* 27 untuk mengetahui perbedaan respon superovulasi dan kualitas embrio pada Sapi Simmental dengan Sapi PO. Adapun parameter yang diambil diantaranya yaitu jumlah *corpus luteum* (CL), *response rate*, total koleksi, *recovery rate*, jumlah embrio layak transfer (LT), jumlah embrio degeneratif (DG) dan jumlah *unfertilized* (UF).

Analisis deskriptif setiap parameter antara Simmental VS PO adalah sebagai berikut: Jumlah CL (7,70 VS 10 embrio); *response rate* (78,79% VS 80,00%); jumlah embrio terkoleksi (6,52 VS 9,3 embrio); jumlah embrio LT (3,61 VS 4,20 embrio); jumlah embrio DG (0,97 VS 1,70 embrio); jumlah UF (1,94 VS 3,40); dan *recovery rate* (68,01% VS 73,33). Berdasarkan hasil analisis deskriptif, sapi PO menunjukkan hasil yang lebih tinggi pada jumlah CL, *response rate*, jumlah embrio, embrio LT, embrio DG, embrio UF dan *recovery rate* dengan rentang data yang lebih tinggi pada kelompok sapi PO.

Hasil analisis Mann-Whitney menunjukkan tidak ada perbedaan nyata ($P > 0,05$) antara Sapi Simmental VS Sapi PO pada seluruh parameter yang diamati jumlah CL (0,773), jumlah embrio (0,623), jumlah embrio LT (0,425), DG (0,0378), UF (0,720) dan *recovery rate* (0,542). Kesimpulan dari penelitian ini adalah sapi Simmental dan sapi PO memiliki respon dan kualitas yang setara pada program produksi embrio. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sampel yang lebih banyak dan seimbang antar kelompok, menambahkan parameter lain seperti parameter hormonal serta dapat dilakukan perbandingan protokol superovulasi pada masing-masing *breed*.

KATA PENGANTAR

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan respon superovulasi dan kualitas embrio pada sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole di Balai Embrio Ternak. Data yang diambil berupa data sekunder dari 13 ekor sapi Simmental yang menghasilkan 33 data ($n=33$) dan 6 ekor sapi PO yang menghasilkan 10 data ($n=10$). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata antar *breed* pada beberapa parameter. Secara statistik perbedaan tersebut tidak signifikan. Hal ini menunjukkan dalam kondisi perlakuan yang seragam, kedua *breed* sapi memiliki respon yang relatif setara terhadap program superovulasi.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Ir. Daud Samsudewa S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dr. drh. Enny Tantini Setiatin, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan, arahan serta banyak ilmu berharga selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, atas kesempatan yang diberikan kepada

penulis untuk menempuh pendidikan di Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.

3. Dr. Ir. Sri Sumarsih, S.Pt., M.P., IPM. selaku Ketua Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, dan Ir. Rudy Hartanto, S.Pt., M.P., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi S-1 Peternakan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, serta Ir. Daud Samsudewa, S.Pt., M.Si., Ph.D., IPM selaku Sekretaris Program Studi S-1 Peternakan.
4. Asep Setiaji, S.Pt., M.Si., Ph.D., selaku Koordinator Laboratorium Genetika, Pemuliaan dan Reproduksi, atas fasilitas dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian.
5. Agung Subrata, S.Pt., M.P., selaku Dosen Wali, atas semangat dan dukungan yang senantiasa diberikan kepada penulis selama menjalani pendidikan.
6. Bapak Mashudi dan Ibu Muchibah (almh) penulis atas segala dukungan moral, material, kasih sayang dan doa yang tidak pernah terputus di setiap harinya. Kepada Miftahul Lutfillah, kakak laki-laki penulis, Siti Millatul Izzah, kakak perempuan penulis, dan nenek Muntamah, yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama proses perjalanan menyelesaikan pendidikan.
7. Seluruh staf Balai Embrio Ternak Bogor yang telah memberikan arahan, informasi, dan bimbingan selama proses penelitian.
8. Tim Penelitian "Sobat Betty" yaitu Alya Karunia Putri dan Asma Fairuz Zakiyya yang telah membantu dan kebersamaan selama pelaksanaan

penelitian. Kepada Shinta Dwi Santoso, teman dalam satu garis perjuangan yang selalu memotivasi penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.

9. Keluarga Laboratorium Genetika Pemuliaan dan Reproduksi atas dukungan serta kesempatan yang telah diberikan kepada penulis untuk mengembangkan diri dan bekarya.
10. Keluarga besar "Studi Kualitatif" Arsyiella, Fadlilah, Septy dan Amaretha yang selalu memberikan semangat secara penuh kepada penulis
11. Sahabat, teman diskusi, sekaligus teman dekat penulis yaitu, Evi, Yashinta, Erma, Zahra, Anna, serta teman-teman lainnya yang belum bisa saya sebutkan satu persatu.
12. Tomorrow X Together, yang selalu menemani dan menyemangati penulis melalui karya musik yang indah. Keluarga besar Moments of Alwaysness (MoA) kak Nita, kak Lia, kak Dila, kak Febi, Mba Vivi, Mba Mala, Mba Luluk dan Mba Firda, atas semua penghiburan dan semangat yang telah diberikan. dan semua MoA yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Besar harapannya skripsi ini akan memberikan manfaat bagi para pembaca dan menjadi kontribusi yang berguna dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Bioteknologi Reproduksi.....	5
2.2. Folikel Antral, Oosit dan Ovum	6
2.3. Faktor yang Mempengaruhi Superovulasi	7
2.4. Sapi Donor dan Sapi Resipien.....	8
2.5. Parameter Keberhasilan Produksi Embrio	12
BAB III MATERI DAN METODE	20
3.1. Materi	20
3.2. Metode.....	21
3.3. Prosedur Pelaksanaan Superovulasi dan Koleksi Embrio.....	24
3.4. Parameter.....	26
3.5. Analisis Data	27
3.6. Hipotesis Statistik.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Perbedaan Respon Superovulasi pada Sapi Simmental dan Peranakan Ongole	29
4.2. Perbedaan Perolehan Jumlah Embrio dan <i>Recovery rate</i> Sapi Simmental dan Peranakan Ongole (PO)	33
4.3. Perbedaan Kualitas Embrio pada Sapi Simmental dan Sapi PO.....	37

BAB V SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. Simpulan.....	43
5.2. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	50
RIWAYAT HIDUP.....	56

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1 Fase Perkembangan Embrio.....	17
2 Panduan Grading Embrio.....	18
3 Pengelompokan Kualitas Embrio.....	18
4 Nilai Total CL, Rataan, Standar Deviasi Perolehan Jumlah CL dan Response Rate Pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole	29
5 Analisis Statistik Perbedaan Jumlah CL Pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole.....	31
6 Nilai Embrio Terkoleksi, Rata-rata, dan Standar Deviasi Jumlah Embrio, Recovery Rate Pada Simmental Dan Peranakan Ongole	34
7 Analisis Statistik Jumlah Embrio dan <i>Recovery rate</i> pada Simmental dan Peranakan Ongole.....	35
8 Nilai Rataan dan Standar Deviasi Perolehan Kualitas dan Distribusi Kualitas Embrio	38
9 Analisis Statistik Perbedaan Kualitas Embrio Pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Data Jumlah Corpus Luteum dan <i>Response Rate</i> Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole (PO).....	50
2	Perhitungan Respons rate Rate Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole (PO).....	53
3	Perolehan Embrio Terkoleksi dan <i>Recovery Rate</i> Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole (PO)	54
4	Distribusi Kualitas Embrio Terkoleksi Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole.....	57
5	Analisis Statistik Mann-Whitney Perbedaan Perbedaan Respon Superovulasi (Jumlah CL), Jumlah Embrio terkoleksi, Kualitas Embrio (LT, DG dan UF) dan <i>Recovery Rate</i> antara Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

Pemilihan ternak unggul merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan produktifitas ternak. Hal ini menjadikan permintaan akan ternak unggul semakin hari semakin meningkat. Kondisi ini perlu diiringi dengan peningkatan produksi ternak unggul. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan penerapan teknologi reproduksi berbantuan (*assisted reproductive technology*) seperti program transfer embrio (TE).

Transfer embrio (TE) merupakan salah satu strategi dalam peningkatan produktivitas ternak dengan peran sapi donor sebagai ternak penyumbang. Teknologi ini juga berperan dalam percepatan perbaikan mutu genetik ternak Indonesia. Hal ini sesuai dengan pendapat Hardiyanto *et al.* (2016) bahwa rangkaian bioteknologi seperti superovulasi dan TE dapat dimanfaatkan untuk peningkatan dan distribusi populasi ternak unggul. Superovulasi adalah upaya merangsang ovarium untuk menghasilkan lebih dari satu ovum dalam satu siklus estrus. Superovulasi dilakukan dengan pemberian hormon gonadotropin seperti *Follicle Stimulating Hormone* (FSH). Hal ini sesuai dengan pendapat Subchan *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa superovulasi merupakan perlakuan buatan untuk membentuk lebih dari satu ovum dalam satu siklus estrus menggunakan bantuan hormon. Tantangan yang dihadapi saat ini adalah program produksi embrio di lapangan masih menunjukkan hasil yang bervariasi dari segi respon, jumlah embrio serta kualitas embrio.

Variasi hasil ini dipengaruhi oleh interaksi faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi genetik atau *breed*, sensitivitas individu dan kondisi fisiologis. Faktor eksternal meliputi musim, lingkungan, nutrisi, serta hormon yang digunakan (Kafi dan McGowan, 1997). Diantara faktor-faktor tersebut, faktor genetik atau *breed* dianggap sebagai salah satu penentu, karena berkaitan dengan perbedaan fisiologi antar sub spesies (Liu *et al.*, 2021).

Dua sub spesies sapi yang sering digunakan dalam produksi embrio, yakni *Bos taurus* dan *Bos indicus*. Keduanya memiliki respon yang berbeda terhadap perlakuan hormon superovulasi akibat dari adanya perbedaan kondisi fisiologis. Salah satu faktor fisiologis yang mempengaruhi respon superovulasi adalah jumlah folikel antral, yaitu folikel di dalam ovarium yang telah berkembang dan memiliki rongga berisi cairan (antrum). Folikel antral merupakan folikel yang siap merespons rangsangan hormon *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) yang diberikan saat superovulasi semakin banyak folikel antral yang tersedia, semakin besar peluang banyak folikel untuk berkembang dan berovulasi sekaligus (Gawai *et al.*, 2024).

Sapi *Bos indicus* secara genetik memiliki jumlah folikel antral yang lebih banyak dibandingkan *Bos taurus*, sehingga berpotensi menghasilkan respons superovulasi yang lebih besar (Silva *et al.*, 2014). Namun, ukuran folikel pada *Bos indicus* relatif lebih kecil, yakni berkisar 6,25–6,44 mm, dibandingkan *Bos taurus* yang dapat mencapai 8,5–9,0 mm (Imron *et al.*, 2016). Perbedaan ukuran folikel ini juga dapat memengaruhi kualitas oosit yang dihasilkan.

Ukuran folikel yang lebih kecil berkaitan dengan durasi dominasi yang lebih singkat, yang artinya folikel lebih cepat mengalami regresi sehingga waktu yang

tersedia untuk merespons stimulasi hormon FSH dalam program superovulasi menjadi lebih sempit dan kurang optimal (Sartori *et al.*, 2016). Selain itu, folikel dengan ukuran yang lebih kecil cenderung menghasilkan oosit dengan tingkat maturasi yang lebih rendah sehingga dapat berdampak pada kualitas embrio yang dihasilkan (Lequarre *et al.*, 2005).

Pemilihan sapi Simmental (representasi *Bos taurus*) dan PO (representasi *Bos indicus*) merupakan *breed* sapi andalan untuk program pembibitan. Pemilihan kedua *breed* ini didasarkan pada Simmental sebagai *breed* unggul dengan produktivitas daging yang tinggi, dan PO sebagai *breed* sapi lokal yang adaptif terhadap lingkungan tropis. Studi pendahuluan oleh Lubis (2022) melaporkan bahwa kedua *breed* tersebut memberikan respon positif terhadap stimulasi FSH pada proses superovulasi. Namun, penelitian tersebut memiliki beberapa keterbatasan. Data yang digunakan adalah data satu siklus produksi per donor, sehingga belum mengungkap konsistensi kinerja donor dalam jangka panjang. Data dari kegiatan rutin BET tahun 2022 – 2023 memungkinkan analisis beberapa donor yang diprogram berulang kali. Penelitian ini dapat mengisi *gap* penelitian tersebut dengan membandingkan produktivitas rata-rata per donor dan variabilitas antar donor.

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan produksi embrio sapi Simmental dan sapi PO di Balai Embrio Ternak (BET). Secara khusus, penelitian ini memiliki beberapa tujuan. Pertama, membandingkan respon superovulasi berdasarkan jumlah CL, total embrio

terkoleksi, dan kualitas embrio antara kedua *breed* sapi. Kedua, menghitung dan membandingkan *recovery rate* serta *response rate* pada sapi Simmental dan PO.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai perbedaan respon superovulasi antar *breed* sapi. Penelitian ini juga bermanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan *breed* sapi yang lebih efisien serta mendukung upaya peningkatan mutu genetik ternak melalui pengembangan bibit unggul secara berkelanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bioteknologi Reproduksi

Transfer embrio (TE) merupakan salah satu teknologi reproduksi yang diterapkan pada ternak untuk mempercepat perbaikan mutu genetik dalam populasi ternak (Yu *et al.*, 2019). Teknologi ini memanfaatkan sapi donor yang berfungsi sebagai penghasil embrio dengan kualitas unggul untuk kemudian dipindahkan atau ditransfer pada ternak resipien melalui beberapa rangkaian proses produksi dan TE (Bilyaro *et al.*, 2024). Secara umum, proses TE melibatkan serangkaian tahapan yang saling terkait, dimulai dari seleksi ternak donor dan resipien, superovulasi pada ternak donor, inseminasi buatan pada ternak donor, koleksi embrio, evaluasi embrio, hingga transfer embrio (Burhanuddin *et al.*, 2014).

Semua tahapan superovulasi menjadi titik penentu keberhasilan program. Superovulasi merupakan suatu kegiatan menstimulasi ovarium pada ternak donor untuk mengovulasikan lebih dari satu ovum pada satu kali siklus estrus (Supriatna, 2018). Program superovulasi dilakukan dengan penggunaan hormon gonadotropin seperti *follicle stimulating hormone* (FSH) yang memiliki fungsi stimulasi pertumbuhan folikel secara bersamaan sehingga menghasilkan lebih banyak oosit (Subchan *et al.*, 2016). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat respon pada superovulasi, diantaranya yaitu faktor genetik, kondisi fisiologis, *body condition score* (BCS), level perlakuan dan manajemen pelaksanaan di lapangan (Jodiansyah *et al.*, 2013). Variabilitas inilah yang mendasari pentingnya kajian

terhadap faktor-faktor penentu keberhasilan program termasuk perbedaan genetik antar *breed* sapi. Perbedaan genetik memungkinkan antar *breed* memiliki struktur fisiologi yang berbeda.

2.2. Folikel dan Oosit

Folikel ovarium merupakan unit fungsional dasar ovarium yang terdiri atas oosit yang dikelilingi oleh sel-sel granulosa, tempat oosit tumbuh dan berkembang hingga mencapai tahap ovulasi (Sharma *et al.*, 2026). Folikel berkembang secara bertahap dari yang paling kecil (primordial) hingga mencapai tahap paling matang (folikel de graaf). folikel antral adalah folikel dengan fase perkembangan tersier yaitu folikel yang sudah memiliki rongga berisi cairan dan berpotensi merespons rangsangan hormon dari luar (Gawai *et al.*, 2024). Oosit adalah sel telur yang belum mengalami proses maturasi, sedangkan ovum adalah sel telur yang sudah benar-benar matang dan siap dibuahi.

Jumlah folikel antral yang ada di ovarium sapi atau *Antral Follicle Count* (AFC) menjadi salah satu indikator dalam memprediksi keberhasilan superovulasi. AFC merupakan penanda seberapa besar respon ovarium terhadap perlakuan hormon superovulasi semakin tinggi AFC seekor sapi, semakin banyak embrio yang dapat dihasilkan (Gawai *et al.*, 2024). Ukuran folikel antral juga berpengaruh terhadap kualitas sel telur yang dihasilkan. Folikel yang lebih besar cenderung menghasilkan sel telur yang lebih siap dan berkualitas. Oosit dengan ukuran lebih besar memiliki kemampuan berkembang menjadi embrio yang lebih tinggi karena tingkat pembelahan sel yang lebih baik (Yang *et al.*, 2026). Sebaliknya, Oosit dari

folikel kecil mengalami pematangan inti dan sitoplasma yang tidak sempurna, lebih rentan mengalami kematian (atresia) (Kirillova *et al.*, 2021)

Kualitas oosit yang dihasilkan akan menentukan berhasil atau tidaknya program produksi embrio. Oosit yang berkualitas baik sangat penting untuk keberhasilan proses pembuahan, pembelahan sel, dan perkembangan embrio pada tahap awal. Folikel yang belum benar-benar matang dipaksa berovulasi melalui rangsangan hormon, kualitas embrio yang dihasilkan akan menurun (Mikkola *et al.*, 2019). Sapi yang diinduksi berovulasi dari folikel yang belum matang secara fisiologis menghasilkan embrio dengan kualitas lebih rendah dan tingkat perkembangan yang kurang baik. Hal ini berkaitan dengan kondisi metabolik oosit yang belum optimal. Sebaliknya, sapi dengan folikel yang banyak dan berkualitas baik menghasilkan sel telur yang lebih unggul (Gawai *et al.*, 2024).

2.3. Faktor yang Mempengaruhi Superovulasi

Keberhasilan superovulasi sangat ditentukan oleh kondisi internal dan eksternal sapi donor (Silva, 2014). Faktor eksternal yang dapat mempengaruhi diantaranya yaitu penggunaan dosis hormon dan jenis hormon yang digunakan, musim, serta manajemen pelaksanaan di lapangan (Setiawan *et al.*, 2017). Faktor internal meliputi gentik ternak (*breed* dan sensitivitas individu), umur, kondisi ovarium, BCS dan kesehatan organ reproduksi. Faktor genetik atau *breed* merupakan salah satu penentu karena setiap *breed* memiliki kondisi fisiologi yang berbeda, seperti pada pola gelombang folikel, jumlah folikel antral, dan sensitivitas terhadap perlakuan hormon gonadotropin (Lubis., 2022). Sapi *Bos indicus*

menghasilkan folikel dominan dengan ukuran yang lebih kecil dengan masa dominasi yang lebih singkat (Sartori *et al.*, 2016). Kondisi ini pada sapi PO berpotensi menghambat sinkronisasi perkembangan folikel saat pemberian FSH.

Studi menunjukkan bahwa sapi *Bos indicus* lebih banyak memiliki folikel antral jika dibandingkan dengan *Bos taurus* (Silva *et al.*, 2014). Sapi dengan folikel antral lebih banyak cenderung menghasilkan banyak folikel yang merespon injeksi FSH (Mossa *et al.*, 2019). Cadangan ini secara biokimiawi direfleksikan oleh kadar Anti-Mullerian Hormone (AMH), dimana kadar yang lebih tinggi berkorelasi kuat dengan jumlah embrio dan embrio layak transfer (Carter *et al.*, 2016). Ukuran folikel dominan pada *Bos taurus* dapat mencapai 8.5-9.0 mm, lebih besar daripada *Bos indicus* yang berdiameter 6,25 – 6,44 mm (Imron *et al.*, 2016). Folikel dengan ukuran medium (6,0 – 9,9 mm) dihubungkan dengan perolehan oosit berkualitas lebih baik (Yang *et al.*, 2026).

2.4. Sapi Donor dan Sapi Resipien

Sapi donor merupakan komponen yang memegang peran penting dalam program transfer embrio. Sapi donor harus memenuhi sejumlah kriteria seleksi untuk menjamin kualitas embrio yang dihasilkan, antara lain memiliki genetik unggul yang ditunjukkan melalui produktivitas daging atau susu yang tinggi, memiliki siklus estrus yang normal, bebas dari gangguan reproduksi dan penyakit menular, serta telah berhasil melahirkan anak minimal satu kali (Djunaedi *et al.*, 2018; Ningtias *et al.*, 2022). Sapi donor yang telah masuk kriteria kemudian dilakukan prosedur superovulasi, yaitu stimulasi hormon untuk meningkatkan

jumlah oosit dalam ovarium sehingga dalam ovulasinya mencapai lebih dari satu ovum pada satu siklus (Imron *et al.*, 2016).

Sapi resipien merupakan sapi penerima embrio dan sebagai tempat pertumbuhan embrio hingga menjadi pedet yang sehat (Nuryanto *et al.*, 2017). Sapi resipien juga memiliki syarat-syarat tertentu sebagai tolak ukur kelayakan. Kriteria seleksi sapi resipien diantaranya yaitu memiliki kondisi reproduksi yang sehat, fertilitas baik, bebas dari penyakit, serta memiliki kemampuan maternal (*mothering ability*) yang baik untuk melahirkan dan merawat pedet (Afriani *et al.*, 2018). Selain itu, resipien juga telah mencapai umur minimal 15 bulan dengan siklus estrus yang normal (Syamsi *et al.*, 2024). Aspek yang tak kalah penting lainnya adalah sinkronisasi estrus antara donor dan resipien yang berperan besar terhadap keberhasilan implantasi. Hal ini berkaitan dengan kesiapan uterus dalam menerima embrio (Tjahyani *et al.*, 2021). Semua breed ternak berpotensi menjadi sapi donor dan sapi resipien apabila telah memnuhi standar dan syarat yang telah ditentukan, termasuk *breed* Simmental dan Pernakan Ongole (PO).

2.4.1. Sapi Simmental

Sapi Simmental merupakan *breed* sapi potong yang termasuk ke dalam subspesies *Bos taurus*. Sapi ini berasal dari lembah Simme yang berada di negara Switzerland (Berutu., 2025). Umumnya sapi Simmental memiliki bulu berwarna kemerahan dengan corak warna putih. Simmental banyak dikembangkan di Indonesia karena dinilai memiliki laju pertumbuhan yang tinggi, efisien terhadap pakan serta memiliki tubuh relatif besar sehingga banyak disukai oleh peternak

(Fikar dan Ruhyadi., 2010). Keunggulan utama dari sapi Simmental adalah memiliki laju pertumbuhan bobot badan yang cepat dan efisiensi konversi pakan yang baik, sehingga sangat digemari dalam usaha penggemukan (*feedlot*) (Kurnia *et al.*, 2020).

Jika dilihat dari sisi reproduksi, sapi Simmental menunjukkan hasil yang sangat mendukung program bioteknologi reproduksi. Secara fisiologis, sapi *Bos taurus* seperti Simmental memiliki pola gelombang folikel yang lebih sedikit (2-3 gelombang) per siklus dengan fase dominasi yang jelas, sehingga membantu sinkronisasi respon terhadap stimulasi hormon gonadotropin eksogen (Sartori *et al.*, 2016). Sapi Simmental secara konsisten menghasilkan jumlah embrio total dan embrio layak transfer yang lebih banyak dalam satu kali siklus *flushing* dibandingkan dengan sapi lokal seperti PO dalam protokol yang sama (Lubis, 2022; Sevgi *et al.*, 2019). Dengan demikian, keunggulan fisiologis reproduksi yang dimiliki oleh sapi Simmental sebagai donor potensial dalam program transfer embrio (Erdem *et al.*, 2020).

2.4.2 Sapi Peranakan Ongole

Sapi Peranakan ongole (PO) merupakan salah satu *breed* sapi lokal unggulan di Indonesia. Sapi PO termasuk ke dalam subspecies *Bos indicus*. PO merupakan hasil persilangan antara sapi Ongole dari India dengan sapi Jawa, yang telah beradaptasi dan banyak dikembangkan di Indonesia (Kementan, 2012; Jakaria *et al.*, 2020). Keunggulan utama sapi PO terletak pada kekuatan adaptasi yang baik terhadap lingkungan tropis, ketahanan menghadapi stress panas (*heat stress*),

kelembaban tinggi, dan ketersediaan pakan yang terbatas, sehingga keberadaannya cukup digemari oleh peternakan rakyat (Yulianto dan Supriatno, 2010; Fani *et al.*, 2024).

Faktor fisiologi krusial dalam program bioteknologi, sapi PO menunjukkan karakteristik yang berbeda dengan *Bos taurus*. Pertama, sapi PO memiliki ukuran folikel dominan yang lebih kecil yakni sekitar 12 mm dan pertumbuhannya lebih lambat jika dibandingkan dengan *breed* sapi *Bos taurus* (Priyo, 2020; Alfons *et al.*, 2022). Ukuran folikel yang lebih kecil berhubungan dengan kadar estradiol dan *insulin-like Growth Factor-1* (IGF-1) yang lebih rendah di dalam cairan folikelnya. IGF-1 berperan dalam meningkatkan sensitivitas folikel terhadap hormon gonadotropin (Noakes, 2019). Rendahnya stimulasi mengakibatkan sekresi LH yang kurang optimal, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kualitas ovulasi dan sinkronisasi terhadap superovulasi (Alfons *et al.*, 2022). Kedua, sebagian *Bos indicus*, PO cenderung memiliki 3-4 gelombang folikel per siklus dengan masa dominasi yang lebih singkat, sehingga berpotensi menurunkan respon folikel terhadap protokol superovulasi yang sama dengan *Bos taurus* (Sartori *et al.*, 2016).

Dampak dari perbedaan karakteristik fisiologis ini terlihat dalam produksi embrio. Studi komparatif menunjukkan bahwa respon superovulasi dan produksi embrio pada sapi PO umumnya lebih rendah dibandingkan dengan sapi eksotik seperti Simmental (Lubis., 2022). Penelitian yang telah dilaksanakan oleh Lubis (2022) melaporkan bahwa dalam protokol yang sama, sapi PO menghasilkan rata-rata lebih rendah. Ketahanan dan adaptasi PO terhadap lingkungan tropis

merupakan keunggulan yang layak dipertimbangkan. Oleh karena itu, evaluasi berbasis data berulang menjadi kunci untuk menjawab pertanyaan tersebut.

2.5. Parameter Keberhasilan Produksi Embrio

Keberhasilan produksi embrio pada program superovulasi dan embryo transfer (ET) dapat dievaluasi melalui beberapa parameter yang mencerminkan respon ovarium, efisiensi koleksi embrio, serta kualitas embrio yang dihasilkan. Parameter-parameter tersebut meliputi jumlah *corpus luteum* (CL) dan *response rate* sebagai indikator respon ovulasi, jumlah embrio terkoleksi dan *recovery rate* sebagai indikator efisiensi koleksi, serta kualitas embrio yang terdiri atas embrio layak transfer, degeneratif (DG), dan *unfertilized* (UF).

2.5.1. Jumlah corpus luteum

Corpus luteum (CL) merupakan struktur endokrin temporer yang terbentuk di ovarium pasca ovulasi. Jumlah CL yang terbentuk secara langsung menggambarkan jumlah folikel yang berhasil diovulasikan sebagai respon terhadap stimulasi hormon FSH eksogen dalam program produksi embrio. Sehingga merupakan indikator utama dari respon superovulasi (Zumarni, 2016)

Secara operasional dalam produksi embrio, sapi donor dinyatakan memberikan respon superovulasi positif apabila menghasilkan minimal 3 buah CL. Sebaliknya donor dengan jumlah CL kurang dari 3 dikategorikan tidak respon (Silva *et al.*, 2014). Pemeriksaan dan perhitungan CL umumnya dilakukan melalui metode palpasi rektal oleh tenaga ahli. Jika menginginkan hasil yang lebih akurat,

maka dapat menggunakan alat ultrasonografi (USG) transrektal yang memungkinkan untuk evaluasi terhadap ukuran dan morfologi CL (Afriani *et al.*, 2018).

2.5.2. Tingkat respon (*respons rate*)

Respons rate atau tingkat respon merupakan parameter efisiensi program yang mengukur seberapa besar persentasi sapi donor yang berhasil memberikan respon positif terhadap superovulasi. Nilainya dihitung dengan membandingkan jumlah donor yang dikategorikan merespon terhadap jumlah total donor yang menjalani protokol yang sama (Jodiansyah *et al.*, 2013). Sapi dikatakan merespon apabila jumlah CL sesuai dengan standar yang telah ditentukan yakni minimal 3 buah CL.

$$\text{Respons rate} = \frac{\text{Jumlah sapi yang respon}}{\text{Jumlah sapi yang disuperovulasi}} \times 100\%$$

Analisis *respons rate* menjadi sangat penting. Perbedaan fisiologis antara sapi Simmental (*Bos taurus*) dan sapi PO (*Bos indicus*) diduga akan mempengaruhi kemampuan masing-masing *breed* dalam merespon superovulasi dengan menggunakan protokol standar yang sama (Sartori *et al.*, 2010). Dengan menganalisis data yang diperoleh, tidak hanya melihat perbandingan *respons rate* secara keseluruhan, melainkan juga konsistensi individu donor dalam merespon dari satu siklus ke siklus berikutnya (Sanderson dan Martinez., 2020). Hal ini yang nantinya akan memberikan gambaran lebih mendalam tentang

kapabilitas setiap *breed* sapi sebagai donor dalam program jangka panjang (Hirayama *et al.*, 2019).

2.5.3. Total koleksi

Koleksi embrio atau pemanenan embrio merupakan tahap penting dalam program produksi embrio (Besenfelder., 2025). Koleksi embrio dilakukan untuk mengambil embrio dari saluran reproduksi sapi donor setelah superovulasi dan inseminasi buatan. Dalam pelaksanaannya metode *non-surgical* atau *transcervikal flushing* telah menjadi standar protokol di BET karena dinilai lebih praktis dan memungkinkan penggunaan donor secara berulang (Donaldson., 1984). Prosedur ini umumnya dilakukan 7 hari setelah inseminasi. Dilakukan pada hari ke-7 karena pada hari itu embrio telah berpindah ke uterus dan diduga telah mencapai fase morula hingga blastosis awal (IETS, 2011). Koleksi embrio dilakukan dengan memasukkan kateter foley ke dalam uterus melalui serviks, kemudian dilakukan pembilasan menggunakan media khusus seperti ringer laktat yang telah dicampur dengan antibiotik dan *calf serum* dan dialirkan untuk mengangkut embrio keluar menuju botol media (Haryanto *et al.*, 2016). Keberhasilan koleksi embrio menggunakan metode ini bergantung pada keterampilan petugas (Drost *et al.*, 1976).

2.5.4. Recovery rate

Recovery rate atau tingkat perolehan embrio merupakan parameter kuantitatif yang mengukur efisiensi teknis dari prosedur koleksi embrio dalam program superovulasi dan transfer embrio. *Recovery rate* didefinisikan sebagai

perbandingan hasil total koleksi dengan total potensi ovulasi yang dihitung berdasarkan CL (Damaris *et al.*, 2023). Secara matematis, *recovery rate* dihitung dengan rumus berikut:

$$Recovery\ rate = \frac{\text{Jumlah total perolehan embrio}}{\text{Jumlah total CL}} \times 100\%$$

Recovery rate yang rendah dapat mengindikasikan beberapa masalah, seperti kegagalan fertilisasi walaupun ovulasi terjadi, kematian embrio dini setelah fertilisasi atau ketidaksempurnaan teknik *flushing* sehingga terdapat embrio yang tidak berhasil dikoleksi seluruhnya (Darlian *et al.*, 2021). Perbandingan RR antar *breed* sapi dapat mengungkapkan pengaruh perbedaan fisiologis terhadap tahap perkembangan pasca ovulasi.

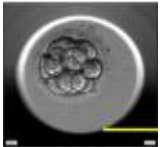
2.5.5. Evaluasi embrio

Evaluasi embrio merupakan tahap akhir yang krusial dalam program produksi embrio. Evaluasi berfungsi sebagai indikator keberhasilan fisiologis dan teknis program sekaligus penentuan embrio layak transfer (*transferable*) dan tidak layak transfer (*non-transferable*) (Wahjuningsih *et al.*, 2019). Berdasarkan prosedur, evaluasi dilakukan segera setelah proses *flushing*. Media hasil *flushing* difilter dengan filter media berpori 70-80 mikron, dan embrio diamati di bawah mikroskop stereo dengan pembesaran 40-60x (Darlian *et al.*, 2021). Standar evaluasi morfologi embrio global mengacu pada panduan *International Embryo Transfer Society* (IETS) yang menilai embrio berdasarkan bentuk keseluruhan, keseragaman ukuran, dan

warna sel, persentase sel utuh dan kondisi zona pelusida seperti terdapat pada Tabel 1, klasifikasi embrio dibagi ke dalam beberapa *grade* (Tabel 2) *grade* 1 dengan kualitas terbaik sampai dengan *grade* 4 (IETS, 2010).

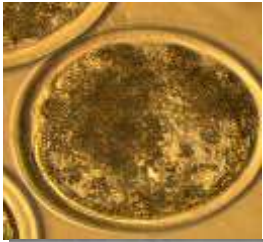
Standar operasional BET yang digunakan sebagai sumber data penelitian ini, klasifikasi yang digunakan bersifat aplikatif. Embrio umumnya dikelompokkan ke dalam kategori keputusan langsung berdasarkan fase perkembangan dan kualitas sel yakni layak transfer (LT) dan tidak layak (TL) (IETS, 2010). Kategori LT merupakan embrio dengan kualitas *grade* 1-2 menurut IETS, sementara embrio TL adalah embrio yang tidak terfertilisasi dan degeneratif (IETS 2010).

Tabel 1. Fase Perkembangan Embrio

No.	Fase Perkembangan	Ciri-Ciri	Gambar
1.	<i>Unfertilized</i>	Ovum belum mengalami fertilisasi, struktur sel masih sel tunggal besar dengan inti yang jelas, zona pelusida masih utuh.	
2.	<i>Cleavage stage</i>	Tahap pembelahan mitosis menghasilkan 2 sampai 16 sel blastomer. Blastomer tampak sebagai kumpulan sel kecil yang seragam pada awalnya, kemudian bervariasi ukurannya.	
3.	<i>Early Morula</i>	Blastomer mulai menyatu sama lain, sel terlihat membentuk massa yang cukup padat dan masih terdapat ruang di antara beberapa sel. Dalam tahap ini zona pelusida masih utuh.	
4.	<i>Morula</i>	Sel semakin menempel dan membentuk massa sel yang lebih padat dari sebelumnya, morfologinya menyerupai bola padat yang berada di dalam zona pelusida.	
5.	<i>Early Blastocyst</i>	Mulai terbentuk blastosol di tengah massa morula, pada fase ini zona pelusida masih utuh dan mulai terlihat <i>inner cell mass</i> (ICM)	
6.	<i>Blastocyst</i>	Rongga blastosol mulai membesar, ICM terlihat lebih jelas di satu sisi dikelilingi oleh lapisan luar sel (<i>trophectoderm</i>), dalam fase ini zona pelusida masih dapat dipertahankan.	
7.	<i>Expanded Blastocyst</i>	Ukuran embrio lebih besar, blastosol lebih luas hingga sebagian besar embrio, zona pellucida mulai lisis menjadi tipis dan transparan.	
8.	<i>Hatched Blastocyst</i>	Embrio mulai keluar dari zona pelusida dan bersiap untuk proses implantasi. Kondisi blastosel keluar dari zona pelusida. Pada fase ini zona pelusida mulai pecah atau hilang sebagian.	
9.	<i>Expanded Hatched Blastocyst</i>	Embrio telah sepenuhnya berada di luar zona pelusida.	

Sumber: IETS (2011)

Tabel 2. Panduan *Grading* Embrio

Kode	Grade Embrio	Keterangan	Gambar
1.	Sangat baik atau Baik (<i>Excellent or Good</i>)	Bentuk embrio simetris dan bulat dengan sel-sel blastomer yang seragam dalam ukuran, warna, minim ketidakteraturan, keutuhan minimal 85% dan merupakan massa embrio yang viable, zona Pelusida halus tidak terjadi konkaf.	
2.	Cukup (<i>Fair</i>)	Tingkat ketidak teraturan sedang dalam semua bentuk massa embrio atau dalam ukuran, warna dan kepadatan dari sel-sel embrio. Setidaknya paling sedikit 50% selular material harus utuh dan merupakan massa embrio viabel.	
3.	Buruk (<i>Poor</i>)	Tingkat ketidak teraturan parah dalam semua bentuk massa embrio atau dalam ukuran, warna dan kepadatan dari sel-sel embrio. Paling sedikit 25% selular material harus utuh dan merupakan massa embrio yang viabel	
4.	<i>Dead</i> atau <i>degenerating</i>	Embrio yang mengalami degenerasi, oosit, atau embrio-embrio satu sel atau tidak viabel.	

Sumber: IETS 2010; Data primer BET

Tabel 3. Pengelompokan Kualitas Embrio

Kode	Kualitas Embrio	Kualifikasi
LT	Layak Transfer	Embrio yang mencapai perkembangan fase 4 (morula) sampai dengan fase 8 (<i>hatched blastocyst</i>) dan memiliki kualitas 1 dan 2. Fase 9 dilakukan TE segar.
DG	Degeneratif	Rusak atau gagal berkembang
UF	Unfertilized	Embrio yang tidak terbuahi

Sumber: IETS 2010

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap utama. Tahap observasi dan pengumpulan data dilaksanakan di Balai Embrio Ternak (BET) Cipelang, Bogor, Jawa Barat pada bulan November 2025 – Januari 2026. Tahap analisis data dilakukan di Laboratorium Genetika, Pemuliaan, dan Reproduksi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

3.1. Materi

Materi penelitian yang digunakan terdiri dari data sekunder produksi embrio di Balai Embrio Ternak (BET). Data berasal dari catatan produksi sapi Simmental dan sapi Peranakan Ongole selama periode Januari 2022 – Desember 2023 yang meliputi 33 data dari 13 ekor sapi Simmental dan 10 data dari 6 ekor sapi PO. Data berasal dari ternak yang memiliki kriteria sama pada saat data diambil yakni berdasarkan umur (3-7 tahun) dan BCS 3,5, memiliki kondisi reproduksi normal, tidak ada gangguan penyakit, dan memiliki siklus estrus yang normal serta berada pada lingkungan yang sama pada saat data diambil. Data yang diperoleh mencantumkan identitas dan donor, tanggal *flushing*, jumlah CL, total embrio terkoleksi, jumlah embrio layak transfer dan tidak layak transfer.

3.2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah observasional yang terdiri dari dua tahapan. Tahap pertama adalah pra penelitian dan proses dan tahapan kedua adalah pengambilan data.

3.2.1. Pra penelitian

Tahap ini meliputi kegiatan persiapan sebelum pengambilan data. Pertama, dilakukan studi literatur mendalam untuk membangun kerangka teori, mengidentifikasi *gap* penelitian, dan menentukan parameter yang akan diamati. Kedua, dilakukan observasi awal dan konsultasi dengan pihak BET. Tujuan observasi adalah untuk memahami secara langsung protokol operasional, tata kelola data, diskusi tentang pengambilan data primer. Hasil observasi menunjukkan bahwa pada periode November 2025 – Januari 2026 kegiatan produksi embrio untuk sapi Simmental dan PO sedang tidak aktif dikarenakan target produksi tahunan yang telah terpenuhi. Berdasarkan temuan ini dan setelah melalui proses diskusi yang mendalam, penelitian kemudian difokuskan pada analisis data sekunder.

3.2.2. Pengumpulan data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut:

a. *Field Research*

Field research dilakukan dengan mendatangi Balai Embrio Ternak (BET) selama periode November 2025 hingga Januari 2026. Kegiatan ini bertujuan untuk

memperoleh pemahaman teknis mengenai prosedur produksi embrio, mengenal alur pencatatan data, serta membangun komunikasi yang baik dengan pihak instansi dalam rangka memperoleh akses terhadap arsip produksi embrio. Penelitian langsung ini dilaksanakan melalui tiga pendekatan yaitu, observasi partisipatif, wawancara tidak langsung, dan dokumentasi.

b. Observasi Partisipatif

Observasi partisipatif dilakukan dengan melibatkan diri secara langsung dalam kegiatan produksi embrio di BET. Penulis berkesempatan mengikuti rangkaian prosedur teknis yang meliputi persiapan donor, pelaksanaan superovulasi, koleksi embrio melalui metode flushing, hingga evaluasi kualitas embrio di laboratorium menggunakan mikroskop stereo. Pengalaman teknis yang diperoleh selama observasi partisipatif memberikan pemahaman yang sangat mendalam mengenai prosedur superovulasi, kriteria penilaian *corpus luteum*, metode *flushing*, serta sistem *grading* kualitas embrio berdasarkan IETS. Pemahaman ini menjadi bekal penting dalam proses seleksi data arsip, verifikasi data, dan komunikasi dengan petugas saat ekstraksi data sapi Simmental dan PO yang telah menjadi fokus penelitian ini.

c. Wawancara Informal

Wawancara dilakukan secara informal kepada pihak-pihak yang kompeten di lingkungan BET, terutama bagian produksi, teknisi laboratorium dan staff informasi dan penyebaran. Wawancara ini tidak menggunakan pedoman pertanyaan yang

spesifik, melainkan sesuai dengan kebutuhan informasi yang diperlukan oleh penulis terkait aspek teknis dan administratif, antara lain standar operasional prosedur superovulasi dan koleksi embrio yang diterapkan di BET, penilaian kualitas embrio, serta pencatatan dan pengarsipan data produksi embrio.

d. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan menghimpun seluruh arsip produksi embrio yang tersedia di BET, baik dalam bentuk dokumen fisik maupun file digital. Dokumen digital diakses melalui database elektronik BET yang umumnya tersimpan dalam format excel. Proses dokumentasi dilakukan secara sistematis dengan terlebih dahulu mengidentifikasi dokumen-dokumen yang dibutuhkan dalam penelitian yakni data jumlah CL, jumlah embrio dan kualitas embrio. Kemudian file disalin oleh petugas setelah pengajuan permohonan PPID dan perizinan dari pihak BET. Seluruh dokumen yang berhasil dihimpun kemudian dikelompokkan berdasarkan *breed* dan periode produksi, selanjutnya dilakukan seleksi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, yakni memiliki keseragaman umur, BCS, dan mendapat perlakuan hormonal yang sama. Dokumen yang telah melalui seleksi kemudian diekstraksi ke dalam lembar kerja microsoft excel untuk ditabulasi dan dianalisis lebih lanjut.

Penelitian ini menggunakan data sekunder dan tidak melibatkan interaksi langsung dengan hewan coba, sehingga tidak memerlukan *etichal clearance* dari komite etik hewan. Namun demikian, penulis tetap memegang teguh prinsip-prinsip etika penelitian dalam setiap tahapan yang dilakukan. Sebelum memulai

pengumpulan data, penulis mengajukan permohonan izin penelitian secara resmi kepada Kepala Balai Embrio Ternak disertai dengan surat pengantar dari Fakultas. Selama proses pengaksesan arsip dan pengambilan data, penulis menjaga kerahasiaan identitas individu ternak dengan tidak mencantumkan nomor identitas induk secara eksplisit dalam laporan penelitian maupun publikasi lainnya. Penulis juga berkomitmen untuk menjaga kerahasiaan data internal instansi yang bersifat terbatas dan tidak menyebarluaskan dokumen mentah yang diperoleh dari BET kepada pihak yang tidak berkepentingan. Dalam penyajian data dan hasil analisis, penulis menyajikan informasi secara objektif sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan tanpa melakukan rekayasa atau manipulasi data. Dengan demikian, seluruh rangkaian penelitian ini dilaksanakan secara bertanggung jawab, transparan, dan sesuai dengan kaidah akademik yang berlaku.

3.3. Prosedur Pelaksanaan Superovulasi dan Koleksi Embrio

Penelitian dilakukan dimulai dengan program supervolusi ternak donor. Setiap individu diberikan perlakuan hormon yang sama sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan di BET. Superovulasi dimulai dengan pemasangan preparat hormon progesteron ®Prid Delta yang terhitung sebagai H ke-0 ketika pemasangan. Pada hari H ke-9 setelah pemasangan dilanjutkan dengan penyuntikan hormon FSH selama 4 hari dengan dosis sebanyak 400 mg FSH yang dilarutkan dalam 20 ml pelarut. 4 ml pagi-sore pada penyuntikan hari ke-9, 3 ml pagi-sore pada hari ke-10, 2 ml pagi-sore pada hari ke-11 dan 1 ml pagi-sore pada hari ke-12. Hari ke-12 dilakukan pula pelepasan preparat progesteron (Darlian *et al.*, 2021). Hari ke-13

dilakukan inseminasi pada ternak dengan frekuensi sebanyak 3 kali pagi-sore-pagi atau sore-pagi-sore. Interval antara IB pertama dengan IB selanjutnya adalah 12 jam. Hal ini dilakukan untuk optimalisasi ovum yang terfertilisasi.

Pemeriksaan corpus luteum dilakukan untuk memeriksa respon ternak terhadap superovulasi yang telah diberikan. Ternak dikatakan merespon superovulasi ketika terbentuk ≥ 3 CL. CL yang terdeteksi akan dihitung untuk menilai respon dari masing-masing ternak. Apabila CL terdeteksi maka dilanjutkan dengan proses flushing atau panen embrio. Pemeriksaan Corpus luteum dilakukan dengan perabaan atau palpasi rektal.

Koleksi embrio dilakukan pada hari ke-7 setelah IB pertama dilakukan. Flushing dilakukan dengan metode non-surgical melalui transervikal. Flushing 7 dilakukan dengan melakukan pembilasan pada uterus sebanyak 3 kali masing masing pada uterus kanan, uterus kiri dan corpus secara bergantian. Masing-masing bagiannya dibilas menggunakan 500 ml larutan ringer laktat yang telah ditambahkan dengan 1% calf serum, dan antibiotik penisilin-streptomisin 100 IU/ml. Setiap individu akan diperoleh 1.500 ml cairan hasil flushing yang terbagi ke dalam 3 botol penampung. Setelah proses pembilasan selesai, diberikan larutan iodine povidone 2% sebanyak 50 ml secara intra vaginal untuk mencegah infeksi setelah perlakuan. Kemudian disuntikkan PGF2 α untuk melisiskan CL sehingga tidak terjadi kebuntingan.

Evaluasi embrio dilakukan di laboratorium. Proses dimulai dengan filtrasi embrio menggunakan filter embrio dengan diameter 75 μ m untuk memisahkan embrio dari kontaminasi seperti lendir dan darah yang masuk ketika proses flushing

berlangsung. Cairan disisakan 10 ml untuk memudahkan dalam proses koleksi embrio. Embrio diletakkan ke cawan petri bergaris ukuran 100x100x10 mm dan dihitung di bawah mikroskop stereo dengan perbesaran 50-100 kali. Embrio yang diperoleh dikoleksi dalam cawan petri bulat ukuran 35x10 mm untuk dilakukan evaluasi embrio. Penilaian kategori total koleksi merujuk pada standar yang ditetapkan oleh *International Embryo Transfer (ET) Society* (2010) berdasarkan fase perkembangan dan kualitas sel.

3.4. Parameter

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi jumlah CL, tingkat respon (*respons rate*), total perolehan embrio, kualitas embrio dan *recovery rate*. Pengambilan data setiap parameter diperoleh dengan cara sebagai berikut:

1. Perhitungan jumlah CL pada penelitian ini menggunakan metode palpasi rektal yakni dengan cara memasukkan lengan kiri ke dalam rektal sampai pada ovarium kemudian dilakukan perabaan. CL akan terasa sebagai penojolan pada permukaan ovarium dengan bentuk bulat atau oval. CL memiliki tekstur kenyal, padat, namun lunak seperti busa.
2. *Respons rate* dihitung dengan cara membandingkan jumlah ternak yang memberikan respon superovulasi terhadap total ternak yang diberikan superovulasi. Sapi yang dilakukan program superovulasi dianggap memberikan respon apabila terdapat CL ≥ 3 . *Response rate* dihitung berdasarkan rumus dari Setiawan *et al.* (2017).

$$Respons\ rate = \frac{\text{Jumlah sapi yang respon}}{\text{Jumlah sapi yang disuperovulasi}} \times 100\%$$

3. Total Perolehan embrio total perolehan embrio didapatkan dari koleksi embrio dengan metode embrio diletakkan ke cawan petri bergaris ukuran 100x100x10 mm dan dihitung di bawah mikroskop stereo dengan perbesaran 50-100 kali. Kemudian jumlah embrio yang teramati dihitung dan dicatat pada buku pencatatan. Embrio yang dikoleksi dalam cawan petri bulat ukuran 35x10 mm untuk dilanjutkan evaluasi embrio.
4. Kualitas embrio dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu embrio layak transfer (LT), embrio degeneratif (DG), dan tidak terfertilisasi (UF). Penilaian embrio didasarkan pada standar yang ditetapkan pada standar yang ditetapkan oleh International Embryo Transfer (ET) Society (2010).
5. *Recovery rate* dihitung dari perbandingan jumlah total perolehan embrio dengan jumlah CL yang terdapat di ovarium. RR dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Setiawan *et al.* (2017).

$$Recovery\ rate = \frac{\text{Jumlah total perolehan embrio}}{\text{Jumlah total CL}} \times 100\%$$

3.5. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan statistik. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui karakteristik dari materi yang diteliti, meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata dan standar deviasi tiap

breed ternak. Analisis statistik yang digunakan adalah Uji Mann-Whitney, yang digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan respon superovulasi antara sapi Simmental dan sapi PO dan kualitas embrio yang dihasilkan di Balai Embrio Ternak. Uji Mann-Whitney dipilih karena data yang diperoleh tidak memenuhi asumsi normalitas dan bersifat non-parametrik, sehingga lebih sesuai untuk membandingkan dua kelompok sampel independen dengan distribusi data yang tidak normal. Data hasil superovulasi seperti jumlah embrio layak transfer, jumlah total embrio, maupun respon ovarium dianalisis menggunakan uji ini untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua *breed* sapi. Nilai sig. (2 tailed) berada kurang dari 0,05 maka dikatakan memiliki perbedaan signifikan. Ketika nilai sig.(2 tailed) lebih dari 0,05 maka perbedaan tidak nyata atau tidak ada perbedaan signifikan.

3.6. Hipotesis Statistik

Hipotesis statistik dari penelitian ini adalah:

H0: Tidak terdapat perbedaan signifikan respon superovulasi dan kualitas embrio pada sapi Simmental dan sapi Peranakan Ongole

H1: Terdapat perbedaan signifikan respon superovulasi dan kualitas embrio pada sapi Simmental dan sapi Peranakan Ongole.