

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perbedaan Respon Superovulasi pada Sapi Simmental dan Peranakan Ongole

Secara fisiologis, respon superovulasi sangat erat kaitannya dengan jumlah *Corpus luteum* (CL) yang terbentuk pada ovarium dan *response rate*. Sapi donor dinilai memberikan respon positif apabila menghasilkan sedikitnya 3 buah CL, dimana jumlah ini didasarkan pada standar operasional yang ada di BET. Hasil dari penelitian mengenai jumlah CL dan *response rate* pada sapi Simmental dan sapi PO dapat dilihat dalam Tabel 4 dan Lampiran 1.

Tabel 4. Nilai Total CL, Rataan, Standar Deviasi Perolehan Jumlah CL dan *Response Rate* Pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole

Nilai	Jumlah CL	<i>Respons Rate</i>	Standar
Simmental (n = 33 data)	----- (buah) -----	----- (%) -----	-----
Rata-rata	7,70	78,79	≥70,00
Std.D	5,92		
Total CL	254		
Peranakan Ongole (n = 10 data)			
Rata-rata	10,00	80,00	
Std.D	10,30		
Total CL	100		

Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah CL pada sapi Simmental menunjukkan nilai rata-rata $7,70 \pm 5,92$ buah CL per ekor dengan kisaran 1 – 21 CL. *Corpus luteum* (CL) merupakan struktur endokrin yang terbentuk dari jaringan folikel pasca ovulasi, yang mengalami proses luteinisasi di bawah pengaruh lonjakan hormon *luteinizing hormone* (LH) (Erdem *et al.*, 2020). Semakin banyak

folikel yang ovulasi dan semakin banyak terbentuk CL. Oleh karena itu, jumlah CL dijadikan sebagai parameter untuk mengevaluasi respon ovarium terhadap stimulasi hormon FSH.

Hasil analisis deskriptif pada penelitian ini Sapi PO menunjukkan potensi kuantitas yang lebih dibandingkan sapi Simmental. Hal ini sesuai dengan pendapat Jodiansyah *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa semakin banyak CL, maka semakin tinggi kemampuan ovarium dalam merespon FSH. Meskipun sapi PO memiliki rata-rata yang lebih tinggi, sapi PO juga memiliki rentang data yang lebih lebar. PO memiliki standar deviasi yang besar 10,30 buah sedangkan pada Simmental memiliki standar deviasi 5,92. Hal ini menunjukkan bahwa variasi data pada Simmental lebih kecil dan datanya lebih homogen.

Response rate menggambarkan proporsi sapi donor mampu merespons perlakuan superovulasi hingga mencapai jumlah ≥ 3 CL. Berdasarkan data yang telah disajikan pada Tabel 4 Lampiran 1 terdapat 26 data sapi yang merespon positif (78,79%) dan 7 data sapi yang memberikan respon negatif atau tidak merespon (21,21%) dari 33 data sapi Simmental, dan terdapat 8 data sapi yang merespon positif (80%) dan 3 sapi yang tidak respon (20%) dari 10 data sapi PO. Keduanya sama-sama memberikan respon yang baik. Seekor ternak dikatakan memberikan respon positif terhadap superovulasi apabila mencapai $CL \geq 3$ (Jodiansyah *et al.*, 2013).. Menurut standar industri global, *respon rate* $\geq 70\%$ dikategorikan baik dan $< 60\%$ buruk (Maprletoft dan Bó, 2002) Secara statistik perbedaan CL antara sapi Simmental dan PO dapat disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Statistik Perbedaan Jumlah CL Pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole

Jumlah Corpus Luteum	Nilai
N (Simmental, PO)	33;10
Mann-Whitney U	155,000
Z	-0,289
p-value (2-tailed)	0,773 ^{ns}

Keterangan: ns= *non-significant* (tidak berbeda nyata pada taraf $P > 0,05$)

Berdasarkan Tabel 5, hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata ($P > 0,05$) antara rata-rata jumlah CL pada sapi Simmental dan sapi Peranakan ongole (PO). CL terbentuk dari setiap folikel yang mengalami ovulasi dan luteinisasi, sehingga jumlah CL adalah cerminan dari tingkat keberhasilan ovulasi pada ternak donor. Data penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat ovulasi pada kedua *breed* sapi relatif serupa terhadap perlakuan superovulasi. Secara fisiologis, respon superovulasi ditentukan oleh dinamika perkembangan folikel ovarium, khususnya jumlah dan kualitas folikel antral (*Follicle Antral Count/AFC*) yang tersedia pada awal perlakuan. Hasil yang diperoleh mendukung bahwa kedua bangsa sapi memiliki potensi yang sama dalam merespon superovulasi.

Pemberian FSH akan merekrut folikel-folikel sub ordinat untuk terus berkembang dan menghindari atresia, sehingga meningkatkan jumlah folikel dominan yang berpotensi mengalami ovulasi (Kirillova *et al.*, 2021). Pada kondisi normal, hanya ada satu folikel yang berhasil diovulasikan, sedangkan pada program superovulasi memungkinkan lebih banyak folikel yang berkembang dan diovulasikan pada satu siklus estrus. Folikel yang mengalami ovulasi akan mengalami luteinisasi dan membentuk CL. Mekanisme ini bersifat sama pada

spesies sapi, sehingga baik pada sapi Simmental dan PO memiliki pola respon dasar yang relatif serupa (Sartori *et al.*, 2016).

Respons terhadap FSH dipengaruhi oleh aktivitas reseptor FSH (FSHR) pada sel granulosa dalam proliferasi sel dan sintesis estradiol, yang berperan dalam perekrutan serta perkembangan folikel sehingga produksi estradiol meningkat. Peningkatan estradiol memberikan *feedback* positif terhadap *Luteinizing Hormone* (LH), hormon LH yang memicu ovulasi dan luteinisasi folikel menjadi CL. Perkembangan folikel yang terkoordinasi mengindikasikan bahwa respons ovarium terhadap stimulasi gonadotropin cenderung konsisten dalam kondisi fisiologis normal (Sharma, 2026). Kesamaan respons ovarium pada penelitian ini diduga berkaitan dengan kondisi metabolik ternak yang relatif homogen yang direpresentasikan dari keseragaman *Body Condition Score* (BCS) sebesar 3,5. Status metabolik tersebut berhubungan dengan keseimbangan energi dan regulasi hormon metabolik seperti *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), yang diketahui berperan dalam mendukung perkembangan folikel ovarium (Baruselli *et al.*, 2006). Interaksi antara faktor metabolik dan sistem reproduksi menunjukkan bahwa kondisi nutrisi dan manajemen pakan yang seragam dapat menghasilkan profil hormonal yang relatif serupa antar ternak, sehingga berkontribusi terhadap kecenderungan keseragaman respons ovarium terhadap stimulasi hormon (Sartori *et al.*, 2016).

Selain itu, kesamaan respon antara sapi Simmental dan PO juga dapat terjadi melalui keseragaman protokol superovulasi yang digunakan di BET. Pemberian hormon dengan jadwal dan dosis yang sama berpotensi menimbulkan reaksi

fisiologi yang serupa (Mapletoft *et al.*, 2002). Reseptor pada sel granulosa folikel kedua *breed* sapi pada dasarnya memiliki fungsi yang sama dalam merespon stimulasi hormonal, sehingga ketika diberikan perlakuan yang sama persis, folikel pada kedua *breed* cenderung berkembang dengan pola yang tidak jauh berbeda.

Meskipun demikian, hasil yang tidak berbeda nyata juga perlu dikaji dari aspek metodologis. Penggunaan data sekunder dalam penelitian ini memungkinkan adanya variabilitas intrinsik individu donor yang tidak sepenuhnya terkontrol, seperti jumlah folikel antral, sensitivitas reseptor hormon, serta dinamika gelombang folikel. Variasi ini dapat meningkatkan ragam data, sehingga menurunkan sensitivitas uji statistik dalam mendeteksi perbedaan yang sebenarnya ada. Jumlah sampel yang berbeda antara kelompok Simmental ($n=33$) dan PO ($n=10$) berpotensi menurunkan kekuatan uji statistik (*statistical power*), sehingga perbedaan yang ada tidak terdeteksi secara signifikan.

4.2. Perbedaan Perolehan Jumlah Embrio dan *Recovery rate* pada Sapi Simmental dan Peranakan Ongole (PO)

Keberhasilan produksi embrio tidak hanya ditentukan oleh banyaknya CL dan *response rate* tetapi juga jumlah embrio terkoleksi. Jumlah embrio yang diperoleh merupakan hasil lanjutan dari serangkaian proses pertumbuhan folikel, superovulasi, ovulasi, fertilisasi, hingga perkembangan awal embrio di uterus. Sedangkan *recovery rate* merupakan perbandingan antara jumlah estimasi CL dengan jumlah embrio terkoleksi. Data perolehan jumlah embrio dan *recovery rate* pada kedua *Breed* dapat dilihat dalam Tabel 6 dan Lampiran 3.

Tabel 6. Nilai Embrio Terkoleksi, Rata-rata, dan Standar Deviasi Jumlah Embrio, *Recovery Rate* Pada Simmental Dan Peranakan Ongole

Nilai	Jumlah Embrio Terkoleksi	<i>Recovery rate</i>	Standar
Simmental (n= 33)	----- (buah) -----	----- (%) -----	
Embrio Terkoleksi	215		
Rata-rata	6,52	68,01	49 - 92
Std.D	6,27	45,00	
Peranakan Ongole (n=10)			
Embrio Terkoleksi	93,00		
Rata-rata	9,30	73,33	
Std.D	10,89	43,89	

Hasil jumlah embrio terkoleksi yang dapat dilihat pada Tabel 6. Rata-rata total koleksi pada sapi simmental $6,52 \pm 6,27$ buah embrio. Total keseluruhan embrio dari 13 ekor sapi Simmental adalah 215 embrio selama periode 2022 - 2023. PO $9,30 \pm 10,89$ buah embrio. Total keseluruhan embrio terkoleksi dari 6 ekor sapi PO dan 10 data flushing adalah 93 embrio. Jumlah embrio terkoleksi akan mempengaruhi hasil *recovery rate* (RR) kedua *Breed* sapi. Secara deskriptif nilai *recovery rate* pada *Breed* sapi Simmental 68,01% perolehannya lebih rendah dari sapi PO yang mencapai 73,33%. Artinya kedua sapi menghasilkan *recovery rate* yang baik. Nilai *recovery rate* yang baik berkisar antara 49% – 92% (Wiley, 2017). Perbedaan jumlah embrio dan *recovery rate* pada kedua bangsa sapi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Statistik Jumlah Embrio dan *Recovery rate* pada Simmental dan Peranakan Ongole

	Jumlah Embrio	<i>Recovery Rate</i>
N (Simmental, PO)	33;10	33;10
Mann-Whitney U	148.500	146.500
Z	-0,479	-0,609
p-value (2-tailed)	0,632 ^{ns}	0,542 ^{ns}

Keterangan: ns= non-significant (tidak berbeda nyata pada taraf $P > 0,05$)

Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa nilai $P > 0,05$. Perbedaan tersebut tidak signifikan antar kedua kelompok. Meskipun secara numerik rata-rata embrio terkoleksi sapi PO lebih tinggi, perbedaan tersebut tidak nyata secara statistik ($P > 0,05$). Hasil ini disebabkan oleh tingginya variasi respon superovulasi antar individu ternak serta jumlah sampel yang tidak seimbang antar keduanya. Selain itu, hasil tersebut dapat dikaitkan dengan penggunaan protokol sinkronisasi serta kondisi pemeliharaan yang seragam, yang berperan dalam meminimalkan variasi respon antar ternak. Penggunaan protokol sinkronisasi dan superovulasi yang seragam dapat mengontrol dinamika perkembangan folikel dan respon ovarium secara lebih terstandar (Khan *et al.*, 2022). Secara genetik sapi Simmental dan PO memiliki karakteristik fisiologis yang berbeda, kondisi pemeliharaan yang terkontrol dan manajemen pakan yang optimal dapat mengurangi pengaruh perbedaan genetik terhadap respon superovulasi (Hasler, 2014). Selain itu, nilai simpangan baku dan rentang jumlah embrio yang relatif lebar pada kedua *breed* menunjukkan adanya variasi respon yang tinggi antar individu. Hal ini mengindikasikan bahwa respon superovulasi lebih dipengaruhi oleh faktor individu dibandingkan dengan faktor *breed*.

Recovery rate menggambarkan efisiensi proses pemanenan embrio dari uterus dan dipengaruhi oleh kombinasi faktor anatomi, fisiologis dan teknis. Pada penelitian ini, rata-rata *recovery rate* pada sapi Simmental adalah 68,01% sedangkan pada sapi PO sebesar 73,33%. Nilai P uji Mann Whitney sebesar 0,542 ($P > 0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata dalam efisiensi koleksi embrio antara kedua *breed*. Menurut Pranata *et al.* (2016) respon sapi terhadap superovulasi dapat dilihat dari korelasi positif antara jumlah CL dengan jumlah embrio yang terkoleksi. Lebarnya simpangan baku *recovery rate* pada kedua *breed* (sekitar 44–45%) menunjukkan adanya variasi respon yang tinggi antar individu, di mana terdapat donor dengan tingkat koleksi embrio yang tinggi maupun rendah dalam masing-masing kelompok. Tinggi rendahnya *recovery rate* dipengaruhi oleh kegagalan teknik superovulasi dan deteksi CL yang kurang akurat dimana pada protokol BET prosedur yang digunakan saat itu adalah dengan menggunakan palpasi rektal (Jodiansyah *et al.*, 2013). Karena faktor-faktor tersebut bekerja pada tingkat individu dan dapat terjadi pada semua donor tanpa bergantung pada *breed*, maka variasi intra-*breed* menjadi lebih dominan dibandingkan perbedaan antar *breed*, sehingga perbedaan rata-rata antar kelompok tidak signifikan secara statistik.

Gabungan hasil jumlah embrio dan *recovery rate* yang tidak berbeda nyata antara sapi Simmental dan PO berhubungan dengan bagian sebelumnya mengenai jumlah CL dan respon superovulasi yang juga setara. Fase pasca ovulasi dan perkembangan embrio awal (jumlah embrio), hingga fase koleksi embrio (*recovery rate*), kedua *Breed* menunjukkan performa reproduksi yang sama di bawah protokol dan kondisi manajemen yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan

metabolisme pada sapi *Bos taurus* yang lebih unggul mungkin dapat diimbangi oleh keunggulan lain pada *Bos indicus*. Secara praktis, hasil ini menunjukkan bahwa baik *Bos taurus* (Simmental) maupun *Bos indicus* (PO) dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai donor pada program produksi embrio di Balai Embrio Ternak.

4.3. Perbedaan Kualitas Embrio pada Sapi Simmental dan Sapi PO

Kualitas embrio yang dihasilkan diklasifikasikan menjadi embrio layak transfer (LT), embrio degeneratif (DG), dan *unfertilized* (UF). Berdasarkan IETS (2011) Embrio LT adalah embrio yang secara morfologis normal dan mencapai stadium perkembangan yang sesuai dengan umur sejak inseminasi, sehingga memiliki peluang kebuntingan tinggi setelah ditransfer kepada sapi resipien. Embrio DG menunjukkan terjadinya kerusakan atau pertumbuhan embrio yang abnormal, misalnya fragmentasi sitoplasma, ketidakaturan ukuran blastomer, atau struktur blastosis yang rusak sehingga peluang untuk berkembang lebih lanjut sangat rendah. Sementara itu, kategori UF adalah oosit yang telah terovulasi tetapi tidak mengalami fertilisasi atau pembuahan serta gagal dalam memulai pembelahan sel.

Berdasarkan Tabel 8, embrio layak transfer (LT) pada sapi simmental menunjukkan $3,61 \pm 4,27$ (55,35%) hasil yang diperoleh lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata embrio LT yang diperoleh oleh PO yakni $4,2 \pm 4,10$ (45,16%). Jumlah rata-rata embrio DG $0,97 \pm 1,78$ (14,88%) pada Simmental lebih rendah jika dibandingkan dengan sapi PO sebanyak $1,7 \pm 2,63$ (18,28%). Sedangkan pada perolehan UF sapi PO menghasilkan oosit UF lebih tinggi jika dibandingkan

dengan Simmental yakni $3,4 \pm 5,52$ (36,56%) pada PO dan $1,94 \pm 3,15$ (29,77%) pada sapi Simmental.

Tabel 8. Nilai Rataan dan Standar Deviasi Perolehan Kualitas dan Distribusi Kualitas Embrio

Nilai	Total Embrio Terkoleksi	Kualitas Embrio			Persentase Kualitas Embrio			Persentase Total
		LT	DG	UF	LT	DG	UF	
Simmental		----- (buah) -----			----- (%) -----			
Jumlah Embrio	215	119	32	64	55,35	14,88	29,77	100
Rataan		3,61	0,97	1,94				
Std.D		4,27	1,78	3,15				
Peranakan Ongole								
Jumlah Embrio	93	42	17	34	45,16	18,28	36,56	100
Rataan		4,20	1,70	3,40				
Std.D		4,10	2,63	5,52				

Keterangan: Layak Transfer (LT); Degeneratif (DG); *Unfertilized* (UF)

Jumlah UF yang tinggi pada PO dibandingkan dengan Simmental ditimbulkan oleh efek negatif pada oosit dan maturasi sel granulosa. Sehingga akan mempengaruhi tingkat fertilitas dan viabilitas pada embrio (Hyttel *et al.*, 1991). Jumlah UF yang tinggi menunjukkan adanya fertilisasi yang tidak sempurna. Oosit yang belum matang atau ovulasi terlalu cepat akan menurunkan kualitas oosit dan berpengaruh terhadap keberhasilan fertilisasi (Atkins *et al.*, 2013). Adapun faktor lain yang dapat menyebabkan tingginya UF pada produksi embrio adalah kualitas semen, kondisi lingkungan uterus yang kurang mendukung, serta pelaksanaan teknis yang kurang sempurna (Lubis, 2022). Berdasarkan analisis statistik, perbandingan kualitas embrio dapat dilihat pada Tabel. 9

Tabel 9. Analisis Statistik Perbedaan Kualitas Embrio Pada Sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole

Kualitas Embrio	Simmental	PO	P-Value
	------(buah)-----		
Layak Transfer	3,61 ± 4,72	4,20 ± 4,10	0,425 ^{ns}
Degeneratif	0,97 ± 1,78	1,70 ± 2,63	0,378 ^{ns}
Unfertilized	1,94 ± 3,15	3,40 ± 5,52	0,720 ^{ns}

4.3.1. Embrio layak transfer

Jumlah embrio layak transfer (LT) merupakan salah satu indikator utama dalam keberhasilan program superovulasi, karena mencerminkan kualitas embrio yang memenuhi standar untuk dapat di transfer ke ternak resipien. Embrio layak transfer umumnya memiliki perkembangan morfologi yang baik dan viabilitas yang tinggi, sehingga berpotensi menghasilkan kebuntingan yang optimal.

Sapi Simmental (n=33) total embrio layak transfer yang diperoleh adalah 119 dengan rata-rata 3,61 ± 4,72 embrio per ekor dan kisaran 0-21 embrio. Sapi PO (n=10) total embrio layak transfer yang diperoleh adalah 42 embrio dengan rata-rata 4,2 ± 4,10 embrio/ekor dan kisaran 0-10 embrio. Nilai p-value uji Mann Whitney sebesar 0,425 (P>0,05) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata jumlah embrio layak transfer antara sapi Simmental dan sapi PO, meskipun secara deskriptif rata-rata perolehan embrio pada sapi PO lebih tinggi.

Hasil perbedaan tidak signifikan yang diperoleh ini konsisten dengan hasil parameter sebelumnya yakni jumlah CL dan jumlah embrio pada kedua *Breed* sapi. Simpangan baku yang cukup besar pada kedua *Breed* (4,73 pada Simmental dan 4,10 pada PO) mengindikasikan adanya variasi individu yang kuat, dengan sebagian donor menghasilkan banyak embrio LT sedangkan individu lain sangat

sedikit atau bahkan tidak menghasilkan sama sekali embrio LT. Variasi ini kemungkinan mencerminkan perbedaan kualitas usia, status fisiologi donor, kondisi lingkungan uterus serta faktor teknis selama proses fertilisasi dan penanganan embrio. Tonhati *et al.* (1999) menyatakan bahwa repeatability jumlah embrio layak transfer tergolong rendah (0,13) yang mengindikasikan bahwa faktor lingkungan dan individu lebih dominan dibandingkan dengan faktor genetik dalam menentukan keberhasilan produksi embrio. Demikian faktor individu dan teknis lebih dominan dibandingkan dengan faktor *Breed* dalam menentukan jumlah embrio transfer.

4.3.2 Embrio degeneratif

Embrio degeneratif mencerminkan kegagalan perkembangan embrio setelah fertilisasi, yang dapat disebabkan oleh kualitas oosit yang rendah, gangguan proses fertilisasi, atau lingkungan uterus yang kurang optimal untuk perkembangan awal embrio. Sapi Simmental memiliki total embrio DG 32 buah dengan rata-rata $0,97 \pm 1,78$ embrio/ekor. Pada sapi PO, total embrio DG adalah 17 embrio dengan rata-rata $1,70 \pm 2,63$ embrio/ekor. Nilai p-value uji mann whitney sebesar 0,378 ($P > 0,05$) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan jumlah embrio degeneratif pada kedua *Breed* sapi.

Secara deskriptif rata-rata perolehan embrio degeneratif pada sapi PO sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan Simmental, namun perbedaan tersebut tidak didukung oleh analisis statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa resiko terjadinya degenerasi embrio setelah fertilisasi relatif sama pada kedua *Breed*. Berdasarkan aspek fisiologis, kejadian degenerasi embrio lebih banyak dikaitkan dengan faktor

kualitas oosit individu misalnya umur, cadangan folikel dan paparan stress metabolik. Bisa juga disebabkan oleh kualitas spermatozoa yang digunakan, serta kondisi uterus dan gangguan hormon.

4.3.3 *Unfertilized*

Kategori *unfertilized* (UF) menggambarkan struktur yang berasal dari oosit yang terovulasi tetapi tidak mengalami fertilisasi atau gagal memulai pembelahan sel. Berdasarkan data, pada sapi Simmental diperoleh UF sebanyak 64 dengan rata-rata $1,94 \pm 3,15$. Pada sapi PO jumlah embrio UF berjumlah 34 unit dengan rata-rata $3,40 \pm 5,52$. Artinya, secara deskriptif rata-rata embrio UF pada PO lebih banyak dibandingkan dengan Simmental. Tetapi berdasarkan Uji Mann-Whitney perbedaan antar keduanya menghasilkan P-value sebesar 0,720 ($P > 0,05$), yang menandakan bahwa perbedaan jumlah struktur antara kedua *Breed* tidak signifikan secara statistik.

Rataan UF yang lebih tinggi pada sapi PO, disertai simpangan baku yang besar menunjukkan adanya beberapa individu dengan embrio *unfertilized* yang tinggi. Sisi fisiologis, tingginya jumlah embrio UF dapat berkaitan dengan ketidaksinkronan waktu ovulasi dan inseminasi, kualitas spermatozoa yang menurun, atau gangguan lingkungan tuba falopi dan uterus yang dapat menghambat proses fertilisasi. Karena prosedur produksi embrio yang dilakukan pada kedua *Breed* sapi dilakukan dengan protokol yang sama maka sangat wajar bila secara rata-rata angka UF tidak berbeda secara signifikan. Hal ini mendukung opsi bahwa

perbedaan kualitas embrio yang terjadi pada kedua *Breed* sapi berasal dari faktor masing-masing individu dibandingkan faktor *Breed*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keduanya dapat memberikan performa produksi embrio yang setara di bawah protokol superovulasi yang dirancang dengan tepat. Meskipun embrio degeneratif (DG) dan *unfertilized* (UF) sama-sama dianggap gagal karena tidak layak transfer, keduanya berbeda penyebabnya, UF menunjukkan oosit yang tidak terfertilisasi, sedangkan DG menunjukkan embrio yang mulai berkembang lalu degenerasi. Karena penyebabnya berbeda (kualitas oosit, kualitas sperma, timing inseminasi, kondisi uterus, atau faktor teknis) penanganan yang dilakukan juga harus berbeda. Tingginya angka DG dan UF terutama pada sapi PO yang persentase LT-nya <50% menunjukkan perlunya perbaikan pada kedua aspek perbaikan teknik produksi dan kualitas sperma untuk menurunkan UF, serta meningkatkan manajemen donor (nutrisi, hormon, pengurangan stres) untuk mengurangi DG. Jadi, meskipun keduanya sama-sama memiliki kekurangan dari sisi layak transfer, keduanya penting untuk diatasi demi meningkatkan jumlah embrio layak transfer.

Secara keseluruhan, tidak ditemukan adanya perbedaan yang signifikan pada jumlah embrio LT, DG, dan UF antara sapi Simmental dan sapi PO dihitung berdasarkan statistik. Kesimpulannya bahwa kedua *breed* memiliki performa yang setara dalam produksi embrio *in vivo* di BET jika keduanya mendapatkan protokol dan teknik yang tepat.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa antara sapi Simmental dan Sapi Peranakan Ongole memiliki jumlah CL, *respons rate*, jumlah embrio, kualitas embrio dan *recovery rate* yang sama.

5.2. Saran

Saran dari penelitian yakni dapat menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak dan seimbang antar kedua bangsa, serta memperluas variabel pengamatan, seperti parameter hormonal untuk menghasilkan informasi yang lebih lengkap. Selain itu, perbandingan berbagai jenis protokol superovulasi pada masing-masing *breed* perlu dilakukan dalam pemilihan protokol yang tepat pada produksi embrio.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, T., J. Hellyward., E. Purwanti., L. F. Jaswandi dan M. Mundana. 2018. Manipulasi embrio pada sapi. Andalas University Perss, Padang.
- Alfons, M. P. W., A. Budiyanto dan E. M. N. Setyawan. 2022. Kajian profil hormon estradiol berdasarkan perkembangan folikel dan ovarium sapi tropis postpartus. *J. Sain Veteriner*. 40(1). 24 - 31.
- Atkins, J. A., M. F. Smith., M. D. MacNeil., E. M. Jinks., X. D. Roth., L. S. Pratt dan T. W. Geary. 2013. Influence of follicular characteristics at ovulation on early embryonic survival. *Journal of Animal Science*. 91(7): 3014-3022.
- Badan Pangan Nasional. 2025. Proyeksi Neraca Pangan 2025
- Baruselli, P. S., M. F. de Sá Filho., C. M. Martins., L. F. Nasser., M. F. Nogueira., C. M. Barros dan G. A. Bó. 2006. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Journal Theriogenology*. 65(1): 77-88.
- Berutu, R. S. 2025. Tingkat keberhasilan inseminasi buatan menggunakan semen beku sexing sapi Simental di desa Karang Baru Kecamatan Datuk Tanah Datar Kabupaten Batu Bara. *Journal of Innovation Research and Knowledge*. 4(9): 6461 - 6472.
- Besenfelder, U. 2025. Insights into early embryonic development-a personal assessment based on 30 years of experience. *Animal Reproduction*. 22(3): e20250017.
- Bilyaro, W., T. Rafian., A. R. Azis dan M. Dani. 2024. Upaya meningkatkan produksi sapi potong melalui penerapan genetika. *Journal of Agriculture and Animal Science*. 4(2) 84-89.
- Burhanuddin, W., M. Nalley., T. M. Hine dan H. Armadianto. 2014. Superovulasi pad induk sapi bali. *Jurnal Nukleus Peternakan*. 1(1): 8-13.
- Carter, A. S., N. Mahboubi., C. Costa dan D. J. Gillis. Systemic and local anti-Mullerian hormone reflects differences in the reproduction potential of Zebu and European type cattle. 2016. 167(2016): 51-58.
- Damaris, C., A. Rosmayanti., S. Darojah dan N. Isnaini. 2023. Capability of different breeds of donor cattle to produce embryos at the Cipelang Livestock Embryo Center, Bogor, West Java. *J. Kedokteran Hewan*. 17(1): 1 – 9.

- Darlian, F., S. Wahjuningsih., A. Rosmayanti., S. Jodiansyah., L. A. Jalaludin., Y. Setiawan dan T. Susilawati. 2021. Respon superovulasi sapi persilangan Belgian Blue dengan metode yang berbeda. 21(2): 178
- Dias, J. H., J. D. Gonçalves., A. M. Arrais., R. I. T. P. Batista., J. M. G. Souza-Fabjan., R. Bastos., L. G. B. Siqueira., M. E. F. Oliveira dan J. F. Fonseca. 2022. Single dose of 300 IU hCG in the early luteal phase in superovulated ewes. Effects on corpora lutea, progesterone profile, and embryo recovery. *Journal of Animal Reproduction Science*. 247. 107101
- Djunaedi, M., R. Handarini dan D. Zamanti. 2018. Efektivitas penyuntikan FSH secara subkutan dan intramuskular terhadap respon superovulasi sapi Simental. *Jurnal Peternakan Nusantara*. 4(1): 41 – 50.
- Donaldson, L. E. 1984. Effect of age of donor cows on embryo production. *Theriogenol*. 21: 963-967.
- Drost, M., A. Brand dan M. H. Aarts. 1976. A device for nonsurgical recovery of bovine embryos. *Journal of Theriogenology*. 6(5): 503-507.
- Erdem, H., H. Alkan., T. Karaşahin., S. Dursun., F. Satilmis dan M. Güler. 2020. Retrospective evaluation of factors affecting superovulatory response rate in embryoproduction in Simmental cattle. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 44(6): 1250-1259.
- Fani, R. T., A. Budiyo dan A. Kusumawati. 2024. Kajian profil folikel ovarium dan konsentrasi estrogen pada sapi peranakan ongole (po) saat fase estrus di pegunungan dan dataran rendah di kabupaten kulon progo, yogyakarta study of ovary follicular profile and estrogen concentration of peranakan ongole (po) cows at estrous phase in mountains and lowland. *Jurnal Sain Veteriner*. 42(2): 212 – 220.
- Fikar, S dan D. Ruhyadi. 2010. *Beternak & Bisnis Sapi Potong*. Agro Media Pustaka, Jakarta Selatan.
- Gawai, M., B. Kumar., S. Mehrotra., P. Chandra., K. Kohli., M. Donadkar., dan M. H. Khan. 2024. Impact of antral follicle count on follicular luteal characteristics, superovulatory response and embryo quality in Sahiwal cows. *Journal Frontiers in Veterinary Science*. 11. 1494065.
- Gutiérrez-Reinoso, M. A., C. J. Aguilera., F. Navarrete., J. Cabezas., F. O. Castro., I. Cabezas dan L. Rodríguez-Alvarez. 2022. Effects of extra-long-acting recombinant bovine FSH (bscrFSH) on cattle superovulation. *Journal Animals*. 12(2): 153.

- Hardiyanto, D., C. Sumantri dan D. Zamanti. 2016. Kualitas embrio pada sapi Simmental dan Limousin dengan kadar protein pakan berbeda. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 4(2): 319-324.
- Haryanto, E., S. S. Sumirtapura dan N. Adipama. 2016. Pengaruh pemberian gonadotropin (1000 IU FSH dan 1000 IU LH) dalam dosis menurun selama 3, 4, dan 5 hari terhadap respon ovarium dan Perolehan Embrio Sapi Perah dan potong. *Jurnal Medika Veterinaria*. 10(2): 123–130.
- Hasler, J. F. 2014. Forty years of embryo transfer in cattle: A review focusing on the journal *Theriogenology*, the growth of the industry in North America, and personal reminiscences. *Jurnal Theriogenology*. 81(2014): 152 – 169.
- Hirayama, H., A. Naito., T. Fujii., M. Sugimoto., T. Takedomi., S. Moriyasu dan S. Kageyama. 2019. Effects of genetic background on response rates to superovulation in Japanese Black cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*. 81(3): 373-378.
- Hyttel, P., H. Callesen dan T. Greve. 1991. Oocyte maturation and sperm transport in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility*. Supplement. 43: 1-14.
- Imron, M., I. Supriatna., A. Amrozi dan M. A. Setiadi. 2016. Follicular dynamic and repeatability of follicular wave development in Peranakan Ongole (PO) cattle. *Journal of Indonesian Center for Animal Research and Development*. 21(1): 26 -33.
- Jakaria, F. Z., M. F. Edwar dan R. P. Ulum. 2020. Keragaman sifat kualitatif pada sapi silangan PO dan Belgian Blue menggunakan analisis komponen utama. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*. 7(1): 15-20.
- Jodiansyah, S., M. Imron dan C. Sumantri. 2013. Tingkat respon superovulasi dan produksi embrio in vivo dengan sinkronisasi CIDR (Controlled Internal Drug Releasing) pada sapi donor Simmental. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 1(3): 184-190.
- Kafi, M dan M. R. McGowan. 1997. Factors associated with variation in the superovulatory response rate of cattle. *Journal of Animal Reproduction Science*. 48 (1997): 137-157.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2012). Penetapan Sapi PO Sebagai Kekayaan Sumber Daya Genetik Ternak Lokal Indonesia (Keputusan Menteri Pertanian Nomor 2841/Kpts/LB.430/8/2012, 10 Agustus 2012). Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Khan, S. U., M. A. Jamal., Y. Su., H. J. Wei., Y. Qing dan W. Cheng. 2022. Towards improving the outcomes of multiple ovulation and embryo transfer in sheep,

- with particular focus on donor superovulation. *Jurnal Veterinary Sciences*. 9(3): 117.
- Kirillova, A., B. Martazanova., N. Mishieva dan M. Semenova. 2021. Follicular waves in ontogenesis and female fertility. *Journal Biosystems*. 210(2021): 104558.
- Kurnia, A., Soeparna., I. Arifiantini., dan R. Hidayat. 2020. Performa sapi Simmental yang diberi imbuhan selenium dan zink dalam pakan. *Actavetindones*. 8(1):24-31.
- Lequarre, A.S., C. Vigneron., F. Ribaucour., P. Holm., I. Donnay., R. Dalbiès-Tran., H. Callesen dan P. Mermillod. 2005. Influence of antral follicle size on oocyte characteristics and embryo development in the bovine. *Theriogenology*. 63(3): 841–859.
- Liu, R., R. Tearle., W. Y. Low., T. Chen., D. Thomsen., P. L. T. Smith., S. Hiendleder dan J. L. Williams. 2021. Distinctive gene expression patterns and imprinting signatures revealed in reciprocal crosses between cattle subspecies. *Journal of BMC Genomics*. 22(410): 1 – 10.
- Lubis, A. F. 2022. Potensi Produksi Embrio pada Sapi Peranakan Ongole dan Simental Setelah Stimulasi dengan Follicle Stimulating Hormone (FSH). Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Disertasi)
- Mapletoft, R., J. K. B. Steward dan G. P. Adams. 2002. Recent advances in the superovulation in cattle. *Reprod Nutr Dev*. 42: 601-611.
- Mikkola, M., J. F. Hasler dan J. Taponen. 2019. Factors affecting embryo production in superovulated *Bos taurus* cattle. *Journal of Reproduction, Fertility and Development*. 32(2): 104-124.
- Mossa, F dan J. Irene. 2019. Physiology and endocrinology symposium: Anti-Müllerian hormone: A biomarker for the ovarian reserve, ovarian function, and fertility in dairy cows. *Journal of animal science*. 97(4). 1446-1455.
- Ningtias, P. I., S. D. Widhyari dan R. Wulansari. 2022. Konsentrasi mineral serum saat produksi embrio dan hubungannya dengan kualitas dan kuantitas embrio pada sapi Peranakan Ongole. *Acta Veterinaria Indonesiana*. 10(2): 103-110.
- Noakes, D. E., T. J. Parkinson dan G. C. England. 2019. *Veterinary Reproduction and Obstetrics*. (10th Edition). Elsevier, London.
- Nuryanto, L. B., R. Handarini dan Y. Setiawan. 2017. Estrus response rate holstein friesian cow who injected prostaglandin in intramuscular and intrauterine. *Jurnal Peternakan Nusantara*. 3(2): 81-88.

- Pranata, A., D. Kardayana dan T. Harsi. 2016. Pemberian pakan konsentrat dengan kadar protein yang berbeda terhadap respon superovulasi sapi simmental. *Jurnal Peternakan Nusantara*. 2(1): 18 – 26.
- Priyo, J. R., Budiyo dan K. Kusumawati. 2020. Pengaruh ukuran ovarium dan folikel terhadap penampilan reproduksi pada sapi PO dan Simpo di Kecamatan Jatinom, Kabupaten Klaten. *Jurnal Sain Veteriner*. 38(1): 20 – 24.
- Rz, M. A., P. Srianto., C. A. Nidom., S. P. Madyawati dan T. Sardjito. 2022. Profil hormon steroid kambing Peranakan Etawah (PE) yang diinduksi ovulasi dengan metode selectsynch. *Jurnal Medik Veteriner*. 5(1): 62-68.
- Sanderson, N dan M. Martinez. 2020. A single administration of a long-acting recombinant ovine FSH (roFSH) for cattle superovulation. *Journal of Theriogenology*. 154: 66-72.
- Sartori, R., L. U. Gimenes., P. L. Monteiro., L. F. Melo., P. S. Baruselli dan M. S. Bastos. 2016. Metabolic and endocrine differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* females that impact the interaction of nutrition with reproduction. *Journal of Theriogenology*. 86(1): 3-40.
- Sartori, R., M. R. Bastos dan M. C. Wiltbank. 2010. Factors affecting fertilization and early embryo quality in single - and superovulated dairy cattle. *RFD*. 22: 151-158.
- Setiawan, A., E. Dihansih dan D. Zamanti. 2017. Penggunaan preparat progesteron dan hormon GnRH dalam penentuan estrus pada program superovulasi sapi Limosin. 5(2): 2087 – 4936.
- Sevgi, R., H. Erdem., T. Karaşahin., M. A. Yılmaz., M. Satılmış., A. Okuroğlu dan M. Güler. 2019. Determination of the relationship between serum anti-Müllerian hormone level and superovulatory response rate in Simmental cows. *Reproduction in domestic animals*. 54(10): 1322-1329.
- Sharma, P., P. Kumar., A. Sharma., D. Yangka., A. Sharma dan P. Sood. 2026. Ovarian follicular dynamics in cattle: a comprehensive review. *Clinical Theriogenology*. 18.
- Silva, J. C. C., R. H. Alvarez., C. A. Zanenga dan G. T. Pereira. 2018. Factors affecting embryo production in superovulated Nelore cattle. *J. Animal Reproduction*. 6(3): 440 – 445.
- Silva, K. C., G. M. G. dos Santos., L. S. Siloto., J. T. dos Santos., E. R. de Oliveira., F. Z. Machado., C. O. Rosa dan M. M. Seneda. 2014. The correlation between the number of antral follicles and ovarian reserves (preantral