

Kualitas Semen Cair Domba dalam Pengencer Komersial Berbasis Tris Kuning Telur dengan Penambahan Glutation

Quality of Ram Liquid Semen in a Commercial Tris-Egg Yolk-Based Extender Supplemented with Glutathione

Dyah Mekar Pangestu¹, Wahono Esthi Prasetyaningtyas², Mokhamad Fahrudin², Ni Wayan Kurniani Karja^{3*}

¹Program Studi Sarjana Kedokteran Hewan, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis,
IPB University, Jawa Barat, Indonesia

²Divisi Anatomi, Histologi dan Embriologi, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis,
IPB University, Jawa Barat, Indonesia

³Divisi Reproduksi dan Kebidanan, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis,
IPB University, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Email: karja_nwk@apps.ipb.ac.id

Naskah diterima: 25 Juli 2025, direvisi: 22 Desember 2025, disetujui: 7 April 2026

Abstract

Liquid semen storage can increase the formation of free radicals and oxidative stress, leading to damage of the spermatozoa plasma membrane and a decline in semen quality. Glutathione is an antioxidant capable of neutralizing free radicals and reducing oxidative damage, thereby potentially preserving spermatozoa quality during storage. This study aimed to evaluate the effect of glutathione supplementation on the quality of ram liquid semen diluted with a commercial tris-egg yolk-based extender. Fresh semen with motility $\geq 70\%$ was diluted with extenders containing glutathione at concentrations of 0 mM (GSH-0), 2 mM (GSH-2), and 4 mM (GSH-4), and stored at 4 °C for six days. Evaluations were conducted every 24 hours to assess motility, viability, plasma membrane integrity (PMI), and sperm abnormalities. On day six, the GSH-4 group showed the best results, with motility of $64.00 \pm 2.24\%$, viability of $84.95 \pm 1.12\%$, PMI of $85.93 \pm 0.46\%$, and abnormalities of $9.47 \pm 0.66\%$. Based on these results, it can be concluded that the addition of 4 mM glutathione is effective in maintaining the quality of ram liquid semen during cold storage (°C).

Keywords: antioxidant; commercial extender; free radicals; glutathione; sheep

Abstrak

Penyimpanan semen cair berpotensi meningkatkan pembentukan radikal bebas dan stres oksidatif, yang menyebabkan kerusakan membran plasma spermatozoa dan penurunan kualitas semen. Glutation merupakan antioksidan yang mampu menetralkan radikal bebas dan mengurangi kerusakan oksidatif, sehingga berpotensi menjaga kualitas spermatozoa selama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan glutation terhadap kualitas semen cair domba dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur. Semen segar dengan motilitas $\geq 70\%$ diencerkan dengan penambahan glutation pada konsentrasi 0 mM (GSH-0), 2 mM (GSH-2), dan 4 mM (GSH-4), kemudian disimpan pada suhu 4 °C selama enam hari. Evaluasi dilakukan setiap 24 jam terhadap motilitas, viabilitas, keutuhan membran plasma (MPU), dan abnormalitas spermatozoa. Hasil hari keenam menunjukkan bahwa GSH-4 memberikan hasil terbaik, dengan motilitas $64,00 \pm 2,24\%$, viabilitas $84,95 \pm 1,12\%$, MPU $85,93 \pm 0,46\%$, dan abnormalitas $9,47 \pm 0,66\%$. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan glutation 4 mM efektif dalam mempertahankan kualitas semen cair domba selama pada suhu 4°C.

Kata kunci: antioksidan; domba; glutation; pengencer komersial; radikal bebas

Pendahuluan

Domba merupakan salah satu komoditas ternak yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Badan Pusat Statistik (2024) menunjukkan penurunan populasi domba dari 17.523.689 ekor pada tahun 2020 menjadi 9.219.176 ekor pada tahun 2024. Penurunan ini dapat mengancam keberlanjutan produksi pangan hewani nasional sehingga perlu dilakukan upaya peningkatan reproduksi secara efisien. Teknologi inseminasi buatan (IB) menjadi strategi yang banyak diterapkan untuk mempercepat peningkatan populasi ternak. Keberhasilan IB sangat bergantung pada kualitas semen yang digunakan (Siregar *et al.*, 2023; Solihati *et al.*, 2020). Inseminasi buatan di Indonesia umumnya menggunakan semen beku, yang memiliki keterbatasan seperti tingginya kebutuhan dosis spermatozoa, risiko kerusakan akibat pembekuan, serta teknik deposisi intrauterin yang sulit diterapkan pada domba betina karena morfologi serviks yang kompleks (Yekti *et al.*, 2023; Gibbons *et al.*, 2019).

Semen cair dapat digunakan sebagai alternatif karena dapat diaplikasikan secara intravaginal dan mempertahankan motilitas serta viabilitas yang lebih baik daripada semen beku (Wulandari dan Prihatno 2014). Keterbatasan utama semen cair adalah masa simpannya yang pendek. Penggunaan pengencer komersial berbasis tris kuning telur menjadi salah satu solusi, karena mengandung *buffer*, sumber energi, pelindung membran, dan antibiotik. Namun, sebagian besar formulasi komersial ini belum dilengkapi dengan antioksidan (Iskandari *et al.*, 2020; Stefanus *et al.*, 2021). Selama penyimpanan pada suhu dingin, spermatozoa dapat mengalami *cold shock* dan paparan oksigen atmosferik yang memicu terbentuknya *reactive oxygen species* (ROS). Senyawa ini merupakan radikal bebas yang sangat reaktif dan toksik, karena dapat merusak lipid membran, protein, dan DNA, yang pada akhirnya menurunkan nilai motilitas dan viabilitas spermatozoa (Adeoye *et al.*, 2018; Fadlilah dan Lestari 2023). Spermatozoa secara alami memiliki sistem pertahanan antioksidan endogen, namun efektivitas sistem ini menurun selama penyimpanan (Prastiwi *et al.*, 2021). Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penambahan antioksidan eksogen dalam pengencer untuk membantu menetralkan ROS berlebih.

Glutation merupakan antioksidan tripeptida alami yang efektif dalam menetralkan ROS melalui gugus sulfhidril (-SH), serta melindungi

membran plasma dari kerusakan oksidatif (Adeoye *et al.*, 2018). Beberapa penelitian telah mengkaji efektivitas berbagai antioksidan lain seperti α -tokoferol (Prastiwi *et al.*, 2021), glutamin (Siregar *et al.*, 2023), dan melatonin (Triyaningrum *et al.*, 2024), namun studi mengenai glutation dalam pengencer komersial pada semen cair domba masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penambahan glutation dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur terhadap kualitas semen cair domba selama penyimpanan dingin.

Materi dan Metode

Pengencer yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengencer komersial Fujifilm Irvine Scientific® (*Fujifilm Refrigeration Medium - Test Yolk Buffer* (TYB), Inc, USA). Pengencer dibagi menjadi tiga tabung perlakuan yaitu pengencer tanpa tambahan glutation (GSH-0), pengencer yang ditambahkan glutation (*L-Glutathione reduced*, SIGMA-ALDRICH, USA) dengan konsentrasi 2 mM (GSH-2) dan 4 mM (GSH-4).

Koleksi semen dilakukan satu kali dalam seminggu menggunakan vagina buatan berdasarkan metode Triyaningrum *et al.*, (2024). Penelitian ini menggunakan dua ekor pejantan domba lokal dengan keadaan libido yang baik. Semen yang diperoleh digabung kemudian dilakukan evaluasi terhadap motilitasnya. Domba yang digunakan memiliki bobot 30 sampai 40 kg dan berusia 20 hingga 36 bulan. Pemeliharaan domba menggunakan kandang panggung individu. Pakan diberikan berupa hijauan dan air minum secara *ad libitum*. Penggunaan hewan dalam penelitian ini telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Hewan SKHB IPB dengan nomor 289/KEH/SKE/I/2025.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen yang mempunyai motilitas individu $\geq 70\%$. Semen tersebut kemudian ditambahkan pengencer sesuai dengan kelompok perlakuan hingga mencapai konsentrasi akhir spermatozoa sebesar 50 juta sel/0,2 ml.. Selanjutnya, semen yang telah diencerkan disimpan dalam refrigerator pada suhu 4°C selama enam hari menggunakan metode *water jacket* dan dilakukan evaluasi setiap interval 24 jam. Evaluasi semen setelah pengenceran mencakup penilaian motilitas, viabilitas, abnormalitas, dan MPU spermatozoa. Evaluasi dilakukan segera setelah pengenceran (H0), serta setiap 24 jam selama masa penyimpanan pada suhu 4°C hingga hari keenam (H6).

Evaluasi semen dilakukan berdasarkan metode Siregar *et al.*, (2023). Penilaian motilitas dilakukan dengan mengencerkan 1 tetes semen dengan NaCl fisiologis hangat. Campuran tersebut diambil sebanyak satu tetes dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40×10 . Penilaian dilakukan dengan membandingkan jumlah spermatozoa yang bergerak progresif dengan spermatozoa yang bergerak tidak progresif. Hasil pengamatan dinyatakan dalam bentuk persentase (%).

Konsentrasi spermatozoa dihitung menggunakan kamar hitung Neubauer. Semen sebanyak 2 μl dicampurkan dengan 998 μl NaCl 3% (*Sodium chloride*, SIGMA-ALDRICH, USA) di dalam *microtube*, kemudian dihomogenkan. Campuran tersebut diambil sebanyak 10 μl dan dimasukkan ke dalam kamar hitung Neubauer yang telah ditutup dengan gelas penutup khusus. Perhitungan dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 40×10 .

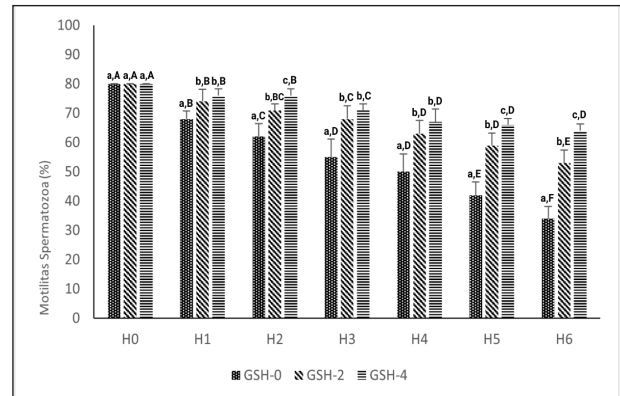
Pemeriksaan viabilitas dan abnormalitas spermatozoa dilakukan dengan pewarnaan eosin-nigrosin. Sampel semen dicampur dengan pewarna eosin-nigrosin dihomogenkan secara perlahan dan dibuat preparat ulas. Preparat yang telah kering kemudian diamati menggunakan mikroskop. Spermatozoa hidup ditandai dengan kepala yang transparan sedangkan spermatozoa mati memiliki kepala berwarna merah karena menyerap larutan eosin.

Evaluasi keutuhan membran plasma spermatozoa (MPU) dilakukan menggunakan metode *hypoosmotic swelling test* (HOST). Sebanyak 10 μl sampel semen dihomogenkan ke dalam 90 μl media yang berisi 0,75 g NaCl, 0,135 g fruktosa, dan 0,737 g trisodium sitrat, dilarutkan dalam air suling hingga volume akhir 100 mL dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Setelah inkubasi, sampel diperiksa di bawah mikroskop dengan perbesaran $400\times$. Spermatozoa yang menunjukkan ekor melingkar diklasifikasikan sebagai memiliki membran plasma yang utuh.

Data hasil evaluasi dianalisis menggunakan metode *one-way analysis of variance* (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$), dilanjutkan dengan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Seluruh analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 27.

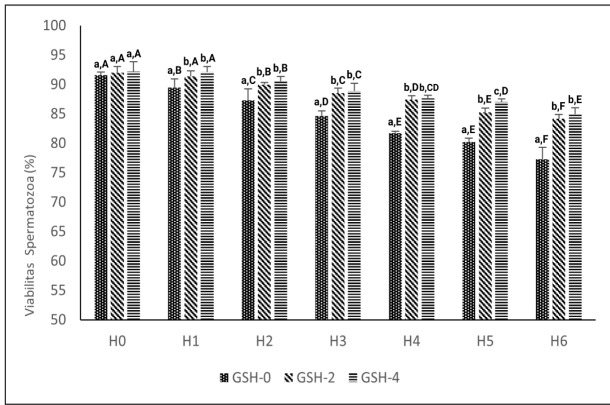
Hasil dan Pembahasan

Motilitas spermatozoa merupakan parameter utama yang digunakan dalam menentukan fertilitas dari semen. Evaluasi motilitas spermatozoa selama masa penyimpanan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Persentase motilitas spermatozoa domba. Semen disimpan dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur tanpa penambahan glutation (GSH-0) serta dengan penambahan glutation konsentrasi 2 mM (GSH-2) dan 4 mM (GSH-4) pada suhu 4°C selama enam hari. Superskrip (a,b,c) pada kelompok hari yang sama dan (A,B,C,D,E,F) pada kelompok perlakuan yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

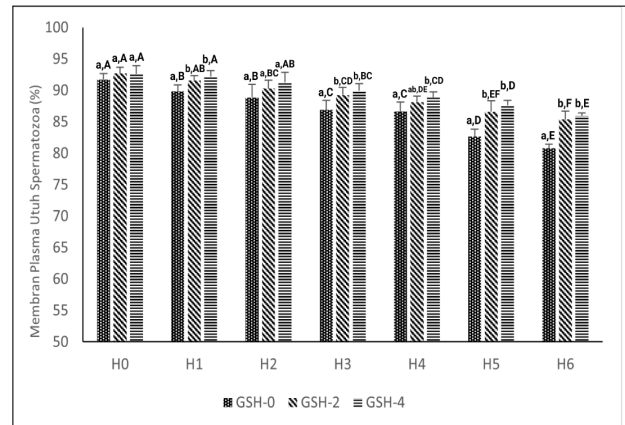
Data yang diperoleh menunjukkan bahwa motilitas spermatozoa mengalami penurunan yang signifikan seiring bertambahnya lama penyimpanan ($P < 0,05$). Persentase motilitas spermatozoa segera setelah pengenceran (H0) tidak terdapat perbedaan signifikan ($P > 0,05$) antar ketiga kelompok perlakuan. Penurunan motilitas pada kelompok kontrol (GSH-0) ditemukan signifikan mulai terjadi sejak hari pertama sampai hari terakhir penyimpanan ($P < 0,05$). Sementara itu, pada kelompok GSH-2, penurunan signifikan juga terjadi sejak hari pertama, namun motilitasnya relatif stabil pada hari kedua sebelum kembali menurun hingga akhir penyimpanan. Kelompok GSH-4 menunjukkan penurunan motilitas yang lebih lambat dari hari pertama hingga hari ketiga, dan relatif stabil mulai hari keempat hingga hari keenam. Penambahan glutation dengan konsentrasi 4 mM (GSH-4) terbukti paling efektif mempertahankan motilitas spermatozoa, dengan rata-rata akhir sebesar $64,00 \pm 2,24\%$. Nilai ini secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok GSH-2 ($53,00 \pm 4,47\%$) dan GSH-0 ($34,00 \pm 4,1\%$). Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Syafitri *et al.*, (2021) yang melaporkan bahwa dosis glutation 1 mM mampu mempertahankan motilitas spermatozoa domba lokal yang disimpan pada suhu 5°C selama 48 jam.



Gambar 2. Persentase viabilitas spermatozoa domba. Semen disimpan dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur tanpa penambahan glutatoin (GSH-0) serta dengan penambahan glutatoin konsentrasi 2 mM (GSH-2) dan 4 mM (GSH-4) pada suhu 4°C selama enam hari. Superskrip (a,b,c) pada kelompok hari yang sama dan (A,B,C,D,E,F) pada kelompok perlakuan yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Viabilitas merupakan indikator penting dalam menilai kualitas dan potensi fertilisasi spermatozoa, yang merepresentasikan daya hidup selama penyimpanan. Viabilitas spermatozoa dinilai melalui pewarnaan eosin-nigrosin. Data viabilitas spermatozoa selama masa penyimpanan ditunjukkan pada Gambar 2. Viabilitas spermatozoa pada kelompok kontrol tanpa penambahan glutatoin (GSH-0) menunjukkan penurunan yang signifikan sejak hari pertama hingga akhir penyimpanan ($P < 0,05$). Sementara, penurunan viabilitas pada kelompok dengan penambahan glutatoin, baik GSH-2 maupun GSH-4, baru mulai terjadi pada hari kedua penyimpanan. Kelompok GSH-2 mengalami penurunan viabilitas secara konsisten hingga hari terakhir penyimpanan. Adapun kelompok GSH-4 menunjukkan penurunan viabilitas yang lebih lambat. Hasil pengujian menunjukkan penambahan glutatoin mampu mempertahankan viabilitas spermatozoa dibandingkan dengan kelompok kontrol ($P < 0,05$). Viabilitas pada kelompok konsentrasi glutatoin 2 mM dan 4 mM tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$). Viabilitas spermatozoa pada hari keenam menunjukkan GSH4 mencapai nilai tertinggi sebesar $84,95 \pm 1,12\%$ yang berbeda nyata dibandingkan dengan GSH-0 sebesar $77,27 \pm 2,00\%$. Hasil penelitian ini sejalan dengan pendapat Yuniar *et al* (2024), yang menyatakan bahwa penambahan antioksidan ke dalam pengencer mampu mengurangi bahaya dari stres oksidatif dan mempertahankan nilai viabilitas.

Evaluasi MPU dilakukan menggunakan media HOST. Data evaluasi keutuhan membran plasma (MPU) spermatozoa disajikan pada Gambar 3.

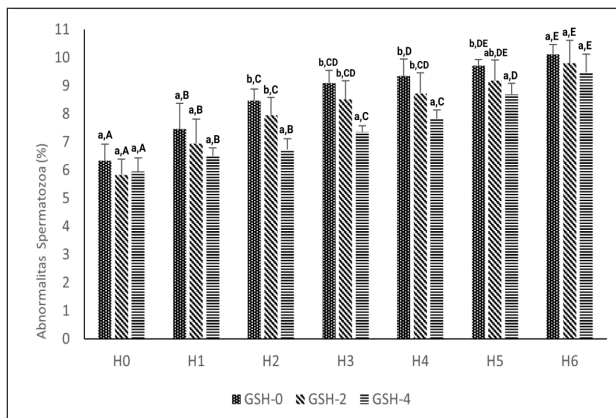


Gambar 3. Persentase MPU spermatozoa domba. Semen disimpan dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur tanpa penambahan glutatoin (GSH-0) serta dengan penambahan glutatoin konsentrasi 2 mM (GSH-2) dan 4 mM (GSH-4) pada suhu 4°C selama enam hari. Superskrip (a,b,c) pada kelompok hari yang sama dan (A,B,C,D,E,F) pada kelompok perlakuan yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kelompok perlakuan tanpa penambahan glutatoin (GSH-0) mengalami penurunan signifikan ($P < 0,05$) sejak hari pertama dan terus menurun hingga hari terakhir. Sementara, penambahan glutatoin pada kelompok GSH-2 dan GSH-4 menunjukkan efek protektif terhadap integritas membran plasma spermatozoa. Penurunan signifikan pada kelompok GSH-2 dan GSH-4 baru terjadi berturut-turut pada hari kedua dan ketiga masa penyimpanan ($P < 0,05$), yang menunjukkan efektivitas antioksidan dalam memperlambat kerusakan membran. Hasil kelompok GSH-4 pada hari terakhir penyimpanan menunjukkan kemampuan terbaik dalam mempertahankan MPU spermatozoa dengan nilai MPU sebesar $85,93 \pm 0,46\%$, diikuti oleh kelompok GSH-2 sebesar $85,39 \pm 1,32$, dan GSH-0 sebesar $80,77 \pm 0,63\%$. Hasil ini mendukung temuan Solihati *et al.*, (2018) yang melaporkan bahwa penambahan 5 mM glutatoin pada pengencer semen domba mampu mempertahankan kualitas MPU spermatozoa dibandingkan dengan pengencer tanpa penambahan glutatoin.

Abnormalitas spermatozoa dihitung berdasarkan jumlah spermatozoa yang mengalami perubahan morfologi. Abnormalitas ini diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu abnormalitas primer dan sekunder. Abnormalitas primer terjadi

selama proses spermatogenesis yang menyebabkan kelainan morfologi, seperti kepala makrosefalik atau mikrosefalik, kepala rangkap, ekor ganda, atau leher melipat. Sementara itu, abnormalitas sekunder terjadi selama proses koleksi dan penyimpanan, yang ditandai dengan keberadaan kepala tanpa ekor atau ekor yang melengkung (Prayogo *et al.*, 2022). Morfologi abnormal pada spermatozoa dihitung berdasarkan defek kepala (makro/mikrosefal), defek bagian tengah (leher tebal/bengkok, sisa sitoplasma), dan defek ekor (pendek, ganda, melingkar/coiled). Data evaluasi abnormalitas spermatozoa disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Persentase abnormalitas spermatozoa domba. Semen disimpan dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur tanpa penambahan glutathione (GSH-0) serta dengan penambahan glutathione konsentrasi 2 mM (GSH-2) dan 4 mM (GSH-4) pada suhu 4°C selama enam hari. Superskrip (a,b,c) pada kelompok hari yang sama dan (A,B,C,D,E,F) pada kelompok perlakuan yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Peningkatan persentase abnormalitas terjadi secara perlahan setiap hari pada seluruh kelompok perlakuan, yang menunjukkan bahwa proses penyimpanan semen secara umum berpengaruh terhadap integritas morfologis spermatozoa. Hasil penelitian pada kelompok tanpa penambahan glutathione (GSH-0) dan kelompok GSH-2, peningkatan baru mulai terlihat sejak hari kedua penyimpanan, sedangkan pada kelompok GSH-4, peningkatan baru mulai terjadi pada hari ketiga. Hasil kelompok GSH-0 pada hari terakhir penyimpanan memiliki nilai abnormalitas tertinggi sebesar $10,12 \pm 0,34\%$, diikuti oleh GSH-2 sebesar $9,80 \pm 0,82\%$, dan GSH-4 dengan nilai abnormalitas terendah sebesar $9,47 \pm 0,66\%$. Berdasarkan hasil tersebut, penambahan glutathione belum menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam menekan peningkatan nilai abnormalitas selama penyimpanan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Solihati *et al.*, (2020), yang melaporkan bahwa penambahan glutathione pada semen kambing tidak memberikan pengaruh nyata terhadap abnormalitas spermatozoa. Nilai abnormalitas pada seluruh perlakuan pada hari terakhir penyimpanan masih berada dalam batas aman untuk digunakan dalam prosedur IB, yaitu kurang dari 20% (Dwitarizki *et al.*, 2015).

Penambahan glutathione sebesar 4 mM (GSH-4) ke dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur terbukti paling efektif dalam mempertahankan kualitas spermatozoa selama penyimpanan pada suhu dingin. Selama proses penyimpanan tersebut, metabolisme spermatozoa tetap berlangsung dan menghasilkan produk sampingan berupa ROS dan asam laktat. Akumulasi ROS—seperti superoksida (O_2^-), hidroksil (OH^\cdot), dan peroksid (ROO^\cdot), dapat memicu peroksidasi lipid yang merusak struktur membran plasma spermatozoa. Membran plasma tersebut tersusun atas fosfolipid, glikolipid, dan kolesterol, dengan kandungan asam lemak tak jenuh yang sangat rentan mengalami oksidasi penyimpanan (Hariono *et al.*, 2022). Berdasarkan aspek fisiologis, penyimpanan jangka panjang menyebabkan penurunan motilitas dan viabilitas, disertai peningkatan abnormalitas morfologi, seperti deformasi kepala dan kerusakan akrosom (Perumal *et al.*, 2023). Sementara itu, secara biokimia, stres oksidatif berkepanjangan dapat merusak integritas membran sel dan menurunkan aktivitas antioksidan endogen (Li *et al.*, 2023).

Penambahan antioksidan eksogen seperti glutathione menjadi strategi penting dalam mencegah kerusakan tersebut. Berdasarkan mekanisme kerjanya dalam menghambat dampak negatif senyawa oksidan, antioksidan diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu antioksidan pencegah akumulasi ROS dan antioksidan pemutus rantai reaksi radikal bebas. Glutathione merupakan kelompok pertama dan berperan mencegah terjadinya peroksidasi lipid pada membran sel. Menurut Adeoye *et al.*, (2018), mekanisme perlindungan glutathione terhadap ROS dimediasi oleh dua enzim utama, yaitu glutathione peroksidase (GPx) dan glutathione reduktase (GR). Glutathione peroksidase dalam jaringan tubuh bekerja bersama GSH untuk mereduksi senyawa peroksida, seperti hidrogen peroksida (H_2O_2) dan lipid peroksida. Reaksi ini menghasilkan GSSG sebagai produk oksidasi GSH. Selanjutnya, GSSG akan direduksi kembali menjadi GSH oleh enzim GR dengan bantuan koenzim *nicotinamide adenine*

dinucleotide phosphate dalam bentuk tereduksi NADPH. Proses ini merupakan bagian dari sistem pertahanan antioksidan yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan redoks di dalam sel. Selain itu, reaksi detoksifikasi yang melibatkan glutathion juga berkontribusi dalam mengubah senyawa radikal bebas dari hasil metabolit fase 1 (reaksi oksidasi, reduksi, dan hidrolisis) menjadi senyawa yang lebih polar, mudah larut dalam air, bersifat non-toksik, dan secara fisiologis tidak aktif (Giustarini *et al.*, 2023).

Kesimpulan

Penambahan glutathion pada konsentrasi 4 mM ke dalam pengencer komersial berbasis tris kuning telur paling efektif dalam mempertahankan kualitas spermatozoa dalam penyimpanan pada suhu 4 °C selama enam hari.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Unit Rehabilitasi dan Reproduksi, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis IPB untuk sampel semen domba yang digunakan dalam penelitian ini

Daftar Pustaka

- Adeoye, O., Olawumi, J., Opeyemi, A., Christiana, O. (2018). Review on the Role of Glutathione on Oxidative Stress and Infertility. *Jornal Brasileiro De Reproducao Assistida*. 22 (1): 61-66. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20180003>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Peternakan dalam Angka 2024 – Volume 9*. BPS – Statistics Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. SNI 4869.3:2014 Semen beku – Bagian 3: Kambing dan Domba. Kementerian Pertanian.
- Dwitarizki, N.D., Ismaya., Asmarawati, W. (2015). Pengaruh Pengenceran Sperma dengan Air Kelapa dan Aras Kuning Telur Itik serta Lama Penyimpanan Terhadap Motiadlitas dan Viabilitas Spermatozoa Domba Garut pada Penyimpanan 5 °C. *Buletin Peternakan*. 39 (3): 149-156. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v39i3.7979>
- Fadlilah, A.R., Lestari, K. (2023). Review: Peran Antioksidan dalam Imunitas Tubuh. *Farmaka*. 21 (2): 171-178. <https://doi.org/10.24198/farmaka.v21i2.45929.g20625>
- Gibbons, A.E., Fernandez, J., Bruno-Galarraga, M.M., Spinelli, M.V., Cuetto, M.I. (2019). Technical Recommendations for Artificial Insemination in Sheep. *Animal Reproduction*. 16 (4): 803-809. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0129>
- Giustarini, D., Milzani, A., Dall-Donne, I., Rossi, R. (2023). How to Increase Cellular Glutathione. *Antioxidant*. 12 (1094): 1-20. <https://doi.org/10.3390/antiox12051094>
- Hariono, Ulum, M.F., Kaiin, E.M., Karja, N.W.K. (2022). Karakteristik Spermatozoa Domba yang Diinkubasi dalam Medium Fertilisasi dengan Waktu dan Konsentrasi Berbeda. *Acta Veterinaria Indonesiana*. 10 (3): 201-210. <https://doi.org/10.29244/avi.10.3.201-210>
- Iskandari, N.N., Madyawati, S.P., Wibawati, P.A., Suprayogi, T.W., Prastiya, R.A., Agustono, B. (2020). Perbandingan Pengencer Tris Kuning Telur dan Susu Skim Kuning Telur terhadap Persentase Motilitas, Viabilitas dan Integritas Membran Plasma Spermatozoa Kambing Sapera pada Penyimpanan Suhu 5 °C. *Jurnal Medik Veteriner*. 3 (2): 196-202. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol3.iss2.2020.196-202>
- Li, Z., Sun, J., Li, K., Qin, J., Sun, Y., Zeng, J., El-Ashram, S., Zhao, Y. (2023). Metabolomic Analysis Reveals Spermatozoa and Seminal Plasma Differences Between Duroc and Liang Guang Small-Spotted Pig. *Frontiers In Veterinary Science*. 6 (9): 1-12. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1078928>
- Perumal, P., Jai, S., Bhattacharya, D., Nahak, A.K., Vikram, R., Chakurkar, E.B. (2023). Seasonal Stress on Semen Quality Profiles, Seminal Biochemical and Oxidative Stress Attributes in Endangered Teressa Goat of Andaman and Nicobar Islands. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 12 (6): 288-298. <http://dx.doi.org/10.4103/2305-0500.390304>
- Prastiwi, T., Prasetyaningtyas, W.E., Karja, N.W.K. (2021). Penambahan á-tocopherol sebagai Antioksidan pada Pengencer Tris Kuning Telur Spermatozoa Kucing pada Suhu 4°C. *Jurnal Veteriner*. 22 (4): 456-465. <http://dx.doi.org/10.19087/jveteriner.2021.22.4.456>
- Prayogo, D., Susilowati, S., Prastiya, R.A., Safitri, E., Agustono, B. (2022). Difference Time Effect of Equilibration Before Freezing on the

- Quality of Spermatozoa Sapera Goats Using Egg Yellow Tris. *Jurnal Medik Veteriner*. 5 (2): 188-195. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol5.iss2.2022.188-195>
- Siregar, A.F., Fahrudin, M., Karja, N.W.K., Prasetyaningtyas, W.E. (2023). Quality of Chilled Ram Semen in Tris Egg Yolk Extender Added with Different Concentrations of Glutamine. *Jurnal Riset Veteriner Indonesia*. 7 (2): 15–26. <https://doi.org/10.20956/jrvi.v7i2.22034>
- Solihati, N., Rasad, S.D., Fozia, E.N., Wigiyanti, E.T. (2018). Semen Quality of Post- Thawed Local Ram's in Tris-Egg Yolk Extender with Different Glutathione Level. *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*. 11 (9): 1-8. [10.1088/1755-1315/119/1/012034](https://doi.org/10.1088/1755-1315/119/1/012034)
- Solihati, N., Rasad, S.D., Kustini, T. (2020). Pengaruh Penambahan Antioksidan terhadap Kualitas Semen Cair Domba Lokal Umur Pubertas. *Jurnal Produksi Ternak Terapan*. 1 (1): 28-34. <https://doi.org/10.24198/jppt.v1i1.27647>
- Stefanus, A.C., Suharyati, S., Siswanto, Hartono, M. (2021). Penggunaan Berbagai Macam Bahan Pengencer terhadap Kualitas Semen Hasil Sexing pada Kambing Boer. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*. 5 (3): 187-194. <https://doi.org/10.23960/jrip.2021.5.3.187-194>
- Syafitri, M., Prabowo, T.A., Sitaresmi, P.I., Yusiati, L.M., Bintara, S., Widayati, D.T. (2021). The Effect of Glutathione Addition in Diluent Semen on Ram Spermatozoa Quality. *Advances in Biological Sciences Research, volume 18. 9th International Seminar on Tropical Animal Production (ISTAP 2021)*. pp 251–255. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220207.052>
- Triyaningrum, Fahrudin, M., Karja, N.W.K., Prasetyaningtyas, W.E. (2024). The Quality of Chilled Ram Semen After Storage in Extender with Addition of Melatonin at 4°C. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 18 (1): 34-39. <https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.21157/j.ked.hewan.v18i1.34649?domain=https://jurnal.usk.ac.id>
- Wulandari, I.A., Prihatno, S.A. (2014). Pengaruh berbagai Temperatur Thawing Semen Beku terhadap Keberhasilan Inseminasi Buatan pada Sapi Potong. *Jurnal Sain Veteriner*. 32 (1): 40-46. <https://doi.org/10.20961/lar.v20i3.63170>
- Yekti, A.P.A., Setiawan, R.E.R., Rachmawati, A., Susilawati, T. (2023). Kualitas Semen Beku Sapi Limousin Setelah Thawing Menggunakan Air Dingin dengan Lama Waktu yang Berbeda. *Jurnal Agripet*. 23 (1): 25-32. <https://doi.org/10.17969/agripet.v23i1.23331>
- Yuniar, R.M., Kusumawati, A., Setyawan, E.M.N. (2024). Efek Penambahan Antioksidan Selenium, Kurkumin dan Kombinasinya terhadap Motilitas, Recovery Rate dan Viabilitas Spermatozoa pada Kriopreservasi Semen Sapi Peranakan Ongole. *Jurnal Sain Veteriner*. 42 (3): 389-399. <https://doi.org/10.22146/jsv.85255>