

**PENGARUH VOLUME EJAKULAT TERHADAP MEMBRAN  
PLASMA UTUH (MPU) DAN TUDUNG AKROSOM UTUH  
(TAU) SEMEN BEKU SAPI BALI**

---

---

**SKRIPSI**

---

---

**OKTRESTU DWI PUTRA YUSUF**  
**C031181314**



**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**PENGARUH VOLUME EJAKULAT TERHADAP MEMBRAN  
PLASMA UTUH (MPU) DAN TUDUNG AKROSOM UTUH  
(TAU) SEMEN BEKU SAPI BALI**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**OKTRESTU DWI PUTRA YUSUF  
C031181314**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Kedokteran Hewan pada  
Program Studi Kedokteran Hewan  
Fakultas Kedokteran



**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN HEWAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH VOLUME EJAKULAT TERHADAP MEMBRAN PLASMA  
UTUH (MPU) DAN TUDUNG AKROSOM UTUH (TAU)  
SEMEN BEKU SAPI BALI**

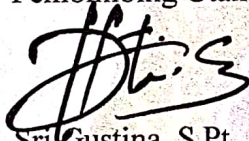
**Disusun dan diajukan oleh**

**OKTRESTU DWI PUTRA YUSUF  
C031 18 1314**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kedokteran Hewan  
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 12 Juli 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

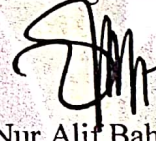
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Sri Gustina, S.Pt., M.Si  
NIK. 7371117108840000

Pembimbing Pendamping




Drh. Nur Alif Bahmid, M.Si  
NIP. 199205102020015001

Mengetahui,


a.n. Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset  
Dan Inovasi Fakultas Kedokteran



dr. Agussalim Bukhari, M.Clin. Med., Ph.D., Sp.GK(K)  
NIP. 197008211999031001

Ketua Program Studi Kedokteran Hewan  
Fakultas Kedokteran



Dr. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet  
NIP. 197302161999032001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Oktrestu Dwi Putra Yusuf  
NIM : C031181314  
Program Studi : Kedokteran Hewan  
Fakultas : Kedokteran  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul


Pengaruh Volume Ejakulat Terhadap Membran Plasma Utuh (MPU) dan Tudung Akrosom Utuh (TAU) Semen Beku Sapi Bali

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



Makassar, 12 Juli 2022  
Yang Menyatakan

  
Oktrestu Dwi Putra Yusuf

## ABSTRAK

**OKTRESTU DWI PUTRA YUSUF. Pengaruh Volume Ejakulat Terhadap Membran Plasma Utuh (MPU) dan Tudung Akrosom Utuh (TAU) Semen Beku Sapi Bali.** Di bawah bimbingan SRI GUSTINA dan NUR ALIF BAHMID.

---

Volume semen merupakan salah satu titik ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas semen sapi pejantan dalam satu kali ejakulat koleksi semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali. Sampel yang digunakan yaitu 36 straw semen beku sapi Bali. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang menggunakan 4 perlakuan volume ejakulat, yaitu 1-3 ml; 3,1-5 ml; 5,1-7 ml; dan 7,1-9 ml dimana tiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan. Variabel yang diamati adalah membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU). Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan SPSS versi 25 dengan metode *oneway ANOVA*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase MPU tertinggi yaitu pada volume 7,1-9 ml sebesar  $41.56 \pm 2.05\%$  dan terendah pada volume 5,1-7 ml sebesar  $34.33 \pm 2.04\%$ . Persentase TAU tertinggi yaitu pada volume 7,1-9 ml sebesar  $53.66 \pm 3.03\%$  dan terendah pada volume 3,1-5 ml sebesar  $47.95 \pm 1.84\%$ . Hasil analisis statistik menunjukkan tidak ada pengaruh yang nyata ( $P > 0,05$ ) antara volume ejakulat terhadap membran plasma utuh dan tudung akrosom utuh semen beku sapi Bali. Kesimpulan dari penelitian ini adalah volume ejakulat tidak mempengaruhi membran plasma utuh dan tudung akrosom utuh semen beku sapi Bali.

**Kata kunci:** membran plasma utuh, sapi Bali, semen beku, tudung akrosom utuh, volume ejakulat

## ABSTRACT

OKTRESTU DWI PUTRA YUSUF. **Effects of Ejaculate Volume on Plasma Membrane Integrity and Acrosome Integrity of Bali Bull's Frozen Semen.** Under the guidance of SRI GUSTINA and NUR ALIF BAHMID.

---

Semen volume is one of the measuring points used to determine the quality of the semen in one ejaculation of bull's semen collection. This study aims to determine the effect of ejaculate volume on plasma membrane integrity and acrosome integrity of Bali bull's frozen semen. The samples used were 36 frozen semen straws of Bali Bull. The method used in this study is an experimental method that used 4 treatments of ejaculate volume, which were 1-3 ml; 3.1-5 ml; 5.1-7 ml; and 7.1-9 ml, and each treatment consisted of 3 replications. The variables observed were plasma membrane integrity and acrosome integrity. The result was analyzed using One-Way ANOVA with SPSS version 25. The results showed that the highest percentage of plasma membrane integrity was volume 7.1-9 ml of  $41.56 \pm 2.05\%$  and the lowest was volume 5.1-7 ml of  $34.33 \pm 2.04\%$ . The highest percentage of acrosome integrity was volume 7.1-9 ml of  $53.66 \pm 3.03\%$  and the lowest was volume 3.1-5 ml of  $47.95 \pm 1.84\%$ . The statistical analysis showed that there was no significant effect ( $P > 0.05$ ) between the volume of ejaculate on plasma membrane integrity and acrosome integrity of Bali bull's frozen semen. Therefore, it can be concluded that the volume of ejaculate does not affect the plasma membrane integrity and acrosome integrity of Bali bull's frozen semen

**Keywords: Plasma membrane integrity, Bali bull, frozen semen, acrosome integrity, ejaculate volume**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Sang Pemilik Kekuasaan dan Rahmat, yang telah melimpahkan berkat dan karunia sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Volume Ejakulat Terhadap Membran Plasma Utuh (MPU) dan Tudung Akrosom Utuh (TAU) Semen Beku Sapi Bali**” ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, sejak persiapan, pelaksanaan hingga pembuatan skripsi setelah penelitian selesai.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Hewan. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini dan jauh dari kesempurnaan, karena keterbatasan penulis. Namun adanya doa, restu dan dorongan dari orang-orang terkasih sehingga penulis bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu dengan segala bakti penulis memberikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mereka: ayahanda **Yusuf Padanun** dan ibunda **Bunga Sampe** atas seluruh doa, kasih sayang dan bantuan baik materi maupun nonmateri yang telah diberikan. Tak lupa pula saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada saudara-saudara saya **Yusbudianto Yusuf, Yuliasuti Yusuf** dan **Yuliastri Yusuf** atas kasih sayang, semangat dan nasihat yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. **Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M. Kes., Sp. PD-KGH., Sp. Gk** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
3. **Dr. Drh. Dwi Kesuma Sari, AP.Vet** selaku Ketua Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin.
4. **Ibu Dr. Sri Gustina, S. Pt., M. Si.** dan **Drh. Nur Alif Bahmid, M. Si.** selaku pembimbing atas waktu, arahan, saran dan kesabaran yang telah diberikan dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. **Dr. Drh. Fika Yuliza Purba, M. Sc.** dan **Drh. Muhammad Muflih Nur** sebagai dosen penguji dalam seminar proposal dan seminar hasil yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini.
6. **Drh. Adryani Ris, M. Si.** Sebagai penasehat akademik yang senantiasa membimbing dan memberikan masukan-masukan selama perkuliahan.
7. Dosen pengajar yang telah memberikan banyak ilmu dan berbagai pengalaman kepada penulis selama mengikuti pendidikan di Kedokteran Hewan UNHAS. Serta staf tata usaha Kedokteran Hewan UNHAS yang senantiasa mengurus kelengkapan berkas.
8. Segenap pihak Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Provinsi Sulawesi Selatan UPT PIBPS Pucak Maros **Ibu Sitti Farida, Kak Majedah, Pak Madi** dan **Pak Usman** atas izin penelitian, waktu, dan bantuan dari awal penelitian sampai selesai
9. Sahabat terkasih **Murni, Fikri, Wawan, Izzah, Misna, Nova, Rachel, Ega,** dan **Naya** yang senantiasa mendampingi dan memberikan semangat

dan nasehat kepada penulis. Geng penelitian “**Sperma Hunter**” yang selalu bersama dan merangkul dari awal penelitian hingga selesai. Sahabat sehati dan seiman **Erlis Estri L.** dan **Samuel Ransi Oneson** atas waktu, kasih sayang dan hiburan yang selalu diberikan kepada penulis. Kelompok PA **Juan, Mexi, Alan, Gerry** dan **Jhonny** yang selalu memberikan saran dan mendoakan kehidupan penulis. **Kak Opel** dan **Kak Jessica** yang selalu membantu dan mendengarkan keluh kesah penulis dari awal perkuliahan hingga selesai.

10. Kakak dari Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin **Kak Inna, Kak Dilla, Kak Kirana** dan **Kak Hikma** yang telah membantu kelengkapan alat dan bahan penelitian serta memberikan masukan-masukan yang membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.
11. Segenap panitia seminar proposal dan seminar hasil atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis.
12. Teman-teman Kedokteran Hewan angkatan 2018 “**CORVUS**” yang menemani dan selalu merangkul penulis selama menempuh pendidikan sarjana.
13. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan banyak saran, bantuan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dalam penyusunan karya berikutnya bisa lebih baik. Akhir kata, semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Makassar, 12 Juli 2022  
Penulis

**Oktrestu Dwi Putra Yusuf**



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>13</b>
1.1 Latar Belakang .....	13
1.2 Rumusan Masalah .....	14
1.3 Tujuan Penelitian .....	14
1.4 Manfaat Penelitian .....	14
1.5 Hipotesis.....	14
1.6 Keaslian Penelitian.....	14
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>15</b>
2.1 Sapi Bali .....	15
2.2 Penilaian Kualitas Semen.....	16
2.3 Morfologi Spermatozoa .....	17
2.4 Membran Plasma Utuh (MPU) .....	18
2.5 Tudung Akrosom Utuh (TAU).....	20
<b>3 METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Prosedur Penelitian.....	21
3.5 Analisis Data .....	23
<b>4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>24</b>
4.1 Membran Plasma Utuh (MPU).....	24
4.2 Tudung Akrosom Utuh (TAU).....	26
<b>5 PENUTUP</b> .....	<b>29</b>
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>31</b>
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b> .....	<b>39</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Hasil persentase MPU semen beku sapi Bali.....	24
Tabel 2. Hasil persentase TAU semen beku sapi Bali .....	26

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Sapi Bali .....	15
Gambar 2. Bagian-bagian spermatozoa .....	17
Gambar 3. Morfologi normal spermatozoa sapi .....	18
Gambar 4. HOST positif pada spermatozoa .....	19
Gambar 5. Tudung akrosom utuh (TAU) (a) dan tidak utuh (b) pada spermatozoa sapi .....	20
Gambar 6. Pengamatan MPU semen beku sapi Bali.....	24
Gambar 7. Pengamatan TAU semen beku sapi Bali .....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Persuratan .....	33
Lampiran 2. Prosedur Penelitian .....	34
Lampiran 3. Data Penelitian.....	36
Lampiran 4. Hasil Analisis Data .....	37

# 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sapi Bali merupakan salah satu *breed* sapi asli Indonesia yang memiliki potensi yang tinggi dalam menghasilkan daging. Sapi Bali berasal dari grup *Bibovine* (*Bos sondaicus*, *Bos javanicus*, *Bibos banteng*). Sebagai salah satu *breed* sapi asli Indonesia, sapi Bali memiliki beragam keunggulan diantaranya dapat beradaptasi pada kondisi tropis di Indonesia, memiliki tingkat fertilitas yang tinggi, tetap produktif pada kondisi lingkungan yang baru serta tahan terhadap caplak dan investasi cacing dibandingkan sapi lain yang ada di Indonesia. Keunggulan-keunggulan ini yang membuat masyarakat sangat meminati sapi Bali (Astuti, 2018). Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk meningkatkan jumlah, kualitas dan produktifitas sapi Bali adalah inseminasi buatan (IB) (Ardhani *et al.*, 2020). Inseminasi buatan memanfaatkan semen pejantan unggul untuk diinseminasikan pada betina produktif sehingga didapatkan keturunan yang memiliki kualitas lebih baik. Inseminasi buatan (IB) merupakan salah satu teknologi reproduksi dalam reproduksi ternak yang memiliki berbagai manfaat seperti memperbaiki kualitas genetik ternak, mencegah penyebaran penyakit serta meningkatkan efisiensi penggunaan pejantan unggul (Swastika *et al.*, 2018).

Keberhasilan program inseminasi buatan (IB) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi fisiologis ternak, keterampilan peternak, keterampilan inseminator serta kualitas semen beku yang digunakan (Supriyanto, 2016). Semen beku merupakan semen yang telah mengalami proses pengenceran dengan bahan pengencer kemudian ditambahkan gliserol dalam proses pembekuannya. Kualitas semen beku merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan IB. Penilaian semen hasil penampungan dilakukan untuk mengetahui kualitas dari spermatozoa tersebut. Penilaian kualitas semen terdiri dari penilaian makroskopis dan mikroskopis. Salah satu penilaian kualitas semen secara makroskopis adalah dengan melihat volume semen. Volume semen merupakan salah satu titik ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas semen sapi pejantan dalam 1 kali ejakulat koleksi semen (Ismaya, 2014).

Penilaian kualitas semen secara mikroskopis terdiri dari berbagai parameter, salah satunya adalah keutuhan dari membran plasma dan tudung akrosom. Keutuhan membran plasma dan tudung akrosom merupakan parameter yang baik untuk kualitas dan fertilitas spermatozoa (Almadaly *et al.*, 2014). Membran plasma spermatozoa yang utuh atau terjaga akan membuat proses metabolisme spermatozoa akan tetap berlangsung dengan baik yang berpengaruh positif pada motilitas spermatozoa selama penyimpanan berlangsung (Anwar *et al.*, 2015). Menurut Susilawati (2011), membran plasma utuh (MPU) spermatozoa mutlak diperlukan untuk menjamin kelangsungan hidup dan keberhasilan dalam membuahi sel telur dimana MPU memiliki kaitan dengan persentase hidup spermatozoa.

Kualitas semen yang baik tidak hanya berpatokan pada motilitas progresif spermatozoa namun juga dilihat dari tudung akrosom utuh (TAU) spermatozoa. Tudung akrosom utuh (TAU) berpengaruh baik pada proses kapasitasi dan reaksi akrosom ketika fertilisasi terjadi, dimana TAU berdampak positif pada fertilitas spermatozoa sapi bali pada saat pembuahan terjadi (Anwar *et al.*, 2015). MPU akan membuat tudung akrosom juga akan tetap utuh ketika pembekuan semen

dilakukan (Tambing *et al.*, 2009). MPU dan TAU sangat menentukan kemampuan spermatozoa untuk membuahi sel telur (Arvioges *et al.*, 2021).

Menurut Indriastuti (2020), 90% dari volume semen adalah plasma semen dan 10% lainnya adalah spermatozoa. Plasma semen terdiri dari berbagai molekul biokimia dan metabolit yang penting untuk remodeling membran, perlindungan dan metabolisme sperma, interaksi sperma dengan saluran telur, kapasitas dan reaksi akrosom dan fertilisasi. kolesterol terdeteksi dalam sperma dan penting dalam regulasi permeabilitas dan fluiditas membran sperma (Memili *et al.*, 2020). Kemampuan hidup semen beku setelah *thawing* bervariasi antar spesies dan individu jantan, variasi dalam spesies dan individu berhubungan dengan biofisika dan biokimia dari karakter membran spermatozoa (Ma'ruf, 2018).

Penelitian mengenai kaitan antara volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat apakah ada pengaruh atau kaitan antara volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dirumuskan bagaimana pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Manfaat Pengembangan Ilmu**

Manfaat pengembangan ilmu pada penelitian kali ini adalah sebagai tambahan ilmu pengetahuan dan literatur untuk mengembangkan penelitian ilmu reproduksi selanjutnya serta memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali.

### **1.4.2 Manfaat Aplikasi**

Manfaat aplikasi pada penelitian kali ini agar dapat melatih kemampuan peneliti dan menjadi acuan bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Serta, dapat menjadi informasi bagi masyarakat mengenai pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali.

## **1.5 Hipotesis**

Hipotesis penelitian ini adalah terdapat pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali.

## **1.6 Keaslian Penelitian**

Penelitian mengenai pengaruh volume ejakulat terhadap membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) semen beku sapi Bali belum pernah dilakukan. Namun, penelitian sejenis yang pernah dilakukan adalah penelitian oleh Anwar *et al.* (2015) yang meneliti tentang membran plasma utuh (MPU) dan tudung akrosom utuh (TAU) spermatozoa sapi Bali dipreservasi suhu 5°C dalam pengencer ekstrak air tebu dengan penambahan kuning telur.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sapi Bali

Sapi Bali merupakan bangsa sapi asli Indonesia yang memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bangsa sapi lain. Sapi Bali mudah beradaptasi pada berbagai jenis pakan, kondisi lingkungan, perubahan iklim serta memiliki efisiensi reproduksi yang baik (Nugraha *et al.*, 2019; Indriastuti *et al.*, 2020).

Menurut Hartatik (2019), penamaan sapi Bali didasarkan pada penyebaran populasi ini terdapat di pulau Bali. Sapi Bali juga dikenal dengan nama *Balinese cow* yang kadang pula disebut *Bibos javanicus*, meskipun tidak satu subgenus dengan bangsa sapi *Bos Taurus* atau *Bos indicus*. Berdasarkan hubungan silsilah famili *Bovidae*, kedudukan sapi Bali diklasifikasikan ke dalam subgenus *Bibovine* tetapi masih termasuk genus *Bos*. Menurut Felius *et al.* (2011) klasifikasi sapi Bali adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia  
Phylum : Chordata  
Class : Mamalia  
Order : Artiodactyla  
Family : Bovidae  
Genus : Bos  
Species : *Bos sondaicus*

Sapi Bali merupakan salah satu sapi asli Indonesia yang merupakan hasil domestikasi dari Banteng dan berasal dari Bali. Tampilan fisik sapi Bali masih memiliki kemiripan dengan banteng (Soekarto, 2020). Sapi Bali memiliki ciri khas bulu berwarna keemasan yang akan menjadi hitam pada sapi jantan ketika dewasa, kaki berwarna putih, pantat berwarna putih hamper setengah lingkaran, ujung ekor berwarna hitam, kepala pendek dengan dahi datar serta memiliki tanduk yang besar dan panjang pada sapi jantan (Fikar dan Ruhyadi, 2012).

Penampilan sapi bali jantan dan betina memiliki perbedaan. Badan sapi Bali jantan besar dan berat dengan tinggi badan pada daerah gumba 110-120 cm. Kepala lebar dan kompak, tidak berpunuk, dada dalam dan lebar serta memiliki tanduk mirip kerbau yang melengkung. Sedangkan pada sapi Bali betina bulu badan sebagian besar berwarna merah, badan lebih kecil dan pendek dengan leher dan kepala yang lebih kecil serta tinggi badan sekitar 100 cm. Tanduknya kecil dengan arah lurus ke belakang atas (Soekarto, 2020).



Gambar 1. Sapi Bali (Astuti, 2018).

## 2.2 Penilaian Kualitas Semen

Semen merupakan ejakulat dari hewan jantan yang terdiri dari spermatozoa dan cairan yang disebut dengan plasma semen (Indriastuti *et al.*, 2020). Komposisi akhir dari semen bergantung pada tingkat perkembangan dari kelenjar aksesori sistem reproduksi, bagian sekresi dari organ reproduksi serta volume spermatozoa secara total. Pada sapi, semen terdiri dari 50%-80% sekresi dari kelenjar vesikula seminalis, 25% sekresi dari kelenjar bulbourethral, 7% sekresi dari epididimis, 5% sekresi dari kelenjar prostat serta 14% spermatozoa. Plasma semen terdiri dari air, protein, fruktosa, sorbitol, *citric acid*, *glycerophosphocoline*, dan inositol (Barszcz *et al.*, 2012). Plasma semen berfungsi sebagai penyangga dan sumber makanan spermatozoa sehingga fertilitas dapat terjaga. Plasma semen memiliki tekanan osmotik setara 0.9% NaCl. Dalam plasma semen terdapat ion inorganik yang penting yaitu natrium dan *chlorine* dalam jumlah besar dan kalsium dan magnesium dalam jumlah kecil (Ismaya, 2014). Menurut Nugraha *et al.* (2019), plasma semen memiliki peran penting dalam menjaga motilitas spermatozoa, media pembawa dan pelindung spermatozoa.

Kualitas reproduksi sapi jantan dapat dinilai melalui kualitas semen yang dihasilkan. Kualitas semen dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti musim, kelembaban, suhu, pakan yang diberikan, serta faktor genetik dari sapi itu sendiri. Pemeriksaan kualitas semen sapi dapat dilakukan melalui pemeriksaan seperti viabilitas, motilitas serta abnormalitas namun parameter ini tidak cukup efektif untuk memprediksi fertilitas sapi jantan (Indriastuti *et al.*, 2020). Penilaian kualitas semen dilakukan dengan pemeriksaan makroskopis dengan menentukan volume, warna, bau, pH, dan konsistensi semen. Penilaian mikroskopis dengan menghitung motilitas, konsentrasi spermatozoa serta abnormalitas spermatozoa (Ismaya, 2014).

Pemeriksaan volume merupakan salah satu syarat yang dilakukan untuk menilai kualitas dari semen. Volume semen yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bangsa, bobot badan, umur, pakan dan frekuensi penampungan (Adhyatma *et al.*, 2013). Menurut Indriastuti *et al.* (2020), volume semen yang bervariasi di antara sapi jantan dipengaruhi oleh organ reproduksi dari sapi serta sekresi dari kelenjar aksesori. Selain volume, konsentrasi spermatozoa juga dilihat. Konsentrasi spermatozoa adalah banyaknya spermatozoa dalam satu milliliter semen. Variasi dari jumlah konsentrasi spermatozoa dapat disebabkan oleh aktifitas dari sel-sel spermatogenik untuk memproduksi spermatozoa pada proses spermatogenesis. Menurut Ismaya (2014), pH semen dapat diukur dengan menggunakan pH meter. Semen sapi memiliki pH 6.2-6.8.

Salah satu indikator dalam menguji spermatozoa yang hidup dengan membran yang masih utuh adalah dengan melihat viabilitas spermatozoa. Viabilitas spermatozoa dinilai dengan memeriksa motilitas dan rasio hidup atau mati. Motilitas spermatozoa merupakan jumlah sel spermatozoa yang hidup dan bergerak maju atau progresif (Nugraha *et al.*, 2019).

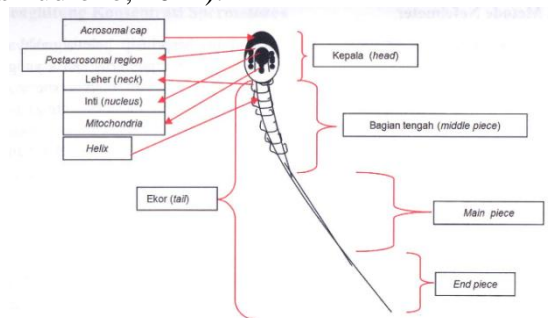
Pergerakan spermatozoa bergantung pada fungsi mitokondria. Semen yang akan diinseminasikan setidaknya memiliki persentase 50% spermatozoa yang hidup dan motil. Velositas atau kecepatan bergerak maju spermatozoa dibutuhkan dalam menjangkau ovum untuk melakukan fertilisasi. Spermatozoa yang bergerak cepat memungkinkan meningkatnya keberhasilan fertilisasi. Sebaliknya



spermatozoa yang bergerak lambat membutuhkan waktu yang lama dalam menjangkau ovum sehingga fertilisasi semakin lama. Proses fertilisasi yang lama dapat menurunkan motilitas dan viabilitas spermatozoa dalam saluran reproduksi betina (Ardhani *et al.*, 2020).

### 2.3 Morfologi Spermatozoa

Sel sperma atau spermatozoa (berasal dari bahasa Yunani Kuno yang berarti benih) merupakan sel dari sistem reproduksi jantan. Proses pembentukan spermatozoa disebut spermatogenesis yang terjadi di tubuli seminiferi testis. Spermatogenesis mencakup pematangan sel epitel germinal melalui pembelahan dan diferensiasi sel yang bertujuan untuk membentuk sperma fungsional (Munarto *et al.*, 2016). Produksi spermatozoa oleh testis dikontrol oleh hormon. Testis dipengaruhi oleh hormon FSH dan LH dari hipofisis anterior, sedangkan testis sendiri menghasilkan hormon testosteron yang dihasilkan oleh sel Leydig yang mengontrol perkembangan dan sekresi kelenjar-kelenjar kelamin (Susilawati, 2011; Lestari dan Ismudiono, 2014).



Gambar 2. Bagian-bagian spermatozoa (Ismaya, 2014).

Struktur spermatozoa yang normal mempunyai panjang 60-70  $\mu$  dibawah mikroskop elektron. Spermatozoa dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu bagian kepala dan bagian ekor. Kepala spermatozoa mempunyai ukuran panjang 8-10  $\mu$  dengan lebar 4  $\mu$  dan tebal 1  $\mu$ . Adapun bagian ekor dibagi menjadi 3 bagian yaitu *middle piece* dengan panjang 8-10  $\mu$ , *main piece* 40-50  $\mu$  dan *end piece* 3  $\mu$  (Ismaya, 2014). Permukaan spermatozoa dibungkus oleh suatu membran lipoprotein. Apabila spermatozoa tersebut mati, maka permeabilitas membrannya meningkat terutama pada pangkal kepala, dan hal ini merupakan dasar pewarnaan spermatozoa yang membedakan spermatozoa yang hidup dari yang mati dengan menggunakan zat warna eosin negrosin (Lestari dan Ismudiono, 2014).

Bagian kepala spermatozoa didominasi oleh nukleus yang mengandung materi genetik (DNA dan RNA). Informasi genetik yang dibawa oleh spermatozoa diterjemahkan dan disimpan di dalam molekul DNA yang tersusun oleh banyak nukleotida. Bentuk kepala spermatozoa bermacam-macam pada tiap spesies hewan, pada spermatozoa sapi berbentuk bulat memanjang atau oval. Dua pertiga kepala spermatozoa ditutupi oleh akrosom. Akrosom terletak di bagian ujung kepala di antara membran inti dan membran sel. Membran luar akrosom berhadapan dengan membran sel sedang membran dalam akrosom melapisi membran inti sel. Di antara kedua membran ini terdapat matriks akrosom. Matriks akrosom tersebut mengandung berbagai enzim hidrolitik antara lain hialuronidase dan akrosin. Enzim tersebut dikeluarkan dalam rangkaian reaksi akrosom. Bagian

leher spermatozoa (*connecting piece*) merupakan bagian yang menghubungkan kepala dengan ekor spermatozoa (Lestari dan Ismudiono, 2014).

Bagian ekor spermatozoa berasal dari sentriol dan struktur tambahan yang terletak pada selaput inti spermatid. Ekor spermatozoa pada bagian *middle piece* merupakan inti ekor atau *axial core* tersusun dari membran sel, mitokondria dan serabut tebal penyusun aksonema yang terdiri atas dua serabut sentral dikelilingi oleh cincin konsentrik terdiri atas 9 fibril rangkap yang berjalan dari daerah implantasi sampai bagian ujung ekor. Bagian utama ekor mengandung sebagian besar mekanisme daya gerak spermatozoa. Pada bagian ujung ekor spermatozoa yang pendek inti ekor tidak mempunyai selubung dan fibril luar yang sembilan buah tidak ada. Mitokondria terletak pada bagian ini tersusun secara spiral dan dilindungi dari lingkungan luar oleh membran sel. Mitokondria merupakan tempat untuk sintesis energy (Adenosine Triphosphate, ATP) yang digunakan untuk pergerakan spermatozoa. Pergerakan terjadi dengan mengubah energi kimia menjadi energi kinetik. Bentuk ultrastruktur *middle piece* pada penampang membujur berturut turut dari luar adalah membran sel, mitokondria, serabut tebal, dan serabut halus (mikrotubulus). Setiap organel tersebut mempunyai peran dalam menjalankan fungsi spermatozoa. Serabut tebal dan serabut halus merupakan organel penyusun aksonema yang berperan sebagai motor penggerak terjadinya motilitas spermatozoa (Lestari dan Ismudiono, 2014).



Gambar 3. Morfologi normal spermatozoa sapi (Mikroskop fase kontras, 1000x) (Koziol dan Armstrong, 2022).

Evaluasi morfologi spermatozoa merupakan komponen penting dari analisis semen dan memberikan informasi mengenai kesehatan reproduksi jantan dan potensi fertilitas sampel semen yang digunakan (Almadaly *et al.*, 2014). Morfologi spermatozoa dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk susunan genetik, tahapan fisiologis hewan, nutrisi, musim, faktor iklim serta penyakit (Chauhan *et al.*, 2017). Kelainan fisik spermatozoa pada saat pembentukan spermatozoa dalam tubuli seminiferi maupun karena proses di dalam saluran reproduksi jantan disebut abnormalitas spermatozoa. Spermatozoa yang abnormal secara morfologi baik abnormalitas primer atau sekunder tidak dapat membuahi ovum. Berdasarkan standar dari Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 10/Permentan/PK.210/3/2016 dimana semen beku yang diproduksi dan diedarkan harus memiliki abnormalitas  $\leq 20\%$ , jika melewati 30-35% menunjukkan adanya infertilitas (Ardhani *et al.*, 2020).

#### 2.4 Membran Plasma Utuh (MPU)

Membran merupakan bagian terluar dari spermatozoa yang melindungi spermatozoa. Apabila membran ini rusak maka spermatozoa akan mati. Hanya

spermatozoa yang memiliki membran utuh yang dapat melakukan fertilisasi (Susilawati, 2011). Menurut Ardhani *et al.* (2020), membran plasma yang utuh (MPU) harus dimiliki oleh sel spermatozoa. Membran plasma memiliki fungsi dalam mengatur proses biokimia di dalam sel. Membran plasma bertanggung jawab dalam regulasi ion kalsium, natrium, dan kalium yang diperlukan dalam aktivitas mitokondria dan motilitas spermatozoa (Khalil *et al.*, 2018). Membran pada sel terdiri dari molekul-molekul lipid yaitu kolesterol, glikolipid dan fosfolipid (Arvioges *et al.*, 2021). Proporsi lipid dan kolesterol mempengaruhi perubahan struktur membran termasuk kepala spermatozoa setelah pembekuan (Indriastuti *et al.*, 2020). Membran plasma spermatozoa memiliki fosfolipid yang mengandung asam lemak tak jenuh sehingga rentan terhadap radikal bebas. Meskipun membran plasma menutupi seluruh spermatozoa, membran ini terdiri dari tiga kompartemen membran yang berbeda yang menutupi membran akrosom luar, membran post akrosom pada kepala spermatozoa dan membran pada *middle* dan *principal piece* (Moce dan Graham, 2008).

Membran plasma dan persentase hidup spermatozoa saling terikat satu sama lain. Persentase hidup yang baik salah satunya ditandai oleh keutuhan membran plasma dari spermatozoa. Jika membran plasma mengalami kerusakan maka dapat mengurangi spermatozoa yang hidup. Membran memiliki peran yang sangat penting dan berguna dalam mempertahankan persentase hidup spermatozoa ketika diberikan pengencer. Fungsi dari membran plasma yang utuh sangat penting dalam proses metabolisme spermatozoa, seleksi nutrisi yang akan masuk ke dalam sel serta reaksi akrosom (Ondho, 2020; Arvioges *et al.*, 2021). Di sel terdapat proses osmotik yaitu tekanan untuk menyeimbangkan larutan diluar dan dalam sel yang dipisahkan oleh membran sehingga tekanan pada bagian dalam dan luar sel tetap sehingga bentuk sel normal (Ondho, 2020).

Evaluasi integritas membran plasma telah mendapatkan perhatian yang signifikan dalam evaluasi semen hewan jantan karena pentingnya membran plasma dalam proses fertilisasi (Chauhan *et al.*, 2017). *Hypoosmotic Swelling Test* (HOST), merupakan metode pengukuran membran plasma utuh (MPU) yang digunakan untuk mengevaluasi fungsional dari integritas membran plasma. Integritas membran plasma merupakan keadaan yang menunjukkan mekanisme fungsi fisiologi dari membran yang terjaga sebagai kontrol transport ion pada sel (Ardhani *et al.*, 2020). Spermatozoa yang memiliki membran utuh jika ditempatkan pada media hipoosmotik akan berusaha untuk meningkatkan volume air di dalam selnya agar cairan di dalam dan diluar spermatozoa seimbang. Upaya ini menyebabkan terjadinya penyempitan pada membran yang menutupi ekor sehingga memaksa ekor spermatozoa melingkar di dalam membran spermatozoa. Sehingga jika ekornya menggelembung atau melingkar berarti membran plasmanya utuh (Susilawati, 2011).



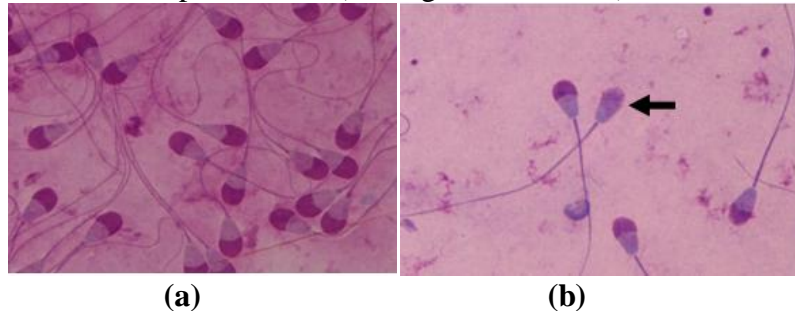
Gambar 4. HOST positif pada spermatozoa (Almadaly *et al.*, 2014).

## 2.5 Tudung Akrosom Utuh (TAU)

Tudung akrosom merupakan bagian dari spermatozoa yang berbentuk topi yang menutupi 2/3 bagian anterior kepala. Bagian akrosom meliputi bagian *apical segment*, *principal segment* dan *equatorial segment* (Susilawati, 2011). Membran pada bagian kepala berfungsi untuk menembus sel telur ketika proses fertilisasi terjadi dan membran pada bagian belakang akrosom berfungsi untuk mengadakan kontak pertama dan menyatu dengan oolema sel telur saat fertilisasi. Tudung akrosom memiliki beberapa enzim seperti hialuronidase, akrosin, *corona penetrating enzyme* (CPE) yang berfungsi dalam melisiskan zona pellusida sebagai zona masuknya spermatozoa ke dalam sitoplasma oosit pada proses fertilisasi (Ondho, 2020).

Tudung akrosom merupakan salah satu variabel dalam kualitas spermatozoa yang memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan fertilisasi sehingga hingga keutuhan dari tudung akrosom harus tetap terjaga sampai kapasitas spermatozoa dan proses reaksi akrosom terjadi (Khalil *et al.*, 2018). Tudung akrosom yang mengalami kerusakan atau tidak utuh menyebabkan enzim-enzim yang berada dalam kepala spermatozoa keluar sehingga kemampuan fertilisasi spermatozoa menurun. Kelainan atau kerusakan pada tudung akrosom ini merupakan salah satu bentuk abnormalitas dari kepala spermatozoa yang dapat disebabkan baik oleh abnormalitas primer maupun sekunder. Tudung akrosom harus tetap utuh sebelum semen diinseminasikan agar enzim yang ada di dalamnya tetap ada dan baru dilepaskan ketika terjadi fertilisasi atau pembuahan (Ondho, 2020).

Kerusakan atau perubahan pada tudung akrosom merupakan salah satu abnormalitas pada kepala spermatozoa. Perubahan pada tudung akrosom ini dapat berupa penggembungan (*swollen*), pecah (*ruptured*), berkerut (*ruffled*) dan terlepas (*detached*). Rusaknya tudung akrosom akan menyebabkan berkurangnya kemampuan fertilisasi spermatozoa (Arvioges *et al.*, 2021).



Gambar 5. Tudung akrosom utuh (TAU) (a) dan tidak utuh (b) pada spermatozoa sapi (Gupta dan Singh, 2019).