



MaduRanch: Jurnal Ilmu Peternakan dan Ilmu Agribisnis

DOI: 10.53712/maduranch.v11i1.3011

Pengaruh Lama Inkubasi Sexing Spermatozoa X Dan Y Dengan Metode Albumin Putih Telur Terhadap Kualitas Spermatozoa Kambing Boer

The Effect of Incubation Duration of X and Y Spermatozoa Sexing Using the Egg White Sedimentation Method on the Quality of Boer Goat Spermatozoa

Baiq Pralika Trisna Kistarini¹, Enny Yuliani², Musanip³, Lalu Ahmad Zaenuri⁴, I Wayan Lanus Sumadisa⁵, Lukman HY⁶, Aminurrahman^{7*}

¹ Mahasiswa Program Studi S1 Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Mataram, Mataram, 83125, Indonesia

^{2,3,4,5,6,7} Dosen Program Studi S1 Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Mataram, Mataram, 83125, Indonesia

*) email co-author: aminurrahman@staff.unram.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama inkubasi pada sexing spermatozoa terhadap kualitas spermatozoa kambing Boer. Proses sexing menggunakan metode albumen putih telur. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan lima kali ulangan yakni P1: Lama inkubasi 30 menit, P2: Lama inkubasi 40 menit dan P3: Lama inkubasi 50 menit. Parameter yang diamati yaitu motilitas, viabilitas, abnormalitas dan rasio spermatozoa X dan Y. Hasil penelitian menunjukkan bahwa motilitas tertinggi terdapat pada lapisan atas dan lapisan bawah terdapat pada perlakuan P1 dan P2 (81.80±3.11% dan 79.20±1.78%) dan motilitas terendah pada perlakuan P3 (75.60±6.26% dan 73.00±9.08%). Selain itu, persentase viabilitas spermatozoa tertinggi pada lapisan atas pada perlakuan P1 dan lapisan bawah pada P2 (83.20±3.27% dan 81.00±0.70%). Sedangkan abnormalitas terendah terdapat pada lapisan atas dan lapisan bawah terdapat pada perlakuan P1 (3.00±0.70% dan 2.20±0.83%). Proporsi spermatozoa X dan Y tertinggi terdapat pada perlakuan P1, yakni 54.80±11.40% spermatozoa X dan 46.20±11.40% spermatozoa Y pada lapisan atas dan 41.00±13.41% spermatozoa X dan 59.00±13.41% spermatozoa Y pada lapisan bawah. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi lama inkubasi 30–50 menit belum menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kualitas spermatozoa kambing Boer, namun inkubasi 30 menit cenderung menghasilkan proporsi pemisahan spermatozoa X dan Y yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Kata Kunci: Sexing Spermatozoa, lama inkubasi, kualitas semen, kambing boer, albumin putih telur

Abstract

This study aimed to determine the effect of incubation time during sperm sexing on the quality of Boer goat spermatozoa. The sexing process was conducted using the egg white albumen method. A completely randomized design (CRD) was applied with three treatments and five replications: P1 (30 minutes incubation), P2 (40 minutes incubation), and P3 (50 minutes incubation). The observed parameters included motility, viability, abnormality, and the ratio of X and Y spermatozoa. The results showed that the highest motility was found in both upper and lower layers at treatments P1 and P2 (81.80±3.11% and 79.20±1.78%, respectively), while the lowest motility was observed at P3 (75.60±6.26% and 73.00±9.08%). Furthermore, the highest sperm viability was recorded in the upper layer at P1 and the lower layer at P2 (83.20±3.27% and 81.00±0.70%, respectively). The lowest abnormality rates were found in both layers at P1 (3.00±0.70% and 2.20±0.83%). The highest proportions of X and Y spermatozoa were observed at P1, with 54.80±11.40% X sperm and 46.20±11.40% Y sperm in the upper layer, and

41.00±13.41% X sperm and 59.00±13.41% Y sperm in the lower layer. Based on the results of the study, it can be concluded that variations in incubation time ranging from 30 to 50 minutes did not show a significant effect on the quality of Boer goat spermatozoa; however, a 30-minute incubation tended to produce a better separation proportion of X and Y spermatozoa compared to the other treatments.

Keywords: Sperm sexing, incubation time, semen quality, Boer goat, egg white albumin

PENDAHULUAN

Kambing Boer merupakan salah satu ras kambing pedaging unggul yang berasal dari Afrika Selatan. Para peternak di negara asalnya mengembangkan kambing ini secara selektif untuk meningkatkan pertumbuhan badan, efisiensi pakan, dan kualitas daging (Brand et al., 2024). Kambing ini memiliki ciri-ciri morfologis khas seperti tubuh besar, dada lebar, dan bulu putih dengan kepala cokelat. Dari analisis komponen utama menunjukkan bahwa penanda bentuk tubuh dipengaruhi oleh faktor genetik, sedangkan penanda ukuran tubuh dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Aminurrahman et al., 2021). Peternak memelihara kambing Boer karena laju pertumbuhan bobot badannya sangat cepat, yaitu mencapai 200–300 gram per hari dalam kondisi pemeliharaan intensif (Mathapo & Tyasi, 2021). Hal yang mempengaruhi kondisi tubuh kambing yaitu penyakit cacing, manajemen pakan dan pemeliharaan (Aminurrahman, et al., 2025). Selain itu juga didukung iklim di daerah yang cenderung kering dengan curah hujan yang tidak terlalu tinggi, sehingga sesuai untuk pemeliharaan (Wandira et al., 2025).

Pada saat ini telah banyak bioteknologi reproduksi yang telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi reproduksi ternak. Salah satu bioteknologi yang digunakan pada bidang reproduksi ternak yaitu Inseminasi buatan (IB) adalah pemasukan atau penyampaian semen ke dalam saluran kelamin betina dengan menggunakan alat-alat buatan manusia, bukan secara alami (Rahmah et al., 2018). Keberhasilan program IB dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain, ternak betina, ternak jantan, dan keterampilan inseminator. Keterampilan inseminator, ketepatan waktu IB, deteksi birahi, handling semen dan kualitas semen (Fania et al., 2020). Kualitas spermatozoa sesudah penampungan akan mengalami penurunan apabila tidak segera digunakan.

Spermatozoa mamalia terdiri dari dua jenis, yaitu yang membawa kromosom X dan yang membawa kromosom Y. Spermatozoa X menghasilkan keturunan betina (XX), sedangkan spermatozoa Y menghasilkan keturunan jantan (XY). Perbedaan utama antara keduanya terletak pada kandungan DNA dan berat jenisnya, di mana spermatozoa X mengandung lebih banyak materi genetik sehingga lebih berat dibandingkan spermatozoa Y. Perbedaan ini dimanfaatkan dalam teknik pemisahan spermatozoa, salah satunya melalui sentrifugasi gradien densitas Percoll (Juniandri & Isnaini, 2014). Berbagai metode sexing spermatozoa telah diterapkan pada hewan ternak, salah satunya adalah *Egg White Sedimentation* (EWS) atau sedimentasi putih telur. Metode ini memanfaatkan perbedaan motilitas antara spermatozoa X dan Y yang disebabkan oleh perbedaan massa dan ukuran; spermatozoa Y yang lebih kecil dan ringan bergerak lebih cepat serta memiliki kemampuan penetrasi lebih baik dalam larutan seperti albumen telur (putih telur) (Akhdiat, 2012). Metode ini mudah diterapkan di lapangan karena bahan putih telur mudah diperoleh dan biayanya terjangkau.

Selain medium, durasi inkubasi selama proses sexing juga memengaruhi hasil pemisahan spermatozoa (Anwar et al., 2019). Penelitian menunjukkan bahwa inkubasi singkat menghasilkan proporsi spermatozoa X dan Y yang lebih sedikit, namun energi yang digunakan spermatozoa untuk berpisah lebih rendah sehingga kualitas spermatozoa tetap terjaga. Sebaliknya, inkubasi yang terlalu lama menyebabkan spermatozoa X dan Y bercampur kembali, serta penggunaan energi yang berlebihan dapat merusak sel spermatozoa dan menurunkan kualitasnya. Inkubasi merupakan tahap penting dalam metode sexing menggunakan putih telur. Jika waktu inkubasi berlebihan, spermatozoa pada lapisan medium dengan konsentrasi berbeda dapat bercampur kembali dan sel spermatozoa mengalami kerusakan, sehingga kualitas semen menurun. Oleh karena itu, memilih durasi inkubasi yang tepat sangat penting untuk mendapatkan spermatozoa hasil sexing dengan kualitas optimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai pemisahan spermatozoa X dan Y dengan metode sedimentasi putih telur pada kambing Boer perlu dilakukan.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2025. Penampungan spermatozoa kambing Boer yang berumur ± 2 tahun dilakukan di Desa Batu Ringgit, Kecamatan Sekarbela, Kota Mataram. Pengujian kualitas spermatozoa dilakukan di Laboratorium Pemuliaan dan Reproduksi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Mataram.

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan eksperimental laboratorium dengan rancangan acak lengkap (RAL) menggunakan 3 (tiga) perlakuan dan 5 (lima) kali ulangan. Perlakuan P1 (lama inkubasi 30 menit), P2 (lama inkubasi 40 menit), P3 (lama inkubasi 50 menit). Serta 5 (lima) kali ulangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental untuk mengamati kualitas dan proporsi spermatozoa X dan Y semen sexing dan non sexing dengan menggunakan mikroskop binokuler. Pengamatan yang dilakukan untuk proporsi spermatozoa X dan Y yaitu 2000 spermatozoa masing-masing dari hasil semen sexing dan non sexing.

A. Langkah-langkah Penelitian

Penampungan Spermatozoa Dengan Menggunakan Vagina Buatan (VB) :

- a. Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan yaitu satu set vagina buatan beserta gelas penampungan serta alat dan bahan lain yang diperlukan.
- b. Mengisi vagina buatan dengan air hangat sampai penuh melalui lubang angin yang sudah dipersiapkan. Meniupkan udara melalui lubang angin sampai cukup kencang dan ditutup erat.
- c. Mengolesi vagina buatan dengan vaselin secukupnya dan diukur temperaturnya sekitar 45°C.
- d. Mempersiapkan tempat atau areal penampungan.
- e. Membawa betina pemancing atau dummy kedekat pejantan atau sebaliknya. Menggunting bulu yang terdapat pada ujung gland penis lalu membersihkan dengan aquades.
- f. Posisi penampungan dilakukan disebelah kanan pejantan, tangan kanan memegang vagina buatan dan mengarahkan sesuai arah penis.
- g. Ejakulasi akan terjadi 1 atau 2 detik setelah ujung penis memasuki vagina buatan dan berlangsung selama kurang lebih 0,3 detik yang ditandai dengan dorongan secara tiba-tiba pinggul pejantan kedepan. Setelah itu pejantan akan turun, vagina buatan juga segera ditarik. Setelah itu pejantan akan turun, vagina buatan juga akan ditarik segera dan diayunkan pelan-pelan supaya spermatozoa terkumpul pada gelas penampungan (Zaenuri et al., 2023).

B. Pembuatan Pewarna Eosin Nigrosine

Menimbang bahan dengan menggunakan timbangan analitik sebanyak 2,5 gram, sodium citrate 1,5 gram dan eosin 0,5 gram. 2) Memasukkan semua bahan dalam beaker glass yang berisi flee (magnetic stirer) kemudian tambahkan 40 ml aquades. 3) Meletakkan beaker glass di atas meja pemanas dan hidupkan meja pemanas larutan tersebut diaduk merata oleh flee, biarkan pengadukan dan pemanasan berjalan sampai 5 menit. 4) Larutan diangkat dan dibiarkan dingin untuk dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring.

Evaluasi Spermatozoa Secara Makroskopis

- Volume dapat diukur dengan cara melihat skala pada tabung penampungan semen dan mengukur warna semen dengan melihat langsung di tabung penampungan. Macam warna spermatozoa diantaranya: 1) Normal: seperti susu atau agak krem; 2) Pink: terdapat campuran darah; 3) Kecoklatan: terdapat infeksi; 4) Kehijauan: bercampur dengan feses.
- Menentukan bau pada semen dengan cara mendekatkan indra pembau pada tabung yang berisi spermatozoa. Pengukuran pH semen dilakukan dengan cara menggunakan kertas lakmus. Pemeriksaan konsistensi semen yaitu dengan cara tabung yang berisi semen dimiringkan dan dikembalikan pada posisi semula.

- Konsentrasi perhitungan konsentrasi dilakukan dengan cara semen yang belum diencerkan disedot dengan pipet erisosit sampai tanda 0,5. Kemudian sedot larutan NaCL 3% sampai tanda 1,01. Ujung erisosit ditutup dan dihomogenkan dengan membentuk angka delapan sampai 2 sampai 4 menit. Selanjutnya larutan ditetskan ke dalam hemocytometer secara hati-hati dan diendapkan selama 5 menit. Konsentrasi dihitung dengan menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 400 kali dengan cara menghitung spermatozoa pada 5/16 kotak besar dengan 1 kotak besar terdiri dari 16 kotak kecil, secara diagonal sebanyak 5 kotak yaitu pojok kanan atas, kiri atas, tengah, kanan bawah, dan kiri bawah. Jumlah spermatozoa pada ke 5 kotak tersebut dikalikan dengan, misalnya jumlah spermatozoa dalam 5 kotak adalah 150, berarti konsentrasi yang didapatkan adalah 150×10 (Nisfimawardah et al., 2025).

Evaluasi Spermatozoa Secara Mikroskopis

Evaluasi mikroskopis dilakukan setiap hari di jam yang sama setelah evaluasi makroskopis dan diberikan perlakuan, dilihat sampai hari keberapa spermatozoa tersebut layak untuk digunakan, aspek yang diamati yaitu: motilitas, viabilitas dan abnormalitas.

1. Motilitas

Motilitas masa, setetes spermatozoa diletakan di objek gelas, kemudian diperiksa dibawah mikroskop dengan pembesaran 10×10 dan diamati gerakan spermatozoanya. Gerakan massa akan terlihat seperti gerakan gelombang awan hitam yang bergerak. Skornya sebagai berikut:

- Bergerak cepat dan gelombang tebal hampir 100%. Skornya = +++ (+3)
- Bergerak cukup gesit dan gelombang sedang 70% - 90%. Skornya = ++ (+2)
- Bergerak lambat dan gelombang agak tipis <70% skornya = + (+1)
- Sangat sedikit atau tidak ada spermatozoa yang bergerak. Skornya = - 0/N/A

Motilitas individu, setetes spermatozoa diletakan di objek gelas dan ditutup dengan cover glass, kemudian diperiksa dibawah mikroskop dengan pembesaran 10×40 atau 400 kali. Gerakan ditaksir secara subjektif dan dinyatakan dalam persen (60%, 70% dan seterusnya). Macam gerakan spermatozoa ada 4 yaitu:

1. Maju (Progresif) : P
2. Mundur (Reserve) : R
3. Bergetar (Vibratory) : V
4. Berputar (Circular) : C

2. Viabilitas

1. Meletakkan Setetes spermatozoa diletakan pada 1/3 ujung gelas objek, kemudian ditambahkan setes zat warna eosin dan dihomogenkan;
2. Membuat preparat apus dengan sisi gelas objek lain membentuk sudut 30 derajat didorong ke depan hingga membentuk preparat tipis;
3. Preparat di keringkan dengan api bunsen, kemudian diperiksa dibawah mikroskop dengan pembesaran 10×40 kali;
4. Mengamati dan mencatat jumlah spermatozoa yang hidup (tidak berwarna) dan yang mati (menyerap warna) minimal 200 spermatozoa kemudian menghitung presentase spermatozoa yang hidup dan mati.

Rumus menghitung viabilitas :

$$\text{viabilitas} = \frac{\text{Jumlah sperma hidup}}{\text{Total spermatozoa yang diamati}} \times 100\%$$

3. Abnormalitas

1. Membuat preparat apus pada gelas objek sama seperti pemeriksaan viabilitas;
2. Memeriksa spermatozoa yang memiliki struktur/morfologi abnormal seperti kepala putus dari badan, ekor terputus, ekor patah/kusut, kepala besar/kecil, kepala pipih, kepala/ekor ganda, dan bentuk tidak normal lainnya;
3. Pemeriksaan abnormalitas primer, umumnya terjadi pada kepala spermatozoa dan terjadi saat proses spermatogonogenesis;
4. Pemeriksaan abnormalitas sekunder, terjadi pada bagian ekor dan terjadi setelah spermatozoa meninggalkan testis.

Rumus menghitung abnormalitas:

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

4. Konsentrasi spermatozoa

Teknik penghitungan spermatozoa adalah konsentrasi spermatozoa dihitung menggunakan haemositometer dengan cara kerja sebagai berikut: Semen dihisap dengan pipet eritrosit sampai angka 0,5 kemudian NaCl 3% dihisap sampai angka 1,01. Pipet eritrosit digoyang-goyang selama 2-3 menit, semen dibuang 2-3 tetes. Kemudian digoyang-goyang lagi selama 1-2 menit dibuang 1-2 tetes, yang kemudian baru dituang pada kamar hitung yang di atasnya sudah ditutupi dengan cover glass sebanyak satu tetes. Spermatozoa dihitung pada 5 kotak (kamar hitung) yaitu pada sudut kanan dan kiri atas, sudut kanan dan kiri bawah, dan tengah (Susilawati, 2014).

Pengenceran dan penyimpanan Spermatozoa

Total pengencer semen dihitung dari seberapa konsentrasi spermatozoa dengan nilai persentase motilitas dan volume spermatozoa kemudian dibagi dengan dosis IB. Pengencer yang ditambahkan ke dalam semen dihitung dengan cara total pengencer dikurangi dengan volume semen yang digunakan atau yang akan diencerkan (Huang et al., 2018).

Rumus menghitung total pengencer:

$$\text{Total Pengencer} = \frac{\text{Vol.semen} \times \text{motilitas progresif} \times \text{konsentrasi}}{\text{Dosis IB } 125 \times 10^6} - \text{vol. semen}$$

Spermatozoa hasil evaluasi yang konsentrasinya dan motilitas spermatozoa telah diketahui lalu diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebagai wadah sampel. Tabung reaksi diberi penanda berupa kertas label sesuai dengan perlakuan.

Pemisahan Spermatozoa Menggunakan Medium Putih Telur

1. Pisahkan putih telur dari kuning telur dan siapkan putih telur yang sudah dipisahkan tersebut.
2. Siapkan dua tabung reaksi untuk membuat larutan putih telur dengan konsentrasi berbeda:
 - Larutan 10% Putih Telur: Masukkan 0,5 ml putih telur ke dalam tabung reaksi yang sudah berisi 4,5 ml penyanggah tris.
 - Larutan 30% Putih Telur: Masukkan 1,5 ml putih telur ke dalam tabung reaksi yang sudah berisi 3,5 ml penyanggah tris.
3. Siapkan tabung reaksi baru, kemudian masukkan 1 ml putih telur konsentrasi 30% sebagai lapisan bawah.

4. Tambahkan 1 ml putih telur konsentrasi 10% di atas lapisan bawah tersebut sebagai lapisan atas.
5. Tambahkan 0,2 ml semen segar ke dalam lapisan atas putih telur.
6. Inkubasi tabung reaksi sesuai perlakuan pada suhu 37°C selama waktu yang telah ditentukan yaitu 30, 40 dan 50 menit.
7. Setelah inkubasi, siapkan tabung reaksi yang berbeda untuk pengambilan sampel. Ambil 1 ml dari lapisan atas dan 1 ml dari lapisan bawah.
8. Encerkan setiap lapisan menggunakan tris kuning telur dengan perbandingan 1:1.
9. Periksa kualitas spermatozoa pada kedua lapisan menggunakan mikroskop, dengan mengamati motilitas viabilitas Abnormalitas spermatozoa hasil pemisahan.
10. Catat hasil pengamatan motilitas, viabilitas dan Abnormalitas spermatozoa (Takdir et al., 2017).

Variabel yang diamati

1. Variabel independen (bebas)

Variabel independen dalam penelitian ini adalah lama waktu inkubasi , yaitu 30 menit, 40 menit dan 50 menit.

2. Variable terikat (dependen)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah proporsi spermatozoa X dan serta kualitas spermatozoa kambing Boer yang diukur setelah sexing yaitu Motilitas, Viabilitas dan Abnormalitas. Ketiga parameter sampai dengan nilai motilitas progresifnya mencapai 40%.

3. Variabel kendali

Variabel kendali pada penelitian ini adalah kualitas spermatozoa segar. Syarat spermatozoa segar agar dapat diproses lebih lanjut yaitu: motilitas massa 2+, motilitas individu dan viabilitas spermatozoa $\geq 70\%$, abnormalitas $<20\%$ dan konsentrasi berkisaran 800-2000 juta/ml.

Analisis Data

Data yang diperoleh dilakukan analisis menggunakan analisis varian (ANOVA). Hasil analisis yang berbeda nyata ($P < 0,05$) diuji lanjut dengan uji duncans program SPSS 27.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara biologis, metode sexing spermatozoa *swim up* menggunakan albumin putih telur didasarkan pada perbedaan karakteristik spermatozoa pembawa kromosom X dan Y. Spermatozoa Y memiliki ukuran kepala lebih kecil, massa lebih ringan, dan kecepatan gerak lebih tinggi dibandingkan spermatozoa X sehingga lebih cepat bergerak menembus medium albumin. Sebaliknya, spermatozoa X memiliki kandungan DNA lebih tinggi sekitar 2,8–4% sehingga bergerak lebih lambat dan cenderung tertahan pada lapisan medium tertentu. Perbedaan kemampuan migrasi tersebut menjadi dasar pemisahan spermatozoa pada metode *swim up* (Yan et al., 2006)

Tabel 1. Karakteristik semen Segar Kambing Boer hasil penelitian

Parameter penelitian	Hasil penelitian
Volume (ml)	0,6 ± 0,23
Warna	Putih Susu
Aroma	Khas Semen
pH	6,6 ± 0,55

Parameter penelitian	Hasil penelitian
Konsistensi	Sedang
Motilitas massa	+++ (sangat baik)
Motilitas Individu (%)	87±2,10
Viabilitas (%)	88,8 ± 1,60
Abnormalitas (%)	5,4 ± 0,49
Konsentrasi (x10 ⁹)	1,800 ± 0,06

Evaluasi Semen Secara Makroskopis

Karakteristik semen kambing Boer dari lima kali ulangan, dengan rata-rata volume ejakulat 0,6±0,23 ml per ejakulat. Volume ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Sholikah *et al.*, 2022, yaitu 0,7±0,25 ml per ejakulat. Namun, volume tersebut masih termasuk dalam kisaran normal sesuai pendapat Susilawati, 2014, yang menyatakan bahwa volume ejakulasi semen kambing rata-rata 1 ml dengan rentang 0,5 sampai 1,2 mL. Perbedaan hasil volume penampungan semen dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, metode penampungan, frekuensi pengambilan, kondisi fisik kambing, serta keterampilan kolektor. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Ilacqua *et al.*, 2018) bahwa kualitas semen sangat dipengaruhi oleh faktor umur, tingkat stres, berat badan, penyakit, frekuensi ejakulasi, nutrisi, aktivitas kelenjar hipofisis dalam menghasilkan hormon perangsang folikel (FSH) dan hormon luteinizing (LH) yang merangsang sekresi androgen, serta kekuatan pancaran semen saat ejakulasi yang melibatkan kontraksi skrotum dan isinya.

Warna spermatozoa kambing Boer dalam penelitian ini adalah putih susu dengan konsistensi sedang dan bau spermatozoa yang didapatkan adalah khas sesuai dengan hewan yang ditampung yang menunjukkan bahwa semen masih dalam kisaran normal. Hal ini sesuai dengan pendapat (Sholikah *et al.*, 2022) yang menyatakan bahwa semen segar kambing Boer berwarna putih susu dengan bau khas, menandakan kondisi semen normal. Namun, hasil ini berbeda dengan penelitian yang didapatkan oleh (Laos *et al.*, 2021) yaitu warna semen kambing kacang berwarna krem.

Derajat keasaman (pH) semen segar kambing Boer dalam penelitian ini adalah 6,6 ± 0,55. Nilai ini hampir sama dengan hasil Sholikah *et al.* (2022) sebesar 6,65 ± 0,05. Hasil penelitian ini sesuai dengan rentang pH normal kambing, yaitu 6,4 hingga 6,8 menurut (Juniandri & Isnaini, 2014).

Evaluasi semen secara mikroskopis

1. Motilitas Pemeriksaan mikroskopis menunjukkan rata-rata motilitas individu (skor 3+). Hasil ini lebih tinggi semen segar kambing Boer mencapai 87% dengan gerak massa yang sangat baik lebih baik dan berpotensi meningkatkan dibandingkan rentang motilitas keberhasilan fertilisasi pada kambing spermatozoa kambing Boer pada Boer. Hasil penelitian Agustian *et al.*, 2014 menunjukkan bahwa tingkat abnormalitas spermatozoa 80% dengan motilitas massa yang juga sangat baik dan Anwar *et al.*, 2019 yaitu 78,0% dengan gerak massa sangat baik dan masih berada dalam batas normal, hal ini juga sejalan dengan pendapat (Hafez & Hafez, 2013).
2. Hasil pengamatan motilitas individu semen kambing Boer menunjukkan rata-rata persentase yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu minimal abnormal tidak lebih dari 8-10%. Namun, jika tingkat abnormalitas melebihi 25% dari total spermatozoa, hal tersebut dapat 70% motilitas semen segar agar dapat menurunkan tingkat fertilitas. Oleh diproses lebih lanjut, karena untuk menjaga abnormalitas.

3. Viabilitas

Viabilitas merupakan indikator penting kualitas spermatozoa dan semen (Tunggujama et al., 2022). Penelitian menunjukkan viabilitas rata-rata sebesar $88,8 \pm 1,60$, lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Laos et al., 2021 pada kambing kacang yang sebesar $86,58 \pm 3,04$. Nilai tersebut masih tergolong baik, sesuai dengan pendapat (Ducha et al., 2025), yang menyatakan bahwa spermatozoa segar yang akan diproses harus memiliki viabilitas minimal 70% spermatozoa hidup. Semakin tinggi viabilitas spermatozoa, semakin besar pula peluang fertilisasi saat kopulasi, baik secara alami maupun buatan (Tourmente et al., 2019).

4. Abnormalitas

Abnormalitas spermatozoa yang diperoleh dalam penelitian ini adalah $5,4 \pm 1,36$ lebih rendah dibandingkan hasil penelitian (Ngcauzele et al., 2020) yang melaporkan abnormalitas semen kambing Boer sebesar $6,38 \pm 1,96$. Tingkat abnormalitas yang lebih rendah ini menunjukkan kualitas semen yang spermatozoa pada level rendah sangat penting untuk memastikan kualitas semen yang optimal dan keberhasilan reproduksi.

5. Konsentrasi

Nilai konsentrasi spermatozoa yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan rata-rata sebesar $1,800 \pm 0,08$ (109/ml) dari lima ejakulat, yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian (Ngcauzele et al., 2020) yang melaporkan konsentrasi rata-rata semen kambing Boer sebesar $2,17 \pm 0,08$ (109/ml). Rendahnya konsentrasi spermatozoa ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti faktor genetik, kondisi lingkungan, metode penampungan, kesehatan pejantan, frekuensi ejakulasi, serta volume semen. Sesuai dengan pendapat (Sato et al., 2020), konsentrasi spermatozoa sangat dipengaruhi oleh volume semen; semakin rendah volume semen, maka konsentrasi spermatozoa cenderung meningkat. Oleh karena itu, pemahaman dan pengelolaan faktor-faktor tersebut sangat penting untuk meningkatkan kualitas semen dan keberhasilan reproduksi kambing Boer.

Motilitas Spermatozoa

Tabel 2. Persentase motilitas spermatozoa setelah sexing pada tiap lapisan

Motilitas Spermatozoa	Perlakuan (%)		
	P1	P2	P3
Lapisan Atas	$81,80 \pm 3,11^a$	$76,60 \pm 3,20^a$	$75,60 \pm 6,26^a$
Lapisan Bawah	$76,60 \pm 5,94^a$	$79,20 \pm 1,78^a$	$73,00 \pm 9,08^a$

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata motilitas spermatozoa pada lapisan atas dan bawah tidak berbeda secara signifikan ($P > 0,05$). Berdasarkan Tabel 2, persentase motilitas spermatozoa di lapisan atas untuk perlakuan P1 adalah $81,80 \pm 3,11$, yang lebih tinggi dibandingkan P2 sebesar $76,60 \pm 3,20$ dan P3 sebesar $75,60 \pm 6,26$. Sedangkan di lapisan bawah, motilitas spermatozoa untuk P1 adalah $76,60 \pm 5,94$, P2 sebesar $79,20 \pm 1,78$, dan P3 sebesar $73,00 \pm 9,08$.

Penurunan motilitas pada perlakuan P2 dan P3 terjadi karena waktu inkubasi yang terlalu lama, yang menyebabkan peningkatan kerusakan pada spermatozoa. Menurut (Storey, 2008), selama proses inkubasi terjadi peningkatan aktivitas pergerakan flagellum spermatozoa. Menurut (Sunarti & Nafiu, 2016) yaitu Penurunan motilitas spermatozoa pada masa inkubasi yang lebih lama disebabkan oleh metabolisme spermatozoa selama proses tersebut, sehingga energi spermatozoa berkurang dan motilitas menurun. Berdasarkan penelitian Anwar, *et al* (2019) bahwa persentase motilitas spermatozoa kambing Boer setelah sexing dengan waktu inkubasi 40 menit pada lapisan atas maupun bawah (72,0 % dan 72,0 %)

lebih tinggi dibandingkan dengan waktu inkubasi 50 menit (64,0% dan 67,0 %) dan 60 menit (57,0% dan 57,0%).

Motilitas terendah tercatat pada perlakuan P3 sebesar 75.60 ± 6.26 pada lapisan atas dan P3 73.00 ± 9.08 pada lapisan bawah, sedangkan motilitas tertinggi pada lapisan atas yaitu P1 81.80 ± 3.11 dan lapisan bawah yaitu P2 dengan rata-rata 79.20 ± 1.78 . Hal ini menunjukkan bahwa durasi inkubasi yang terlalu lama dapat menurunkan kualitas motilitas spermatozoa, sehingga pemilihan waktu inkubasi yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas spermatozoa. Secara rata-rata, motilitas spermatozoa pada lapisan atas lebih tinggi dibandingkan lapisan bawah. Penurunan motilitas di lapisan bawah disebabkan oleh sebagian besar spermatozoa yang telah kehilangan energi saat melewati medium pemisah. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat (Sunarti & Nafiu, 2016), yang menyatakan bahwa perbedaan motilitas spermatozoa antara lapisan atas dan bawah dapat disebabkan oleh jarak yang harus ditempuh oleh spermatozoa.

Spermatozoa pada lapisan bawah harus menempuh jarak yang lebih jauh, sehingga motilitasnya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan lapisan atas. Dalam proses tersebut, spermatozoa memerlukan energi yang semakin besar untuk menembus medium dengan densitas tinggi. Jika energi yang tersedia tidak mencukupi, maka motilitas spermatozoa akan mengalami penurunan. Peningkatan waktu inkubasi menyebabkan berkurangnya cadangan energi yang diperlukan untuk mempertahankan kehidupan dan mendukung pergerakan spermatozoa. Meskipun spermatozoa berada dalam medium yang memenuhi kebutuhan metabolisme, fungsi optimal dari medium tersebut akan menurun seiring berjalannya waktu. Secara keseluruhan rata-rata nilai motilitas spermatozoa setiap perlakuan pada lapisan atas maupun lapisan bawah menunjukkan kualitas spermatozoa hasil sexing sesuai dengan standar kualitas spermatozoa untuk IB. Semen dengan motilitas spermatozoa kurang dari 40% dianggap memiliki kualitas rendah dan sering dikaitkan dengan infertilitas (WHO, 2021).

Viabilitas spermatozoa

Tabel 3. Persentase viabilitas spermatozoa setelah sexing pada tiap fraksi

Viabilitas Spermatozoa	Perlakuan (%)		
	P1	P2	P3
Lapisan Atas	83.20 ± 3.27^a	77.60 ± 3.20^a	77.00 ± 6.67^a
Lapisan Bawah	79.00 ± 6.12^a	81.00 ± 0.70^a	74.40 ± 8.67^a

Rata-rata persentase viabilitas spermatozoa setelah sexing dengan perlakuan P0, P1, P2, dan P3 yang tersaji pada Tabel 3 berturut-turut adalah 83,20%, 77,60% dan 77,00% pada lapisan atas. Sedangkan pada lapisan bawah, persentasenya adalah 79,00%, 81,00% dan 74,40%. Namun hasil penelitian ini lebih baik dari (SD, 2020) yang menunjukkan bahwa variasi lama waktu inkubasi tidak menyebabkan perubahan signifikan pada viabilitas spermatozoa, sehingga proses sexing dengan durasi yang berbeda tetap mempertahankan kualitas viabilitas spermatozoa.

Penurunan persentase viabilitas spermatozoa baik pada lapisan atas maupun lapisan bawah setelah perlakuan. Penurunan ini disebabkan oleh ketidakmampuan sejumlah spermatozoa untuk bertahan hidup akibat kekurangan energi selama proses sexing. Selain itu, faktor seperti lama waktu inkubasi, pelaksanaan prosedur, suhu lingkungan, dan komposisi medium juga memengaruhi viabilitas spermatozoa hasil sexing (SD, 2020). Penggunaan metode pemisahan dengan medium putih telur dan lama waktu inkubasi tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada struktur membran spermatozoa. Kerusakan membran ini mengganggu proses metabolisme spermatozoa sehingga menyebabkan spermatozoa melemah dan menurunnya viabilitas (Susilawati, 2003). Namun, penurunan viabilitas dalam penelitian ini masih tergolong kecil, yang diduga disebabkan oleh kemampuan pengencer tris kuning telur

sebagai suplemen energi, menjaga kestabilan pH, mempertahankan tekanan osmosis dan keseimbangan elektrolit, mencegah cold shock, serta mengandung antibiotik yang menghambat pertumbuhan mikroba.

Abnormalitas spermatozoa

Abnormalitas spermatozoa dapat diidentifikasi sebagai salah satu karakteristik penting untuk memprediksi kemampuan fertilisasi spermatozoa, sehingga penilaian terhadap abnormalitas spermatozoa selama proses sexing menjadi sangat krusial. Persentase abnormalitas spermatozoa setelah proses sexing dalam penelitian ini tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Abnormalitas spermatozoa setelah sexing pada tiap fraksi

Abnormalitas Spermatozoa	Perlakuan (%)		
	P1	P2	P3
Lapisan Atas	3.00±0.70 ^a	3.80±0.83 ^a	3.60±1.14 ^a
Lapisan Bawah	2.20±0.83 ^a	3.00±0.70 ^a	2.80±0.44 ^a

Rata-rata persentase abnormalitas spermatozoa kambing Boer pada lapisan atas dan bawah tidak menunjukkan perbedaan nyata di setiap perlakuan. Persentase abnormalitas menurun setelah pemisahan menggunakan medium albumen putih telur dan lama inkubasi P1, P2 dan P3. Penurunan abnormalitas pada lapisan Y disebabkan oleh terbatasnya kemampuan gerak spermatozoa abnormal yang tidak mampu menembus lapisan bawah akibat viskositas medium yang lebih tinggi, sehingga jumlah spermatozoa abnormal yang ditemukan di lapisan bawah menjadi lebih sedikit.

Abnormalitas spermatozoa pada lapisan atas terendah ditemukan pada perlakuan P1 dengan nilai rata-rata 3,00±0,70%, sedangkan yang tertinggi terdapat pada perlakuan P2 sebesar 3,80±0,83%. Sebaliknya, pada lapisan bawah, nilai abnormalitas tertinggi tercatat pada perlakuan P2 sebesar 3,00±0,70%, dan yang terendah pada perlakuan P1 dengan nilai 2,20±0,83%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan dapat memengaruhi tingkat abnormalitas spermatozoa pada masing-masing lapisan, meskipun secara keseluruhan nilai abnormalitas masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk kualitas spermatozoa. Menurut (Saili et al., 2016) yaitu standar presentase abnormalitas spermatozoa kambing untuk keperluan IB adalah ≤15%.

Rerata ukuran panjang, lebar dan luas kepala spermatozoa domba sesudah pemisahan dengan albumin putih telur

Tabel 5. Rerata ukuran panjang, lebar dan luas kepala spermatozoa domba sesudah pemisahan dengan albumin putih telur

Lapisan	Spermatozoa	Panjang	Lebar	Luas
Atas	200	6.41±0.02	4.13±0.03	26.51±2.03
Bawah	200	5.99±0,04	3.09±0.05	23.06±2,40

Berdasarkan hasil pengamatan rata-rata tabel 5. panjang kepala spermatozoa pada lapisan atas dan lapisan bawah masing-masing yaitu 6.41±0.02 μm dan 5.99±0,04 μm , lebar kepala 4.13±0.03 μm dan 3.09±0.05 μm sedangkan luas kepala 26.51±2.03 μm^2 dan 23.06±2,40 μm^2 . Hasil penelitian ini berbeda dengan laporan Nubatonis et al., 2024, bahwa spermatozoa kambing Boer memiliki panjang kepala 7,97 ± 0,28 μm , lebar 4,44 ± 0,16 μm , dan luas kepala sekitar 29 μm^2 . Perbedaan ukuran kepala spermatozoa kambing yang dilaporkan dalam penelitian dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jenis atau ras kambing, metode pengukuran dan kondisi lingkungan saat pengambilan sampel.

Dominasi spermatozoa X pada lapisan atas dan spermatozoa Y pada lapisan bawah disebabkan oleh perbedaan ukuran dan kecepatan gerak antara keduanya. Spermatozoa X memiliki ukuran kepala yang lebih besar dan bergerak lebih lambat sehingga hanya mampu bermigrasi hingga medium lapisan atas. Sebaliknya, spermatozoa Y memiliki ukuran kepala yang lebih kecil dan kecepatan gerak yang lebih tinggi dibandingkan spermatozoa X, sehingga mampu menembus medium pemisah hingga mencapai fraksi paling bawah yang memiliki konsentrasi lebih tinggi. (Hafez & Hafez, 2013) menyatakan bahwa spermatozoa pembawa kromosom Y bergerak ke bawah, sedangkan spermatozoa pembawa kromosom X tetap berada di lapisan atas karena motilitas spermatozoa Y lebih tinggi dibandingkan spermatozoa X.

Peningkatan konsentrasi medium putih telur berpengaruh terhadap peningkatan proporsi spermatozoa X pada lapisan atas. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kepekatan larutan pemisah yang membuat spermatozoa semakin sulit menembus larutan hingga mencapai fraksi paling bawah dengan konsentrasi lebih tinggi. Akibatnya, spermatozoa cenderung terkonsentrasi lebih banyak pada fraksi atas, terutama spermatozoa X yang memiliki ukuran kepala lebih besar dan motilitas lebih rendah dibandingkan spermatozoa Y (Takdir et al., 2017). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi putih telur yang digunakan pada lapisan atas efektif dalam meningkatkan proporsi spermatozoa X dibandingkan rasio alamiah. Proporsi spermatozoa X tertinggi diperoleh pada lapisan atas dengan konsentrasi putih telur 10% dan pasian bawah konsentrasi 30%. Oleh karena itu, metode menggunakan medium putih telur konsentrasi 10% dan 30% pada lapisan atas dan bawah dapat diaplikasikan untuk memperoleh keturunan betina dan jantan melalui inseminasi buatan (Sudarma et al., 2014).

Tabel 6. Rerata Proporsi spermatozoa X dan Y kambing Boer sesudah pemisahan dengan albumin putih telur

Parameter	Perlakuan (%)		
	P1	P2	P3
Lapisan Atas:			
Spermatozoa X (%)	54.80±11.40 ^a	46.00±11.93 ^{ab}	38.00±8.36 ^b
Spermatozoa Y (%)	46.20±11.40 ^b	54.00±11.93 ^{ab}	62.00±8.36 ^a
Lapisan Bawah:			
Spermatozoa X (%)	41.00±13.41 ^b	49.60±13.35 ^{ab}	59.00±8.94 ^a
Spermatozoa Y (%)	59.00±13.41 ^a	50.40±13.35 ^{ab}	41.00±8.94 ^b

Hasil penelitian menunjukkan Perbedaan proporsi spermatozoa X pada lapisan atas dan spermatozoa Y pada lapisan bawah disebabkan oleh perbedaan ukuran dan kecepatan gerak keduanya. Spermatozoa X memiliki ukuran kepala yang lebih besar dan bergerak lebih lambat sehingga hanya mampu bermigrasi hingga medium fraksi atas. Sebaliknya, spermatozoa Y memiliki ukuran kepala yang lebih kecil dan kecepatan gerak lebih tinggi, sehingga mampu menembus medium pemisah hingga mencapai fraksi paling bawah yang memiliki konsentrasi lebih tinggi. Menurut (Takdir et al., 2017), spermatozoa pembawa kromosom Y bergerak ke bawah karena motilitasnya lebih tinggi dibandingkan spermatozoa pembawa kromosom X yang tetap berada di lapisan atas.

Hasil uji menunjukkan bahwa rata-rata proporsi spermatozoa X pada P1 lapisan atas berbeda secara nyata pada perlakuan P3 dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan P2 dengan perlakuan lama inkubasi yang berbeda. Proporsi spermatozoa X pada perlakuan P1 lebih tinggi dibandingkan P2 dan P3, sedangkan proporsi pada P2 lebih tinggi daripada P3. Rata-rata persentase proporsi spermatozoa pada penelitian ini didapatkan setelah sexing dengan perlakuan P1, P2 dan P3 dapat dilihat bahwa rata-rata persentase P1 didapatkan spermatozoa X adalah 54.80±11.40%, dan rata-rata spermatozoa Y adalah 46.20±11.40%. Rata-rata persentase proporsi spermatozoa setelah proses sexing mampu mengubah perbandingan spermatozoa dari kondisi normal atau rasio alamiah. (Sunarti & Nafiu, 2016) mendukung hal ini dengan menyatakan bahwa penggunaan albumin sebagai media pemisah spermatozoa dapat mengubah proporsi

spermatozoa X dan Y dari rasio awal 50,50 : 49,50 menjadi 71 : 29 pada lapisan atas dan 26,50 : 73,50 pada lapisan bawah kolom albumin dengan konsentrasi 50%.

Hasil analisis statistik Persentase spermatozoa Y menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada lapisan bawah dibandingkan lapisan atas. Sebaliknya, persentase spermatozoa X menampilkan nilai yang lebih tinggi pada lapisan atas daripada pada lapisan bawah. Menurut Ericsson and Glass yang dikutip (Hafez & Hafez, 2013), hal ini disebabkan oleh perbedaan massa dan ukuran spermatozoa Y yang lebih kecil dibandingkan spermatozoa X, sehingga spermatozoa Y memiliki kecepatan gerak dan daya penetrasi yang lebih tinggi untuk menembus larutan. Beberapa penelitian melaporkan persentase spermatozoa Y pada lapisan bawah yang bervariasi, yaitu 58,82% pada sapi PO (Afiati, 2004), 87,5% pada sapi FH, serta 92,93%, 50,03%, dan 82,23% pada sapi Simmental, Ongole, dan Limousin secara berturut-turut (Sumaryadi et al., 2010). Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan tersebut meskipun terdapat perbedaan yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis ternak. Oleh karena itu, faktor genetik perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil pemisahan spermatozoa.

Persentase spermatozoa Y tertinggi pada fraksi bawah diperoleh pada waktu inkubasi (P1) 30 menit, namun cenderung menurun pada inkubasi (P2) 40 menit dan (P3) 50 menit. Penurunan ini diduga karena spermatozoa Y memiliki daya tahan hidup yang rendah dan mengalami penurunan motilitas, sehingga tidak mampu menembus larutan dengan konsentrasi putih telur yang lebih tinggi. Sebaliknya, spermatozoa X yang lebih tahan hidup dengan waktu inkubasi lebih lama masih dapat menembus medium putih telur 30%, sehingga persentase spermatozoa Y pada fraksi bawah mulai menurun akibat masuknya spermatozoa X ke fraksi tersebut. Pada fraksi atas, persentase spermatozoa Y menurun pada inkubasi P1 menit karena spermatozoa Y bermigrasi ke fraksi bawah, sedangkan spermatozoa X yang motilitasnya lebih rendah tetap berada di fraksi atas. Selanjutnya, pada inkubasi P2 dan P3 menit, persentase spermatozoa Y pada fraksi atas mulai meningkat kembali, kemungkinan disebabkan oleh kematian spermatozoa Y yang cepat dan pergerakan spermatozoa X yang mulai memasuki fraksi bawah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gradien konsentrasi albumen putih telur 10% dan 30% pada lapisan atas dan bawah dapat digunakan sebagai medium sexing spermatozoa pada kambing Boer, waktu inkubasi 30 menit adalah waktu yang optimum untuk mempertahankan kualitas spermatozoa setelah sexing, dan Albumen Putih telur dengan perlakuan P1 efektif digunakan untuk pemisahan spermatozoa X dan Y pada kambing Boer. Proporsi spermatozoa X dan Y tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 (30 menit) yakni sebesar 54.80% (X) : 46.20% (Y) pada fraksi atas dan 41.00% (X) : 59.00% (Y) pada fraksi bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiati, F. (2004). Proporsi dan karakteristik spermatozoa X dan Y hasil separasi kolom albumin. *Media Peternakan*, 27(1).
- Agustian, M. F., Ihsan, M. N., & Isnaini, N. (2014). Pengaruh lama simpan semen dengan pengencer tris aminomethan kuning telur pada suhu ruang terhadap kualitas spermatozoa kambing boer. *TERNAK TROPIKA Journal of Tropical Animal Production*, 15(2), 1–6. <https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2014.15.02.1>
- Akhdiat, T. (2012). Proporsi spermatozoa Y hasil pemisahan dengan fraksi albumen telur dan lama penyimpanan semen domba lokal. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 15(2), 59–69. <https://doi.org/10.22437/jiip.v15i2.1620>
- Aminurrahman, A., Amalyadi, R., Septian, I. G. N., & Putra, R. A. (2025). Performance of Body Condition Score (BCS) and Physiological Parameters of Etawa Crossbred Goats under Intensive and Semi-Intensive Rearing Systems. *Bulletin of Applied Animal Research*, 7(2), 131–138. <https://doi.org/10.36423/baar.v7i2.2360>.

- Aminurrahman, A., Priyanto, R., & Jakaria, J. (2021). Evaluasi Ukuran-Ukuran Tubuh pada Sapi Belgian Blue, Peranakan Ongole dan Silangannya. *Jurnal Agripet*, 21(1). <https://doi.org/10.17969/agripet.v21i1.17684>.
- Aminurrahman, A., Putra, R. A., Septian, I. G. N., Amalyadi, R., Anwar, K., & Sumadiasa, I. W. L. (2025). Respon Hematologi Sel Darah Putih (Eosinofil) pada Sapi Bali yang Terinfeksi Cacing. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 5(2), 116–124. <https://doi.org/10.47030/trolija.v5i2.996>.
- Anwar, A., Solihati, N., & Rasad, S. D. (2019). Pengaruh medium dan lama inkubasi dalam proses sexing spermatozoa terhadap kualitas semen kambing Boer. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 19(1), 7. <https://doi.org/10.24198/jit.v19i1.23009>.
- Brand, T. S., van der Westhuyzen, J. P., Hough, W., & van Zyl, J. H. C. (2024). Application of growth models to South African Boer goat castrates and does under feedlot conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 56(5), 178. https://doi.org/10.1007/s11250-024-03973-5?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle.
- Ducha, N., Isnawati, I., Muhaimin, F. I., Prastyaningtias, S. D., Nafis, F. A. D., & Fitri, R. (2025). Sperm quality profile of Bali bull as local Indonesian cattle in liquid storage in different diluents with the addition of synthetic antioxidants. *BIO Web of Conferences*, 162, 12. https://doi.org/10.1051/bioconf/202516200012?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle
- Fania, B., Trilaksana, I., & Puja, I. K. (2020). Keberhasilan inseminasi buatan (IB) pada sapi bali di Kecamatan Mengwi, Badung, Bali. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(2), 177–186. <https://doi.org/10.19087/imv.2020.9.2.177>
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2013). *Reproduction in farm animals*. John Wiley & Sons.
- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>
- Ilaqua, A., Izzo, G., Emerenziani, G. Pietro, Baldari, C., & Aversa, A. (2018). Lifestyle and fertility: the influence of stress and quality of life on male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), 115. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0436-9>.
- Juniandri, T. S., & Isnaini, N. (2014). Perbandingan Pengencer Andromed dan Cep-2 terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Hasil Seksing dengan Sentrifugasi Gradien Densitas Percoll. *Jurnal Veteriner*, 15(2), 252–262. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jvet/article/view/9718>.
- Laos, R., Marawali, A., Kune, P., Belli, H. L. L., & Uly, K. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN FILTRAT ROSELLA (*Hibiscus sabdariffa* Linn) KE DALAM PENGECER TRIS-KUNING TELUR TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA KAMBING KACANG (The effect of rosella filtrate supplementation in tris-egg yolk extender on sperm..... *Jurnal Nukleus Peternakan*, 8(2), 124–135. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v8i2.4872>.
- Mathapo, M. C., & Tyasi, T. L. (2021). Prediction of body weight of yearling Boer goats from morphometric traits using classification and regression tree. *Am. J. Anim. Vet. Sci*, 16(2), 130–135. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2021.130.135>
- Ngcauzele, A., Van Der Horst, G., Kotze, A., Jonker, T., & Maree, L. (2020). Quantitative sperm characteristics of Tankwa goats with special reference to hyperactivated motility. *South African Journal of Animal Science*, 50(5), 687–699. <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i5.6>.
- Nisfimawardah, L., Husein, F., Astuti, E., Monasdir, M., Riskayanti, R., & Nugroho, A. A. (2025). Utilization of various diluents on the quality of frozen semen from Saanen goats. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 13(1), 179–193. <https://doi.org/10.23960/jipt.v13i1.p179-193>.
- Nubatonis, A., Wiguna, I. G. A., & Kolo, Y. (2024). Pengukuran Kualitas Semen dan Morfologi Spermatozoa Kambing Kacang sebagai Dasar Pembuatan Semen Beku. *Jurnal Ilmu Dan Industri Peternakan*, 10(1), 39–51. <https://doi.org/10.24252/jiip.v10i1.42938>.
- Organization, W. H. (2021). *WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen*. World Health Organization.
- Rahmah, U. I. L., Imanudin, O., & Permadi, D. (2018). Analisis faktor-faktor yang berhubungan dengan tingkat keberhasilan inseminasi buatan pada kambing kacang (*Capra hircus*). *Jurnal Ilmu*

- Pertanian Dan Peternakan*, 6(2), 180–189.
https://jurnal.unma.ac.id/index.php/AG/article/view/1166/0?utm_source=chatgpt.com
- Saili, T., Rahadi, S., Sura, I. W., & Lopulalan, F. (2016). Sinkronisasi Estrus dan Inseminasi Buatan Menggunakan Semen Cair Hasil Sexing pada Sapi Bali Induk Yang Dipelihara dengan Sistem yang Berbeda (Oestrus Synchronization and Artificial Insemination using Sexing Semen from Bali's Cattle with Different Management System). *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 16(2). <https://doi.org/10.24198/jit.v16i2.11576>.
- Sato, Y., Tajima, A., Kiguchi, M., Kogusuri, S., Fujii, A., Sato, T., Nozawa, S., Yoshiike, M., Mieno, M., & Kojo, K. (2020). Genome-wide association study of semen volume, sperm concentration, testis size, and plasma inhibin B levels. *Journal of Human Genetics*, 65(8), 683–691. <https://doi.org/10.1038/s10038-020-0757-3>
- SD, R. (2020). Effect of Incubation Time During Sperm Sexing Process on Sperm Quality of Pasundan Bull. *Indonesian Journal of Animal & Veterinary Sciences/Jurnal Ilmu Ternak Dan Veteriner*, 25(3). <https://doi.org/10.14334/jitv.v25i3.2494>
- Sholikah, N., Susilowati, S., Tribudi, Y. A., & Sulistyowati, D. (2022). Kualitas Semen Cair Kambing Boer dalam Pengencer Air Kelapa Muda dengan Penambahan Sari Kedelai. *Jurnal Veteriner*, 23(2). <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2022.23.2.202>.
- Storey, B. T. (2008). Mammalian sperm metabolism: oxygen and sugar, friend and foe. *International Journal of Developmental Biology*, 52. <https://doi.org/10.1387/ijdb.072522bs>
- Sudarma, I. M. A., Nalley, W. M., Belli, H. L. L., & Marawali, A. (2014). SEPARASI SPERMATOZOA X DAN Y MENGGUNAKAN LEVEL ALBUMIN YANG BERBEDA SEBAGAI MEDIA PEMISAH SPERMATOZOA BABI. *Jurnal Nukleus Peternakan*, 1(1), 37–43. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v1i1.705>
- Sumaryadi, M. Y., Saleh, D. M., Haryanto, B., Herdiansah, D., Sudrajat, S., & Yasin, C. A. (2010). Kajian Aspek Reproduksi dan Estimasi Ekonomi pada Ternak Sapi yang di Inovasi Teknologi Reproduksi. *Jurnal Agripet*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.17969/agripet.v10i1.601>
- Sunarti, T. S., & Nafiu, L. O. (2016). Karakteristik spermatozoa sapi Bali setelah sexing menggunakan metode kolom albumin dengan lama waktu sexing yang berbeda. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis*, 3(1), 65–76. <https://doi.org/10.33772/jitro.v3i1.1071>.
- Susilawati, T. (2014). *Sexing Spermatozoa: Hasil Penelitian Laboratorium dan Aplikasi pada Sapi dan Kambing*. Universitas Brawijaya Press.
- Takdir, M., Ismaya, I., & Bintara, S. (2017). THE PROPORTION OF X AND Y SPERM, VIABILITY AND MOTILITY OF RAM SPERMATOZOA AFTER SEPARATED WITH WHITE EGG ALBUMIN. *Buletin Peternakan*, 41(1), 1–7. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v41i1.9130>
- Tourmente, M., Archer, C. R., & Hosken, D. J. (2019). Complex interactions between sperm viability and female fertility. *Scientific Reports*, 9(1), 15366. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51672-1>.
- Tunggujama, O. U., Kaka, A., & Pati, D. U. (2022). Karakteristik Dan Kualitas Semen Kambing Kacang Dalam Pengencer Tris Kuning Telur Yang Disuplementasi Dengan Daun Kelor (Moringa Oleifera). *Jurnal Peternakan Sabana*, 1(2), 70–74. <https://doi.org/10.58300/jps.v1i2.265>.
- Wandira, I. A., Sadia, I. N., Dohi, M., & Karni, I. (2025). *Jurnal Biologi Tropis Qualitative Traits and Body Condition Score (BCS) of Buffaloes in Mount Sangiang*. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i3.9636>.
- Yan, J., Feng, H. L., & Chen, Z. (2006). Influence of swim-up time on the ratio of X- and Y-bearing spermatozoa. 129, 150–154. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2006.02.020>.
- Zaenuri, L. A., Dradjat, A. S., HY, L., & Yuliani, E. (2023). SPERMATOZOA QUALITY OF LIQUID BOER GOAT SEMEN IN TRIS EGG YOLK EXTENDER ENRICHED WITH NON-ENZYMATIC ANTIOXIDANTS. *Indonesian Journal of Veterinary Sciences/Jurnal Kedokteran Hewan*, 17(2). <https://doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v17i2.26913>.