

PENGARUH PENAMBAHAN SARI BUAH TOMAT (*Solanum lycopersicum*) DALAM PENGECER TRIS KUNING TELUR TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA SAPI BALI SELAMA PENYIMPANAN

(Skripsi)

Oleh

**Nanda Enggar Ferdian
2214141035**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SARI BUAH TOMAT (*Solanum lycopersicum*) DALAM PENGECER TRIS KUNING TELUR TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA SAPI BALI SELAMA PENYIMPANAN

Oleh

Nanda Enggar Ferdian

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur terhadap kualitas spermatozoa sapi bali selama penyimpanan, serta menentukan perlakuan terbaiknya. Penelitian ini telah dilaksanakan pada November–Desember 2025 di UPTD BIBD Provinsi Lampung. Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan, yaitu P0 (Tris Kuning Telur 100 ml), P1 (Tris Kuning Telur 100 ml + 10 ml Sari Buah Tomat), P2 (Tris Kuning Telur 100 ml + 20 ml Sari Buah Tomat), dan P3 (Tris Kuning Telur 100 ml + 30 ml Sari Buah Tomat), parameter yang diamati meliputi motilitas, viabilitas, dan abnormalitas spermatozoa pascapengenceran. Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (Anova) pada taraf 1% dan atau 5% dan dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk peubah yang berbeda nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sari buah tomat dalam pengencer tris kuning telur sangat berpengaruh nyata ($P < 0,01$) terhadap motilitas dan viabilitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-4, ke-6, dan ke-8 pascapengenceran, namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) pada jam penyimpanan ke-0 dan ke-2. Hasil dari penambahan sari buah tomat berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap abnormalitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-6, sedangkan pada jam penyimpanan ke-0, ke-2, ke-4 dan ke-8 tidak menunjukkan pengaruh yang nyata ($P > 0,05$). Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan sari buah tomat dengan penambahan 20 ml di dalam 100 ml pengencer terbukti memberikan hasil terbaik dalam mempertahankan motilitas ($48,75 \pm 2,50\%$), dan viabilitas ($56,16 \pm 0,51\%$), serta menekan peningkatan abnormalitas ($15,35 \pm 0,17\%$) spermatozoa sapi Bali pascapengenceran setelah penyimpanan selama 8 jam.

Kata Kunci: Sapi Bali, sari buah tomat, spermatozoa, tris kuning telur

ABSTRACT

EFFECT OF ADDING TOMATO JUICE (*Solanum lycopersicum*) IN EGG YOLK TRIS DILUTION ON THE QUALITY OF SPERMATOZOA OF BALINESE BULL DURING STORAGE

By

Nanda Enggar Ferdian

This study aims to determine the effect of adding tomato juice (*Solanum lycopersicum*) in egg yolk tris diluent on the quality of spermatozoa of Balinese Bull during storage, as well as determine the best dose. This research has been carried out in November–December 2025 at UPTD BIBD Lampung Province. This study was conducted using a Complete Random Design (RAL) with 4 treatments and 4 replicates, namely P0 (Egg Yolk Tris 100 ml), P1 (Egg Yolk Tris 100 ml + 10 ml Tomato Juice), P2 (Egg Yolk Tris 100 ml + 20 ml Tomato Juice), and P3 (Egg Yolk Tris 100 ml + 30 ml Tomato Juice), the observed parameters include motility, viability, and abnormalities of spermatozoa after infertilization. The data was analyzed using *Analysis of Variance* (ANOVA) at the level of 1% and/or 5% and followed by the Smallest Real Difference (BNT) follow-up test. The results showed that the addition of tomato juice in egg yolk tris dilution had a very pronounced effect ($P < 0.01$) on spermatozoa motility and viability at the 4th, 6th, and 8th storage hours after dilution, but had no significant effect ($P > 0.05$) on the 0th and 2nd storage hours. The results of the addition of tomato juice had a significant effect ($P < 0.05$) on spermatozoa abnormalities at the 6th storage hour, while at the 0th, 2nd, 4th and 8th storage hours showed no real effect ($P > 0.05$). The results of the study can be concluded that the addition of tomato juice with a concentration of 20 ml in 100 ml of dilution was proven to provide the best results in maintaining motility ($48,75 \pm 2,50\%$), and viability ($56,16 \pm 0,51\%$), as well as suppressing the increase in abnormalities ($15,35 \pm 0,17\%$) of Balinese cow spermatozoa after dilution after storage for 8 hours.

Keywords : Balinese bull, tomato juice, spermatozoa, egg yolk tris

PENGARUH PENAMBAHAN SARI BUAH TOMAT (*Solanum lycopersicum*) DALAM PENGECER TRIS KUNING TELUR TERHADAP KUALITAS SPERMATOZOA SAPI BALI SELAMA PENYIMPANAN

Oleh

NANDA ENGGAR FERDIAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PETERNAKAN**

pada

**Jurusan Peternakan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Pengaruh Penambahan Sari Buah Tomat (*Solanum Lycopersicum*) dalam Pengencer Tris Kuning Telur terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Bali Selama Penyimpanan**

Nama : **Nanda Enggar Ferdian**

NPM : **2214141035**

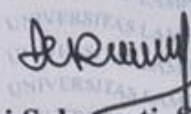
Jurusan : **Peternakan**

Fakultas : **Pertanian**

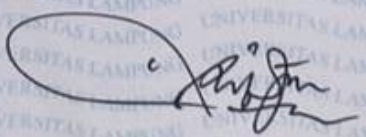


1. Komisi Pembimbing


drh. Madi Hartono, M.P.
NIP 196607081992031004


Sri Suharyati, S.Pt., M.P.
NIP 196807281994022002

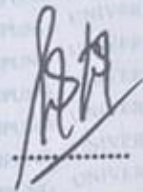
2. Ketua Jurusan Peternakan

 17/6 '26
Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si., IPU.
NIP 196706031993031002

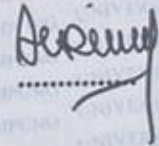
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Ketua : drh. Madi Hartono, M.P.

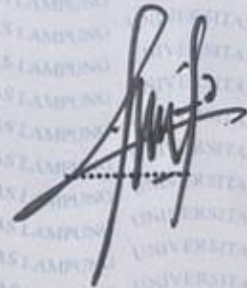


Sekretaris : Sri Suharyati, S.Pt., M.P.



Penguji

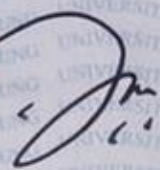
Bukan Pembimbing : Siswanto, S.Pt., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. H. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP.196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Mei 2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nanda Enggar Ferdian

NPM : 2214141035

Program Studi : Peternakan

Jurusan : Peternakan

Fakultas : Pertanian

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ Pengaruh Penambahan Sari Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam Pengencer Tris Kuning Telur terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Bali Selama Penyimpanan” tersebut adalah benar hasil penelitian saya sendiri yang disusun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup dituntut berdasarkan undang-undang dan peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026
Yang Membuat Pernyataan,



Nanda Enggar Ferdian
NPM. 221414103

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Bumi Nabung Timur, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada 23 September 2004 dengan nama lengkap Nanda Enggar Ferdian. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari keluarga Bapak Surbini dan Ibu Sri Lestari. Pendidikan formal yang telah diselesaikan penulis adalah pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah (MI) Nurul Ihsan Bumi Nabung Timur, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah pada 2016; MTS Muhamadiyah 1 Bumi Nabung, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah pada 2019; SMA Negeri 1 Rumbia, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah pada 2022, dan penulis resmi dinyatakan sebagai mahasiswa Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada 2022 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Praktik Umum pada Juli–Agustus 2025 di Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari (BBIB Singosari) Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari–Februari 2025 di Desa Gaya Baru Enam, Kecamatan Seputih Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, dan melaksanakan penelitian pada November–Desember 2025 di Balai Inseminasi Buatan Daerah (BIBD) Provinsi Lampung.

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya
Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa)
dari (kejahatan) yang diperbuatnya"

(Q.S Al-Baqarah:286)

"Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa
sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan"

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

"Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan
pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah
melewatkanmu"

(Umar Bin Khattab)

"Apapun yang sudah terjadi dalam hidupmu, jangan katakan "seandainya", tapi
katakan "Qadarullah" karna semua yang terjadi adalah takdir dan takdir Allah itu
selalu baik, karna Allah itu maha baik"

(Ustadz Hanan Attaki)

"Long story short, I survived. Alhamdulillah"

(Nanda)

PERSEMBAHAN

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Saya persembahkan sebuah karya yang penuh perjuangan untuk kedua orang tua saya tercinta Mak dan Bapak, serta Mamas dan Mba yang telah membesarkan, memberikan kasih sayang yang paling tulus, senantiasa mendoakan anak anaknya, dan membimbing dengan penuh cinta dan kesabaran.

Keluarga besar dan teman-teman seperjuangan untuk semua doa, dukungan, motivasi, semangat, dan kasih sayang yang telah diberikan.

Seluruh guru dan dosen, saya ucapkan terima kasih untuk segala ilmu berharga yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat selesai.

Serta

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini banyak pihak yang berperan, memberikan bantuan, bimbingan, dan petunjuk. Oleh sebab itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.—selaku Dekan Fakultas Pertanian—yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi;
2. Bapak Dr. Ir. Arif Qisthon, M.Si., IPU.—selaku Ketua Jurusan Peternakan—yang telah memberikan saran serta motivasi kepada penulis;
3. Bapak drh. Madi Hartono, M.P.—selaku Pembimbing Utama—yang telah memberikan saran, ide, ilmu, bimbingan, serta motivasi kepada penulis;
4. Ibu Sri Suharyati, S.Pt., M.P.— selaku Ketua Program Studi Peternakan sekaligus Dosen Pembimbing Anggota—yang telah memberikan saran, ide, bimbingan, kesempatan, motivasi serta sponsor kepada penulis;
5. Bapak Siswanto, S.Pt., M.Si.—selaku Pembahas—atas kritik, saran, bimbingan, nasihat, dan ilmu yang diberikan selama penyusunan skripsi;
6. Ibu Dr. Ir. Rr. Riyanti, M.P.—selaku Pembimbing Akademik—atas bimbingan dan saran yang membangun selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi;
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Jurusan Peternakan—atas ilmu, bimbingan, kritik, saran, motivasi, nasihat, dan saran yang diberikan;
8. Ibu Murtiawan, S.Pt dan seluruh petugas UPTD BIBD Provinsi Lampung— atas bantuan, ilmu, serta kerja sama saat penelitian;

9. Kedua orang tuaku tercinta Mama, Bapak, Mamas, Keluarga—yang selalu memberikan motivasi, curahan kasih sayang, nasihat, dukungan, dan do'a tulus yang selalu tercurah tiada henti bagi penulis;
10. Teman seperjuangan tim penelitian Sidik Nurhermawan, Surya Laga, Bilham Maulana A., Suprihatin, dan Luthfifah Hanifatu Zahra—atas bantuan, kerjasama, dan loyalitasnya;
11. Teman-teman seperjuangan, Kadek Laksmama D.S., Adithia Revin Damara, Bambang W Panggabean, Rizki Firmansyah, Dimas Wahyu Mardianto—selaku Teman Dekat penulis—yang sangat sabar menuruti keinginan penulis, pundak dan telinganya selalu siap sedia untuk penulis;
12. Teman-teman goes to singosari, Bilham Maulana A., Ahmad Novianto, Komang Julia Darma, Wisda Faouri S., Nazalul Alvin, Khoirul Anwar, Aji Bayu N., Prestino Septiantoro, Ridho Abdhul Aziz dan Dimas Fajar K.—selaku teman Praktik Umum penulis—atas support yang diberikan kepada penulis;
13. Teman-teman angkatan 2022 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu—atas kerjasama, dorongan, semangat, dan rasa persaudaraan yang diberikan;
14. Kepada pihak yang tidak bisa saya sebutkan, terimakasih telah menemani dan memberikan semangat di penghujung perjalanan saya menuju cita-cita. Walau tak dapat dipungkiri terkadang rasa sedih kerap kali datang dan menjadi kendala tersendiri;

Akhir kata, semoga semua yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dan rahmat dari Allah SWT, dan penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya. Aamiin.

Bandar Lampung, 29 Januari 2026
Penulis

Nanda Enggar Ferdian

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
1.5 Hipotesis Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sapi Bali (<i>Bos sondaicus</i>).....	6
2.1.1 Sejarah sapi Bali.....	6
2.1.2 Karakteristik morfologi dan fisiologi.....	6
2.1.3 Populasi dan distribusi	8
2.1.4 Peran sapi bali dalam ketahanan pangan nasional	9
2.2 Spermatozoa dan Kualitas Semen	10
2.2.1 Struktur dan fungsi spermatozoa.....	10
2.2.2 Parameter kualitas semen.....	11
2.2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas semen	13
2.3 Pengencer Semen	13
2.3.1 Definisi dan fungsi pengencer.....	13
2.3.2 Komponen utama pengencer.....	15
2.3.3 Pengencer tris kuning telur (TKT)	16
2.3.4 Alternatif pengencer alami	17
2.4 Radikal Bebas dan Peran Antioksidan.....	18
2.4.1 Radikal bebas (<i>Reactive Oxygen Species</i>).....	18

2.4.2 Dampak radikal bebas terhadap spermatozoa	19
2.4.3 Peran antioksidan dalam reproduksi	19
2.4.4 Jenis antioksidan yang digunakan dalam pengenceran semen....	20
2.4.5 Relevansi antioksidan alami dalam penelitian	21
2.5 Sari Buah Tomat (<i>Solanamun lycopersicum</i>)	22
2.5.1 Morfologi dan kandungan gizi buah tomat	22
2.5.2 Likopen sebagai antioksidan utama	24
2.5.3 Vitamin C dan senyawa bioaktif lain	25
2.5.4 Pemanfaatan sari buah tomat dalam reproduksi ternak.....	27
2.5.5 Relevansi penggunaan sari buah tomat dalam penelitian	28
III. METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.2.1 Alat	29
3.2.2 Bahan.....	29
3.3 Metode Penelitian.....	30
3.4 Pelaksanaan Penelitian	30
3.4.1 Penampungan semen.....	31
3.4.2 Evaluasi semen segar	31
3.4.3 Pembuatan pengencer tris kuning telur	35
3.4.4 Pembuatan sari buah tomat	36
3.4.5 Pengenceran semen	37
3.4.6 Pemeriksaan motilitas spermatozoa pascapengenceran	37
3.4.7 Pemeriksaan viabilitas spermatozoa pascapengenceran	38
3.4.8 Pemeriksaan abnormalitas spermatozoa pascapengenceran	38
3.5 Peubah yang Diamati.....	39
3.6 Analisis Data.....	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Karakteristik Semen Segar Sapi Bali	40
4.2 Pengaruh Perlakuan terhadap Motilitas Spermatozoa.....	43
4.3 Pengaruh Perlakuan terhadap Viabilitas Spermatozoa	51
4.4 Pengaruh Perlakuan terhadap Abnormalitas Spermatozoa.....	59

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi <i>buffer</i> antibiotik.....	35
2. Komposisi <i>buffer</i> tris.....	35
3. Komposisi pengencer tris kuning telur.....	36
4. Perlakuan pengencer.....	36
5. Karakteristik semen segar sapi Bali.....	40
6. Rata-rata persentase motilitas spermatozoa pascapengenceran.....	43
7. Rata-rata persentase viabilitas spermatozoa pascapengenceran.....	51
8. Rata-rata persentase abnormalitas spermatozoa pascapengenceran....	59
9. Hasil Anova motilitas jam ke-0 pascapengenceran.....	72
10. Hasil Anova motilitas jam ke-2 pascapengenceran.....	72
11. Hasil Anova motilitas jam ke-4 pascapengenceran.....	73
12. Hasil Anova motilitas jam ke-6 pascapengenceran.....	73
13. Hasil Anova motilitas jam ke-8 pascapengenceran.....	74
14. Hasil Anova viabilitas jam ke-0 pascapengenceran.....	74
15. Hasil Anova viabilitas jam ke-2 pascapengenceran.....	75
16. Hasil Anova viabilitas jam ke-4 pascapengenceran.....	75
17. Hasil Anova viabilitas jam ke-6 pascapengenceran.....	76
18. Hasil Anova viabilitas jam ke-8 pascapengenceran.....	76
19. Hasil Anova abnormalitas jam ke-0 pascapengenceran.....	77
20. Hasil Anova abnormalitas jam ke-2 pascapengenceran.....	77
21. Hasil Anova abnormalitas jam ke-4 pascapengenceran.....	78
22. Hasil Anova abnormalitas jam ke-6 pascapengenceran.....	78
23. Hasil Anova abnormalitas jam ke-8 pascapengenceran.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sapi Bali.....	7
2. Buah tomat.....	22
3. Alur penelitian.....	30
4. Penampungan semen sapi Bali.....	80
5. Pembuatan pengencer.....	80
6. Pengukuran pH semen segar.....	81
7. Pemeriksaan viabilitas spermatozoa.....	81
8. Pemeriksaan abnormalitas spermatozoa.....	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sapi Bali (*Bos sondaicus*) dikenal sebagai salah satu plasma nutfah asli Indonesia yang keberadaannya sudah diakui secara resmi oleh dinas pertanian melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 394/Kpts/OT.210/6/1992. Jumlah populasi sapi Bali di Indonesia cukup lumayan besar, yakni sekitar 5,3 juta ekor pada tahun 2022 atau 27% dari jumlah total sapi potong nasional (Badan Pusat Statistik, 2022). Keunggulan sapi Bali terletak pada efisiensi penggunaan pakan, tingkat kesuburan yang relatif baik, serta kemampuan adaptasi yang tinggi di wilayah tropis (Tethool *et al.*, 2022).

Keberadaan sapi Bali di Provinsi Lampung, juga memiliki banyak peranan penting. Data Badan Pusat Statistik (2022) mencatat populasi sapi potong sebanyak 764.000 ekor, dan sebagian besar di antaranya adalah sapi Bali. Lampung bahkan menjadi salah satu sentra produksi ternak yang memasok kebutuhan daging ke wilayah Jabodetabek serta Sumatera bagian selatan. Oleh sebab itu, peningkatan produktivitas dan kualitas reproduksi sapi Bali di daerah ini menjadi salah satu langkah strategis dalam mendukung program ketahanan pangan nasional.

Salah satu upaya yang gencar dilakukan untuk meningkatkan jenis populasi sapi Bali adalah melalui program inseminasi buatan (IB). Teknologi ini terbukti efisien dalam memperbaiki mutu genetik sekaligus mempercepat peningkatan angka populasi. Data Ditjen PKH (2021) melaporkan lebih dari 7 juta akseptor

mendapatkan pelayanan IB per tahun dengan tingkat kebuntingan sekitar 65–70%. Angka tersebut sudah cukup baik, namun masih dapat ditingkatkan. Salah satu kendala yang sering dihadapi adalah penurunan kualitas semen selama penyimpanan (Fazrien *et al.*, 2020).

Kualitas semen menurun terutama akibat terbentuknya radikal bebas (*Reactive Oxygen Species/ROS*) ketika disimpan pada suhu rendah. ROS memicu kerusakan membran melalui proses lipid peroksidasi, yang akhirnya menurunkan motilitas, viabilitas, dan meningkatkan abnormalitas spermatozoa (Fazrien *et al.*, 2020). Untuk mengatasi hal ini, biasanya digunakan pengencer semen, salah satunya Tris Kuning Telur (TKT). Komponen fruktosa pada TKT berfungsi sebagai sumber energi, sementara kuning telur melindungi membran sel (Hidayati *et al.*, 2015). Akan tetapi, kemampuan TKT dalam menangkal stres oksidatif masih terbatas.

Beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas penambahan antioksidan pada pengencer. Vitamin C, misalnya, mampu mempertahankan viabilitas spermatozoa sapi Bali (Savitri *et al.*, 2014). Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu sumber antioksidan alami yang potensial. Kandungan likopen, vitamin C, β -karoten, dan flavonoid di dalamnya berfungsi melawan radikal bebas (Safa'atin *et al.*, 2024). Penelitian yang dilakukan Meo *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penambahan sari tomat dalam pengencer TKT mampu meningkatkan motilitas dan viabilitas spermatozoa sapi Angus. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Safa'atin *et al.* (2024), bahwa penggunaan 20% sari tomat pada pengencer sitrat kuning telur meningkatkan kualitas spermatozoa sekaligus memperbaiki tingkat kebuntingan pada domba ekor tipis.

Sampai saat ini belum ada dilakukannya penelitian yang dilakukan tentang penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) yang ditambahkan pada pengencer tris kuning telur pada semen sapi Bali. Untuk itu perlu dilakukannya penelitian untuk mengetahui penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur pada sapi Bali selama penyimpanan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur terhadap motilitas, viabilitas, abnormalitas spermatozoa pada sapi Bali selama penyimpanan;
2. Mengetahui perlakuan terbaik penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur terhadap motilitas, viabilitas, abnormalitas spermatozoa pada sapi Bali selama penyimpanan.

1.3 Manfaat Penelitian

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur di bidang reproduksi ternak, khususnya mengenai pemanfaatan tomat sebagai antioksidan alami untuk mempertahankan kualitas semen selama penyimpanan. Sementara itu, manfaat praktis dari penelitian ini adalah tersedianya alternatif bahan pengencer semen berbasis lokal yang murah, mudah ditemukan, dan ramah lingkungan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi terhadap peningkatan keberhasilan program inseminasi buatan pada sapi Bali dan mendukung ketahanan pangan nasional.

1.4 Kerangka Pemikiran

Sapi Bali merupakan salah satu plasma nutfah asli Indonesia yang memiliki keunggulan berupa efisiensi reproduksi tinggi, daya adaptasi baik terhadap lingkungan tropis, serta kualitas karkas yang kompetitif (Ditjen PKH, 2022). Namun, peningkatan populasi sapi Bali melalui program inseminasi buatan masih menghadapi kendala berupa penurunan kualitas semen selama penyimpanan. Faktor utama yang menyebabkan penurunan ini adalah meningkatnya produksi radikal bebas (*Reactive Oxygen Species/ROS*) yang mengakibatkan stres, sehingga berdampak pada penurunan motilitas, viabilitas, serta peningkatan abnormalitas spermatozoa (Feradis, 2010; Ogbuewu *et al.*, 2010). Untuk

mempertahankan kualitas spermatozoa selama penyimpanan, penggunaan pengencer semen sangat diperlukan. Salah satu pengencer yang umum digunakan adalah Tris Kuning Telur (TKT), karena mampu menyediakan energi, *Buffer*, dan melindungi membran plasma spermatozoa. Namun, kelemahan pengencer TKT adalah belum optimal dalam mengatasi kerusakan akibat stres oksidatif (Hidayati *et al.*, 2015; Pratiwi *et al.*, 2014). Oleh karena itu, diperlukan tambahan bahan aditif berupa antioksidan untuk meningkatkan efektivitas pengencer.

Berbagai penelitian telah melaporkan efektivitas penggunaan antioksidan alami dalam pengencer semen. Penambahan *quercetin* pada pengencer kambing terbukti memperbaiki viabilitas dan menurunkan abnormalitas spermatozoa (Batool *et al.*, 2024). Sedangkan ekstrak *Kaempferia parviflora* dilaporkan meningkatkan motilitas progresif spermatozoa sapi lokal (Loetjettanarom *et al.*, 2025). *Punicalagin* dan *oleuropein* pada pengencer Tris juga terbukti efektif dalam melindungi spermatozoa domba dari kerusakan oksidatif (Eldeen *et al.*, 2025). Temuan ini mengindikasikan bahwa penambahan antioksidan alami pada pengencer semen merupakan strategi potensial untuk mempertahankan kualitas spermatozoa.

Buah tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu sumber antioksidan alami yang mudah diperoleh, murah, dan kaya akan likopen, vitamin C, β -karoten, serta flavonoid. Senyawa-senyawa ini bekerja secara sinergis dalam menetralkan radikal bebas, mencegah peroksidasi lipid, menjaga integritas DNA, serta mendukung fungsi mitokondria spermatozoa. Penelitian yang dilakukan Meo *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penambahan sari tomat dalam pengencer TKT mampu meningkatkan motilitas dan viabilitas spermatozoa sapi Angus. Temuan ini juga dilaporkan oleh Safa'atin *et al.* (2024), bahwa penggunaan 20% sari tomat pada pengencer sitrat kuning telur meningkatkan kualitas spermatozoa sekaligus memperbaiki tingkat kebuntingan pada domba ekor tipis. Penelitian Riyanto *et al.* (2018) menunjukkan bahwa kombinasi tomat dengan *zinc* dapat meningkatkan motilitas sperma tikus, sedangkan Kumar *et al.* (2024) menemukan adanya efek sinergis antara vitamin C dan likopen terhadap kualitas spermatozoa.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Terdapat pengaruh penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur terhadap motilitas, viabilitas, abnormalitas spermatozoa pada sapi Bali selama penyimpanan;
2. Terdapat perlakuan terbaik penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur yang dapat mempertahankan terhadap motilitas, viabilitas, abnormalitas spermatozoa pada sapi Bali selama penyimpanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sapi Bali (*Bos sondaicus*)

2.1.1 Sejarah sapi Bali

Sapi Bali merupakan hasil domestikasi banteng (*Bos javanicus*), yang dilakukan ratusan tahun lalu oleh masyarakat di Pulau Bali dan sekitarnya. Proses domestikasi ini menghasilkan sapi yang memiliki sifat genetik relatif stabil, dengan karakteristik morfologi dan fisiologi yang masih mirip banteng liar (Tethool *et al.*, 2022). Pemerintah Indonesia menetapkan sapi Bali sebagai plasma nutfah asli Indonesia melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 394/Kpts/OT.210/6/1992. Status ini menjadikan sapi Bali sebagai salah satu sumber daya genetik ternak penting yang harus dilestarikan dan dikembangkan.

Selain sebagai plasma nutfah, sapi Bali juga memiliki nilai ekonomi tinggi. Jenis ini banyak digunakan dalam program persilangan dengan sapi impor untuk meningkatkan produktivitas daging sekaligus menjaga daya adaptasi lingkungan tropis (Fazrien *et al.*, 2020).

2.1.2 Karakteristik morfologi dan fisiologi

Sapi Bali memiliki ciri khas morfologi yang sangat membedakannya dari sapi lokal lain. Warna tubuh betina dan jantan muda umumnya cokelat kemerahan, sedangkan pada jantan dewasa akan berubah menjadi lebih gelap atau bahkan hitam. Bagian kaki bawah berwarna putih sehingga tampak seperti menggunakan "celana putih", sedangkan pada bagian punggung terdapat garis dorsal berwarna hitam yang memanjang hingga ke pangkal ekor. Ciri khas lain dari sapi Bali

adalah tidak adanya punuk seperti yang terdapat pada sapi zebu, serta bentuk tubuh yang relatif kecil hingga sedang dengan bobot jantan dewasa berkisar 300–400 kg dan betina 200–300 kg (Savitri *et al.*, 2014). Ciri-ciri morfologi tersebut menjadikan sapi Bali mudah dikenali sekaligus menjadi penanda genetik yang khas dibandingkan rumpun sapi lainnya. Gambar dari sapi Bali dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sapi Bali

Sumber: Foto pribadi

Menurut (Astiti, 2018) Sapi Bali Mempunyai klasifikasi taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : *Animalia*

Filum : *Chordata*

Subfilum : *Vertebrata*

Kelas : *Mamalia*

Ordo : *Artiodactyla*

Sub Ordo : *Ruminantia*

Famili : *Bovidae*

Genus : *Bos*

Spesies : *Bos sondaicus*

Dilihat dari segi fisiologi, sapi Bali memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya unggul dibanding sapi lokal maupun impor. Pertama, sapi Bali

memiliki efisiensi reproduksi yang tinggi, ditunjukkan dengan angka calving interval yang relatif singkat serta tingkat kebuntingan (*conception rate*) yang lebih baik, sehingga sangat potensial untuk mendukung peningkatan populasi melalui program inseminasi buatan (Deskayanti *et al.*, 2020). Kedua, sapi Bali memiliki daya adaptasi yang kuat sehingga mampu bertahan hidup pada kondisi lingkungan tropis dengan ketersediaan pakan yang sering kali berkualitas rendah, baik di daerah lembab maupun kering. Ketiga, sapi Bali juga dikenal memiliki daya tahan terhadap penyakit tropis yang relatif lebih baik dibanding sapi impor, sehingga lebih efisien dipelihara dalam sistem peternakan rakyat. Keempat, sapi Bali menghasilkan karkas dengan persentase 55–57%, yang tergolong tinggi bila dibandingkan dengan sapi lokal lainnya, sehingga memberikan nilai tambah dalam produktivitas daging (Badan Pusat Statistik, 2022). Dengan kombinasi keunggulan morfologi dan fisiologi tersebut, sapi Bali tidak hanya dipandang sebagai plasma nutfah asli Indonesia, tetapi juga sebagai sumber daya genetik ternak yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional.

2.1.3 Populasi dan distribusi

Sapi Bali memiliki sebaran yang luas di Indonesia. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (2022), bahwa populasi sapi Bali mencapai sekitar 5,3 juta ekor, atau sekitar 27% dari total populasi sapi potong nasional. Populasi terbesar berada di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur, namun sapi Bali juga telah menyebar ke berbagai wilayah Indonesia, termasuk Sumatera, Sulawesi, dan Kalimantan.

Di Provinsi Lampung, sapi Bali menjadi salah satu jenis yang banyak dikembangkan oleh peternak rakyat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2022), bahwa populasi sapi potong mencapai 764.000 ekor, dengan sapi Bali sebagai komoditas dominan. Lampung memiliki peran strategis sebagai sentra produksi dan pemasok sapi potong ke daerah lain, terutama Jabodetabek dan Sumatera bagian selatan.

2.1.4 Peran sapi bali dalam ketahanan pangan nasional

Sapi Bali merupakan salah satu penopang utama penyediaan daging nasional. Dengan populasi lebih dari 5,3 juta ekor atau sekitar 27% dari total populasi sapi potong Indonesia, sapi Bali menempati urutan teratas dalam kontribusi terhadap pasokan daging dalam negeri (Badan Pusat Statistik, 2022). Tingginya populasi tersebut menjadikan sapi Bali sebagai salah satu tumpuan utama dalam memenuhi kebutuhan konsumsi daging sapi domestik yang setiap tahunnya terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Selain jumlahnya yang besar, sapi Bali juga unggul dari sisi efisiensi reproduksi, daya adaptasi terhadap pakan lokal, serta persentase karkas yang mencapai 55–57%, lebih tinggi dibandingkan sapi lokal lainnya (Fazrien *et al.*, 2020). Hal ini menjadikan sapi Bali sangat potensial untuk dikembangkan dalam sistem peternakan rakyat di Indonesia.

Secara regional, di Provinsi Lampung yang dikenal sebagai salah satu sentra peternakan di Sumatera, sapi Bali juga berperan penting sebagai komoditas unggulan. Populasi sapi potong di Lampung mencapai 764.000 ekor, di mana sapi Bali menjadi salah satu jenis dominan yang dipelihara oleh peternak rakyat (Badan Pusat Statistik, 2022). Lampung memiliki posisi strategis karena tidak hanya memenuhi kebutuhan lokal, tetapi juga memasok daging sapi ke wilayah lain seperti Jabodetabek dan Sumatera bagian selatan. Dengan demikian, pengembangan sapi Bali di Lampung memiliki kontribusi langsung terhadap ketahanan pangan nasional.

Cara untuk meningkatkan produktivitas pada sapi Bali, pemerintah menggalakkan adanya program inseminasi buatan (IB). Teknologi inseminasi buatan ini dianggap sangat efektif karena mampu mempercepat angka peningkatan populasi ternak sapi Bali sekaligus menjaga mutu genetik. Data Ditjen PKH (2022) menunjukkan bahwa jumlah pelayanan inseminasi buatan nasional telah mencapai lebih dari 7 juta akseptor per tahun, dengan tingkat keberhasilan kebuntingan (*conception rate*) sekitar 65–70%. Angka ini menunjukkan adanya capaian yang cukup baik, tetapi masih belum optimal jika dibandingkan dengan potensi

reproduksi sapi Bali yang tinggi. Salah satu kendala utama adalah penurunan kualitas semen selama penyimpanan, yang berdampak pada penurunan viabilitas, motilitas, dan daya fertilisasi spermatozoa (Deskayanti *et al.*, 2020).

Oleh karena itu, penelitian mengenai upaya mempertahankan kualitas semen sapi Bali memiliki urgensi yang tinggi. Kualitas semen yang terjaga akan meningkatkan keberhasilan inseminasi buatan, mempercepat peningkatan populasi sapi Bali, dan pada akhirnya memperkuat ketersediaan daging nasional. Dengan demikian, pengembangan teknologi berbasis pemanfaatan sumber daya lokal seperti penambahan sari buah tomat sebagai antioksidan alami dalam pengencer semen menjadi salah satu langkah inovatif yang dapat mendukung keberlanjutan ketahanan pangan nasional.

2.2 Spermatozoa dan Kualitas Semen

2.2.1 Struktur dan fungsi spermatozoa

Spermatozoa merupakan jenis sel reproduksi jantan yang bersifat haploid dan berfungsi membawa materi genetik (DNA) dari pejantan ke sel telur betina. Secara umum, spermatozoa terdiri atas tiga bagian utama yaitu kepala, leher, dan ekor.

Kepala spermatozoa berbentuk oval dan mengandung inti sel (nukleus) yang berisi materi genetik berupa DNA haploid. Bagian kepala spermatozoa juga dilapisi oleh akrosom, yaitu vesikel besar yang berisi enzim hidrolitik seperti hialuronidase dan akrosin. Enzim ini berperan penting dalam proses fertilisasi karena digunakan untuk menembus lapisan pelindung sel telur (zona pelusida) sehingga memungkinkan fusi inti sel jantan dan betina (Garner dan Hafez, 2000). Leher merupakan bagian penghubung antara kepala dan ekor, yang mengandung sentriol sebagai pusat pengorganisasian mikrotubulus. Leher spermatozoa berperan dalam mengatur pergerakan ekor dan distribusi energi selama pergerakan.

Ekor (*flagelum*) terbagi menjadi bagian tengah (*midpiece*), bagian utama (*principal piece*), dan bagian terminal (*end piece*). *Midpiece* mengandung banyak mitokondria yang menghasilkan energi berupa ATP melalui proses fosforilasi oksidatif, yang diperlukan untuk pergerakan flagelum. *Principal piece* berfungsi sebagai bagian utama untuk gerakan propulsif, sementara *end piece* menjadi penutup ekor. Mekanisme pergerakan ekor terjadi akibat interaksi protein dinein dengan mikrotubulus pada struktur *axoneme*, yang memungkinkan spermatozoa bergerak maju secara progresif (Tethool *et al.*, 2022).

Fungsi utama spermatozoa adalah melakukan fertilisasi dengan cara bergerak menuju sel telur, menembus lapisan pelindungnya, dan melepaskan materi genetik. Untuk dapat melakukan fungsi tersebut, spermatozoa harus dalam kondisi motil, hidup, dan bermorfologi normal. Spermatozoa yang mengalami kerusakan membran, tidak motil, atau memiliki abnormalitas morfologi akan mengalami penurunan kemampuan fertilisasi. Oleh karena itu, evaluasi kualitas spermatozoa menjadi salah satu indikator penting dalam keberhasilan program reproduksi buatan seperti inseminasi buatan (Pratiwi *et al.*, 2014).

Kapasitasi dan reaksi akrosom merupakan dua proses fisiologis penting yang harus terjadi sebelum spermatozoa dapat membuahi sel telur. Kapasitasi adalah proses pematangan fisiologis yang berlangsung di saluran reproduksi betina, yang meningkatkan permeabilitas membran plasma spermatozoa terhadap ion kalsium dan mempersiapkan spermatozoa untuk reaksi akrosom. Reaksi akrosom sendiri adalah pelepasan enzim-enzim dari akrosom yang memungkinkan penetrasi zona pelusida ovum. Proses-proses ini menjadi penentu utama keberhasilan fertilisasi *in vivo* maupun *in vitro* (Garner dan Hafez, 2000).

2.2.2 Parameter kualitas semen

Kualitas semen merupakan indikator utama dalam menilai potensi fertilitas seekor pejantan. Evaluasi kualitas semen sangat penting karena dapat menentukan tingkat keberhasilan program reproduksi buatan seperti inseminasi buatan. Menurut

(Tethool *et al.*, 2022) menyatakan bahwa kualitas spermatozoa pada hewan sapi dapat diukur melalui beberapa parameter standar yang dapat menggambarkan kemampuan spermatozoa dalam melakukan fertilisasi. Penjelasan mengenai parameter motilitas, viabilitas dan abnormalitas spermatozo meliputi sebagai berikut:

1. Motilitas spermatozoa

Motilitas mengacu pada kemampuan spermatozoa untuk bergerak aktif dan progresif menuju sel telur. Spermatozoa dengan motilitas tinggi memiliki peluang lebih besar untuk membuahi ovum. Penurunan motilitas biasanya disebabkan oleh kerusakan membran plasma dan flagelum akibat stres oksidatif selama penyimpanan (Ogbuewu *et al.*, 2010).

2. Viabilitas spermatozoa

Viabilitas adalah persentase spermatozoa hidup dalam suatu sampel semen. Spermatozoa hidup memiliki membran plasma utuh, sedangkan spermatozoa mati akan menunjukkan permeabilitas membran yang rusak. Pewarnaan eosin-nigrosin sering digunakan untuk membedakan spermatozoa hidup (tidak berwarna) dan mati (berwarna merah) (Feradis, 2010).

3. Abnormalitas spermatozoa

Abnormalitas adalah kelainan bentuk spermatozoa, baik pada kepala, leher, maupun ekor. Abnormalitas dengan nilai yang tinggi dapat menurunkan fertilitas karena spermatozoa abnormal tidak mampu bergerak normal atau mengalami kegagalan dalam fertilisasi. Abnormalitas dibedakan menjadi primer (terjadi selama spermatogenesis) dan sekunder (terjadi saat penyimpanan semen) (Pratiwi *et al.*, 2014).

4. Konsentrasi Spermatozoa

Konsentrasi menunjukkan jumlah spermatozoa persatuan volume semen. Konsentrasi dengan nilai yang cukup diperlukan untuk memastikan adanya jumlah spermatozoa yang memadai saat inseminasi. Konsentrasi biasanya dihitung menggunakan *hemocytometer* atau *spektrofotometer* (Pratiwi *et al.*, 2014).

2.2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas semen

Selain parameter standar yang digunakan untuk menilai kualitas semen, terdapat berbagai faktor internal dan eksternal yang memengaruhi hasil evaluasi tersebut. Faktor-faktor ini perlu diperhatikan karena dapat menurunkan atau meningkatkan kualitas semen yang dihasilkan pejantan. Menurut Feradis (2010), bahwa kualitas semen dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, nutrisi, serta teknik penanganan semen pasca-koleksi. Pemahaman mengenai faktor-faktor ini sangat penting dalam penelitian reproduksi, terutama ketika semen digunakan untuk program inseminasi buatan maupun penyimpanan jangka panjang. Faktor-faktor tersebut antara lain meliputi;

1. Umur pejantan: Pejantan muda dan terlalu tua cenderung menghasilkan semen dengan kualitas lebih rendah.
2. Nutrisi: Kecukupan nutrisi, terutama vitamin dan mineral, sangat penting untuk spermatogenesis. Kekurangan nutrisi dapat menurunkan kualitas semen (Feradis, 2010).
3. Lingkungan: Suhu dan kelembaban tinggi dapat meningkatkan produksi radikal bebas yang merusak spermatozoa.
4. Teknik penanganan semen: Cara pengambilan, pengenceran, dan penyimpanan semen sangat berpengaruh terhadap viabilitas spermatozoa (Hidayati *et al.*, 2015).
5. Stres oksidatif: Produksi ROS selama penyimpanan semen dapat merusak membran plasma, menurunkan motilitas dan viabilitas, serta meningkatkan abnormalitas (Ogbuewu *et al.*, 2010).

2.3 Pengencer Semen

2.3.1 Definisi dan fungsi pengencer

Pengencer semen (semen *extender*) didefinisikan sebagai larutan yang digunakan untuk menambah volume semen dan memperpanjang daya hidup spermatozoa di luar tubuh pejantan. Menurut Susilawati (2011), bahwa pengencer merupakan

media buatan yang berfungsi sebagai pengganti lingkungan alami spermatozoa di saluran reproduksi betina, sehingga mampu mempertahankan viabilitas dan motilitas spermatozoa selama penyimpanan. Definisi lain dikemukakan oleh Feradis (2010) menyatakan bahwa pengencer adalah larutan fisiologis yang mengandung nutrisi, *Buffer*, dan bahan pelindung membran, yang berfungsi untuk mendukung metabolisme spermatozoa sekaligus mencegah kerusakan akibat perubahan lingkungan (Tethool *et al.*, 2022). Lebih lanjut, Pratiwi *et al.* (2014) menjelaskan bahwa pengencer semen tidak hanya berperan dalam menjaga kualitas spermatozoa, tetapi juga memungkinkan distribusi semen dalam dosis kecil untuk keperluan inseminasi buatan, sehingga satu ejakulasi dapat digunakan untuk membuahi banyak betina. Hal ini meningkatkan efisiensi penggunaan pejantan unggul dan mempercepat perbaikan mutu genetik ternak.

Secara fungsional, pengencer memiliki peran penting dalam:

1. Menyediakan nutrisi berupa gula sederhana (glukosa atau fruktosa) yang menjadi sumber energi bagi spermatozoa.
2. Menjaga keseimbangan osmotik dan pH, sehingga kondisi lingkungan tetap stabil dan sesuai untuk kelangsungan hidup spermatozoa.
3. Melindungi membran plasma dari kerusakan akibat pendinginan (*cold shock*) maupun pembekuan.
4. Menghambat pertumbuhan mikroorganisme, melalui penambahan antibiotik untuk mencegah kerusakan semen oleh kontaminasi bakteri.
5. Memungkinkan pengolahan dan distribusi semen, sehingga efisiensi inseminasi buatan meningkat (Hidayati *et al.*, 2015).

Adanya berbagai fungsi tersebut, pengencer dapat dianggap sebagai "lingkungan buatan" yang mendukung spermatozoa agar tetap hidup, motil, dan fertil di luar tubuh pejantan. Tanpa pengencer, kualitas semen akan cepat menurun, sehingga tidak dapat digunakan secara optimal untuk program reproduksi buatan.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa efektivitas pengencer tidak hanya bergantung pada komposisi dasar seperti Tris, sitrat, fruktosa, dan kuning telur,

tetapi juga sangat dipengaruhi oleh bahan tambahan bioaktif. Suplementasi antioksidan alami ke dalam pengencer semen terbukti mampu menekan kerusakan oksidatif pada membran plasma spermatozoa selama proses pendinginan. Misalnya, quercetin yang ditambahkan dalam pengencer kambing mampu meningkatkan viabilitas dan menurunkan persentase abnormalitas spermatozoa setelah proses *thawing* (Batool *et al.*, 2024).

Selain itu, pengencer berbasis Tris Kuning Telur yang dikombinasikan dengan *punicalagin* atau *oleuropein* juga terbukti meningkatkan kualitas semen domba. Kedua senyawa tersebut memiliki sifat antioksidan kuat yang dapat melindungi spermatozoa dari kerusakan akibat radikal bebas (Eldeen *et al.*, 2025). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kombinasi pengencer standar dengan antioksidan alami dapat menjadi strategi inovatif dalam meningkatkan kualitas semen ternak yang disimpan, sehingga mendukung keberhasilan program inseminasi buatan pada skala peternakan rakyat.

2.3.2 Komponen utama pengencer

Bahan pengencer semen umumnya memiliki beberapa komponen penting yang berfungsi untuk menunjang kelangsungan hidup spermatozoa. Menurut Feradis (2010), komponen tersebut meliputi sumber energi, bahan pelindung membran, *Buffer*, dan antibiotik. Masing-masing penjelasan dari komponen bahan pengencer sebagai berikut:

1. Sumber energi. Spermatozoa membutuhkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) untuk mendukung pergerakan flagelum. Energi tersebut dihasilkan dari metabolisme substrat berupa fruktosa atau glukosa yang ditambahkan dalam pengencer. Fruktosa diketahui lebih efektif karena mudah dimanfaatkan spermatozoa melalui jalur glikolisis untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan dalam mempertahankan motilitas.
2. Bahan pelindung membran. Bagian membran plasma spermatozoa sangat rentan mengalami kerusakan, terutama pada saat pendinginan atau pembekuan. Oleh karena itu, ditambahkan bahan pelindung berupa kuning telur atau susu skim. Kuning telur mengandung lesitin dan lipoprotein yang

mampu melindungi membran plasma dari kerusakan akibat perubahan suhu dan mencegah terjadinya *cold shock*.

3. *Buffer*. pH semen sangat memengaruhi aktivitas metabolisme spermatozoa. Untuk menjaga kestabilan pH, ditambahkan *Buffer* seperti Tris (tris hidroksimetil aminometana) atau sitrat. *Buffer* ini berfungsi menetralkan asam laktat yang dihasilkan dari metabolisme anaerob spermatozoa, sehingga lingkungan tetap stabil bagi kelangsungan hidup sperma.
4. Antibiotik. Kontaminasi bakteri dapat mempercepat kerusakan semen. Oleh karena itu, pengencer biasanya dilengkapi dengan antibiotik seperti penisilin atau streptomisin untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan kualitas semen.

2.3.3 Pengencer tris kuning telur (TKT)

Salah satu pengencer yang paling banyak digunakan dalam reproduksi ternak adalah Tris Kuning Telur (TKT). Komposisi TKT terdiri dari Tris sebagai *Buffer*, sitrat sebagai penstabil, fruktosa sebagai sumber energi, serta kuning telur sebagai pelindung membran. Menurut Hidayati *et al.* (2015), bahwa TKT mampu menjaga viabilitas dan motilitas spermatozoa lebih lama dibandingkan pengencer sederhana (Hidayati *et al.*, 2015).

Kuning telur pada TKT memiliki peran penting karena mengandung lipoprotein berfosfor yang dapat melindungi membran plasma spermatozoa dari kerusakan selama proses pendinginan (*cold shock*). Sementara itu, Tris berfungsi menjaga pH tetap stabil, sitrat membantu menstabilkan ion kalsium yang dapat memicu kerusakan membran, dan fruktosa memberikan energi yang mudah dimetabolisme oleh spermatozoa. Kombinasi komponen ini membuat TKT menjadi standar pengencer yang digunakan secara luas dalam laboratorium reproduksi hewan (Pratiwi *et al.*, 2014).

Meskipun demikian, kelemahan utama TKT adalah keterbatasannya dalam mencegah kerusakan oksidatif. Selama penyimpanan, spermatozoa tetap

menghasilkan radikal bebas atau *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang dapat merusak lipid membran plasma. Akibatnya, kualitas semen mengalami penurunan, ditandai dengan turunnya motilitas, viabilitas, serta meningkatnya abnormalitas (Ogbuewu *et al.*, 2010). Oleh karena itu, diperlukan tambahan antioksidan alami dalam pengencer TKT agar dapat menekan kerusakan oksidatif tersebut.

2.3.4 Alternatif pengencer alami

Seiring meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya bahan alami, berbagai penelitian telah mengkaji pemanfaatan aditif alami dalam pengencer semen. Misalnya, penelitian Blegur *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penambahan *Virgin Coconut Oil* (VCO) ke dalam pengencer TKT mampu meningkatkan kualitas spermatozoa sapi Bali selama penyimpanan. VCO kaya akan asam lemak rantai sedang yang berfungsi sebagai sumber energi sekaligus pelindung membran sel (Blegur *et al.*, 2020).

Menurut penelitian Blegur *et al.* (2020) melaporkan bahwa air kelapa yang dimodifikasi dapat digunakan sebagai pengencer alami dengan hasil yang cukup baik pada semen sapi Bali. Kandungan elektrolit, gula, dan mineral dalam air kelapa mampu memberikan lingkungan yang mendukung viabilitas spermatozoa. Penelitian lain oleh Berek *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penambahan sari wortel dalam pengencer sitrat kuning telur dapat meningkatkan kualitas spermatozoa kambing Bligon. Hal ini dikaitkan dengan kandungan β -karoten dan vitamin A dalam wortel yang berperan sebagai antioksidan alami (Berek *et al.*, 2020).

Temuan-temuan tersebut memperlihatkan bahwa bahan alami dengan kandungan antioksidan dapat meningkatkan efektivitas pengencer standar. Oleh karena itu, pengembangan penelitian mengenai penambahan sari buah tomat sebagai sumber likopen dan vitamin C dalam pengencer Tris Kuning Telur sangat relevan untuk dilakukan.

2.4 Radikal Bebas dan Peran Antioksidan

2.4.1 Radikal bebas (*Reactive Oxygen Species*)

Radikal bebas atau *Reactive Oxygen Species* (ROS) adalah molekul yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan, sehingga bersifat sangat reaktif dalam mencari pasangan elektron. Di dalam tubuh, ROS dapat terbentuk secara fisiologis maupun patologis. Secara fisiologis, ROS diproduksi sebagai hasil samping dari metabolisme energi di mitokondria, terutama melalui rantai transport elektron. Pada spermatozoa, produksi ROS dalam jumlah rendah justru diperlukan untuk proses kapasitasi, hiperaktivasi, dan reaksi akrosom, yang semuanya merupakan tahapan penting agar spermatozoa dapat membuahi ovum. Apabila ROS diproduksi secara berlebihan, misalnya akibat penyimpanan semen pada suhu rendah atau adanya stres lingkungan, kondisi ini akan menyebabkan stres oksidatif. Stres oksidatif didefinisikan sebagai ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas dengan kapasitas sistem pertahanan antioksidan dalam tubuh (Ogbuewu *et al.*, 2010). Pada spermatozoa, hal ini dapat memicu kerusakan membran plasma, disfungsi mitokondria, hingga fragmentasi DNA.

Produksi radikal bebas pada spermatozoa dapat meningkat secara signifikan selama proses kriopreservasi. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya stres oksidatif yang menyebabkan peroksidasi lipid, kerusakan protein, dan fragmentasi DNA. Penelitian membandingkan beberapa strategi suplementasi antioksidan dalam pengencer semen unggas menemukan bahwa pemberian senyawa bioaktif dapat memperbaiki motilitas serta meningkatkan daya tahan spermatozoa setelah penyimpanan (Arikunto, 2013). Temuan ini menegaskan bahwa ROS merupakan faktor kritis yang harus dikendalikan melalui intervensi antioksidan.

Selain antioksidan konvensional seperti vitamin C dan E, perkembangan terbaru juga mengarah pada penggunaan antioksidan yang menarget mitokondria. Mito-Tempo, misalnya, merupakan senyawa sintetis yang mampu menekan produksi ROS di dalam mitokondria. Dengan demikian, strategi antioksidan modern ini

membuka peluang baru dalam menjaga kualitas spermatozoa selama penyimpanan.

2.4.2 Dampak radikal bebas terhadap spermatozoa

Spermatozoa merupakan salah satu sel yang paling rentan terhadap kerusakan oksidatif. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated Fatty Acids*/PUFA) pada membran plasma. PUFA mudah bereaksi dengan ROS melalui mekanisme lipid peroksidasi, sehingga menyebabkan kerusakan struktural pada membran (Feradis, 2010).

Proses lipid peroksidasi mengakibatkan menurunnya fluiditas membran, kebocoran ion, dan kerusakan integritas sel. Kerusakan tersebut berimplikasi langsung pada turunya motilitas, viabilitas, serta meningkatnya abnormalitas morfologi spermatozoa. Selain itu, ROS dapat menyerang mitokondria pada bagian midpiece sperma, sehingga menghambat produksi energi (ATP) yang diperlukan untuk pergerakan flagelum (Ogbuewu *et al.*, 2010). Tidak hanya membran dan mitokondria, ROS juga dapat merusak DNA inti pada kepala spermatozoa. Kerusakan DNA ini berdampak pada menurunnya kualitas genetik yang diturunkan ke embrio, serta dapat meningkatkan angka kegagalan kebuntingan. Menurut Garner dan Hafez (2000), bahwa kerusakan DNA spermatozoa berhubungan erat dengan rendahnya fertilitas pejantan meskipun kualitas semen secara makroskopis masih tampak normal.

2.4.3 Peran antioksidan dalam reproduksi

Antioksidan adalah senyawa yang mampu menetralkan radikal bebas dengan cara mendonorkan elektron, sehingga ROS kehilangan sifat reaktifnya. Sistem pertahanan antioksidan dalam tubuh terbagi menjadi enzimatik dan non-enzimatik. Antioksidan enzimatik meliputi *superoxide dismutase* (SOD), *catalase* (CAT), dan *glutathione peroxidase* (GPx). Enzim-enzim ini bekerja secara sinergis dalam menetralkan superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal hidroksil yang berbahaya (Murdiyanti *et al.*, 2024). Antioksidan non-enzimatik meliputi

vitamin C, vitamin E, glutathion, β -karoten, likopen, flavonoid, dan mineral Zn maupun Se. Antioksidan ini dapat berasal dari makanan atau ditambahkan melalui pengencer semen (Savitri *et al.*, 2014; Suharyati dan Hartono, 2013).

Peranan antioksidan sangat penting karena dapat:

1. Melindungi membran plasma spermatozoa dari peroksidasi lipid.
2. Menjaga fungsi mitokondria agar produksi ATP tetap optimal.
3. Mencegah kerusakan DNA pada inti sperma.
4. Memperpanjang daya simpan semen selama proses penyimpanan pada suhu rendah.

Menurut Susilawati (2011), bahwa penambahan antioksidan ke dalam pengencer semen terbukti mampu memperpanjang viabilitas dan motilitas spermatozoa, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan inseminasi buatan.

2.4.4 Jenis antioksidan yang digunakan dalam pengenceran semen

Beberapa jenis antioksidan telah banyak digunakan dalam penelitian reproduksi hewan, baik yang bersifat sintetis maupun alami yaitu:

1. Vitamin C (asam askorbat) adalah antioksidan larut air yang efektif dalam menangkal ROS pada medium cair. Penambahan vitamin C pada pengencer semen sapi Bali terbukti meningkatkan viabilitas spermatozoa selama penyimpanan (Savitri *et al.*, 2014).
2. Vitamin E (tokoferol) adalah antioksidan larut lemak yang bekerja dengan cara melindungi asam lemak tak jenuh pada membran plasma dari kerusakan oksidatif. Penelitian Suharyati dan Hartono (2013) menunjukkan bahwa pemberian vitamin E bersama Zn mampu meningkatkan motilitas spermatozoa kambing Boer.
3. Mineral Selenium (Se) dan *Zinc* (Zn) berperan dalam sistem enzimatik antioksidan, terutama sebagai kofaktor enzim glutathione peroxidase. Penambahan mineral ini mampu meningkatkan kualitas semen pada kambing Jawarandu (Murdiyanti *et al.*, 2024).

4. Antioksidan alami seperti β -karoten, flavonoid, dan likopen juga menunjukkan potensi yang signifikan. Penelitian Barek *et al.* (2020) melaporkan bahwa sari wortel sebagai sumber β -karoten mampu meningkatkan kualitas spermatozoa kambing Bligon. Demikian pula, penelitian terbaru menunjukkan bahwa likopen dari tomat memiliki efek protektif kuat terhadap spermatozoa selama penyimpanan (Safa'atin *et al.*, 2024; Meo *et al.*, 2022).

2.4.5 Relevansi antioksidan alami dalam penelitian

Penggunaan antioksidan alami semakin banyak dikembangkan karena dinilai lebih aman, murah, dan ramah lingkungan dibanding antioksidan sintesis. Bahan alami juga lebih mudah diperoleh di tingkat peternak, sehingga aplikasinya lebih realistis dalam sistem peternakan rakyat. Sejumlah penelitian mendukung efektivitas penggunaan antioksidan dalam bidang reproduksi ternak. Vitamin C dan vitamin E terbukti efektif meningkatkan kualitas spermatozoa sapi dan kambing (Savitri *et al.*, 2014; Suharyati dan Hartono, 2013). Kedua vitamin tersebut berperan sebagai antioksidan yang mampu menghambat peroksidasi lipid pada membran spermatozoa, sehingga integritas membran sel tetap terjaga.

Selain vitamin, berbagai bahan alami lainnya juga telah banyak diteliti dan menunjukkan hasil yang positif dalam mempertahankan kualitas semen ternak. Penggunaan bahan alami seperti *Virgin Coconut Oil* (Blegur *et al.*, 2020), dan sari wortel (Barek *et al.*, 2020) juga memperlihatkan peningkatan kualitas semen pada berbagai jenis ternak. Lebih khusus, penelitian terbaru menunjukkan bahwa sari buah tomat yang kaya akan likopen dan vitamin C mampu meningkatkan motilitas, viabilitas, serta menurunkan abnormalitas spermatozoa (Safa'atin *et al.*, 2024; Meo *et al.*, 2022). Dengan demikian, penambahan antioksidan alami dalam pengencer semen, khususnya dari sari buah tomat, menjadi strategi yang sangat relevan untuk mempertahankan kualitas spermatozoa sapi Bali selama penyimpanan.

2.5 Sari Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*)

2.5.1 Morfologi dan kandungan gizi buah tomat

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan tanaman hortikultura yang termasuk dalam famili *Solanaceae*. Tanaman ini berbentuk semak semusim dengan tinggi 0,5–2 meter, memiliki batang tegak yang ditutupi rambut halus, dan akar tunggang yang berkembang cukup dalam. Daunnya majemuk menyirip dengan tepi bergerigi, sementara bunganya berwarna kuning dan tersusun dalam tandan. Buah tomat berbentuk buni, dengan variasi bentuk bulat hingga lonjong, serta warna hijau saat muda yang berubah menjadi kuning atau merah saat matang (Safa'atin *et al.*, 2024). Gambar dari buah tomat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Buah tomat

Sumber : <https://www.istockphoto.com/id/foto-foto/tomat-sayur>

Dari sisi klasifikasi botani, tomat digolongkan ke dalam:

1. Kingdom : *Plantae*
2. Kelas : *Magnoliopsida*
3. Ordo : *Solanales*
4. Famili : *Solanaceae*
5. Genus : *Solanum*
6. Spesies : *Solanum lycopersicum*

Secara kimia, buah tomat terdiri dari 93–95% air, dengan sisanya berupa karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Tomat dikenal sebagai sumber

vitamin C yang tinggi, yaitu sekitar 20–30 mg per 100 g buah segar, sehingga dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan harian tubuh. Selain itu, tomat juga mengandung vitamin A, vitamin E, folat, serta mineral penting seperti kalium, magnesium, dan fosfor. Kandungan karbohidrat pada tomat berkisar antara 3–4%, sebagian besar berupa glukosa dan fruktosa yang berfungsi sebagai sumber energi (Meo *et al.*, 2022).

Komponen fitokimia yang paling menonjol dari buah tomat adalah likopen, pigmen karotenoid yang memberi warna merah pada buah matang. Likopen merupakan antioksidan kuat yang mampu melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Selain likopen, tomat juga kaya akan β -karoten (prekursor vitamin A) dan flavonoid yang berfungsi sebagai penangkal radikal bebas. Kandungan bioaktif ini menjadikan tomat sebagai salah satu sumber antioksidan alami terbaik di antara tanaman hortikultura (Safa'atin *et al.*, 2024).

Selain untuk konsumsi manusia, kandungan bioaktif dalam tomat juga sangat relevan untuk bidang reproduksi hewan. Likopen, vitamin C, β -karoten, dan flavonoid bekerja secara sinergis untuk melindungi membran plasma spermatozoa dari kerusakan akibat radikal bebas. Dengan demikian, sari buah tomat berpotensi besar digunakan sebagai bahan tambahan dalam pengencer semen guna mempertahankan kualitas spermatozoa selama penyimpanan.

Selain likopen sebagai komponen utama, efektivitas sari tomat dalam meningkatkan kualitas sperma juga dapat ditingkatkan dengan kombinasi mineral tertentu. Penelitian Riyanto *et al.* (2018) menemukan bahwa kombinasi sari tomat dan *zinc* pada tikus putih mampu meningkatkan motilitas spermatozoa serta menurunkan tingkat abnormalitas morfologi. Hasil ini menunjukkan adanya sinergi antara likopen dan mineral esensial dalam melindungi sel sperma dari kerusakan oksidatif. Bukti tersebut menguatkan hipotesis bahwa penggunaan sari tomat dalam pengencer semen tidak hanya efektif secara tunggal, tetapi juga potensial bila dikombinasikan dengan zat gizi lain.

Selain itu, penelitian Kumar *et al.* (2024) menunjukkan bahwa suplementasi pengencer dengan berbagai level vitamin C dan likopen secara bersamaan dapat meningkatkan kualitas spermatozoa. Efek sinergis ini memperlihatkan bahwa komponen bioaktif pada tomat bekerja secara kolaboratif untuk meningkatkan daya tahan sperma selama penyimpanan. Review komprehensif terbaru juga menegaskan bahwa likopen merupakan salah satu antioksidan paling poten, dengan manfaat luas tidak hanya pada sistem reproduksi tetapi juga kesehatan secara umum (Shafe *et al.*, 2024). Hal ini memperkuat alasan penggunaan sari buah tomat sebagai aditif potensial dalam pengencer semen sapi Bali.

2.5.2 Likopen sebagai antioksidan utama

Likopen adalah pigmen karotenoid berwarna merah yang terdapat melimpah pada buah tomat matang. Secara kimiawi, likopen memiliki struktur hidrokarbon dengan 11 ikatan rangkap terkonjugasi dan 2 ikatan rangkap terisolasi. Struktur ini menjadikan likopen sangat reaktif terhadap oksigen singlet (1O_2) dan radikal bebas lainnya. Dibandingkan karotenoid lain, kapasitas antioksidan likopen dilaporkan dua kali lebih kuat dibanding β -karoten dan sepuluh kali lebih kuat dibanding vitamin E dalam menetralkan ROS (Meo *et al.*, 2022).

Likopen bersifat lipofilik (larut dalam lemak) sehingga banyak ditemukan pada membran sel, termasuk membran plasma spermatozoa. Pada membran ini, likopen berfungsi mencegah lipid peroksidasi, yaitu proses oksidasi asam lemak tak jenuh yang dapat menyebabkan penurunan fluiditas membran, kebocoran ion, serta kematian sel. Dengan demikian, keberadaan likopen pada medium pengencer semen berpotensi melindungi integritas membran spermatozoa selama proses penyimpanan pada suhu rendah (Safa'atin *et al.*, 2024).

Selain melindungi membran, likopen juga berperan dalam menjaga fungsi mitokondria spermatozoa. Mitokondria yang sehat akan menghasilkan energi (ATP) yang cukup untuk pergerakan flagelum. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi likopen mampu meningkatkan motilitas progresif, viabilitas, dan

jumlah spermatozoa hidup pada berbagai spesies ternak (Safa'atin *et al.*, 2024; Berek *et al.*, 2020).

Dalam konteks reproduksi, likopen juga dikaitkan dengan perannya dalam menjaga integritas DNA spermatozoa. ROS diketahui dapat merusak DNA inti, sehingga meningkatkan fragmentasi DNA sperma yang berakibat pada penurunan fertilitas. Likopen bekerja dengan mengurangi kerusakan oksidatif pada DNA, sehingga kualitas genetik yang ditransfer ke ovum tetap terjaga (Ogbuewu *et al.*, 2010).

Beberapa penelitian telah mendukung potensi likopen dalam meningkatkan kualitas semen. Safa'atin *et al.* (2024), melaporkan bahwa penambahan 20% sari tomat sebagai sumber likopen pada pengencer sitrat kuning telur domba ekor tipis mampu meningkatkan motilitas, viabilitas, dan menurunkan abnormalitas spermatozoa. Sementara itu, Meo *et al.* (2022) menemukan bahwa substitusi sari tomat dalam pengencer Tris Kuning Telur pada sapi Angus secara signifikan memperbaiki motilitas progresif dan viabilitas sperma selama penyimpanan. Dengan demikian, likopen dapat dianggap sebagai antioksidan utama yang berperan melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif. Mekanisme kerjanya meliputi:

1. Menetralkan radikal bebas (ROS) melalui mekanisme penyerapan singlet oksigen.
2. Mencegah peroksidasi lipid membran plasma.
3. Menjaga fungsi mitokondria agar produksi ATP tetap optimal.
4. Melindungi DNA spermatozoa dari kerusakan oksidatif.

Keunggulan ini menjadikan likopen sebagai salah satu faktor kunci dalam pemanfaatan sari tomat untuk meningkatkan kualitas semen sapi Bali.

2.5.3 Vitamin C dan senyawa bioaktif lain

Selain likopen, buah tomat juga kaya akan berbagai senyawa bioaktif lain yang memiliki peran penting dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Senyawa

tersebut meliputi vitamin C, β -karoten, flavonoid, vitamin E, serta mineral seperti kalium dan folat. Beberapa fungsi dari senyawa-senyawa tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

1. Vitamin C (Asam Askorbat).

Vitamin C merupakan salah satu antioksidan larut air paling efektif yang terdapat dalam tomat, dengan kandungan sekitar 20–30 mg per 100 g buah segar. Vitamin ini berfungsi sebagai donor elektron yang mampu menetralkan ROS dalam medium cair, sehingga mencegah kerusakan membran plasma spermatozoa. Penambahan vitamin C dalam pengencer semen terbukti dapat meningkatkan viabilitas spermatozoa sapi Bali selama penyimpanan beku (Savitri *et al.*, 2014). Selain itu, vitamin C juga berperan dalam regenerasi antioksidan lain, seperti vitamin E, sehingga efektivitasnya meningkat dalam melindungi sel sperma (Feradis, 2010).

2. β -Karoten.

Buah tomat juga mengandung β -karoten, yaitu pigmen karotenoid yang berperan sebagai prekursor vitamin A. β -karoten dikenal mampu melindungi sel dari kerusakan oksidatif dengan cara menangkap radikal singlet oksigen. Penelitian Barek *et al.* (2020), menunjukkan bahwa sumber β -karoten dari sari wortel mampu meningkatkan motilitas dan viabilitas spermatozoa kambing Bligon. Hal ini memberikan indikasi bahwa β -karoten dari tomat juga berpotensi memberikan efek serupa pada spermatozoa sapi Bali.

3. Flavonoid.

Flavonoid adalah senyawa polifenol yang juga terdapat dalam tomat. Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan sekunder dengan cara mengkelat ion logam yang dapat memicu reaksi oksidatif, serta menghambat enzim-enzim prooksidan. Aktivitas antioksidan flavonoid tidak hanya melindungi membran plasma, tetapi juga membantu menjaga integritas DNA spermatozoa dari kerusakan oksidatif (Ogbuewu *et al.*, 2010).

4. Vitamin E dan Mineral.

Meskipun kandungannya tidak sebesar vitamin C dan likopen, buah tomat tetap mengandung vitamin E (tokoferol) dalam jumlah tertentu. Vitamin E larut dalam lemak dan berfungsi melindungi PUFA pada membran

spermatozoa dari kerusakan oksidatif. Penelitian Suharyati dan Hartono, (2013) menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E bersama mineral Zn meningkatkan motilitas spermatozoa kambing Boer. Mineral lain seperti kalium dan folat dalam tomat juga mendukung metabolisme seluler serta menjaga kestabilan struktur DNA.

Secara keseluruhan, kombinasi vitamin C, β -karoten, flavonoid, vitamin E, dan mineral menjadikan tomat sebagai salah satu sumber antioksidan alami yang lengkap. Keberadaan senyawa bioaktif tersebut diyakini berperan penting dalam mendukung fungsi fisiologis spermatozoa, khususnya dalam mempertahankan motilitas, viabilitas, dan integritas DNA selama penyimpanan. Hal ini memperkuat potensi penggunaan sari buah tomat sebagai bahan tambahan pengencer semen pada sapi Bali.

2.5.4 Pemanfaatan sari buah tomat dalam reproduksi ternak

Penelitian mengenai pemanfaatan sari buah tomat dalam bidang reproduksi ternak semakin banyak dilakukan. Menurut Safa'atin *et al.* (2024), bahwa penambahan 20% sari tomat dalam pengencer sitrat kuning telur pada semen domba ekor tipis dapat meningkatkan motilitas, viabilitas, serta menurunkan abnormalitas spermatozoa, sekaligus meningkatkan keberhasilan inseminasi buatan (*conception rate* dan *non-return rate*).

Pada penelitian lain, Meo *et al.* (2022) menemukan bahwa penggunaan ekstrak sari tomat dalam pengencer Tris Kuning Telur pada semen sapi Angus mampu meningkatkan kualitas spermatozoa, terutama dari segi motilitas progresif dan viabilitas selama penyimpanan. Hal ini dikaitkan dengan kandungan likopen dan vitamin C yang bekerja sinergis sebagai antioksidan. Selain pada domba dan sapi, pemanfaatan antioksidan dari tomat juga telah dilaporkan pada berbagai hewan percobaan, dengan hasil yang konsisten menunjukkan peran positif dalam melindungi spermatozoa dari kerusakan oksidatif. Hal ini memperkuat hipotesis

bahwa penambahan sari buah tomat dalam pengencer semen merupakan strategi potensial untuk meningkatkan kualitas semen sapi Bali.

2.5.5 Relevansi penggunaan sari buah tomat dalam penelitian

Pemanfaatan sari buah tomat dalam pengencer semen memiliki relevansi yang kuat dengan upaya mempertahankan kualitas spermatozoa selama penyimpanan, khususnya pada sapi Bali. Hal ini didasarkan pada kandungan bioaktif utama dalam tomat seperti likopen, vitamin C, β -karoten, dan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi. Senyawa-senyawa tersebut bekerja dengan cara menetralkan radikal bebas, mencegah peroksidasi lipid membran plasma, menjaga fungsi mitokondria, serta melindungi DNA spermatozoa dari kerusakan oksidatif (Ogbuewu *et al.*, 2010;Safa'atin *et al.*, 2024).

Sejumlah penelitian mendukung potensi ini. Safa'atin *et al.* (2024), melaporkan bahwa penambahan 20% sari tomat dalam pengencer sitrat kuning telur pada semen domba ekor tipis meningkatkan motilitas, viabilitas, serta keberhasilan inseminasi buatan (*conception rate* dan *non-return rate*). Penelitian Meo *et al.* (2022), juga menunjukkan bahwa substitusi sari tomat dalam pengencer Tris Kuning Telur pada semen sapi Angus memperbaiki motilitas progresif dan viabilitas spermatozoa selama penyimpanan. Temuan-temuan tersebut memperlihatkan bahwa sari tomat mampu memberikan perlindungan nyata terhadap spermatozoa pada berbagai spesies ternak.

Konteks ini menjadi sangat relevan apabila diaplikasikan pada sapi Bali, mengingat spesies ini merupakan plasma nutfah Indonesia dengan populasi besar dan kontribusi signifikan terhadap penyediaan daging nasional (Ditjen PKH, 2022). Penurunan kualitas semen selama penyimpanan masih menjadi kendala utama dalam program inseminasi buatan (Deskayanti *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penggunaan sari tomat sebagai bahan tambahan dalam pengencer Tris Kuning Telur diharapkan dapat menjadi solusi inovatif, murah, dan mudah diperoleh untuk mendukung keberhasilan inseminasi buatan sapi Bali serta memperkuat ketahanan pangan nasional.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada November–Desember 2025 di Laboratorium Unit Pelayanan Teknis Balai Inseminasi Buatan Daerah (UPTBIBD) Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu vagina buatan, kandang kawin, layar monitor, mikroskop Olympus CH30, tabung penampung berskala dengan ketelitian 0,1 ml, timbangan digital analitik dengan ketelitian 0,01gr, thermometer, gelas ukur, kertas label, blender, kain kasa, tabung reaksi, waterbath, objek glass, *cover glass*, *stik glass*, pipet tetes, *beaker glass*, erlenmeyer, tisu, kertas saring, micropipet, pH meter, photometer SDM 6, refrigerator, *cuvet*, aluminium foil, panci, pemanas elektrik, corong, slide warmer, spuit 5 ml, dan alat tulis.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen yang dikoleksi dari satu pejantan sapi Bali umur 5 tahun, buah tomat matang varietas *servo* umur panen 60–70 HST, aquabidest, kristal Tris (*Hydroxymethyl aminomethane*), kuning telur ayam herbal, NaCl fisiologis, pewarna eosin 2%, alkohol 70%, *streptomycin*, fruktosa, penicillin, asam sitrat, dan vaseline.

3.3 Metode Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah:

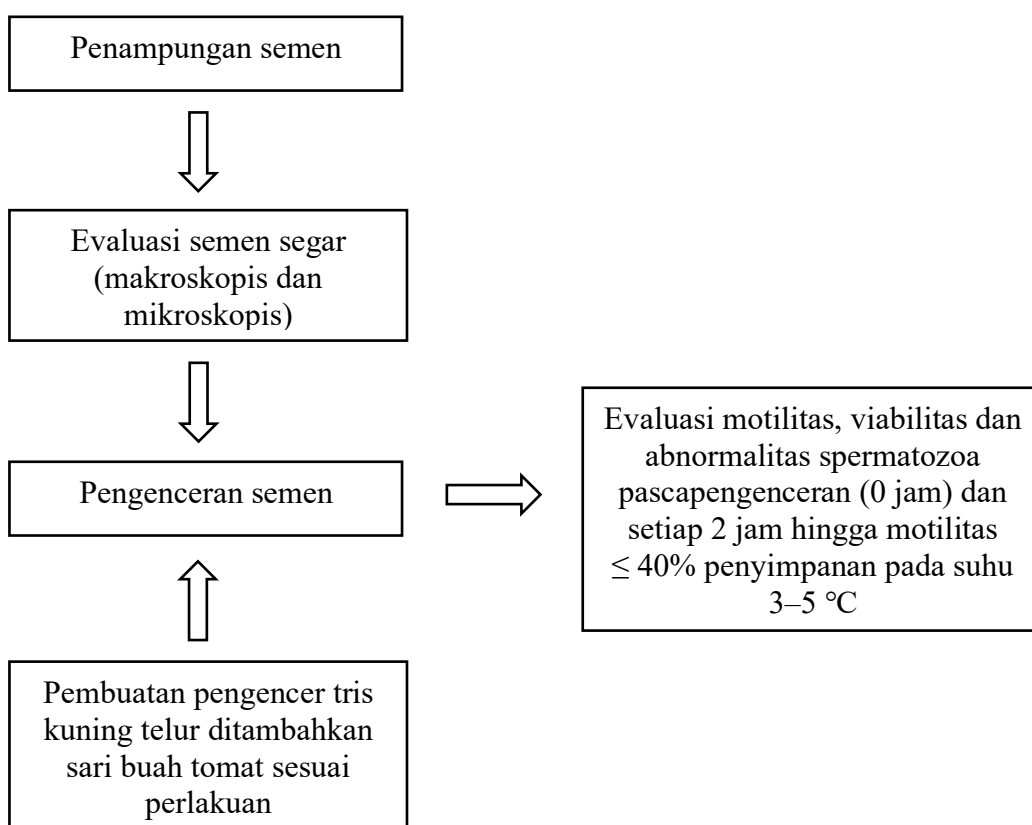
P0 : Pengencer tris kuning telur tanpa penambahan sari buah tomat;

P1 : Pengencer tris kuning telur 100 ml + sari buah tomat 10 ml;

P2 : Pengencer tris kuning telur 100 ml + sari buah tomat 20 ml;

P3 : Pengencer tris kuning telur 100 ml + sari buah tomat 30 ml.

3.4 Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. Alur penelitian

3.4.1 Penampungan semen

Penampungan semen dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

1. Menyiapkan area penampungan yang bersih dengan alas tidak licin untuk mencegah ternak maupun petugas mengalami cedera;
2. Menyiapkan vagina buatan (*artificial vagina/AV*) sebagai alat penampungan semen;
3. Menyiapkan pejantan yang akan digunakan untuk proses penampungan;
4. Memasukkan hewan pemancing (*teaser*) ke dalam kandang jepit atau kandang kawin, lalu mengikatnya pada tiang agar tidak terlepas;
5. Menarik tali kekang pejantan ke arah belakang teaser dan membiarkannya melakukan gerakan menaiki;
6. Menyemprotkan larutan NaCl pada bagian preputium untuk menjaga kebersihan penis pejantan;
7. Melakukan tiga kali *false mount*, yaitu pejantan dibiarkan menaiki teaser tanpa penampungan semen dengan tujuan meningkatkan libido;
8. Menunggu hingga pejantan mencapai puncak libido, ditandai dengan keluarnya penis dan mukosa memerah, kemudian mengarahkan penis ke vagina buatan sehingga terjadi ejakulasi;
9. Memastikan bahwa ejakulasi berlangsung optimal, dan apabila hasil belum maksimal maka dilakukan penampungan ulang dengan jeda sekitar 30 menit;
10. Melakukan pemeriksaan terhadap kualitas semen yang telah berhasil ditampung (Septianisa *et al.*, 2025).

3.4.2 Evaluasi semen segar

Evaluasi semen segar dilakukan secepatnya setelah semen ditampung dari pejantan. Evaluasi semen dilakukan untuk mengetahui semen yang ditampung layak atau tidak layak untuk dilakukan proses selanjutnya. Berdasarkan pendapat Susilawati (2011), bahwa evaluasi semen segar mencakup pemeriksaan secara makroskopis maupun mikroskopis.

3.4.2.1 Pemeriksaan makroskopis

Tahap pemeriksaan makroskopis dilakukan dengan mengamati semen secara visual di dalam tabung penampung dan mencatat hasil pengamatan yang diperoleh:

1. Melakukan pengukuran terhadap volume semen yang dihasilkan dalam satuan mililiter (ml);
2. Mengamati warna semen diamati untuk memastikan kesesuaian dengan karakteristik normal, yaitu putih susu, krem, atau kuning tergantung pada kondisi individu pejantan;
3. Melakukan penilaian terhadap kekentalan semen, yang dapat dikategorikan menjadi encer, sedang, atau kental sesuai dengan tingkat viskositasnya;
4. Selanjutnya, aroma semen diperiksa untuk memastikan bahwa baunya khas dan tidak menunjukkan tanda-tanda kontaminasi atau pembusukan;
5. Terakhir, dilakukan pengukuran derajat keasaman (pH) menggunakan alat pH meter untuk mengetahui keseimbangan asam-basa semen yang menjadi indikator penting dalam menilai kualitasnya.

3.4.2.2 Pemeriksaan mikroskopis

Pemeriksaan mikroskopis dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Pemeriksaan motilitas massa
 - a. Meneteskan semen menggunakan *stick glass* di atas kaca objek;
 - b. Mengamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 10x10 sambil menyesuaikan jarak fokus hingga gerakan massa terlihat jelas, kemudian melakukan penilaian berdasarkan kategori berikut;
 - 0 : tidak ada gerakan spermatozoa maupun gerakan massa sperma
 - +
 - ++
 - +++
- pekak semen segar dinyatakan layak diproses lebih lanjut apabila memiliki nilai gerakan massa minimal (++)

2. Pemeriksaan motilitas individu
 - a. Mengencerkan semen menggunakan NaCl fisiologis (satu tetes semen dicampur dengan empat tetes NaCl sesuai tingkat kekentalan), kemudian ditutup dengan kaca penutup. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop dengan pembesaran 10x10 dan 20x10;
 - b. Mengamati motilitas spermatozoa dengan membandingkan persentase sperma yang bergerak progresif maju pada sedikitnya lima bidang pandang. Berdasarkan standar BIBD Provinsi Lampung (2025), semen segar yang layak untuk produksi adalah semen dengan motilitas minimal 70%.
3. Pemeriksaan konsentrasi spermatozoa
 - a. Menyambungkan kabel daya photometer ke sumber listrik;
 - b. Menyalakan alat photometer;
 - c. Menekan tombol *page* untuk memilih menu *Method* → *Bull* + *Calculation*;
 - d. Menekan tombol E untuk melanjutkan;
 - e. Menunggu hingga muncul tampilan "*Measure Zero*" pada layar;
 - f. Memasukkan 3,5 mL larutan NaCl fisiologis ke dalam cuvet photometer, dengan posisi garis pada cuvet menghadap ke arah penguji;
 - g. Menekan tombol Zero untuk melakukan pengaturan awal;
 - h. Mengeluarkan cuvet yang berisi NaCl fisiologis dari alat;
 - i. Memasukkan kembali *cuvet* yang kini telah berisi campuran NaCl fisiologis dan 35 pL semen segar;
 - j. Mengisi kolom ID pejantan pada layar, kemudian tekan E;
 - k. Memasukkan volume semen segar (ml), lalu tekan E;
 - l. Mengisikan nilai motilitas sperma dalam persen (%), dan tekan E;
 - m. Menekan tombol *Result* untuk menampilkan hasil pengukuran;
 - n. Nilai konsentrasi sperma akan muncul di layar alat;
 - o. Menekan Mode, kemudian pilih PRN untuk mencetak hasil pengukuran (BIBD Provinsi Lampung, 2024).
4. Pemeriksaan persentase spermatozoa hidup dilakukan melalui prosedur berikut:

- a. Meneteskan larutan eosin 2% sebanyak satu tetes pada bagian ujung kaca objek;
- b. Menambahkan semen segar dengan volume setara pada sisi yang sama dengan larutan pewarna;
- c. Merekatkan ujung kaca objek lain pada kedua cairan tersebut hingga tercampur merata, lalu dorong ke arah ujung kaca objek;
- d. Melakukan pengamatan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 10 x 40 untuk membedakan spermatozoa hidup dan mati. Spermatozoa yang masih hidup tampak tidak berwarna, sedangkan yang sudah mati akan terlihat berwarna merah atau merah muda. Jumlah spermatozoa yang dihitung minimal 210 sel;

Menurut Hartono *et al.* (2023), jumlah spermatozoa hidup dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Viabilitas Sperma (\%)} = \frac{X-Y}{X} \times 100\%$$

Keterangan : X : Jumlah sel spermatozoa keseluruhan

Y : Jumlah sel spermatozoa mati

5. Pemeriksaan terhadap abnormalitas spermatozoa dilakukan melalui langkah langkah sebagai berikut:
 - a. Meneteskan satu tetes larutan eosin 2% pada ujung kaca objek;
 - b. Menambahkan semen dengan volume yang sama pada sisi yang sama dengan larutan pewarna;
 - c. Meletakkan ujung kaca objek lain pada kedua cairan tersebut hingga tercampur merata, kemudian dorong campuran ke arah ujung kaca objek;
 - d. Mengamati spermatozoa dengan mikroskop menggunakan pembesaran 10 x 40, lalu identifikasi adanya kelainan morfologi sesuai kriteria abnormalitas yang telah ditetapkan.

Menurut Hartono *et al.* (2023), persentase spermatozoa abnormal dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Abnormalitas (\%)} = \frac{Y}{X} \times 100\%$$

Keterangan : X : Jumlah sel spermatozoa keseluruhan

Y : Jumlah sel spermatozoa abnormal

3.4.3 Pembuatan pengencer tris kuning telur

Tahapan dalam pembuatan pengencer tris kuning telur yaitu:

1. Membuat larutan antibiotik
 - a. Menyiapkan penisilin 3 g/ 3 jt IU;
 - b. Menyiapkan streptomycin 1 g;
 - c. Melarutkan kedua bahan menggunakan aquabides sampai 10 ml.

Tabel 1. Komposisi buffer antibiotik

No	Nama Bahan	Kebutuhan per 10 ml
1.	Penicilin (g)	3
2.	Streptomycin (g)	1
3.	Aquabides (sampai ml)	10

Sumber : BIBD Provinsi Lampung (2024)

2. Membuat larutan tris
 - a. Menyiapkan tris aminomethane 3,03 gram, asam sitrat 1,78 gram, fruktosa 1,25 gram;
 - b. Melarutkan ketiga bahan menggunakan aquabides sampai 100 ml dan dihomogenkan. Komposisi *buffer* tris dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi buffer tris

No	Nama Bahan	Kebutuhan per 100 ml
1.	Tris aminomethane (g)	3,03
2.	Asam sitrat (g)	1,78
3.	Fruktosa (g)	1,25
4.	Aquabides (sampai ml)	100

Sumber : BIBD Provinsi Lampung (2024)

3. Memanaskan *buffer* tris sampai suhu 50–60 °C;
4. Menurunkan suhu *buffer* tris sampai ± 40 °C;
5. Mencuci telur dengan air mengalir, dikeringkan dan disterilisasi menggunakan alkohol 70%, selanjutnya memisahkan kuning telur dengan albumen, dan menghisap sisa-sisa albumen menggunakan kertas saring;
6. Mengambil kuning telur sebanyak 25 ml;
7. Mencampurkan *buffer* tris, kuning telur, dan larutan antibiotik hingga homogen;
8. Menambahkan gliserol sebanyak 6 ml;
9. Mengendapkan pengencer tris kuning telur (BBIB Singosari, 2023).

Tabel 3. Komposisi pengencer tris kuning telur

No	Nama Bahan	Kebutuhan per 100 ml
1.	<i>Buffer</i> antibiotik (ml)	10
2.	<i>Buffer</i> tris (ml)	59
3.	Kuning telur (ml)	25
4.	Gliserol (ml)	6

Sumber : BIBD Provinsi Lampung (2024)

10. Menambahkan sari buah tomat sesuai perlakuan (0 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml).

Tabel perlakuan pengencer dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perlakuan pengencer

Bahan	Perlakuan			
	P1	P2	P3	P4
Pengencer tris kuning telur (ml)	100	100	100	100
Sari buah tomat (ml)	0	10	20	30

3.4.4 Pembuatan sari buah tomat

Proses pembuatan sari buah tomat dilakukan melalui beberapa tahap yaitu:

1. Membersihkan tomat segar yang sudah matang dengan air mengalir;

2. Memotong tomat menjadi ukuran kecil agar memudahkan proses penghalusan;
3. Menghaluskan tomat menggunakan blender;
4. Menyaring sari tomat menggunakan kain kasa dan ditampung dalam gelas beaker;
5. Menyaring kembali sari buah tomat menggunakan kertas saring dan ditampung kedalam erlenmeyer;
6. Sari buah tomat siap digunakan.

3.4.5 Pengenceran semen

Pengenceran dilakukan untuk menambah volume semen dengan cara sebagai berikut:

1. Menyiapkan semen dan menyiapkan bahan pengencer yang telah dibuat dan disimpan di dalam inkubator dengan suhu 37 °C agar pengencer tetap dalam kondisi hangat;
2. Menghitung penambahan volume pengencer. Menurut BIBD Provinsi Lampung (2025), pengenceran semen dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Jumlah pengencer (ml)} = \left\{ \left(\frac{v \times m \times k}{25 \text{ juta/ml}} \right) \times 0,23 \right\} - v$$

3. Mensubstitusikan pengencer sari buah tomat yang akan dilakukan kedalam *glass beaker* dan memberi label sesuai perlakuan;
4. Menyimpan larutan ke dalam lemari es dengan suhu 3–5 °C, dan dilakukan pemeriksaan setiap 2 jam sampai motilitas $\leq 40\%$.

3.4.6 Pemeriksaan motilitas spermatozoa pascapengenceran

Pemeriksaan motilitas spermatozoa dilakukan dengan cara:

1. Meneteskan semen setelah diencerkan pada *object glass* kemudian ditutup dengan *cover glass*. Melihat di bawah mikroskop dengan perbesaran lemah (10x10) pada beberapa lapang pandang;
2. Melakukan penilaian dengan cara membandingkan spermatozoa yang bergerak progresif dengan gerakan lain yang tidak progresif, dan dinyatakan

dalam bentuk persentase antara 0–100% dengan standar minimal kualitas semen beku adalah motilitas spermatozoa 40% (BIBD Provinsi Lampung, 2025).

3.4.7 Pemeriksaan viabilitas spermatozoa pascapengenceran

Pemeriksaan viabilitas spermatozoa dilakukan dengan cara:

1. Meneteskan satu tetes eosin 2% pada ujung gelas objek;
2. Meneteskan semen yang telah dicampur dengan bahan pengencer tris kuning telur secara acak pada setiap perlakuannya;
3. Menempelkan jung gelas objek yang lain atau jung gelas penutup pada kedua cairan sehingga keduanya bercampur, kemudian didorong ke ujung gelas objek;
4. Mengeringkan preparat ulas dengan cara menggerakkan di atas nyala lilin atau pemanas Bunsen;
5. Memeriksa spermatozoa yang hidup dan mati dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran sedang (10×40) spermatozoa yang hidup tidak berwarna, sedangkan spermatozoa yang mati akan berwarna merah atau merah muda. Jumlah spermatozoa yang dihitung minimal 210 sel;
6. Menurut Hartono *et al.* (2023), menghitung viabilitas dengan rumus;

$$\text{Viabilitas Sperma (\%)} = \frac{X-Y}{X} \times 100\%$$

Keterangan : X : Jumlah sel spermatozoa keseluruhan

Y : Jumlah sel spermatozoa mati

3.4.8 Pemeriksaan abnormalitas spermatozoa pascapengenceran

Pemeriksaan viabilitas spermatozoa dilakukan dengan cara:

1. Meneteskan satu atau dua tetes eosin 2% pada ujung gelas objek yang bersih;
2. Meneteskan semen dengan ukuran yang sama banyak dengan zat pewarna pada ujung gelas objek yang sama;

3. Menempelkan ujung gelas penutup pada ujung gelas objek sehingga kedua cairan bercampur merata, lalu menggeser preparat ke tepi gelas objek;
4. Mengeringkan preparat ulas dengan hati-hati menggunakan panas dari lilin atau bunsen hingga permukaan preparat kering;
5. Memeriksa adanya spermatozoa abnormal di bawah mikroskop dengan pembesaran sedang (10×40); tanda-tanda abnormalitas meliputi kepala yang hilang, kepala tanpa ekor, ekor melingkar, atau kepala ganda, dengan jumlah hitung minimal 210 sel;
6. Menghitung persentase spermatozoa abnormal sesuai metode perhitungan yang disarankan Hartono *et al.* (2023);

$$\text{Abnormalitas (\%)} = \frac{Y}{X} \times 100\%$$

Keterangan : X : Jumlah sel spermatozoa keseluruhan

Y : Jumlah sel spermatozoa abnormal

3.5 Perubah yang Diamati

Perubah kualitas semen yang diamati meliputi, motilitas spermatozoa, viabilitas spermatozoa, dan abnormalitas spermatozoa pascapengenceran setiap 2 jam hingga motilitas $\leq 40\%$ pada suhu penyimpanan 3–5 °C.

3.6 Analisis Data

Dalam penelitian ini, data kualitas spermatozoa yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (Anova) satu arah dengan taraf signifikansi 5% dan 1%. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dalam pengencer tris kuning telur tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap motilitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-0 dan ke-2 pascapengenceran; terhadap viabilitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-0 dan ke-2 pascapengenceran, serta abnormalitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-0, ke-2, ke-4 dan ke-8 pascapengenceran. Perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) terhadap motilitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-4, ke-6, dan ke-8 pascapengenceran; serta viabilitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-4, ke-6, dan ke-8 pascapengenceran. Perlakuan berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap abnormalitas spermatozoa pada jam penyimpanan ke-6 pascapengenceran.
2. Penambahan sari buah tomat 20 ml dalam pengencer tris kuning telur merupakan perlakuan pengencer terbaik dalam mempertahankan motilitas ($48,75\pm 2,50\%$), dan viabilitas ($56,16\pm 0,51\%$), serta menekan peningkatan abnormalitas ($15,35\pm 0,17\%$) spermatozoa sapi Bali pascapengenceran setelah penyimpanan selama 8 jam.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disarankan bahwa:

1. Penambahan sari buah tomat (*Solanum lycopersicum*) dengan penambahan 20 ml dalam pengencer tris kuning telur yang menghasilkan kualitas semen

terbaik dapat dijadikan acuan sebagai bahan tambahan pengencer semen, serta berpotensi diterapkan pada jenis ternak dan jenis pengencer lainnya.

2. Hasil peubah ini perlu diuji coba hasilnya untuk mengetahui tingkat fertilitas spermatozoa secara langsung melalui uji kebuntingan pada program inseminasi buatan di lapangan, sehingga dapat diketahui efektivitas penggunaan sari buah tomat dalam kondisi nyata dilapangan.
3. Penelitian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan varietas tomat yang berbeda serta menggunakan rentang penambahan sari buah tomat yang lebih spesifik guna mengetahui konsistensi dan efektivitas hasil yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, D., Hendri, & Masrizal. (2025). Kualitas Semen dan Kinematik Spermatozoa Kerbau Lumpur yang Diencerkan dengan Bahan Pengencer yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 13(2), 307–327. <https://doi.org/10.23960/jipt.v13i2.p307-327>
- Agarwal, A., Virk, G., Ong, C., & Plessis, S. S. (2014). Effect of Oxidative Stress on Male Reproduction. *Journal of Men's Health*. 32(1), 1–17. <https://doi.org/10.5534/wjmh.2014.32.1.1>
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Astiti, N. M. (2018). *Sapi Bali dan Pemasarannya*. Warmadewa University Press. Denpasar. <http://book.penerbit.org/index.php/JPB/article/view/156>
- Barek, M. E., Uly, K., Hine, T. M., Nalley, W. M., & Belli, H. L. L. (2020). Pengaruh Penambahan Sari Wortel dalam Pengencer Sitrat Kuning Telur terhadap Kualitas Spermatozoa Kambing Bligon. *Jurnal Nukleus Peternakan*, 7(2), 109–117. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v7i2.3152>
- Blegur, J., Hine, T. M., & Nalley, W. M. (2020). Pengaruh Penambahan Virgin Coconut Oil dalam Pengencer Tris Kuning Telur terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Bali Selama Preservasi. *Jurnal Nukleus Peternakan*, 7(2), 59–68. <https://doi.org/10.35508/nukleus.v7i2.3153>
- Batool, I., Fayyaz, M. H., Hameed, A., Andrabi, S. M. H., Kausar, R., Shahzad, M., Mubashir, Y., Omur, A. D., Murtaza, G., Ditta, A., & Hussain, T. (2024). Quercetin in Semen Extender Improves Frozen-Thawed Spermatozoa Quality and in-Vivo Fertility in Crossbred Kamori Goats. *Frontiers in Veterinary Science*, 11(2), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1385642>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Indonesia 2022*. Badan Pusat Statistik.
- BBIB Singosari. (2023). *Standarisasi Pembuatan Pengencer Tris Kuning Telur*. Malang. Jawa Timur.

- BIBD Provinsi Lampung. (2024). *Standar Operasional Prosedur*. BIBD Lampung Tengah. Lampung.
- BIBD Provinsi Lampung. (2025). *Standar Operasional Prosedur*. BIBD Lampung Tengah. Lampung.
- Deskayanti, A., Wulandari, R., & Yulianti, L. (2020). Conception Rate dan Service Per Conception pada Sapi Bali Hasil Inseminasi Buatan di Kabupaten Sumbawa Barat Tahun 2017. *Ovzoo: Journal of Animal Reproduction*, 8(2), 45–52. <https://journal.ubb.ac.id/index.php/ovzoo/article/view/2009>
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. (2022). *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan*. Kementerian Pertanian RI. Jakarta. <http://ditjenpkh.pertanian.go.id>
- Eldeen, M. S., Ali, M., Alolayan, I., Aljuaythin, A., Alrauji, Y., Aldobaib, S., & Elners, S. S. (2025). Effects of Adding Punicalagin or Oleuropein to Tris Extender on Sperm Quality of Rams. *Animals*, 15(9), 1242. <https://doi.org/10.3390/ani15091242>
- Fazrien, W. A., Herwijanti, E., & Isnaini, N. (2020). Pengaruh Variasi Individu terhadap Kualitas Semen Segar dan Beku Pejantan Unggul Sapi Bali. *Jurnal Sains Peternakan*, 18(1), 60-65. <https://doi.org/10.20961/sainspet.v18i1.37986>
- Feradis. (2010). *Bioteknologi Reproduksi pada Ternak*. Alfabeta. Bandung.
- Feradis. (2009). Peranan Antioksidan dalam Pembekuan Semen. *Jurnal Peternakan*. 6(2), 63–70. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/peternakan>
- Garner, D.L., & Hafez, E.S.E. (2000). Spermatozoa and Seminal Plasma. In *Reproduction in Farm Animal*. Philadelphia. 96–109. <https://doi.org/10.1002/9781119265306.ch7>
- Hidayati, N., Arifiantini, R. I., & Sajuthi, D. (2015). Preservasi Semen Kambing Peranakan Etawa dalam Pengencer Tris dan Sitrat Kuning Telur dengan Penambahan Sodium Dodecyl Sulphate. *Jurnal Veteriner*, 16(3), 334–342. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jvet/article/view/18833>
- Hartono, M., Suharyati, S., & Siswanto. (2023). *Penuntun Praktikum Teknologi Reproduksi Ternak*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kumar, R. (2024). Comparison of Various Levels of Ascorbic Acid and Lycopene in Semen Extenders to Improve Sperm Quality. *Journal of Animal Reproduction Science*, 8(10), 107–283. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107283>

- Loetjettanarom, T., Authaida, S., Boonkum, W., & Chankitisaku, V. (2025). Effect of *Kaempferia Parviflora* Supplementation in Semen Extenders on Post-Thaw Sperm Quality in Thai Native Bulls. *Animals*, 15(7), 962. <https://doi.org/10.3390/ani15070962>
- Manehat, F. X., Dethan, A. A., & Tahuk, P. K. (2021). Motilitas, Viabilitas, Abnormalitas Spermatozoa dan pH Semen Sapi Bali Selama Penyimpanan dengan Pengencer yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner*, 6(2), 85–92. <https://doi.org/10.32938/jtast.v3i1.874>
- Meo, M. Y., Telnoni, S. P., & Dilak, H. I. (2022). Kualitas Spermatozoa Sapi Angus (*Bos taurus*) dalam Pengencer Tris Kuning Telur dengan Substitusi Ekstrak Sari Buah Tomat. *Flobamora Biological Journal*, 1(1), 12–19. <http://ejournal.undana.ac.id/index.php/flobamora/article/view/7342>
- Murdiyanti, R. A., Nurdayati, N., & Pranatasari, D. (2024). Pengaruh Pemberian Selenium dan Vitamin E terhadap Kualitas Spermatozoa pada Kambing Pejantan Jawarandu (*Capra aegagrus hircus*). *Journal of Tropical Animal Production*, 25(1), 14–21. <https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2024.025.01.2>
- Ogbuewu, I. P., Aladi, N. O., Etuk, I. F., Opara, M. N., Uchegbu, M. C., Okoli, I. C., & Iloje, M. U. (2010). Relevance of Oxygen Free Radicals and Antioxidants in Sperm Production and Function. *Research Journal of Veterinary Sciences*, 3(3), 138–164. <https://doi.org/10.3923/rjvs.2010.138.164>
- Putra, R. A., Dethan, A. A., & Tahuk, P. K. (2022). Karakteristik Semen Beku Sapi Bali pada Kondisi Penyimpanan yang Berbeda. *Jurnal Biologi dan Bioteknologi Indonesia*, 19(1), 55–63. <https://ejournal.brin.go.id/JBBI>
- Prastowo, S., Dharmawan, P., Nugroho, T., Bachtiar, A., & Pramono, A. (2018). Kualitas Semen Segar Sapi Bali (*Bos javanicus*) pada Kelompok Umur yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Ternak*. 18(1), 1–7. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i1.17684>
- Pratiwi, R. I., Suharyati, S., & Hartono, M. (2014). Analisis Kualitas Semen Beku Sapi Simmental Menggunakan Pengencer Andromed[®] dengan Variasi Waktu Pre Freezing. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 2(3), 8–15. <https://doi.org/10.24198/jipt.v2i3.14261>
- Riyanto, T. R. (2018). Effectivity of Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Zinc Combination to Sperms of Male White Rats Exposed to Monosodium Glutamate. *Journal of Biomedicine and Translational Research*, 4(1), 10–17. <https://www.researchgate.net/publication/330218168>
- Rosmaidar, Dasrul, & Lubis, T. M. (2013). Pengaruh Penambahan Sari Buah Tomat dalam Media Pengencer terhadap Motilitas dan Viabilitas Spermatozoa Kambing Boer yang Disimpan pada Suhu 3–5 °C. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(1), 7–17. <http://jurnal.umuslim.ac.id/index.php/JIP/article/view/208/132>

- Rahman, M. S., Kwon, W. S., Lee, J. S., Yoon, S. J., Ryu, B. Y., & Pang, M. G. (2019). Effect of Antioxidants on Bisphenol A–Induced Stress on Sperm Function in a Mouse Model. *Scientific Reports*, 9(1), 116–129. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47158-9>
- Safa'atin, D. S., Hartati, P., Andanawari, S., Zulfikhar, R., Akbarrizki, M., Pranatasari, D., Nawangsari, D. N., Sukoco, H., & Cahyani, A. P. (2024). Effect of Supplementation Tomatoes Juice in Fresh Semen Egg Yolk Citrate Diluent on the Quality of Spermatozoa and the Success of Artificial Insemination in Thin Tailed Sheep. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 4(1), 11–21. <https://doi.org/10.55927/mudima.v4i1.7464>
- Septianisa, S., Suharyati, S., Hartono, M., & Siswanto. (2025). Pengaruh Penambahan Vitamin C, Vitamin E dan L-Carnitine dalam Pengencer Tris Kuning Telur terhadap Kualitas Semen Cair Domba Ekor Tipis. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 9(1), 195–212. <https://doi.org/10.23960/jrip.2025.9.1.195-212>
- Savitri, F. K., Suharyati, S., & Siswanto. (2014). Kualitas Semen Beku Sapi Bali dengan Penambahan Berbagai Dosis Vitamin C pada Bahan Pengencer Skim Kuning Telur. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 2(3), 30–36. <https://doi.org/10.24198/jipt.v2i3.14263>
- Sima, F., Majawati, E., & Kurniawan, H. (2019). Uji Kadar Likopen dan Aktivitas Antioksidan pada Buah Tomat. *Jurnal Kedokteran Meditek*. 25(3), 94–99. <https://doi.org/10.36452/jkdoktmeditek.v25i3.1778>
- Shafe, M. O., Gumede, N. M., Nyakudya, T. T., & Chivandi, E. (2024). Lycopene: A Potent Antioxidant with Multiple Health Benefits. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 48(1), 2–17. <https://doi.org/10.1002/jfbc.152426>
- Suharyati, S., & Hartono, M. (2013). Peningkatan Kualitas Semen Kambing Boer dengan Pemberian Vitamin E dan Mineral Zn. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 7(2), 91–93. <https://doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v7i2.897>
- Susilawati, T. (2011). *Spermatologi*. Universitas Brawijaya Press. Jawa Timur.
- Susilawati, T. (2013). *Pedoman Inseminasi Buatan pada Ternak*. Universitas Brawijaya Press. Jawa Timur.
- Tahuk, P. K., Dethan, A. A., & Manehat, F. X. (2020). Kualitas Semen Segar dan Semen Olahan Sapi Bali serta Hubungannya dengan Plasma Seminal. *Jurnal Ilmu Peternakan*, 15(2), 101–109. <https://ejournal.undana.ac.id/index.php/jip/article/view/2794>
- Toelihere, M.R. (1993). *Inseminasi Buatan pada Ternak*. Angkasa, Jawa Barat.

- Tethool, A. N., Ciptadi, G., Wahjuningsih, S., & Susilawati, T. (2022). Karakteristik dan Jenis Pengencer Semen Sapi Bali: Suatu Review. *Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner Tropis*, 12(1), 45–57.
<https://doi.org/10.46549/jipvet.v12i1.214>
- Wijayanti, A., Suprayogi, T. W., Prastiya, R. A., Hernawati, T., Sardjito, T., Saputro, A. L., Amaliya, A., & Sulistyowati, D. (2023). Pengaruh Penambahan Ekstrak Teh Hijau (*Camellia sinensis*) dalam Diluter Tris Kuning Telur terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Bali (*Bos sondaicus*) setelah Pembekuan. *Jurnal Medik Veteriner*, 6(1), 66–74.
<https://doi.org/10.20473/jmv.vol6.iss1.2023.66-74>