

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Jumlah *corpus luteum*

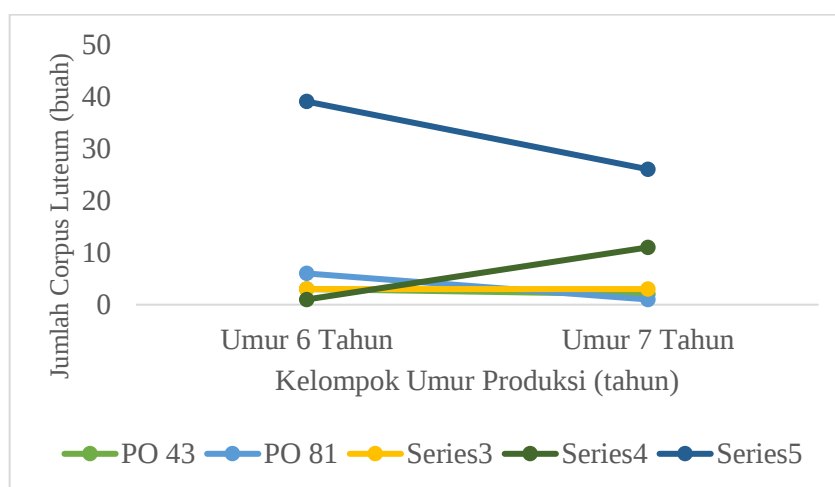
Jumlah *corpus luteum* (CL) merupakan indikator utama dalam keberhasilan respons ovarium terhadap perlakuan superovulasi. CL merupakan cangkang folikel pecah kemudian lepas dari ovum yang telah terovulasikan (Supriatna, 2018). Terbentuknya CL dalam ovarium dapat menjadi prediksi awal keberhasilan perlakuan superovulasi (Subchan dan Handarini, 2016). Jumlah CL menggambarkan banyaknya folikel yang mengalami ovulasi dan potensi menghasilkan ovum lebih tinggi yang dapat dipanen.

Tabel 3. Perbandingan Data Perolehan Jumlah *Corpus Luteum*

| Kode Donor | Perolehan Jumlah <i>Corpus Luteum</i> |              |
|------------|---------------------------------------|--------------|
|            | Umur 6 Tahun                          | Umur 7 Tahun |
|            | ------(buah)-----                     |              |
| PO 43      | 3                                     | 2            |
| PO 81      | 6                                     | 1            |
| PO 88      | 3                                     | 3            |
| PO 110     | 1                                     | 11           |
| PO 127     | 39                                    | 26           |

Berdasarkan data Tabel 3. hasil pengamatan jumlah *corpus luteum* (CL) menunjukkan adanya variasi antar individu sapi donor PO pada umur 6 dan 7 tahun. Beberapa sapi donor PO mengalami penurunan jumlah CL seiring bertambahnya umur seperti sapi donor PO 43 dari 3 buah CL menjadi 2 buah CL, sapi donor PO 81 dari 6 buah CL menjadi 1 buah CL dan sapi donor PO 127 dari 39 buah CL menjadi 26 buah CL. Sebaliknya, sapi donor PO 110 menunjukkan peningkatan

yang sangat tinggi dari 1 buah CL menjadi 11 buah CL. Sementara itu, sapi donor PO 88 menunjukkan kondisi yang relatif stabil dengan jumlah CL tetap sebanyak 3 buah CL. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan umur tidak selalu diikuti penurunan produktivitas ovarium pada seluruh donor, karena setiap ternak memiliki kemampuan respons hormonal dan aktivitas ovarium yang berbeda-beda.



Ilustrasi 2. Diagram Fluktuasi Individu pada Jumlah *corpus luteum* Produksi Umur 6 dan Umur 7 Tahun

Berdasarkan pola Ilustrasi 2. diagram fluktuasi individu pada jumlah *corpus luteum* (CL), sapi donor PO dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu donor dengan peningkatan, penurunan, dan stabil. Sapi donor PO 110 menunjukkan peningkatan jumlah CL pada umur 7 tahun dibandingkan umur 6 tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada beberapa sapi donor PO masih mampu meningkatkan produktivitas reproduksinya meskipun umur bertambah. Sebaliknya, sapi donor PO 43, PO 81, dan PO 127 mengalami penurunan jumlah CL. Penurunan tersebut mengindikasikan adanya penurunan produktivitas reproduksi pada sebagian donor seiring pertambahan umur. Sementara itu, sapi donor PO 88 menunjukkan jumlah

CL yang stabil pada kedua umur pengamatan, yaitu konstan pada perolehan 3 buah CL. Perbedaan pola diagram fluktuasi antar kelima sapi donor tersebut menunjukkan bahwa produktivitas ovarium bersifat individual dan dipengaruhi oleh kondisi fisiologis masing-masing donor.

Tabel 4. Hasil Analisis *Wilcoxon Signed Ranks* Jumlah *Corpus Luteum*

|                        | Value               |
|------------------------|---------------------|
| Z                      | -0,730 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | 0,465               |

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks

Hasil uji non-parametrik *Wilcoxon Signed Rank Test* yang diolah menggunakan aplikasi IBM SPSS versi 26.0 disajikan dalam Tabel 4. Hasil dari uji *Wilcoxon* diketahui nilai  $p = 0,465$  ( $p > 0,05$ ) juga menunjukkan hasil tidak signifikan. Hal ini memperkuat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada jumlah CL antara umur 6 dan 7 tahun. Hal ini menunjukkan tidak cukup bukti untuk menyatakan adanya perbedaan berdasarkan sampel yang diamati. Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki produktivitas reproduksi yang baik dan masih termasuk kategori layak untuk dilakukan perlakuan produksi embrio. Pada sapi donor, umur 6 dan umur 7 tahun masih berada dalam periode produksi yang stabil dan belum mencapai tahap penurunan signifikan (Silva *et al.*, 2018).

Variasi perolehan jumlah CL pada individu sapi donor PO terhadap perlakuan superovulasi pada kedua kelompok umur mengindikasikan bahwa peningkatan dari umur 6 ke umur 7 tahun tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap perolehan jumlah CL karena kondisi ovarium pada masing-masing

individu donor berbeda. CL pada dasarnya merupakan cangkang folikel pecah kemudian lepas dari ovum yang telah terovulasikan (Supriatna, 2018). Semakin banyak jumlah CL maka semakin tinggi kemampuan ovarium donor dalam merespon perlakuan hormonal (Jodiansyah *et al.*, 2013). Perolehan jumlah CL berkaitan dengan kondisi cadangan folikel atau *Antral Follicle Count* (AFC) dalam ovarium. Banyaknya folikel yang terovulasi seiring peningkatan umur donor, berdampak pada penurunan AFC yang mengurangi jumlah CL terbentuk setelah superovulasi (Alvarez *et al.*, 2023). Berdasarkan Tabel 3. terdapat 3 ekor dari jumlah total 5 ekor sapi donor PO yang mengalami penurunan jumlah CL dari umur 6 ke umur 7 tahun. Hal ini diperkuat dengan pendapat Crushman (2009) yang menyatakan bahwa AFC sapi donor mulai menurun setelah melewati umur 5 tahun.

*Antral Follicel Count* (AFC) berkorelasi negatif dengan penuaan sel organ reproduksi sapi donor. Umur induk sapi yang bertambah tua akan terjadi penurunan fungsi dan organ-organ reproduksi dalam memproduksi hormon (Rusadi dan Hartono, 2015). Deplesi cadangan folikel ovarium (AFC) berhubungan dengan senesens reproduktif ruminansia (Mossa dan Evans, 2023). Berdasarkan Tabel 1. terdapat 1 ekor sapi donor PO yang mengalami peningkatan jumlah CL dan terdapat 1 ekor sapi donor PO lainnya yang memperoleh jumlah CL stabil dari umur 6 ke umur 7 tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan gelombang folikel tetap ada. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Alvarez *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa walaupun jumlah folikel (AFC) dan volume ovarium berubah seiring bertambahnya umur, namun pola pertumbuhan gelombang folikel tetap ada sampai kisaran umur 20 tahun. Selain itu, penurunan AFC yang nyata baru dapat

diamati pada sapi yang berumur lebih dari 13 tahun (Mudamasu *et al.*, 2025). Pernyataan ini mendukung hasil analisis statistik uji Wilcoxon dimana tidak terdapat perbedaan nyata terhadap perolehan jumlah CL pada penambahan umur 6 ke umur 7 tahun. Hal ini memperkuat dugaan bahwa umur 6 dan 7 tahun . Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki produktivitas reproduksi yang baik.

#### 4.2. *Response rate*

*Response rate* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui respon ternak donor terhadap perlakuan superovulasi berdasarkan banyaknya jumlah *corpus luteum* (CL) dalam ovarium. Ternak yang memberikan respon superovulasi apabila terdapat jumlah  $CL \geq 3$  (Hussein *et al.*, 2014). Jumlah ternak donor yang merespon harus berimbang sama dengan jumlah ternak donor yang disuperovulasikan (Tanmaela *et al.*, 2019).

Tabel 5. Perbandingan Hasil Perhitungan *Response Rate*

| Kode Donor            | Jumlah CL  | Donor Respon<br>( $CL \geq 3$ ) | Total Donor<br>(N) | Hasil Perhitungan<br><i>Response Rate</i> |
|-----------------------|------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| Produksi Umur 6 Tahun |            |                                 |                    |                                           |
|                       | --(buah)-- | -----(ekor)-----                |                    | -----(% )-----                            |
| PO 43                 | 3          |                                 |                    |                                           |
| PO 81                 | 6          |                                 |                    |                                           |
| PO 88                 | 3          | 4                               | 5                  | 80                                        |
| PO 110                | 1          |                                 |                    |                                           |
| PO 127                | 39         |                                 |                    |                                           |
| Produksi Umur 7 Tahun |            |                                 |                    |                                           |
| PO 43                 | 2          |                                 |                    |                                           |
| PO 81                 | 1          |                                 |                    |                                           |
| PO 88                 | 3          | 3                               | 5                  | 60                                        |
| PO 110                | 11         |                                 |                    |                                           |
| PO 127                | 26         |                                 |                    |                                           |

Berdasarkan data Tabel 5. terdapat total sapi donor PO ( $n=5$ ) yang diberikan perlakuan superovulasi pada kedua kelompok umur. Namun, sapi donor PO yang merespon ( $CL \geq 3$ ) hanya diperoleh 4 ekor ternak pada produksi umur 6 tahun (PO 43; PO 81; PO 88; PO 127) dan 3 ekor ternak produksi umur 7 tahun (PO 88; PO 117; PO 127). Berdasarkan hal tersebut, terdapat ternak yang mengalami penurunan respon superovulasi seperti pada sapi donor PO 43 dengan selisih -1 buah CL dan PO 81 dengan selisih -5 buah CL. Sebaliknya, terdapat peningkatan respon terhadap superovulasi pada sapi donor PO 110 dengan selisih tinggi yaitu +10 buah CL. Sementara itu, terjadi kestabilan respon ovarium pada sapi donor PO 88 dan PO 127. Sapi donor PO 127 walaupun ovarium masih merespon ( $CL \geq 3$ ) pada kedua kelompok umur, namun jumlahnya berkurang drastis dengan selisih -13 buah CL.

Tujuan superovulasi yaitu banyak folikel yang pecah mengalami ovulasi sehingga terbentuk banyak CL. Terbentuknya CL dalam ovarium dapat menjadi prediksi awal keberhasilan perlakuan superovulasi (Subchan dan Handarini, 2016). Penyuntikan FSH memberikan efek superovulasi yang ditunjukkan dengan terbentuknya CL lebih dari 3 (Darlian *et al.*, 2021). Perolehan hasil ovulasi dan CL rendah (dibawah 3) dapat disebabkan oleh berbagai faktor salah satunya efek pemberian dosis FSH pada kondisi AFC rendah. Individu sapi donor memiliki capaian superovulasi maksimum (SOVmax) terhadap perbedaan dosis FSH, apabila dosis melebihi level SOVmax maka berlebihan dan menurunkan fungsi ovarium (Karl *et al.*, 2019). Pemberian FSH dosis tinggi pada ovarium AFC rendah dapat menurunkan fungsi folikel ovulasi akibat rendahnya estradiol (Karl *et al.*, 2021). AFC sapi donor mulai menurun setelah melewati umur 5 tahun (Crushman, 2009).

Hal ini memperkuat hasil data donor PO respon berdasarkan Tabel 5. bahwa terjadi penurunan jumlah donor PO yang merespon superovulasi dari umur 6 ke umur 7 tahun, yaitu dari 4 ekor turun menjadi 3 ekor.

*Response rate* dihitung dengan membandingkan jumlah donor yang dikategorikan merespon terhadap jumlah total donor yang menjalani protokol yang sama (Jodiansyah *et al.*, 2013). Berdasarkan hasil perhitungan *response rate* pada Tabel 5. diperoleh *response rate* sebesar 80% pada produksi umur 6 tahun dan sebesar 60% pada produksi umur 7 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa proporsi sapi donor PO yang memberikan respon terhadap perlakuan superovulasi lebih tinggi pada umur 6 tahun dibandingkan umur 7 tahun. Hasil *response rate* pada dua kelompok umur (umur 6 dan 7 tahun) jika dibandingkan dengan kaidah standar recovery rate masih dibawah standar ( $<100\%$ ). Jumlah ternak donor yang merespon harus berimbang sama dengan jumlah ternak donor yang disuperovulasikan (Tanmaela *et al.*, 2019).

Penelitian oleh Lubis *et al.*, (2021) dengan penerapan protokol superovulasi yang sama (CIDR, FSH 400 mg, 3 kali IB) memperoleh hasil *response rate* 70% pada sapi PO. Kondisi lapangan sering ditemukan perolehan *response rate* dibawah 100% yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor dari luar maupun dalam individu donor. Tingkat respon lebih rendah diamati pada produksi musim panas dan donor dengan body condition (BCS) rendah (Cabrera *et al.*, 2014). Penuaan umur reproduktif mempengaruhi berkurangnya respon folikel ovarium setelah superovulasi pada sapi donor umur 13-16 tahun dibandingkan dengan umur 3-6 tahun (Malhi *et al.*, 2008). *Response rate* cenderung menurun seiring bertambahnya

umur karena penurunan cadangan folikel (Silva *et al.*, 2018). Pernyataan ini mendukung data perhitungan *response rate* pada Tabel 5. dimana terjadi penurunan *response rate* dari umur 6 sampai 7 tahun.

#### 4.3. Total Koleksi Embrio

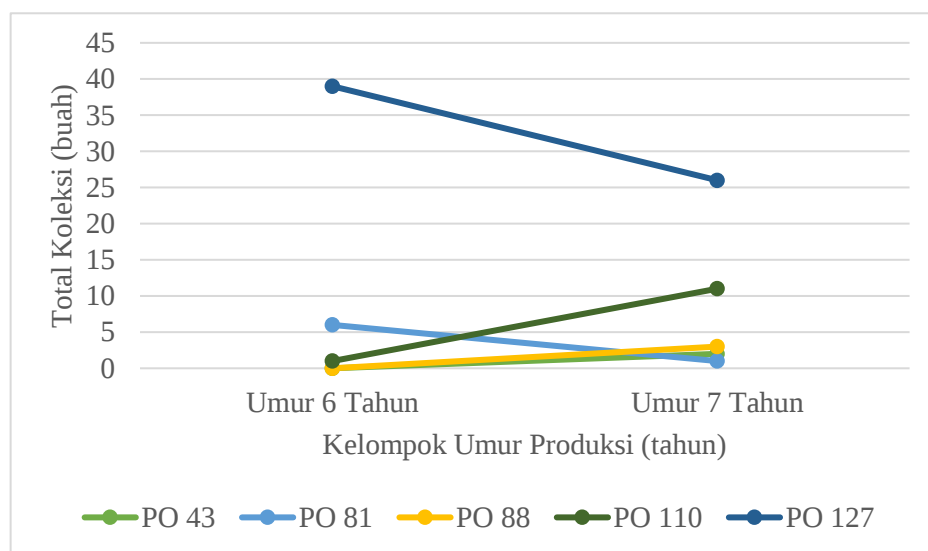
Total koleksi embrio merupakan jumlah keseluruhan struktur biologis yang berhasil diperoleh dalam laboratorium berasal dari media hasil proses koleksi embrio (*flushing*) tubuh induk donor (Bizimana *et al.*, 2025). Struktur biologis dapat berupa ovum yang berhasil dibuahi (perolehan embrio) juga ovum yang gagal dibuahi (*unfertilized*). Perolehan embrio merupakan perhitungan total embrio yang didapat pada saat pencarian embrio (Darlian *et al.*, 2021).

Tabel 6. Perbandingan Data Perolehan Total Koleksi Embrio

| Kode<br>Donor | Perolehan Total Koleksi |              |
|---------------|-------------------------|--------------|
|               | Umur 6 Tahun            | Umur 7 Tahun |
|               | ------(buah)-----       |              |
| PO 43         | 0                       | 2            |
| PO 81         | 6                       | 1            |
| PO 88         | 0                       | 3            |
| PO 110        | 1                       | 11           |
| PO 127        | 39                      | 26           |

Berdasarkan data Tabel 6. hasil pengamatan total koleksi menunjukkan adanya variasi antar individu sapi donor PO pada umur 6 dan 7 tahun. Perubahan data total koleksi menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan jumlah CL. Beberapa sapi donor PO mengalami peningkatan hasil koleksi seperti sapi donor PO 43 dari 0 buah menjadi 2 buah, sapi donor PO 88 mengalami peningkatan dari 0 buah menjadi 3 buah, serta sapi donor PO 110 yang meningkat cukup tinggi dari 1 buah menjadi 11 buah. Sementara itu, sapi donor PO 81 mengalami penurunan

dari 6 buah menjadi 1 buah dan sapi donor PO 127 mengalami penurunan dari 39 buah menjadi 26 buah meskipun masih menghasilkan total koleksi tertinggi dibanding donor lainnya. Variasi data pada kedua kelompok umur tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan produksi pada setiap donor dipengaruhi oleh respons ovarium individu, keberhasilan ovulasi, dan keberhasilan proses fertilisasi maupun *flushing*.



Ilustrasi 3. Diagram Fluktasi Individu pada Total Koleksi Produksi Umur 6 dan Umur 7 Tahun

Berdasarkan pola Ilustrasi 3. diagram fluktasi individu pada total koleksi, sapi donor PO dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu donor dengan peningkatan dan penurunan. Sapi donor PO 43, PO 88, dan PO 110 menunjukkan peningkatan jumlah embrio yang berhasil dikoleksi pada umur 7 tahun dibandingkan hasil koleksi umur 6 tahun. Peningkatan tertinggi terjadi pada sapi donor PO 110 dengan selisih +10 buah, sedangkan sapi donor PO 43 dan PO 88 meningkat dari 0 menjadi masing-masing selisih +2 buah dan +3 buah. Peningkatan

tersebut menunjukkan bahwa beberapa donor masih memiliki kemampuan produksi yang baik walaupun umur bertambah. Sebaliknya, sapi donor PO 81 dan donor PO 127 mengalami penurunan total koleksi. Sapi donor PO 81 menurun dengan selisih -5 buah. Sedangkan, sapi donor PO 127 mengalami penurunan drastis dengan selisih -13 buah. Penurunan ini diduga berkaitan dengan menurunnya respons ovarium maupun keberhasilan fertilisasi. Tidak terdapat donor yang menunjukkan hasil koleksi embrio stabil antara umur 6 dan 7 tahun. Variasi tersebut menunjukkan bahwa kemampuan produksi embrio pada sapi donor memiliki respons yang berbeda pada masing-masing individu.

Tabel 7. Hasil Analisis *Wilcoxon Signed Ranks* Total Koleksi

|                               | Value               |
|-------------------------------|---------------------|
| Z                             | -0,135 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed)        | 0,893               |
| a. Wilcoxon Signed Ranks Test |                     |
| b. Based on positive ranks    |                     |

Hasil uji non-parametrik Wilcoxon Signed Rank Test yang diolah menggunakan aplikasi IBM SPSS versi 26.0 Tabel 7. diketahui nilai  $p = 0,893$  ( $p > 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa, total koleksi pada umur 6 dan 7 tahun tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan tidak cukup bukti untuk menyatakan adanya perbedaan berdasarkan sampel yang diamati. Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki respons superovulasi yang baik dan masih termasuk kategori layak untuk dilakukan perlakuan produksi embrio. Pada sapi donor, umur 6 dan umur 7 tahun masih berada dalam periode produksi yang stabil dan belum mencapai tahap penurunan signifikan (Silva *et al.*, 2018).

Penurunan dan peningkatan total koleksi dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Variasi individu seperti umur, kondisi ovarium, dan populasi folikel dapat menyebabkan perbedaan total koleksi dan kualitas embrio yang diperoleh (Setiawan et al., 2017). Jenis dan dosis FSH berpengaruh besar terhadap total struktur terkoleksi dan embrio layak transfer (Biziman *et al.*, 2024). Individu donor memiliki batas dosis FSH (SOVmax), apabila dosis FSH tinggi diberikan pada donor AFC rendah akan menurunkan fungsi folikular (Karl *et al.*, 2019; Karl *et al.*, 2021). AFC sebelum dan selama injeksi FSH sangat berkorelasi dengan jumlah CL dan total struktur koleksi (Oliveira *et al.*, 2021). AFC sapi donor mulai menurun setelah melewati umur 5 tahun (Crushman, 2009). Banyaknya folikel yang tumbuh secara bersamaan menyebabkan tidak semua ovum mencapai kematangan inti dan sitoplasma yang sinkron saat inseminasi dilakukan (Jiang et al., 2023).

Selain itu, faktor luar seperti teknik koleksi, tata cara IB dan kualitas semen juga mempengaruhi fertilisasi perolehan embrio (Newcomb, 1980). Hasil koleksi yang terdapat darah dan banyak fluida hilang (abnormal) dapat mengurangi total struktur yang berhasil dikumpulkan (Cabrera *et al.*, 2014). Penelitian oleh Comizzoli (2019) menyatakan bahwa kerusakan membran dan DNA sperma serta faktor kapasitas sperma berdampak pada kegagalan fertilisasi. Kadar hormon steroid tinggi (estrogen dan progesteron) akibat banyaknya CL dapat mengubah lingkungan mikro di oviduk yang dapat mengganggu transportasi sperma dan kapasitas fertilisasi, sehingga banyak sel telur yang tidak terbuahi (Nishimura dan Nakahari, 2009). Dibutuhkan penelitian dan evaluasi lebih lanjut mengenai kualitas

semen yang digunakan dalam IB program superovulasi, karena hal ini dapat mempengaruhi embrio yang dihasilkan.

#### 4.5. *Recovery rate*

*Recovery rate* merupakan salah satu parameter dalam keberhasilan produksi embrio yang digunakan untuk menilai efisiensi perolehan embrio yang terkoleksi setelah perlakuan koleksi embrio hasil dari superovulasi dan inseminasi program (Setiawan *et al.*, 2017). *Recovery rate* disebut juga nilai perolehan kembali embrio yang menggambarkan ovum setelah proses ovulasi terjadi (Jodiansyah *et al.*, 2013). Perhitungan *recovery rate* dapat menggambarkan efisiensi keberhasilan koleksi embrio dari tubuh induk donor.

Tabel 8. Perbandingan Hasil Perhitungan *Recovery Rate*

| Kode Donor            | Jumlah CL         | Total Koleksi | Hasil Perhitungan <i>Recovery Rate</i> |
|-----------------------|-------------------|---------------|----------------------------------------|
| Produksi Umur 6 Tahun |                   |               |                                        |
|                       | ------(buah)----- |               | ------(%)-----                         |
| PO 43                 | 3                 | 0             | 0                                      |
| PO 81                 | 6                 | 6             | 100                                    |
| PO 88                 | 3                 | 0             | 0                                      |
| PO 110                | 1                 | 1             | 100                                    |
| PO 127                | 39                | 39            | 100                                    |
| Produksi Umur 7 Tahun |                   |               |                                        |
| PO 43                 | 2                 | 2             | 100                                    |
| PO 81                 | 1                 | 1             | 100                                    |
| PO 88                 | 3                 | 3             | 100                                    |
| PO 110                | 11                | 11            | 100                                    |
| PO 127                | 26                | 26            | 100                                    |

Perhitungan *recovery rate* bertujuan untuk membandingkan jumlah *corpus luteum* (CL) dengan ovum berhasil diovulasikan yang terbentuk dari superovulasi. Berdasarkan Tabel 8. *recovery rate* pada sebagian besar sapi donor PO relatif stabil

antara umur 6 dan 7 tahun. Sapi donor PO 81, PO 110, dan PO 127 menunjukkan *recovery rate* yang sama pada kedua kelompok umur, yaitu sebesar 100%. Sementara itu, sapi donor PO 43 dan PO 88 mengalami peningkatan dari 0% pada umur 6 tahun menjadi 100% pada umur 7 tahun. Tidak ditemukan adanya penurunan *recovery rate* pada pertambahan umur diseluruh donor. Hal ini menunjukkan bahwa proses *flushing* embrio pada umur 7 tahun masih mampu meningkatkan keberhasilan koleksi yang baik pada sebagian besar donor. Stabilitasnya *recovery rate* diduga berkaitan dengan teknik flushing yang konsisten serta kondisi saluran reproduksi donor yang masih mendukung proses koleksi embrio.

Tabel 9. Hasil Analisis *Wilcoxon Signed Ranks Recovery Rate*

|                               | Value               |
|-------------------------------|---------------------|
| Z                             | -1.414 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed)        | 0,157               |
| a. Wilcoxon Signed Ranks Test |                     |
| b. Based on negative ranks    |                     |

Hasil uji non-parametrik Wilcoxon Signed Rank Test yang diolah menggunakan aplikasi IBM SPSS versi 26.0 Tabel 9. diketahui nilai  $p = 0,157$  ( $p > 0,05$ ). Oleh karena itu, peningkatan *recovery rate* pada umur 7 tahun belum dapat dinyatakan signifikan secara statistik. Hal ini menunjukan tidak cukup bukti untuk menyatakan adanya perbedaan berdasarkan sampel yang diamati. Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki respons superovulasi yang baik dan masih termasuk kategori layak untuk dilakukan perlakuan produksi embrio. Pada sapi donor, umur 6 dan umur 7 tahun masih berada dalam periode produksi yang stabil dan belum mencapai tahap penurunan signifikan (Silva *et al.*, 2018).

Peningkatan *recovery rate* dari umur 6 menjadi umur 7 tahun dapat terjadi karena terjadi peningkatan kemampuan bertahan hidup embrio yang dihasilkan. Penelitian pada domba oleh Govur (2015) menyebutkan bahwa umur berpengaruh terhadap bobot dan diameter ovarium tetapi tidak selalu mengubah proporsi kualitas ovum. Ovum donor dewasa memiliki kompetisi bertahan hidup lebih baik karena sistem hormonal matang dan struktur folikel ovum lebih sempurna (Widyastuti *et al.*, 2018). Selain itu, pada sapi lebih muda dengan respons tinggi (CL banyak), terjadi kompetisi nutrisi pertumbuhan folikel ovarium yang menyebabkan penurunan kualitas ovum (Ireland, 2007). Hal ini dapat mempengaruhi embrio dalam mempertahankan diri selama proses produksi berlangsung. Sapi donor bertambah tua cenderung menunjukkan respons berbeda sehingga penyesuaian dosis FSH dapat meningkatkan pemulihan ovum dan embrio (*recovery rate*) (Lerner *et al.*, 1986). Selain dari faktor umur, *recovery rate* rendah dapat disebabkan oleh rendahnya total struktur yang dapat terkoleksi akibat kesalahan teknis koleksi yang tidak optimal (terlepas dan tertinggal di uterus) (Setiawan *et al.*, 2017).

Berdasarkan data Tabel 9. pada umur 6 tahun, *recovery rate* 0% disebabkan karena jumlah CL lebih tinggi dibandingkan total koleksi yang diperoleh (0 total koleksi). Hal ini sering dijumpai secara umum karena jumlah CL hanya menggambarkan banyaknya ovum terovulasi, sedangkan ovum perlu melalui proses IB program dan koleksi (*flushing*) untuk mendapatkan total struktur koleksi. Kualitas semen yang digunakan ketika IB program dapat mempengaruhi struktur atau embrio yang dihasilkan. Motilitas dan viabilitas sperma menentukan kemampuan sperma membuahi ovum (Iswati *et al.*, 2021). Selain itu, Superovulasi

dapat menyebabkan kondisi endokrin tidak normal yang dapat menurunkan viabilitas dan *recovery rate* embrio (Madoz *et al.*, 2022). Kesulitan teknis saat *flushing* seperti posisi kateter, jenis kateter, media dan lama *flushing* dan pengalaman operator dapat menyebabkan banyak embrio tertinggal dalam uterus sehingga *recovery* sangat rendah atau nol (Say *et al.*, 2022; Kose *et al.*, 2022).

#### 4.6. Embrio layak transfer

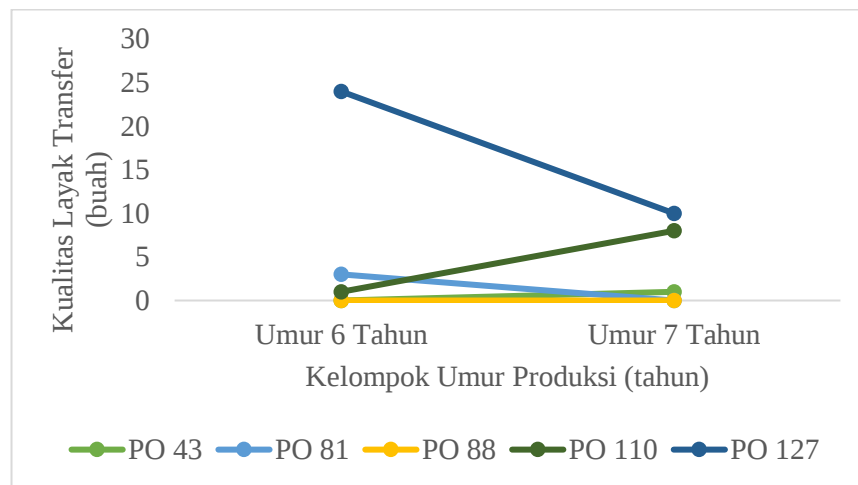
Embrio layak transfer merupakan embrio dengan kualitas morfologi yang memenuhi standar untuk digunakan dalam program transfer embrio. Embrio dinyatakan layak transfer (LT) adalah embrio embrio yang mencapai perkembangan fase 4 sampai dengan fase 9 dan memiliki *grade* kualitas 1, 2, dan 3 (Ningtias *et al.*, 2022). Embrio dengan kategori excellent, good, fair, dan poor termasuk dalam kriteria layak transfer, sedangkan *degenerative* dan unfertilized tidak layak transfer (Maulana, 2019).

Tabel 10. Perbandingan Hasil Perolehan Kualitas Embrio Layak Transfer

| Kode Donor            | Total Koleksi     | Hasil Perolehan Layak Transfer | Persentase Layak Transfer |
|-----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Produksi Umur 6 Tahun |                   |                                |                           |
|                       | -----             | -----                          | -----                     |
|                       | ------(buah)----- |                                | ------(%)-----            |
| PO 43                 | -                 | -                              | -                         |
| PO 81                 | 6                 | 3                              | 50%                       |
| PO 88                 | -                 | -                              | -                         |
| PO 110                | 1                 | 1                              | 100%                      |
| PO 127                | 39                | 24                             | 62%                       |
| Produksi Umur 7 Tahun |                   |                                |                           |
| PO 43                 | 2                 | 1                              | 50%                       |
| PO 81                 | 1                 | -                              | -                         |
| PO 88                 | 3                 | -                              | -                         |
| PO 110                | 11                | 8                              | 73%                       |
| PO 127                | 26                | 10                             | 38%                       |

Berdasarkan data pada Tabel 10. individu sapi donor PO menunjukkan perbedaan persentase perolehan embrio layak transfer antara umur 6 tahun dan 7 tahun. Sapi donor PO 43 mengalami peningkatan persentase layak transfer dari tidak menghasilkan embrio layak tranfer pada umur 6 tahun menjadi 50% pada umur 7 tahun, meskipun jumlah total koleksi embrio pada umur 7 tahun relatif rendah. Sapi donor PO 81 mengalami penurunan drastis dari 50% pada umur 6 tahun menjadi tidak menghasilkan embrio layak transfer pada umur 7 tahun, yang menunjukkan bahwa seluruh embrio hasil koleksi pada umur 7 tahun tidak memenuhi kriteria layak transfer.

Sapi donor PO 88 stabil tidak menghasilkan embrio layak transfer pada kedua umur, karena sama sekali tidak diperoleh total koleksi. Sapi donor PO 110 menunjukkan penurunan persentase dari 100% pada umur 6 tahun menjadi 73% pada umur 7 tahun, namun donor ini tetap memiliki kemampuan produksi embrio layak transfer yang cukup baik. Sementara itu, donor PO 127 mengalami penurunan persentase dari 62% pada umur 6 tahun menjadi 38% pada umur 7 tahun, meskipun masih menghasilkan jumlah embrio layak transfer tertinggi dibanding donor lainnya. Hasil analisis deskriptif menunjukkan adanya variasi respon antar individu donor serta kecenderungan penurunan perolehan embrio layak transfer memasuki umur 7 tahun.



Ilustrasi 4. Diagram Fluktasi Individu pada Perolehan Kualitas Layak Transfer Produksi Umur 6 dan Umur 7 Tahun

Berdasarkan pola Ilustrasi 4. diagram fluktasi individu pada perolehan kualitas layak transfer, sapi donor PO dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu donor dengan peningkatan, penurunan dan stabil. Sapi donor PO 43 dan PO 110 menunjukkan peningkatan jumlah embrio layak transfer pada umur 7 tahun. Peningkatan tertinggi terjadi pada sapi donor PO 110 dengan selisih +7 buah embrio layak transfer, sedangkan sapi donor PO 43 meningkat dengan selisih +1 buah embrio layak transfer. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas embrio pada beberapa donor masih mampu meningkat meskipun umur bertambah. Sebaliknya, sapi donor PO 81 dan PO 127 mengalami penurunan jumlah embrio layak transfer. Sapi donor PO 81 turun dengan selisih -3 buah embrio layak transfer dan PO 127 turun dengan selisih drastic yaitu -14 buah embrio layak transfer. Penurunan tersebut mengindikasikan menurunnya kualitas embrio pada sebagian donor akibat bertambahnya umur. Sementara itu, sapi donor PO 88 menunjukkan hasil yang stabil karena tidak menghasilkan embrio layak transfer pada kedua umur

pengamatan. Variasi pola tersebut menunjukkan bahwa kualitas embrio sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis masing-masing donor.

Tabel 11. Hasil Analisis *Wilcoxon Signed Ranks* Kualitas Layak Transfer

|                               | Value               |
|-------------------------------|---------------------|
| Z                             | -0,365 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed)        | 0,715               |
| a. Wilcoxon Signed Ranks Test |                     |
| b. Based on positive ranks    |                     |

Hasil uji non-parametrik Wilcoxon Signed Rank Test yang diolah menggunakan aplikasi IBM SPSS versi 26.0 Tabel 11. diketahui nilai  $p = 0,715$  ( $p > 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas embrio layak transfer antara kedua umur tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan tidak cukup bukti untuk menyatakan adanya perbedaan berdasarkan sampel yang diamati. Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki respons superovulasi yang baik dan masih termasuk kategori layak untuk dilakukan perlakuan produksi embrio. Pada sapi donor, umur 6 dan umur 7 tahun masih berada dalam periode produksi yang stabil dan belum mencapai tahap penurunan signifikan (Silva *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil analisis deskriptif dan diagram fluktuasi, terdapat variasi produksi embrio layak transfer pada individu sapi donor PO. Sapi donor PO cenderung banyak mengalami penurunan perolehan embrio kualitas layak transfer pada produksi umur 7 tahun. Hal ini mendukung pernyataan dari Isnaini *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa umur mempengaruhi jumlah embrio layak transfer dan jumlah ovum tidak layak dibuahi. Seiring bertambahnya umur, kualitas embrio akan menurun yang disebabkan oleh cadangan folikel ovarium menurun, mtDNA dan ATP ovum menurun, progesteron menurun dan tingkat kerentanan mutasi

genetik tinggi (Butkiewicz *et al.*, 2024). Umur induk sapi yang bertambah tua akan terjadi penurunan fungsi dan organ-organ reproduksi dalam memproduksi hormon (Rusadi dan Hartono, 2015). Deplesi cadangan folikel ovarium (AFC) berhubungan dengan senesens reproduktif ruminansia (Mossa dan Evans, 2023).

*Antral Follicle Count* (AFC) dan kapistas ovarium berubah seiring bertambahnya umur (Mikkola *et al.*, 2019). Penurunan ovum berkorelasi dengan penurunan kompetensi ovum sapi tua. Penyesuaian dosis FSH pada donor tua dapat mempengaruhi jumlah perolehan ovum dan embrio recovered yang mempengaruhi embrio transferable (Lerner *et al.*, 1986). Penurunan perkembangan kualitas embrio juga dapat disebabkan oleh regulasi redoks dan pertahanan oksidasi terganggu akibat kadar *Reactive Oxygen Species* (ROS) tinggi. Kadar glutathionin dan ROS lebih tinggi ditemukan pada folikel dan ovum dari sapi donor tua (Magata *et al.*, 2021). Peningkatan ROS signifikan pada sapi donor umur >10 tahun. Oleh karena itu, peningkatan memasuki umur 7 tahun tidak signifikan karena masih dibawah 10 tahun.

#### **4.7. Embrio degenerative**

Embrio *degenerative* menunjukkan kerusakan struktur atau perkembangan yang tidak normal berdasarkan evaluasi morfologi. Embrio *Degenerative* (DG) memiliki 2-12 sel dengan perkembangan sel sangat lambat sehingga dianggap mati atau degenerasi (Phillips dan Jahnke, 2016). Embrio *degenerative* merupakan embrio yang mengalami hambatan perkembangan, muncul granulasi, ikatan blastomere sedikit lepas dan ovum masih muda (Maulana, 2019).

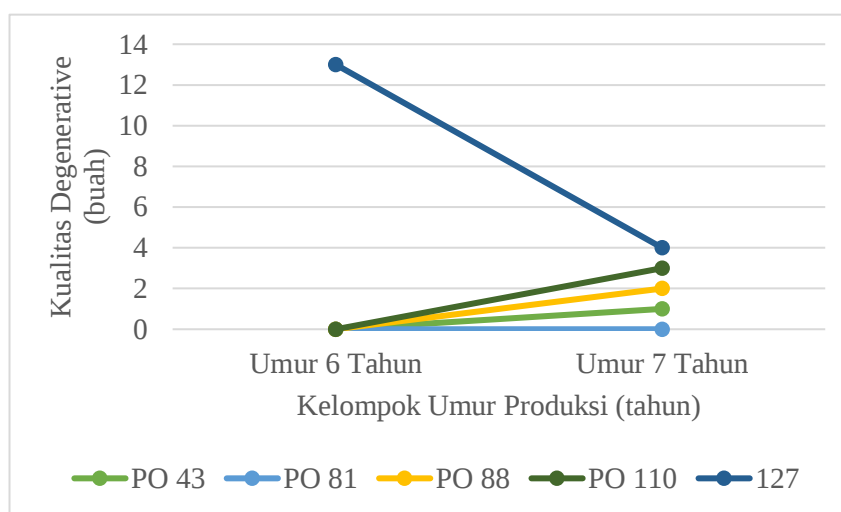
Tabel 12. Perbandingan Hasil Perolehan Kualitas Embrio *Degenerative*

| Kode Donor            | Total Koleksi | Hasil Perolehan <i>Degenerative</i> | Persentase <i>Degenerative</i> |
|-----------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Produksi Umur 6 Tahun |               |                                     |                                |
|                       | -----         | -----                               | -----                          |
|                       | (buah)        |                                     | (%)                            |
| PO 43                 | -             | -                                   | -                              |
| PO 81                 | 6             | -                                   | -                              |
| PO 88                 | -             | -                                   | -                              |
| PO 110                | 1             | -                                   | -                              |
| PO 127                | 39            | 13                                  | 33%                            |
| Produksi Umur 7 Tahun |               |                                     |                                |
| PO 43                 | 2             | 1                                   | 50%                            |
| PO 81                 | 1             | -                                   | -                              |
| PO 88                 | 3             | 2                                   | 67%                            |
| PO 110                | 11            | 3                                   | 27%                            |
| PO 127                | 26            | 4                                   | 15%                            |

Berdasarkan data pada Tabel 12. individu sapi donor menunjukkan perbedaan persentase perolehan embrio *degenerative* antara umur 6 tahun dan 7 tahun. Sapi donor PO 43 mengalami peningkatan dari tidak menghasilkan embrio *degenerative* pada umur 6 tahun menjadi 50% pada umur 7 tahun, yang menunjukkan bahwa setengah dari total embrio hasil koleksi pada umur 7 tahun mengalami degenerasi. Sapi donor PO 81 stabil tidak menghasilkan embrio *degenerative* pada kedua umur, sehingga tidak ditemukan embrio *degenerative* pada total koleksinya.

Sapi donor PO 88 mengalami peningkatan drastis dari 0% pada umur 6 tahun menjadi 67% pada umur 7 tahun, yang menunjukkan sebagian besar embrio hasil koleksi pada umur 7 tahun mengalami degenerasi. Sapi donor PO 110 juga mengalami peningkatan dari tidak menghasilkan embrio *degenerative* pada umur 6 tahun menjadi 27% pada umur 7 tahun. Sementara itu, sapi donor PO 127 justru mengalami penurunan persentase *degenerative* dari 33% pada umur 6 tahun

menjadi 15% pada umur 7 tahun, walaupun masih menghasilkan embrio *degenerative* dalam jumlah relatif lebih banyak dibanding donor lainnya. Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa sebagian besar donor mengalami peningkatan persentase embrio *degenerative* pada umur 7 tahun, namun tetap respon setiap individu donor bervariasi.



Ilustrasi 5. Diagram Fluktasi Individu pada Perolehan Kualitas *Degenrative* Produksi Umur 6 dan Umur 7 Tahun

Berdasarkan pola Ilustrasi 5. diagram fluktasi individu pada perolehan kualitas *degenerative*, sapi donor PO dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu donor dengan peningkatan, penurunan dan stabil. Sapi donor PO 43, PO 88, dan PO 110 menunjukkan peningkatan jumlah embrio degeneratif pada umur 7 tahun dibandingkan umur 6 Tahun. Peningkatan paling tinggi terjadi pada sapi donor PO 110 dengan selisih +3 buah embrio *degenerative*. sedangkan sapi donor PO 43 dan PO 88 masing-masing meningkat dengan selisih +1 buah dan +2 buah embrio *degenerative*. Peningkatan ini menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kualitas perkembangan embrio pada beberapa donor seiring pertambahan umur.

Sebaliknya, sapi donor PO 127 mengalami penurunan jumlah embrio *degenerative* dengan selisih drastis yaitu -9 buah embrio *degenerative* yang menunjukkan adanya perbaikan kualitas embrio pada donor tersebut. Sementara itu, sapi donor PO 81 menunjukkan hasil yang stabil karena tidak menghasilkan embrio degeneratif pada kedua kelompok umur pengamatan. Perbedaan pola antar donor menunjukkan bahwa kualitas embrio yang dihasilkan bersifat individual dan dipengaruhi oleh kondisi reproduksi masing-masing ternak.

Tabel 13. Hasil Analisis *Wilcoxon Signed Ranks* Kualitas *Degenerative*

|                        | Value               |
|------------------------|---------------------|
| Z                      | -0,535 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | 0,593               |

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks

Hasil uji non-parametrik Wilcoxon Signed Rank Test yang diolah menggunakan aplikasi IBM SPSS versi 26.0 Tabel 13. diketahui nilai  $p = 0,593$  ( $p > 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan kualitas embrio layak transfer antara kedua umur. Hal ini menunjukkan tidak cukup bukti untuk menyatakan adanya perbedaan berdasarkan sampel yang diamati. Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki respons superovulasi yang baik dan masih termasuk kategori layak untuk dilakukan perlakuan produksi embrio. Pada sapi donor, umur 6 dan umur 7 tahun masih berada dalam periode produksi yang stabil dan belum mencapai tahap penurunan signifikan (Silva *et al.*, 2018).

Berdasarkan analisis deskriptif dan diagram fluktuasi diperoleh individu sapi donor PO lebih banyak mengalami peningkatan jumlah embrio *degenerative*

pada umur 7 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa sapi donor memiliki kecenderungan penurunan kemampuan perkembangan embrio (*degenerative*) meskipun tidak signifikan secara statistik. Seiring bertambahnya umur, AFC dan kapasitas ovarium berubah (Mikkola *et al.*, 2019). Penurunan kapasitas ovarium mempengaruhi penurunan ovum yang berkorelasi dengan penurunan kompetensi perkembangan ovum (*developmental competence*) pada sapi tua (Lerner *et al.*, 1986). Bertambahnya umur donor menyebabkan penurunan kompetensi ovum yang berdampak pada penurunan laju fertilisasi dan jumlah embrio normal (*degenerative*) (Isogai *et al.*, 1992). Menurunnya *developmental competence* ovum donor tua menyebabkan ovum kurang mampu dalam menyelesaikan pematangan (pembelahan meiosis), fertilisasi, dan pembelahan awal pasca fertilisasi secara optimal (Magata *et al.*, 2021).

Mitokondria berperan dalam penyediaan energi bagi perkembangan awal embrio. Bertambahnya umur sapi donor menyebabkan kecenderungan penurunan DNA mitokondria (mtDNA) dalam ovum (Takeo *et al.*, 2013). Ovum dari sapi donor tua memiliki kadar glutathione (GSH) rendah dalam cairan folikel dan reactive oxygen species (ROS) lebih tinggi, menyebabkan kerusakan oksidatif yang menghambat kemampuan ovum dalam berkembang menjadi embrio (Magata *et al.*, 2021). Penurunan produksi pada umur 7 tahun tidak signifikan secara statistik karena masih dalam kategori optimal. Umur 7 tahun menjadi titik peralihan sebelum memasuki fase tua (Naranjo *et al.*, 2019). Dampak penurunan produksi terhadap umur terlihat jelas pada sapi donor diatas umur 10-12 tahun (Magata *et al.*, 2021; Takeo *et al.*, 2013)

#### 4.8. Ovum *unfertilized*

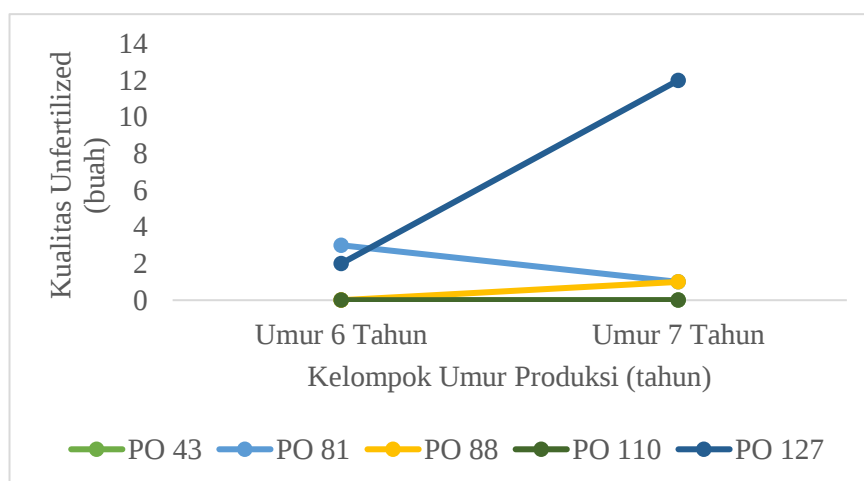
Ovum *unfertilized* pada dasarnya adalah ovum yang tidak mengalami fertilisasi sehingga tidak berkembang menjadi embrio. Embrio *unfertilized* merupakan embrio yang sel-selnya rusak dan tidak dibuahi (Maulana, 2019). Ovum *unfertilized* adalah ovum yang gagal menjadi embrio karena hanya memiliki satu inti tanpa terlihat adanya tanda-tanda pembelahan sel (Sartori *et al.*, 2002). Walaupun gagal menjadi embrio, ovum *unfertilized* ikut terkoleksi setelah proses *flushing* bersamaan dengan embrio lainnya.

Tabel 14: Perbandingan Hasil Perolehan Kualitas Ovum *Unfertilized*

| Kode Donor            | Total Koleksi | Hasil Perolehan <i>Unfertilized</i> | Persentase <i>Unfertilized</i> |
|-----------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Produksi Umur 6 Tahun |               |                                     |                                |
|                       | -----         | -----                               | -----                          |
|                       | (buah)        | (buah)                              | (%)                            |
| PO 43                 | -             | -                                   | -                              |
| PO 81                 | 6             | 3                                   | 50%                            |
| PO 88                 | -             | -                                   | -                              |
| PO 110                | 1             | -                                   | -                              |
| PO 127                | 39            | 2                                   | 5%                             |
| Produksi Umur 7 Tahun |               |                                     |                                |
| PO 43                 | 2             | -                                   | -                              |
| PO 81                 | 1             | 1                                   | 100%                           |
| PO 88                 | 3             | 1                                   | 33%                            |
| PO 110                | 11            | -                                   | -                              |
| PO 127                | 26            | 12                                  | 46%                            |

Berdasarkan data pada Tabel 14. individu sapi donor menunjukkan perbedaan persentase perolehan ovum *unfertilized* antara umur 6 tahun dan 7 tahun. Sapi donor PO 43 persentase *unfertilized* stabil tidak menghasilkan ovum *unfertilized* pada kedua umur, yang menunjukkan tidak ditemukan ovum gagal fertilisasi pada hasil koleksinya. Sapi donor PO 81 mengalami peningkatan persentase *unfertilized* dari 50% pada umur 6 tahun menjadi 100% pada umur 7

tahun, yang menunjukkan seluruh hasil koleksi pada umur 7 tahun tidak mengalami fertilisasi. Sapi donor PO 88 mengalami peningkatan dari tidak menghasilkan ovum *unfertilized* pada umur 6 tahun menjadi 33% pada umur 7 tahun. Sapi donor PO 110 stabil tidak menghasilkan ovum *unfertilized* pada umur 6 maupun 7 tahun. Sementara itu, sapi donor PO 127 mengalami peningkatan drastis dari 5% pada umur 6 tahun menjadi 46% pada umur 7 tahun, yang menandakan peningkatan besar jumlah ovum yang gagal mengalami fertilisasi pada umur 7 tahun. Hasil analisis menunjukkan sebagian besar donor mengalami peningkatan persentase ovum *unfertilized* pada umur 7 tahun dengan tingkat fertilitas berbeda-beda.



Ilustrasi 6. Diagram Fluktasi Individu pada Perolehan Kualitas *Unfertilized* Produksi Umur 6 dan Umur 7 Tahun

Berdasarkan pola Ilustrasi 6. diagram fluktasi individu pada perolehan kualitas *unfertilized*, sapi donor PO dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu donor dengan peningkatan, penurunan dan stabil. Sapi donor PO 88 dan PO 127 menunjukkan peningkatan jumlah ovum *unfertilized* pada umur 7 tahun dibandingkan umur 6 tahun. Peningkatan tertinggi terjadi pada sapi donor PO 127

dengan selisih peningkatan drastis yaitu +10 buah ovum *unfertilized*, sedangkan donor ketiga meningkat dengan selisih +1 buah ovum *unfertilized*. Kondisi tersebut menunjukkan adanya penurunan keberhasilan fertilisasi pada beberapa donor. Sebaliknya, sapi donor PO 81 mengalami penurunan jumlah ovum *unfertilized* dengan selisih -2 buah ovum *unfertilized*. Sapi donor PO 43 dan PO 110 menunjukkan hasil yang stabil karena tidak menghasilkan ovum *unfertilized* pada kedua kelompok umur pengamatan. Variasi pola antar donor menunjukkan bahwa keberhasilan fertilisasi sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis reproduksi dan kualitas ovum masing-masing ternak donor.

Tabel 15. Hasil Analisis *Wilcoxon Signed Ranks* Kualitas *Unfertilized*

|                               | Value               |
|-------------------------------|---------------------|
| Z                             | -1.414 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed)        | 0,157               |
| a. Wilcoxon Signed Ranks Test |                     |
| b. Based on negative ranks    |                     |

Hasil uji non-parametrik Wilcoxon Signed Rank Test yang diolah menggunakan aplikasi IBM SPSS versi 26.0 (Tabel 5), diketahui nilai  $p = 0,593$  ( $p > 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah embrio *unfertilized* tidak berbeda nyata antara umur 6 tahun dengan umur 7 tahun. Hal ini menunjukkan tidak cukup bukti untuk menyatakan adanya perbedaan berdasarkan sampel yang diamati. Produksi embrio pada umur 6 dan umur 7 tahun masih dikatakan memiliki respons superovulasi yang baik dan masih termasuk kategori layak untuk dilakukan perlakuan produksi embrio. Pada sapi donor, umur 6 dan umur 7 tahun masih berada dalam periode produksi yang stabil dan belum mencapai tahap penurunan signifikan (Silva *et al.*, 2018).

Berdasarkan analisis deskriptif dan diagram fluktuasi diperoleh individu sapi donor PO lebih banyak mengalami peningkatan jumlah ovum *unfertilized* umur 7 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa donor memiliki kecenderungan penurunan tingkat fertilisasi ovum (*unfertilized*) meskipun tidak signifikan secara statistik. Hal ini membuktikan oleh Atkins *et al.*, (2013) bahwa penambahan umur sapi donor berkorelasi dengan tingkat fertilisasi abnormal lebih tinggi. Kualitas ovum dan lingkungan oviduk serta uterus kurang optimal setelah superovulasi mempengaruhi kegagalan fertilisasi (O'Callaghan, 2021). Rendahnya kemampuan fertilisasi ovum disebabkan gangguan pematangan nukleus akibat permasalahan komunikasi sel kumulus terganggu pada sapi tua (Yamamoto *et al.*, 2010). Sapi donor tua cenderung menghasilkan ovum distribusi granula kortikal pada sitoplasma tidak merata, beresiko menyebabkan kegagalan fertilisasi (Magata *et al.*, 2019)

Penuaan berdampak pada akumulasi reactive oxygen species (ROS) dan penurunan fungsi mitokondria yang menyebabkan ovum kurang responsif terhadap fertilisasi (Takeo *et al.*, 2013; Magata *et al.*, 2021). Semen beku yang digunakan dalam IB program berkontribusi terhadap proses fertilisasi. Namun, penelitian oleh Tamassia *et al.*, (2003) menyatakan bahwa sapi donor cenderung konsisten dalam performanya baik performa embrio buruk atau bagus, terlepas dari semen yang digunakan. Masalah fertilisasi yang utama terletak pada kemampuan ovum untuk mengaktifkan penetrasi sperma dengan benar (Magata *et al.*, 2019). Umur 7 tahun menjadi titik peralihan sebelum memasuki fase tua (Naranjo *et al.*, 2019). Dampak penurunan produksi terhadap umur terlihat jelas pada sapi donor diatas umur 10-12 tahun (Magata *et al.*, 2021; Takeo *et al.*, 2013)

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Simpulan**

Simpulan dari penelitian ini adalah produksi embrio sapi donor PO umur 6 tahun dan umur 7 tahun tidak berbeda nyata secara signifikan. Sapi donor PO umur 6 tahun dan 7 tahun masih optimal dalam menghasilkan embrio baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Namun, produksi umur 6 dan umur 7 tahun tetap memiliki dampak penurunan produksi secara deskriptif akibat masa peralihan ke fase tua.

#### **5.2. Saran**

Saran dari penelitian ini adalah walaupun produksi embrio sapi donor PO pada umur 6 tahun dan umur 7 tahun tidak berbeda nyata secara signifikan, pemakaian sapi donor PO umur 6 tahun lebih baik karena memiliki kualitas embrio transfer yang dihasilkan lebih baik secara deskriptif. Produksi pada umur 7 tahun dapat ditingkatkan dengan perbaikan manajemen protokol hormonal superovulasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhitia, F., A. Qisthon, A. Husni dan M. Hartono. 2022. Respons fisiologis dan daya tahan sapi Peranakan Ongole dan sapi Brahman Cross terhadap cekaman panas di KPT Maju Sejahtera Tanjung Sari Lampung Selatan. Riset dan Inovasi Peternakan. 6 (3): 300-304.
- Afriani, T., E. Purwati, J. Hellyward, M. Mundana, A. Rastosari dan A. Farhana. 2021. Pesisir cattle superovulation with various dosage of follicle stimulating hormone (FSH) on embryo production. Earth and Environmental Science. 888: 012034.
- Alvarez, R. H., K. M. Duarte, J. B. Carvalho, C. C. Rocha, G. A. A. Junior, E. Trevisol, A. J. F. Melo dan G. Pugliesi. 2023. Ovarian morphology and follicular dynamics associated with ovarian aging in *Bos indicus* beef cows. Animal Reproduction Science. 254: 107279.
- Atkins, J. A., M. F. Smith, M. D. MacNeil, E. M. Jinks, F. M. Abreu, L. J. Alexander dan T. W. Geary. 2013. Pregnancy establishment and maintenance in cattle. Animal Science. 91 (2): 722-733.
- Ba-Awadh, H. A., A. N. Alowaimier, I. O. Olarinre, I. M. Saadeldin dan A. A. Swelum. 2024. Alteration in kisspeptin and reproductive hormones during different superovulation protocols in dromedary camel. Theriogenology. 226: 181-193.
- Baruselli, P. S., M. F. D. Sá Filho, R. M. Ferreira, J. N. S. Sales, L. U. Gimenes, L. M. Vieira dan G. A. Bó. 2012. Manipulation of follicle development to ensure optimal oocyte quality and conception rates in cattle. Reproduction in Domestic Animals. 47 (4): 134-141.
- Bizimana, F., F. Shumbusho, H. C. D'Andre, R. Bâge dan M. Ntawubizi. 2025. Superovulatory response and embryo yield in pure Friesian, Inyambo, and crossbreed cows under field conditions in Rwanda. Agro-Science. 23 (1): 71-76.
- Braga, B. S. D. S., M. L. C. E. Souza-Ferreira, V. Oliveira-Bahia, M. A. Ferreira, J. R. F. Marques dan D. Guimarães. 2025. Growth period of *Kinosternon scorpioides* changes the ovary morphology by follicular differentiation and structural reorganization. Scientific Reports. 15: 34854.
- Butkiewicz, A., A. Amaral, M. Cerveira-Pinto dan P. Kordowitzki. 2024. Assessing the influence of maternal age in bovine embryos and oocytes: a model for human reproductive aging. Aging and Disease. 16 (2): 757-768.

- Cabrera, C., M. Lane dan T. Farver. 2013. Factors affecting superovulation response in cattle: a retrospective study. *Reproduction, Fertility and Development*. 26 (1): 219.
- Comizzoli, P. 2019. Superficial and profound considerations about sperm quality. *Assisted Reproduction and Genetics*. 36 (7): 1361-1362.
- Cushman, R. A., M. F. Allan, L. A. Kuehn, W. M. Snelling, A. S. Cupp dan H. C. Freetly. 2009. Evaluation of antral follicle count and ovarian morphology in crossbred beef cows: investigation of influence of stage of the estrous cycle, age, and birth weight. *Animal Science*. 87 (6): 1971-1980.
- Dadarwal, D., L. Pfeifer, M. Cervantes, G. P. Adams dan J. Singh. 2024. Effect of maternal age on ATP content and distribution of mitochondria in bovine oocytes. *PLoS One*. 19 (4): e0302444.
- Dalton, J. C., S. Nadir, J. H. Bame, M. Noftsinger dan R. G. Saacke. 2000. The effect of time of artificial insemination on fertilization status and embryo quality in superovulated cows. *Animal Science*. 78 (8): 2081-2085.
- 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. *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. *Agripet*. 21 (2): 178-186.
- Dwiyoga, I. J., A. Atabany, I. Komala dan A. Rosmayanti. 2025. Intramuscular injection of follicle stimulating hormone on the superovulation response in Friesian Holstein and Ongole grade cattle. *Ilmiah Peternakan Terpadu*. 13 (2): 412-429.
- Farin, P. W., K. M. Dowdall, J. E. Hicks, C. E. Farin dan C. S. Whisnant. 2008. Subcutaneous administration of follicle stimulating hormone for superovulation of Holstein cows. *Reproduction, Fertility and Development*. 21 (1): 243-244.
- Feng, Y., P. Cui, X. Lu, B. Hsueh, M. F. Billig, L. Z. Yanez, R. Tomer, D. Boerboom, P. Carmeliet, K. Deisseroth dan A. Hsueh. 2017. Clarity reveals dynamics of ovarian follicular architecture and vasculature in three-dimensions. *Scientific Reports*. 7: 44810
- Fiorentino, G., D. Cimadomo, F. Innocenti, D. Soscia, A. Vaiarelli, F. M. Ubaldi, G. Gennarelli, S. Garagna, L. Rienzi dan M. Zuccotti. 2023. Biomechanical forces and signals operating in the ovary during folliculogenesis and their

- dysregulation: implications for fertility. *Human Reproduction Update*. 29 (1): 1-23.
- Flesch, F. dan B. Gadella. 2000. Dynamics of the mammalian sperm plasma membrane in the process of fertilization. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1469 (3): 197-235.
- Fufa, N., D. Abera dan T. Kabeta. 2016. Review on bovine embryo transfer. *European Journal of Biological Science*. 8 (3): 79-84.
- Gaina, C. D., M. U. Sanam, N. D. Foeh, T. C. Tophianong, W. M. M. Nalley dan I. Benu. 2021. Status fisiologis sapi Sumba Ongole (*Bos indicus*) di kawasan pembibitan sapi Pulau Sumba. *Kajian Veteriner*. 9 (2): 84-90.
- Galina, C. dan A. Orihuela. 2007. The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: what we know and what we need to know. *Hormones and Behavior*. 52 (1): 32-38.
- Gawai, M., B. Kumar, S. Mehrotra, P. Chandra, K. Kohli, M. Donadkar, V. Yadav, B. K. Yadav, C. Warghat, N. Kharayat, D. Yadav, S. Singhal, V. S. Chouhan, S. K. Singh dan M. H. Khan. 2024. Impact of antral follicle count on follicular–luteal characteristics, superovulatory response, and embryo quality in Sahiwal cows. *Frontiers in Veterinary Science*. 11: 1494065.
- Genzebu, D. 2015. A review of embryo transfer technology in cattle. *Global Journal of Animal Scientific Research*. 3 (2): 562-575.
- Govur, W. A. 2015. Pengaruh umur terhadap bobot dan diameter ovarium serta kualitas oosit pada domba lokal. *Students e-Journal*. 4 (4): 1-13.
- Mayulu, H. 2023. Sapi Potong dan Manajemen Usaha. PT RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Handarini, R. dan D. Zamanti. 2018. Efektivitas penyuntikan FSH secara subkutan dan intramuskular terhadap respon superovulasi sapi Simmental. *Peternakan Nusantara*. 4 (1): 41-50.
- Hartati, H., Y. T. Utsunomiya, T. S. Sonstegard, J. F. Garcia, J. Jakaria dan M. Muladno. 2015. Evidence of *Bos javanicus* × *Bos indicus* hybridization and major QTLs for birth weight in Indonesian Peranakan Ongole cattle. *BMC Genetics*. 16 (75): 1-9.
- Hoesni, F. 2017. Pengaruh keberhasilan inseminasi buatan (IB) antara sapi Bali dara dengan sapi Bali yang pernah beranak di Kecamatan Pemayung Kabupaten Batanghari. *Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 15 (4): 20-27.

- Hunter, D. C., J. M. Pemberton, J. G. Pilkington dan M. B. Morrissey. 2019. Pedigree-based estimation of reproductive value. *Heredity*. 110 (4): 433-444.
- Imron, M. 2016. Respons superovulasi sapi Peranakan Ongole terhadap penyuntikan tunggal follicle stimulating hormone ke dalam ruang epidural. *Veteriner*. 17 (1): 78:87.
- International Embryo Transfer Society. 2010. A procedural guide and general information for the use of embryo transfer technology emphasizing sanitary procedures. Dalam : D. A. Stringfellow dan M. D. Givens (Editor). *Manual of the International Embryo Transfer Society*. International Embryo Transfer Society, Champaign.
- Ireland, J. J., F. Ward, F. Jimenez-Krassel, J. L. H. Ireland, G. W. Smith, P. Lonergan dan A. C. Evans. 2007. Follicle numbers are highly repeatable within individual animals but are inversely correlated with FSH concentrations and the proportion of good-quality embryos after ovarian stimulation in cattle. *Human Reproduction*. 22(6) : 1687-1695.
- Irianto, A., Muladno dan A. Gunawan. 2021. Evaluasi program pemuliaan berdasarkan parameter genetik dan fenotipik pada sapi Peranakan Ongole. *Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 9(3) : 144–150.
- Irma, I., S. D. Rasad, N. Hilmia dan C. Sumantri. 2023. Embryo production and development from superovulated donors in double-muscled cattle and their crosses. 28 (3): 187-196.
- Isogai, T. 1992. Effects of season, age at calving, time after calving and interval of treatment on the embryo production in superovulated Holstein donors. *Reproduction and Development*. 38 (5): 1-8.
- Iswati, I., M. H. Natsir, G. Ciptadi dan T. Susilawati. 2021. Pengaruh NaCl fisiologis dan ringer laktat terhadap kualitas spermatozoa pada suhu ruang dan fertilitas telur ayam buras. *Peternakan Indonesia*. 23 (1): 33-42.
- Jiang, Y., Y. He, X. Pan, P. Wang, X. Yuan dan B. Ma. 2023. Advances in oocyte maturation in vivo and in vitro in mammals. *International Journal of Molecular Sciences*. 24 (10): 9059.
- Jodiansyah, S., M. Imron dan C. Sumantri. 2013. Tingkat respon superovulasi dan produksi embrio *in vivo* dengan sinkronisasi CIDR. *Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 1 (3): 184-190.
- Kardaya, D. 2016. Pemberian pakan konsentrat dengan kadar protein yang berbeda terhadap respon superovulasi sapi Simmental. *Peternakan Nusantara*. 2 (1): 17-26.

- Karl, K. R., F. Jimenez-Krassel, E. Gibbings, J. L. Ireland, Z. L. Clark, R. J. Tempelman dan J. J. Ireland. 2021. Negative impact of high doses of follicle-stimulating hormone during superovulation on the ovulatory follicle function in small ovarian reserve dairy heifers. *Biology of Reproduction*. 104 (3): 695-705.
- Karl, K., F. Jimenez-Krassel, E. Gibbings, K. E. Latham dan J. J. Ireland. 2019. The effect of different doses of follicle-stimulating hormone during superovulation on ovarian function in dairy cattle. *Reproduction, Fertility and Development*. 31 (1): 224-225.
- Koca, D., A. Aktar, A. O. Turgut, H. Sagirkaya dan S. Alcay. 2024. Elecsys® AMH assay: determination of anti-Müllerian hormone levels and evaluation of the relationship between superovulation response in Holstein dairy cows. *Veterinary Medicine and Science*. 10 (4): e1509.
- Köse, A. M., S. U. Çizmeci dan D. A. Dinç. 2022. Embryo transfer in Fleckvieh Simmental cows: a preliminary study. *International Journal of Veterinary Science*. 11 (2): 196-200.
- Kubo, H., C. J. McCauley, M. B. Zelinski dan M. M. Laronda. 2025. Establishing the baseline: understanding follicle activation morphometrics in multiple mammalian species. *Biology of Reproduction*. 112 (6): 1123-1133.
- Kurniawati, D., A. Dakhlan, K. Adhianto, T. Rafian, L. K. Widiastuti, R. Angriani, dan N. Maharani. 2024. Sosialisasi penentuan body condition score (BCS) dan teknik penilaiannya untuk meningkatkan produktivitas induk sapi potong di KPT Maju Sejahtera. *Pengabdian kepada Masyarakat*. 1 (1): 52-61.
- Lee, S. Y., S. E. Heo dan W. J. Lee. 2023. A case report of embryo transfer with air-transported fresh bovine embryo produced by multiple ovulation in Hanwoo. *Animal Reproduction and Biotechnology*. 38 (2): 84-88.
- Lerner, S. P., W. V. Thayne, P. J. Baker, T. Henschen, D. Meredith, E. K. Inskip, R. A. Dailey, P. E. Lewis dan R. H. Butcher. 1986. Age, dose of FSH and other factors affecting superovulation in Holstein cows. *Animal Science*. 63 (1): 176-183.
- Liamanu, S., L. R. Ngangi, S. H. Turangan dan J. H. Manopo. 2018. Respon ovarium sapi Limousin dan Simmental terhadap induksi follicle stimulating hormone. *Zootec*. 38 (2): 396-406.
- Litscher, E. dan P. M. Wassarman. 2025. The mammalian egg's zona pellucida, fertilization, and fertility. *Current Topics in Developmental Biology*. 162: 207-258.

- López-Gatius, F. 2022. Revisiting the timing of insemination at spontaneous estrus in dairy cattle. *Animals*. 12 (24): 3565.
- Lubis, A. F., A. S. Satyaningtjas, O. P. Lubis, W. Kurniati dan A. Boediono. 2021. Superovulation response of Peranakan Ongole (PO) and Simmental cows after FSH stimulation in multiple ovulation and embryo transfer program. *Earth and Environmental Science*. 902: 012044.
- Madoz, L. V., S. N. Lorenti, R. Rearte, L. Quintero-Rodriguez, A. L. Migliorisi, M. Jaureguiberry dan R. L. de la Sota. 2022. Detection of nonpregnant cows and potential embryo losses by color Doppler ultrasound and interferon-stimulated gene expression in grazing dairy cows. *Dairy Science*. 105 (8): 6973-6984.
- Magata, F., A. Ideta, F. Matsuda, M. Urakawa dan Y. Oono. 2021. Glutathione ethyl ester improved the age-induced decline in the developmental competence of bovine oocytes. *Theriogenology*. 167: 37-43.
- Magata, F., K. Tsuchiya, H. Okubo dan A. Ideta. 2019. Application of intracytoplasmic sperm injection to the embryo production in aged cows. *Veterinary Medical Science*. 81 (1): 84-90.
- Mahmood, K., M. Z. Tahir, M. A. Butt, S. M. Qureshi dan A. Riaz. 2021. GnRH or estradiol benzoate combination with CIDR improves in-vivo embryo production in bovines (*Bos indicus* and *Bos taurus*) under subtropics. *PeerJ*. 9: 1-18.
- Malhi, P. S., G. P. Adams, R. J. Mapletoft dan J. Singh. 2008. Superovulatory response in a bovine model of reproductive aging. *Animal Reproduction Science*. 109 (1-4): 100-109.
- Mapletoft, R. J. dan G. A. Bó. 2011. The evolution of improved and simplified superovulation protocols in cattle. *Reproduction, Fertility and Development*. 24 (1): 278-283.
- Mapletoft, R. J., G. A. Bó dan P. S. Baruselli. 2018. Control of ovarian function for assisted reproductive technologies in cattle. *Animal Reproduction*. 6 (1): 114-124.
- Mapletoft, R. J., K. B. Steward dan G. P. Adams. 2002. Recent advances in the superovulation in cattle. *Reproduction Nutrition Development*. 42 (6): 601-611.
- Mebratu, B., H. Fesseha dan E. Goa. 2020. Embryo transfer in cattle production and its principle and applications. *International Journal of Pharmacy and Biomedical Research*. 7 (1): 40-54.

- Melia, J., D. Lefiana dan T. N. Siregar. 2013. Proses regresi corpus luteum sapi Aceh yang disinkronisasi estrus menggunakan prostaglandin F2 alfa (PGF2 $\alpha$ ). *Medika Veterinaria*. 7 (1): 57-60.
- Mikkola, M., J. F. Hasler dan J. Taponen. 2019. Factors affecting embryo production in superovulated *Bos taurus* cattle. *Reproduction, Fertility and Development*. 32 (2): 104-124.
- Monteiro Jr, P. L. J., A. M. Batista, F. C. Almeida, A. E. S. Figueirêdo, P. C. Soares, G. F. Carneiro dan M. M. P. Guerra. 2018. Fertilization rate and embryo production of superovulated dairy cows after insemination with non-sorted and sex-sorted semen. *Animal Reproduction*. 13 (2): 112-116.
- Murphy, B. D., N. Y. Gévry, T. Ruiz-Cortés, F. Côté, B. Downey dan J. Sirois. 2020. Formation and early development of the corpus luteum in pigs. *Reproduction Supplement*. 58: 47-63.
- Naranjo-Chacón, F., F. Montiel-Palacios, R. Canseco-Sedano dan C. Ahuja-Aguirre. 2019. Embryo production in middle-aged and mature *Bos taurus*  $\times$  *Bos indicus* cows induced to multiple ovulation in a tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*. 51 (8): 2641-2644.
- Newcomb, R. 1980. Investigation of factors affecting superovulation and non-surgical embryo recovery from lactating British Friesian cows. *The Veterinary Record*. 106 (3): 48-52.
- 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.
- Nishimura, A. dan T. Nakahari. 2009. CBF changes in relation to the phase of ovarian cycle in guinea pig Fallopian tube: effects of estrogen and progesterone. *The FASEB*. 23: 807-814.
- O'Callaghan, E., J. M. Sánchez, M. McDonald, A. K. Kelly, M. Hamdi, C. Maicas dan P. Lonergan. 2021. Sire contribution to fertilization failure and early embryo survival in cattle. *Dairy Science*. 104 (6): 7262-7271.
- Phillips, P. E. dan M. M. Jahnke. 2016. Embryo transfer (techniques, donors, and recipients). *Food Animal Practice*. 32 (2): 365-385.
- Priyanto, D. 2011. Strategi pengembangan usaha ternak sapi potong dalam mendukung program swasembada daging sapi dan kerbau tahun 2014. *Litbang Pertanian*. 30 (3): 108-116.

- Priyanto, D. 2016. Strategi pengembalian wilayah Nusa Tenggara Timur sebagai sumber ternak sapi potong. *Litbang Pertanian*. 35 (4): 167-178.
- Putri, R. F., C. D. Nugraha, A. Furqon, W. A. Septian dan S. Suyadi. 2021. Identifikasi keragaman genetik gen inhibin subunit alpha (INHA) dan inhibin subunit beta A (INHBA) pada sapi Peranakan Ongole (PO). *Tropical Animal Production*. 22 (1): 69-76.
- Rahmatillah, R. S., D. Rahmat dan D. Dudi. 2024. Genetic quality improvement of beef cattle in Indonesia: overview and prospects. *Ilmiah Peternakan Terpadu*. 12 (3): 258-271.
- Ribeiro, A. M. F., L. P. Sanglard, W. M. Snelling, R. M. Thallman, L. A. Kuehn dan M. L. Spangler. 2022. Genetic parameters, heterosis, and breed effects for body condition score and mature cow weight in beef cattle. *Animal Science*. 100 (2): 1-7.
- Utrera, Á. R., E. V. A. Manjarrez, J. P. Z. Martínez, R. Calderon dan V. E. Vega-Murillo. 2019. Análisis reproductivo de vacas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú en condiciones tropicales. *Revista MVZ Córdoba*. 25 (1): 16-23.
- Rumtily, F., G. Joseph dan A. Tulalesy. 2025. Sistem pemeliharaan dan struktur populasi sapi Bali di Desa Suli, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah. *Sains dan Teknologi Marsegu*. 1 (10): 1041-1051.
- Rusadi, R. P. dan M. Hartono. 2015. *Service per conception* pada sapi perah laktasi di Balai Besar Pembibitan Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak (BBPTU-HPT) Baturraden Purwokerto Jawa Tengah. *Ilmiah Peternakan Terpadu*. 3 (1): 29-37.
- Rybska, M., S. Knap, M. Jankowski, M. Jeseta, D. Bukowska, P. Antosik dan J. M. Jaśkowski. 2018. Characteristic of factors influencing the proper course of folliculogenesis in mammals. *Medical Journal of Cell Biology*. 6 (1): 33-38.
- Sartori, R., R. Sartor-Bergfelt, S. A. Mertens, J. N. Guenther, J. J. Parrish dan M. C. Wiltbank. 2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *Dairy Science*. 85 (11): 2803-2812.
- Say, E., E. G. Altun, R. Karaman, İ. Yılmaz, M. A. Coşkun, U. Kara dan A. Okuroğlu. 2022. Superovulation performance and embryo recovery in South Anatolian Red cows. *Livestock Studies*. 62 (2): 86-91.

- Schmidt, J. 2010. Thriving, surviving, and nose-diving in beef recipient management. Proceedings of America Embryo Transfer Association. Champaign, IL. 35-42.
- Setiadi, M. A., I. Supriatna dan A. Boediono. 2007. Koleksi sel telur dengan teknik laparoskopi untuk produksi embrio dan transfer embrio pada domba. Ilmu Pertanian Indonesia. 12 (2): 116-122.
- Setiawan, A., E. Dihansih dan D. Zamanti. 2017. Penggunaan preparat progesteron dan hormon GnRH dalam penentuan estrus pada program superovulasi sapi Limousin. Pertanian. 8 (1): 7-15.
- Silva, J. C. C., R. H. Alvarez, C. A. Zanenga dan G. T. Pereira. 2018. Factors affecting embryo production in superovulated Nelore cattle<sup>1</sup>. Animal Reproduction. 6(3) : 440-445.
- Silva, M. O., M. S. Borges, L. G. Fernandes, N. N. Rodrigues, Y. F. Watanabe, D. C. Joaquim, C. S. Oliveira, V. L. S. Feuchard, J. N. S. G. D. Cyrillo, M. E. Z. Mercadante dan F. M. Monteiro. 2022. Effect of Nellore (*Bos indicus*) donor age on in vitro embryo production and pregnancy rate. Reproduction in Domestic Animals. 57 (9): 980-988.
- Smith, M. F., E. W. McIntush dan G. Smith. 1994. Mechanisms associated with corpus luteum development. Animal Science. 72 (7): 1857-1872.
- Sodiq, A. dan P. Yuwono. 2016. Pola pengembangan dan produktivitas sapi potong program kemitraan bina lingkungan di Kabupaten Banyumas dan Cilacap Provinsi Jawa Tengah. Agripet. 16 (1): 56-61.
- Stroud, B. 2012. Statistics and data retrieval committee report: the year 2011 worldwide statistics of embryo transfer in domestic farm animals. Embryo Transfer Newsletter. 30: 16-26.
- Subchan, F. A. dan R. Handarini. 2016. Perbedaan waktu penyuntikan hormon FSH terhadap respon superovulasi sapi Angus. Peternakan Nusantara. 2 (1): 35-44.
- Supriatna, I. 2018. Transfer Embrio pada Ternak Sapi. Seameo Biotrop, Bogor.
- Sutarno, S. dan A. D. Setyawan. 2015. Genetic diversity of local and exotic cattle and their crossbreeding impact on the quality of Indonesian cattle. Biodiversitas. 16 (2): 327-354.
- Sutiyono, S. 2022. Pembentukan dan Pemanfaatan Sapi Betina Fertil dan Subur. UNDIP Press, Semarang.

- Suzuki, R., M. Okada, H. Nagai, J. Kobayashi dan S. Sugimura. 2021. Morphokinetic analysis of pronuclei using time-lapse cinematography in bovine zygotes. *Theriogenology*. 166: 55-63.
- Takeo, S., K. Kawahara-Miki, H. Goto, H. Cao, K. Kimura, K. Monji, T. Kuwayama dan H. Iwata. 2013. Age-associated changes in gene expression and developmental competence of bovine oocytes, and a possible countermeasure against age-associated events. *Molecular Reproduction and Development*. 80: 508-521.
- Talukder, A. K., M. S. Yousef, M. B. Rashid, K. Kusama, T. Shimizu, M. Shimada dan A. Miyamoto. 2020. Roadmap to pregnancy in the first 7 days post-insemination in the cow: immune crosstalk in the corpus luteum, oviduct, and uterus. *Theriogenology*. 150: 327-336.
- Tamassia, M., Y. Heyman, Y. Lavergne, C. Richard, V. Gelin, J. P. Renard dan S. Chastant-Maillard. 2003. Evidence of oocyte donor cow effect over oocyte production and embryo development in vitro. *Reproduction*. 126 (5): 629-637.
- Tanmaela, P. B., J. H. Manopo, M. T. R. Lapihan dan U. Paputungan. 2019. Respon ovarium sapi Peranakan Ongole dan sapi Limousin terhadap induksi follicle stimulating hormone. *Zootec*. 39 (2): 213-222.
- Tosti, E. dan Y. Ménézo. 2016. Gamete activation: basic knowledge and clinical applications. *Human Reproduction Update*. 22: 420-439.
- Trisunuwati, P. 2016. The role of leaf water clover (*Marsilia crenata*) squeeze towards estrogen blood level and uterine histology in rats (*Rattus norvegicus*). *Tropical Animal Production*. 17 (2): 1-7.
- Usmany, W. 2021. Analisis pendapatan usaha ternak sapi potong di Kecamatan Letti Kabupaten Maluku Barat Daya. *Agrinimal Ilmu Ternak dan Tanaman*. 9 (1): 44-50.
- Widyarini, F. D., J. Arifin dan P. Edianingsih. 2025. Karakteristik kualitatif pola warna tubuh pada sapi hasil persilangan Peranakan Ongole dan Belgian Blue di Jawa Barat. *Produksi Ternak Terapan*. 6 (1): 35-43.
- Widyastuti, R., M. R. A. A. Syamsunarno, A. Yusuf, M. R. Ridlo dan S. Prastowo. 2018. Pengaruh keberadaan *corpus luteum* terhadap kualitas dan tingkat maturasi oosit domba lokal umur pubertas awal secara *in vitro*. *Agripet*. 18 (2): 83-89.
- Wiley, C. E. 2017. Methods to Enhance Embryo Quality and Recovery Rates in Superovulated Beef Cows. Iowa State University, Iowa. (Disertasi).

- Williams. 2002. Hormonal control of folliculogenesis. William and Wilkins, Baltimore.
- Yamamoto, T., H. Iwata, H. Goto, S. Shiratuki, H. Tanaka, Y. Monji dan T. Kuwayama. 2010. Effect of maternal age on the developmental competence and progression of nuclear maturation in bovine oocytes. *Molecular Reproduction and Development*. 77 (7): 595-604.
- Yamin, M., K. Khairuddin, P. Artayasa, K. Sahidu dan D. Darmansyah. 2021. Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan teknis beternak kambing di Desa Gunungsari Kabupaten Lombok Barat. *Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 4 (3): 302-310.
- Yasri, R., R. Handarini dan M. Imron. 2017. The quality of embryos resulted from in vitro fertilization by using frozen semen thawed in different temperatures. *Peternakan Nusantara*. 3 (1): 23-30.
- Youngs, C. 2007. Embryo transfer in beef cattle. *Proceedings of Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*.
- Yusnaweti, M. P. 2013. Model penyebaran teknologi embrio transfer sapi potong lintas wilayah kabupaten provinsi Sumbar. *Menara Ilmu*. 2 (35): 46-53.
- Zangirolamo, A. F., F. Morotti, N. C. da Silva, T. K. Sanches dan M. M. Seneda. 2018. Ovarian antral follicle populations and embryo production in cattle. *Animal Reproduction*. 15 (3): 310-315.