

TESIS

POLA PERGERAKAN SPERMATOZOA SAPI BALI (*Bos sondaicus*) DENGAN PEMBERIAN MIKRONUTRISI ZINC, SELENIUM DAN VITAMIN E

MOVEMENT PATTERNS BALI BULL (*Bos sondaicus*) SPERMATOZOA
AFTER SUPPLEMENTED WITH MICRONUTRIENS OF ZINC,
SELENIUM AND VITAMIN E

NENGSIH ARISANTI

I012201006



**PROGRAM STUDI MAGISTER
ILMU DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

**POLA PERGERAKAN SPERMATOZOA SAPI BALI (*Bos sondaicus*)
DENGAN PEMBERIAN MIKRONUTRISI ZINC, SELENIUM DAN
VITAMIN E**

Disusun dan diajukan oleh

**NENGSIH ARISANTI
I012201006**



**PROGRAM STUDI MAGISTER
ILMU DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

**POLA PERGERAKAN SPERMATOZOA SAPI BALI (*Bos sondaicus*)
DENGAN PEMBERIAN MIKRONUTRISI ZINC, SELENIUM, DAN
VITAMIN E**

Disusun dan diajukan oleh :

**NENSIH ARISANTI
NIM. 1012201006**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Peternakan Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 18 Juli 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota



Prof. Ir. Muhammad Yusuf, S.Pt., PhD., IPU
NIP. 19700725 199903 1 001



Prof. Dr. Ir. H. Abd. Latief Tolleng., M.Sc
Nip. 19540602 197802 1 001

Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Peternakan

Dekan Fakultas Peternakan
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Ambo Ako, M. Sc., IPU
NIP. 19641231 198903 1 026



Dr. Syahdar Baba, S.Pt., M.Si
NIP. 19731217 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nengsih Arisanti
Nomor Induk Mahasiswa : I012201006
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Peternakan
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

POLA PERGERAKAN SPERMATOZOA SAPI BALI (*Bos sondaicus*) DENGAN PEMBERIAN MIKRONUTRISI ZINC, SELENIUM DAN VITAMIN E

Adalah karya tulisan ini saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2024

Yang menyatakan



NENGSIH ARISANTI

ABSTRAK

NENGSIH ARISANTI. I012201006. Pola Pergerakan Spermatozoa Sapi Bali (*Bos sondaicus*) Dengan Pemberian Mikronutrisi Zinc, Selenium dan Vitamin E. Dibimbing oleh : **Muhammad Yusuf dan Abd. Latief Toleng.**

Pada ternak ruminansia sangat penting untuk memperhatikan kecukupan mineral mikro dan vitamin, mengingat mineral dan vitamin bersifat mutlak dan harus ada dalam pakan agar kesehatan dan produktivitas ternak tidak terganggu. Untuk menghasilkan semen yang berkualitas diperlukan vitamin E, selenium, dan zinc. Zat gizi mikro tersebut berperan dalam spermatogenesis yang akan berdampak pada kualitas spermatozoa yang dihasilkan ternak jantan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas semen sapi Bali jantan. Penelitian ini menggunakan seekor sapi Bali jantan berumur 4.5 tahun dengan bobot badan 300 kg. Penelitian dibagi menjadi dua periode dan masing-masing periode dilakukan selama tiga minggu. Pada periode pertama (kontrol), sapi percobaan diberi pakan rumput alam dan konsentrat. Selanjutnya pada periode kedua (masa perlakuan), pakan yang diberikan sama dengan periode pertama dengan penambahan campuran mikronutrisi zinc, selenium dan vitamin E. Parameter pengamatan meliputi kualitas semen dan pola pergerakan spermatozoa. Data dianalisis menggunakan uji-t dependent. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi zinc, selenium, dan vitamin E dalam evaluasi kualitas semen secara mikroskopis volume ($4,8 \pm 1,20$) dan pH ($6,4 \pm 0,08$) serta mikroskopis abnormalitas ($45,80 \pm 20,09$), viabilitas ($63,20 \pm 50,33$), dan konsentrasi ($1,54 \pm 0,56$) meningkat setelah suplementasi mikronutrisi, hasil analisis menggunakan IBM SPSS Statistics tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$). Hasil analisis pola pergerakan spermatozoa setelah suplementasi juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($P > 0,05$). Dapat disimpulkan volume, pH, kelainan, viabilitas, dan konsentrasi menurunkan pola pergerakan spermatozoa sapi Bali.

Kata Kunci: Sapi Bali, Spermatozoa, Mikronutrisi, Kualitas Semen, dan Pola Pergerakan Spermatozoa.

ABSTRACT

NENGSIH ARISANTI. I012201006. Movement Patterns of Bali Bull Spermatozoa (*Bos sondaicus*) After Supplemented with Micronutrients of Zinc, Selenium and Vitamin E. Supervised by: **Muhammad Yusuf and Abd. Latief Toleng.**

In ruminant livestock, it is very important to pay attention to the adequacy of micro minerals and vitamins, considering that minerals and vitamins are absolute and must be present in the feed so that the health and productivity of the livestock is not disturbed. To produce quality semen, vitamin E, selenium and zinc are needed. These micronutrients play a role in the spermatogenesis process which will have an impact on the quality of spermatozoa produced by Bali bull. The aim of this study was to determine the effect of micronutrients of zinc, selenium and vitamin E semen quality of Bali bulls. This study was using a Bali bull aged 4.5 years with a body weight of 300 kg. The research was divided into two periods and each period was carried out for three weeks. In the first period (control), experimental bull were fed natural grass and concentrate. Furthermore, in the second period (treatment period), the feed given was the same as the first period with the addition of a mixture of zinc, selenium and vitamin E. Parameters measured include semen quality and sperm movement patterns. Data were analyzed using the dependent t-test. The results of the study showed that zinc, selenium, and vitamin E supplementation in the evaluation of semen quality in microscopically volume ($4,8 \pm 1,20$) and pH ($6,4 \pm 0,08$) as well as microscopically abnormality ($45,80 \pm 20,09$), viability ($63,20 \pm 50,33$), and concentration ($1,54 \pm 0,56$) increased after supplementation, result analysis using IBM SPSS Statistics there was no significant effect ($P > 0.05$). The result of the analysis of spermatozoa movement patterns after supplementation also did not have a significant effect ($P > 0.05$). It can be concluded that volume, pH, abnormality, viability, and concentration reduce the movement pattern of spermatozoa in Bali bull.

Keywords: Bali bull, spermatozoa, micronutrient, semen quality, and movement pattern sperm.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah penyusunan tesis yang berjudul **“Pola Pergerakan Spermatozoa Sapi Bali (*Bos sondaicus*) Dengan Pemberian Mikronutrisi Zinc, Selenium, dan Vitamin E”**. Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini utamanya kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Ambo Ako, M.Sc** selaku ketua program studi S2 Ilmu dan Teknologi Peternakan.
2. **Bapak Prof. Ir. Muhammad Yusuf, S.Pt.,Ph.D.,IPU** dan **Bapak Prof. Dr. Ir. Abd. Latif Toleng, M.Sc** selaku pembimbing yang telah mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini.
3. Terima kasih kepada dosen penguji **Bapak Prof. Dr. Herry Sonjaya, DEA., DES**, **Bapak Prof. Dr. Ir. Lellah Rahim, M.Sc, IPU, ASEAN Eng** dan **Bapak Dr. Ir. Zulkarnaim, S.Pt., M.Si., IPM** atas waktu, kritikan, saran dan arahan kepada penulis yang sangat bermanfaat.
4. Terima kasih kepada kedua orang tua **Bapak Sudirman S. ST** dan **Ibu Nursanti S.Sos** yang senantiasa mencintai, mendoakan, menjadi motivasi dan mendidik penulis.
5. Terima kasih kepada suami dan anak yang dari awal sampai dengan akhir telah memberikan semangat dan dukungannya hingga saya dapat menyelesaikan tesis ini.

6. Terima kasih kepada adik saya Novi Amanda yang dari awal sampai akhir telah memberikan semangat serta dukungannya hingga saya dapat menyelesaikan tesis ini.

7. Terima kasih kepada rekan penelitian Erick Dondatu dan seluruh mahasiswa S2 Ilmu dan Teknologi peternakan angkatan 2020-1.

Penulis berharap adanya masukan dan saran yang positif demi perbaikan tesis ini. Penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menambah ilmu pengetahuan. Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan segala bantuan dan bimbingan kepada pihak dalam penyusunan tesis ini.

Makassar, Juli 2024



Nengsih Arisanti

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Peran Nutrisi Terhadap Kualitas Semen.....	5
B. Peran Mikronutrisi Mineral dan Vitamin	7
C. Hubungan Mikronutrisi Zinc, Selenium, dan Vitamin E Terhadap Pola Pergerakan.....	17
D. Kualitas Semen.....	18
E. Pola Pergerakan	24
F. Kerangka Pikir	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	30
B. Materi Penelitian	30
C. Rancangan Penelitian.....	30
D. Prosedur Penelitian	31
E. Metode Pelaksanaan	31
F. Parameter yang Diamati	37
G. Analisis Data	37
H. Hipotesis.....	37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
A. Kualitas Semen Segar Sapi Bali	38
B. Pola Pergerakan Spermatozoa Sapi Bali.....	42
BAB V PENUTUP	47
A. Kesimpulan.....	47
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Parameter Penilaian Semen Sapi Bali Menggunakan CASA	27
Tabel 2. Hasil Evaluasi Kualitas Semen Segar Sapi Bali dengan Pemberian Mikronutrisi.....	38
Tabel 3. Pola Pergerakan Sapi Bali dengan Pemberian Mikronutrisi	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Perbedaan Gerak dan Kecepatan Spermatozoa dengan Sistem CASA.....	26
Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian.....	29
Gambar 3. Diagram Alir Prosedur Penelitian	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Analisis Kualitas Semen Uji-T Dependen	56
Lampiran 2. Hasil Analisis Pola Pergerakan Spermatozoa Uji-T Dependen	58
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	60

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu penyebab rendahnya angka kelahiran pada ternak sapi di daerah-daerah tropis termasuk Indonesia, adalah rendahnya kualitas pejantan yang digunakan. Kualitas pejantan yang rendah menyebabkan gagalnya fertilisasi dan memperpanjang jarak kelahiran. Masalah ini pada akhirnya akan menimbulkan kerugian pada petani dan akan mengancam keberlanjutan usaha peternakan yang bersangkutan (Kastelic, 2013).

Umur munculnya pubertas pejantan dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain interaksi social, genetic, lingkungan, nutrisi, hormon, umur dan pengalaman (Menegassi *et al.*, 2011). Kualitas semen dipengaruhi oleh pakan (Lemma & Shemsu, 2015). Kandungan nutrisi pakan berpengaruh pada produksi spermatozoa, sekresi hormon gonatropin, dan perkembangan perilaku sexual. Kapasitas testis untuk memproduksi spermatozoa dan hormon testostosterone dipengaruhi oleh kemampuan tubulus seminiferous dan sel *Leydig* atau sel *Interstitial* atau stimulasi dan *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) dan *Luteinizing Hormone* (LH) (Martin *et al.*, 2010).

Proses spermatogenesis yang memproduksi semen yang berkualitas tinggi membutuhkan asam amino *methionine*, *cysteine* (Young *et al.*, 2008), dan arginine, a *fatty acid a-linoleic*, vitamin A, C, dan E, Zinc dan Selenium (Cheah & Yang, 2011). Zinc berperan penting dalam produksi sejumlah hormon termasuk testostosterone dan GnRH.

Program manajemen pakan dan nutrisi yang optimal akan berdampak pada kesehatan reproduksi dan sekresi gonadotropin. Tingkat energi, protein, mineral dan vitamin pada setiap tahap pertumbuhan dan reproduksi ternak sangat penting untuk memaksimalkan potensi fertilitas ternak sapi (Singh *et al.*, 2018). Kualitas spermatozoa atau spermatogenesis ditingkatkan melalui keseimbangan energi atau protein, suplementasi mineral pada ternak pejantan selama periode prapubertas. Menentukan nutrisi pada sapi pejantan, diperlukan informasi antara lain kondisi dan berat badan sapi, jenis dan komposisi pakan misalnya bahan kering, TDN, protein, dan sumber mineral (Geary *et al.*, 2016).

Peningkatan populasi ternak sapi sangat tergantung pada efisiensi reproduksi dan fertilitas ternak. Seperti contoh dalam program Inseminasi Buatan (IB) merupakan suatu cara perkawinan yang lebih efisien dalam penggunaan semen pejantan dibandingkan dengan perkawinan alami. Selanjutnya keberhasilan IB tersebut sangat ditentukan oleh kualitas semen pejantan dalam hal ini makroskopis dan mikroskopis. Selain dari itu juga ditentukan oleh pola pergerakan spermatozoa dikarenakan pola pergerakan spermatozoa sendiri sangat menentukan fertilitas pejantan. Hal ini sangat penting untuk proses kapasitasi di dalam saluran organ reproduksi betina. Pola pergerakan dan jarak yang ditempuh oleh spermatozoa di dalam saluran organ reproduksi betina, dalam menunjang fertilitas tinggi harus dapat mencapai target tempat fertilitasi dan mempunyai kemampuan memfertilisasi sel telur. Pentingnya pola pergerakan pada spermatozoa juga dapat melihat kelainan-kelainan

bentuk normal sperma seperti gerakan progresif, non progresif serta inmotil (tidak bergerak) (Haryani, 2017).

Pada ternak ruminansia, kecukupan akan mineral mikro maupun vitamin sangat penting diperhatikan mengingat mineral dan vitamin mutlak dan harus ada dalam pakan agar kesehatan dan produktivitas ternak tidak terganggu. Syarifuddin *et al.*, (2017), mengatakan bahwa untuk memproduksi semen yang berkualitas tinggi membutuhkan vitamin A, vitamin E, Selenium dan Zinc. Mikronutrisi tersebut berperan dalam proses spermatogenesis yang akan berdampak pada kualitas spermatozoa yang dihasilkan oleh ternak pejantan. Suplementasi vitamin berperan sebagai antioksidan pemutus rantai yang menangkap radikal bebas di membran sel. Mineral mikro seperti Zinc dan Selenium juga berperan dalam reproduksi ternak khususnya sapi pejantan dan sebagai antioksidan yang mampu melindungi spermatozoa dari radikal bebas dan gangguan luar sehingga mengurangi kerusakan dan menurunkan abnormalitas spermatozoa. Suplementasi Zinc secara signifikan dapat meningkatkan motilitas spermatozoa segar atau beku, konsentrasi spermatozoa, dan persentase integritas akrosom (Syarifuddin, 2021).

B. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh pemberian mikronutrisi Zinc, Selenium dan Vitamin E terhadap pola pergerakan spermatozoa sapi Bali (*Bos sondaicus*)?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola pergerakan spermatozoa dengan pemberian mikronutrisi Zinc, Selenium dan Vitamin E pada sapi Bali (*Bos sondaicus*)

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan dijadikan sebagai dasar dalam memanfaatkan pemberian mikronutrisi terhadap pola pergerakan spermatozoa sapi Bali (*Bos sondaicus*)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Peran Nutrisi Terhadap Kualitas Semen

Fertilisasi pada ternak jantan dengan sifat kompleks yang ditujukan untuk beberapa proses fisiologi, seperti perkembangan sistem reproduksi dari lahir sampai pubertas, spermatogenesis, ejakulasi dan tingkah laku kawin (termasuk didalamnya libido dan kopulasi) (Vilakazi & Webb, 2004). Lebih lanjut dinyatakan bahwa untuk kualitas semen yang optimum seluruh proses fisiologis ini harus terkoordinasi.

Dibandingkan faktor lainnya, nutrisi merupakan faktor yang lebih kritis berpengaruh langsung dan tidak langsung terhadap fenomena reproduksi. Nutrisi yang cukup dapat mendorong proses biologis untuk mencapai potensi genetiknya, mengurangi pengaruh negatif lingkungan yang tidak nyaman, dan meminimalkan pengaruh teknik manajemen yang kurang baik. Nutrisi yang kurang baik tidak hanya akan mengurangi performans di bawah potensi genetiknya, tetapi juga memperbesar pengaruh negatif dari lingkungan. Faktor nutrisi juga lebih siap dimanipulasi untuk menjamin luaran/ produk yang positif dibanding faktor-faktor lainnya. Oleh karena itu, perlu mendapat perhatian yang serius terhadap interaksi antara nutrisi dan reproduksi terutama di daerah tropika (Herry, 2009).

Menurut Cheah and Yang (2011), kekurangan gizi menimbulkan efek buruk pada kemampuan reproduksi jantan. Pembatasan asupan gizi atau kekurangan nutrisi tertentu akan menunda kematangan seksual dan menyebabkan perubahan regresif yang cepat pada aksesoris organ

reproduksi pada pejantan. Oleh karena itu, untuk keberhasilan proses reproduksi diperlukan makro dan mikronutrien lengkap, berupa: Zinc, vit A (retinol), vit B12, vit B9, vit E, vit D, folat, selenium, nikel, mangan, kromium, tembaga, asam lemak, protein, arginin, dan karnitin.

Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel sperma yang terjadi di tubuli seminefri di bawah kontrol hormon gonadotropin di hipofisis anterior. Tubuli seminefri terdiri dari sel sertoli dan sel germinalis (Susilawati, 2011). Menurut Cheah and Yang (2011), spermatogenesis adalah proses yang sangat rumit yang membutuhkan kondisi yang ketat dan kaku untuk membentuk spermatozoa matang dan sehat. Salah satu kondisi yang perlu dipenuhi adalah kelimpahan pasokan gizi yang penting selama spermatogenesis. Selama inisiasi spermatogenesis, folat dan Vit B12 adalah unsur yang sangat penting karena mereka berperan dalam sintesis RNA dan DNA. Selenium dan Seng sebagai kofaktor penting yang menggabungkan enzim dalam proses polimerisasi dan transkripsi. *Glutathione peroxidases 4* (GPXs4) juga merupakan elemen penting yang bekerja dengan selenium untuk melindungi sel-sel germinal rentan dari stres oksidatif. Vitamin A berperan dalam mengatur spermatogenesis, terutama selama fase awal. Kekurangan vitamin B9 dan vitamin E berdampak negatif terhadap produksi sperma. Vitamin C dan vitamin E melindungi sperma dari serangan oksidatif. Unsur gizi ini juga memainkan peran penting dalam meningkatkan motilitas sperma, kualitas sperma, dan pengembangan sel Sertoli dan sel Leydig. Selain itu, bagian dari unsur-unsur gizi ini terlibat dalam proses kapasitasi dan fertilisasi. Hasil

penelitian Khairi *et al* (2014) menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E, mineral selenium, dan seng dapat mencegah terjadinya penurunan konsentrasi dan jumlah motilitas spermatozoa.

B. Peran Mikronutisi Mineral dan Vitamin

Nutrisi pakan memiliki peran yang besar dalam menunjang produktivitas suatu ternak. Ternak memerlukan asupan nutrisi yang cukup meliputi karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral. Salah satu mineral yang penting dalam tubuh ternak adalah Zinc dan Selenium yang merupakan bagian dari mineral esensial elemen mikro.

Faktor untuk meningkatkan produktivitas sapi adalah dengan melakukan pemberian pakan yang memenuhi kebutuhan nutrisi ternak baik makro maupun mikro, Mikro nutrisi dapat diperbaiki dengan cara pemberian suplemen (Indriani *et al.*, 2013). Keberadaan mineral mikro di dalam beberapa organ, cairan dan jaringan saluran reproduksi dapat memberikan informasi metabolisme dan peran mineral tersebut pada alat reproduksi (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011).

Sistem reproduksi hewan dapat dipengaruhi oleh ketersediaan mineral mikro seperti Cu, Zinc, Se dan Mo di dalam tubuh. Mineral mikro tersebut berperan penting dalam metabolisme karbohidrat, protein dan lemak, namun mekanisme yang mempengaruhi organ reproduksi belum sepenuhnya dipahami karena kompleksnya mekanisme hubungan metalo-biomolekul dan hormonal neuro. Keberadaan mineral mikro tersebut dalam beberapa organ, cairan dan jaringan reproduksi dapat memberikan

informasi metabolisme dan peran mineral tersebut (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011).

Zinc

Mineral Zinc merupakan salah satu unsur mineral yang sangat dibutuhkan oleh tanaman maupun hewan. Unsur seng bagi tubuh ternak berguna untuk pertumbuhan normal, reproduksi dan mempunyai pengaruh yang berguna terhadap proses-proses perbaikan jaringan dan penyembuhan luka. Zinc juga diperlukan untuk mempertahankan konsentrasi normal vitamin A dalam plasma, seng mungkin diperlukan untuk mobilisasi vitamin A dari hati (Ana & Tarmidi, 2016).

Mineral penting untuk semua proses fisiologis pada hewan termasuk reproduksi. Mineral mikro berperan penting dalam menjaga status reproduksi sapi Jantan. Peningkatan produksi sperma dan kesuburan telah dicapai setelah pemberian pakan tambahan berupa mikronutrien (Roy *et al.*, 2013).

Defisiensi Zinc pada ternak ruminansia yaitu terganggunya fungsi reproduksi khususnya terjadi pada jantan, terbakarnya membran mukosa pada hidung dan mulut, *haemorrhages*, penebalan kulit dan pengasaran rambut tubuh. Tulang sendi menjadi kaku, kaki membengkak, gigi yang menggeretak salivasi yang berlebihan serta aktivitas alkalin *phosphatase* dalam darah dan tulang menurun. Gejala yang ditimbulkan akibat keracunan Zinc yaitu ternak menjadi lembam, kehilangan nafsu makan dan menderita diare (memperlihatkan gangguan metabolisme tembaga (Ana & Tarmidi, 2016).

Zinc berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan, respon kekebalan, fungsi neurologis dan reproduksi. Fungsi dan peran Zinc dalam tubuh antara lain membantu pembuatan materi genetic sel-sel, pembentukan sel darah merah (hemoglobin), serta membantu fungsi-fungsi pankreas dalam proses pencernaan. Zinc banyak berperan dalam fungsi reproduksi yakni mineral Zinc berhubungan dengan stimulasi hormon androgen. Apabila mineral Zinc dalam darah tinggi maka stimulasi hormon androgen akan meningkat. Yang mana hormon androgen (testosteron) berfungsi dalam proses spermatogenesis. Zinc yang merupakan konstituen dari peroksida dismutase, enzim yang melindungi sel-sel dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Zinc menghasilkan sistem enzim yang membantu menetralkan radikal bebas (Payaran, *et al.*, 2014).

Zinc berperan aktif dalam spermatogenesis dengan menjaga integritas tubulus seminiferus dan epitel germinal, proses pematangan spermatozoa dan motilitas sperma, selain mengurangi aktivitas ribonuklease. Suplementasi Zinc organik meningkatkan volume semen, konsentrasi sperma dan meningkatkan integritas membran spermatozoa pada pejantan. Suplementasi Zinc (80 ppm) pada pejantan Kanan Fries selama 90 hari meningkatkan semua parameter mani (volume, aktivitas massa, motilitas individu, jumlah sperma hidup, integritas akrosom dan HOST) (Sabhapati *et al.*, 2016).

Zinc dikenal sangat penting untuk ketepatan kematangan seksual. Pada pejantan, kekurangan Zinc dapat menurunkan kualitas semen dan

mengurangi ukuran testis dan libido. Suplementasi Zinc menyebabkan peningkatan rata-rata volume ejakulasi, konsentrasi sperma, persentase motilitas, dan persentase hidup (Bindari *et al.*, 2013).

Suplementasi Zinc secara signifikan dapat meningkatkan motilitas spermatozoa segar atau beku, konsentrasi spermatozoa, dan persentase integritas akrosom, tetapi tidak ada perbedaan yang signifikan dalam volume ejakulasi dan persentase abnormalitas spermatozoa pejantan sapi Holstein. Demikian pula hasil penelitian Widhyari *et al.*, (2015) yang menunjukkan bahwa suplementasi Zinc nyata meningkatkan motilitas dan konsentrasi sperma. Namun, suplementasi Zinc tidak berpengaruh pada volume semen, pH, persentase hidup, dan abnormalitas spermatozoa. Pemberian mineral Zinc dapat meningkatkan motilitas spermatozoa. Hal ini erat kaitannya dengan fungsi mineral Zinc yang dapat menyediakan energi gerak bagi spermatozoa sehingga spermatozoa lebih aktif. Mineral Zinc berfungsi terhadap kerja enzim-enzim metabolisme sel sperma untuk menghasilkan energi (ATP).

Defisiensi mineral Zinc akan berpengaruh pada tingkat kesuburan ternak karena mineral Zinc turut berperan dalam proses pematangan spermatogenesis dan oogenesis. Penurunan tingkat kesuburan pada beberapa spesies dihubungkan dengan penurunan total RNA dan protein pada spermatozoa yang menitikberatkan fungsi penting Zinc dalam aktivitas enzim polimerase. Selain pada RNA dan DNA *polimerase*, Zinc juga dikaitkan dengan *metaloenzim*, seperti *fosfatase*, karbonat *anhidrase*, dan alkohol *dehidrogenase*. Kekurangan Zinc menyebabkan penurunan

asam ribonukleat (RNA), *asam deoxyribonukleat* (DNA), dan konsentrasi protein pada testis. Percobaan pada tikus menunjukkan bahwa kekurangan Zinc dapat menyebabkan kerusakan parah pada testis, seperti atrofi tubulus testis dan penghambatan diferensiasi spermatid (Abdella *et al.*, 2011). Selain itu, ada beberapa laporan bahwa pemberian Zinc dapat mengurangi kerusakan testis akibat paparan logam berat, florida, dan panas. Temuan ini menunjukkan bahwa Zinc dapat memberi perlindungan pada cedera testis dan memainkan peran penting dalam pemeliharaan fungsi testis. Mineral Zinc juga terlibat dalam aktivitas enzim ribonuklease pada tahap awal spermatogenesis, selama spermatogenesis, dan pada tahap akhir spermatogenesis (spermiogenesis). Selama spermatogenesis, Zinc berfungsi dan berpartisipasi dalam maturasi spermatozoa, menjaga epitel germinal dan tubulus seminiferus. Pada tahap akhir spermatogenesis, Zinc mampu meningkatkan motilitas sperma (Rowe, 2011).

Membran spermatozoa mamalia kaya asam lemak tak jenuh dan sangat rentan terhadap kerusakan oleh induksi oksigen yang dimediasi oleh peroksidasi lipid. Penurunan enzim antioksidan atau naiknya tingkat *Reactive Oxygen Species* (ROS) mengganggu fungsi fisiologis spermatozoa dan mengganggu motilitas sperma dan proses pembuahan (Cheah & Yang, 2011).

Mineral Zinc dalam pakan dapat berperan meningkatkan libido. Mineral Zinc akan mengalami proses pemecahan dalam saluran pencernaan. Absorpsi Zinc terjadi di usus halus melalui transport aktif dan

transport pasif. Zinc yang terabsorpsi akan masuk ke sistem peredaran darah dan yang tidak terabsorpsi akan dieksresikan melalui urin dan feces. Zinc yang diabsorpsi di bawah ke seluruh tubuh. Zinc berpengaruh pada fungsi reproduksi jantan antara lain memberikan efek pada hormon androgen. Zinc berperan pada pertumbuhan dan perkembangan testes (Suprijati, 2013).

Zinc yang masuk ke dalam sistem peredaran darah dibawah ke testes merangsang pembentukan hormon testosteron melalui mekanisme kerja sumbu hipotalamus-hipofisis-testes. Testosteron adalah androgen utama disintesis oleh sel-sel leydig, dirangsang oleh hormon *luteinizing* (LH). Salah satu efek utamanya adalah stimulasi spermatogenesis pada tubulus seminiferous (Chauhan *et al.*, 2014).

Kadar hormon testosteron berkorelasi positif dengan tingkat libido, yaitu semakin tinggi kadar hormon testosteron maka semakin tinggi tingkat libido (Rachmawati, *et al.*, 2014).

Selenium

Selenium (Se) adalah *trace element* yang secara fisiologis berperan penting untuk melindungi sel membran. Selenium dilaporkan berperan sebagai antioksidan untuk mempertahankan integritas sel membran terhadap stress oksidasi (Saha, 2016).

. Defisiensi Selenium sering terjadi pada ruminansia akibat rendahnya kandungan Selenium dalam pakan atau akibat pembentukan senyawa tidak larut di dalam rumen sehingga menghambat penyerapan Selenium (Rodriguez *et al.*, 2018).

Defisiensi Selenium sering dikaitkan dengan menurunnya fungsi nutrisi dan antioksidan tertentu seperti vitamin E yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Sebagai ilustrasi, hewan yang diberi pakan rendah Selenium umumnya akan membutuhkan vitamin E kadar tinggi dibanding hewan dengan cukup Selenium (Gong, 2018).

Defisiensi Selenium sering dikaitkan dengan penurunan fungsi vitamin E yang sebagai salah satu faktor penyebab timbulnya penyakit simptomatik maupun asimtomatik. Ruminansia sangat peka terhadap defisiensi Selenium yang mana pada domba dan kambing akan menunjukkan gejala klinis maupun patologis yang parah dibanding ternak lainnya (Opelia, 2019). Perubahan makroskopis pada defisiensi Selenium biasanya berupa eksudasi, nekrosis hati, *cirrhosis* dan diare pada sapi usia muda (Kruzhel *et al.*, 2014). Gejala klinis defisiensi Selenium pada sapi umumnya meliputi pincang, punggung bungkuk (*xyposis*), malas bergerak, sulit menelan, sesak nafas dan gagal jantung (Saha, 2016). Pada hewan dewasa akan terlihat penurunan performan, penurunan bobot badan dan gangguan reproduksi (Saha, 2016). Pada anak sapi dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh sehingga dapat menimbulkan kelainan patologis (Courtman *et al.*, 2012). Pada hewan jantan, Se berperan sebagai antioksidan untuk mempertahankan integritas sel membran dan kualitas fertilitas spermatozoa serta stimulasi proses ejakulasi (Surai & Fisinin, 2015). Stres oksidatif merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi potensi fertilitas spermatozoa akibat peroksidasi lemak (Badade *et al.*, 2011). Selenium terdapat di dalam

tubuh ternak dan tumbuhan, namun pada daun muda umumnya mengandung 30% inoeganik Selenium. Sedangkan selenium organik yang dibutuhkan oleh ternak 0,1 ppm per hari.

Selenium yang berperan sebagai antioksidan yang membantu mencegah kerusakan dan penuaan jaringan melalui oksidasi. Selenium merupakan komponen kofaktor dari sistem enzim *glutathione peroxidase* (GSH-Px) yang bertanggung jawab untuk pengaturan *ekstraseluler* dan *intraseluler* dengan mengkatabolisme *hydroperoxidase* (H_2O_2). Suplementasi selenium pada sapi jantan dapat mempengaruhi testosteron dan karakteristik spermatozoa. Kekurangan selenium dapat menyebabkan gangguan reproduksi dan penurunan kualitas spermatozoa sapi. Suplementasi 0,028 mg selenium organik secara oral pada domba jantan dapat meningkatkan motilitas spermatozoa (Mokadem *et al.*, 2012).

Selenium diperlukan untuk biosintesis testosteron dan mempertahankan keadaan redoks normal sel (Zhou *et al.*, 2022). Kapasitas antioksidan Selenium terutama bermanifestasi dalam perubahan aktivitas enzim antioksidan dan juga memainkan peran penting dalam jalur metabolisme, pengurangan konsentrasi oksigen aktif dan pengentasan kerusakan sel. Selenium juga dapat berperan dalam berbagai fungsi biologis seperti pembentukan hormone tiroid, sintesis DNA, fertilitas reproduksi dalam bentuk selenoproteins (Barchielli *et al.*, 2022). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa defisiensi Selenium atau status Selenium yang rendah terkait dengan banyak penyakit

reproduksi termasuk morfologi testis yang abnormal, kualitas semen yang buruk, dan gangguan struktur sperma (Mojadadi *et al.*, 2021).

Selenium salah satu nutrisi yang sangat diperlukan untuk kesehatan manusia dan pertumbuhan hewan, berpartisipasi dalam berbagai fungsi biologis seperti antioksidan dan respon imun serta metabolisme. Peran Selenium dalam organik dan anorganiknya telah didokumentasikan dengan baik pada hewan peliharaan. Selain itu, beberapa strategi pemberian pakan untuk ternak yang berbeda telah dikembangkan untuk meningkatkan konsentrasi Selenium dalam produk hewani untuk mengatasi defisiensi Selenium dan bahkan sebagai strategi nutrisi potensial untuk mengobati penyakit terkait radikal bebas (Ferro *et al.*, 2021).

Konsentrasi Selenium yang melebihi persyaratan biologis dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Mengenai produksi ternak dan unggas, beberapa peneliti telah mengusulkan bahwa suplementasi dengan dosis Selenium yang tepat tidak hanya memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja dan kualitas produk ternak dan unggas tetapi juga meningkatkan pengayaan Selenium dalam jaringan hewan sehingga menghasilkan produk ternak fungsional (Chantiratikul *et al.*, 2018).

Vitamin E

Vitamin E merupakan nutrisi yang penting untuk sapi, tetapi efek suplementasi vitamin E sering dibahas secara kontroversial dalam literatur yang diterbitkan. Kecukupan nutrisi seperti kalsium, selenium, dan vitamin E berhubungan dengan performa reproduksi khususnya

selama periode periode *post partus*. Selenium dan vitamin E berperan dalam mekanisme penghambatan produksi *nitric oxide* saat proses produksi estrogen dari sel granulosa sehingga aktivitas folikulogenesis dan ovulasi dapat berlangsung (Monem & El-Shahat, 2011).

Vitamin E bermanfaat untuk meningkatkan fertilitas, pertumbuhan embrio normal dan sebagai antioksidan. Vitamin E merupakan salah satu vitamin yang larut dalam lemak yang melindungi tubuh dari radikal bebas. Radikal bebas dapat merusak integritas DNA pada nucleus spermatozoa, sehingga menyebabkan turunnya kualitas spermatozoa. Kualitas spermatozoa erat kaitannya dengan fertilitas, proses pembuahan sel telur dapat berjalan dengan baik (Yaso thai, 2014).

Penelitian Udin dkk, (2010) melaporkan bahwa suplementasi kombinasi vitamin E, mineral Selenium (Se) dan Zink (Zinc) ketiganya dalam ransum dapat mengurangi terjadinya penurunan produksi semen, motilitas spermatozoa dan konsentrasi spermatozoa sapi pejantan pada saat curah hujan dan kelembaban yang tinggi.

Defisiensi vitamin E menimbulkan degenerasi epitelium germinal pada saluran reproduksi jantan dan defisiensi Selenium mengakibatkan hambatan spermatogenesis (Parillo *et al.*, 2014). Pada kondisi defisiensi Selenium, pemberian suplemen vitamin E ternyata tidak mampu mengatasi simptom defisiensi Se.

C. Hubungan Mikronutrisi Zinc, Selenium dan Vitamin E Terhadap Pola Pergerakan

Pemberian mineral Zinc meningkatkan motilitas sperma, karena berpengaruh pada proses sintesis energi untuk motilitas spermatozoa. Zinc akan mengaktifkan kerja enzim metabolisme yang menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk pergerakan spermatozoa. Spermatozoa yang memiliki motilitas yang tinggi memberikan peluang yang lebih besar untuk terjadinya fertilisasi atau pembuahan. Zinc berpengaruh pada motilitas sperma karena mengontrol ATP sebagai sumber energi melalui pengaturan Cadangan energi dan pemanfaatan oksigen. Selain itu, motilitas sperma meningkat pada suplementasi Zinc karena meningkatnya aktivitas enzim sorbitol dehidrogenase dan laktat dehidrogenase yang secara nyata berperan pada motilitas sperma.

Laktat dehidrogenase merupakan enzim yang berperan dalam perubahan laktat menjadi piruvat atau sebaliknya, yang merupakan sumber energi bagi sperma. Zinc juga berperan sebagai antioksidan, mampu melindungi sperma dari radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan membran dan menghambat fosfolifase pada peroksidase lipid. Zinc sebagai antioksidan bertanggung jawab untuk perbaikan motilitas sperma. Pada proses pematangan sperma di epididimis dilaporkan juga terjadi kehilangan Zinc sehingga cadangan Zinc akan menipis. Hal ini diduga sebagai penyebab tingginya kerusakan dan kematian sperma. Melalui suplementasi Zinc, kerusakan akibat oksidasi dapat dikurangi (Syarifuddin *et al.*, 2017).

Mineral Zinc dapat menyediakan energi gerak bagi sperma sehingga lebih aktif. Zinc berperan meningkatkan motilitas sperma dengan system adenosin trifosfat dan regulasi fosfolipid, yang berkonsentrasi pada ekor spermatozoa matang. Suplementasi Zinc secara signifikan meningkatkan motilitas sperma segar atau beku (Bindari *et al.*, 2013).

Suplementasi selenium pada sapi Jantan dapat mempengaruhi testosterone dan karakteristik spermatozoa. Kekurangan selenium dapat menyebabkan gangguan reproduksi dan penurunan kualitas spermatozoa sapi (Baiomy *et al.*, 2009). Suplementasi 0,028 mg selenium organik secara oral pada domba Jantan dapat meningkatkan motilitas spermatozoa (Mokadem *et al.*, 2012).

Vitamin E merupakan salah satu vitamin yang larut dalam lemak yang melindungi tubuh dari radikal bebas dan berperan dalam mencegah sterilitas dan distrofi otot. Serangan radikal bebas pada spermatozoa kemungkinan dapat menyebabkan sel tersebut cacat, misalnya terjadi abnormalitas pada bagian ekor atau kepala sehingga memengaruhi mobilitasnya (daya gerak) dalam mencapai dan membuahi sel telur. Kekurangan vitamin E dapat menyebabkan degenerasi organ reproduksi dan aktivitas seksual menurun (Ratnawati dkk., 2008).

D. Kualitas Semen

Evaluasi kualitas semen adalah salah satu upaya pendekatan untuk mengetahui fertilitas sapi pejantan, walaupun tidak ada uji yang akurat untuk mengukur tingkat fertilitas (Ax *et al.*, 2000). Penelitian mengenai evaluasi kualitas semen banyak dilakukan namun hanya sedikit yang

berdampak pada fertilitas. Saat ini, evaluasi parameter semen yang umum dilaksanakan di produsen semen beku diantaranya motilitas, konsentrasi, dan viabilitas (Moradpour, 2019). Penilaian kualitas semen dapat dilakukan dengan 2 pemeriksaan yaitu pemeriksaan secara makroskopis dan mikroskopis (Susilawati, 2011).

Warna

Warna semen dapat dijadikan sebagai indikator untuk menduga konsentrasi spermatozoa yang berada di dalam semensecara cepat. Warna pada semen diamatai secara visual setelah penampungan, semen yang baik adalah semen yang berwarna putih susu (Aisah *et al.*, 2017). dan krem (Sunarti *et al.*, 2016). Semen yang berwarna bening dapat dijadikan indikator bahwa semen tersebut tidak mengandung banyak spermatozoa, warna kuning menandakan kontaminasi urin, warna hijau adanya nanah dan warna merah atau coklat menandakan adanya darah atau hemolisis (Moradpour, 2019), sehingga warna semen dapat dijadikan sebagai salah satu kriteria penilaian kualitas semen dari tahap awal sebelum dilakukan penilaian lainnya (Kanchan & Matharoo, 2015).

Volume

Volume semen merupakan banyaknya semen yang dihasilkan pada satu kali ejakulasi. Jumlahnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh umur sapi, bobot badan, status Kesehatan, status reproduksi, kualitas pakan yang diberikan, lingkaran skrotum dan frekuensi penampungan. Teknik dan metode penampungan serta persiapan alat penampungan

turut serta mempengaruhi alat penampungan turut serta mempengaruhi volume semen yang dihasilkan.

Hasil penelitian (Setiawan *et al.*, 2020) menyatakan bahwa variasi umur 4 hingga 6 tahun mengakibatkan peningkatan volume semen sapi Bali yang ditampung. Peningkatan volume disebabkan karena pertumbuhan dan perkembangan organ reproduksi seperti lingkaran skrotum, panjang, lebar dan berat testis (Perumal *et al.*, 2014). Pertambahan umur menyebabkan peningkatan konsentrasi testosteron sehingga kapasitas produksi spermatozoa meningkat (Rajak *et al.*, 2014). Perbedaan bobot badan dan lingkaran skrotum yang dimiliki oleh setiap individu sapi Bali turut mempengaruhi volume semen setiap ejakulasi. Hasil penelitian Isnaini and Fazrien, (2020) rerata volume semen yang dihasilkan sapi Bali adalah 5.5-6.9 ml dan 4.45-6.05 ml (Aisah *et al.*, 2017). Perbedaan ukuran lingkaran skrotum juga dapat memberikan pengaruh terhadap volume semen yang dihasilkan oleh seekor pejantan (Ahirwar *et al.*, 2018). Volume tidak berkaitan langsung dengan kualitas spermatozoa, namun evaluasi volume semen sangat penting dalam mengetahui konsentrasi spermatozoa per ejakulasi (Moradpour, 2019).

Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan salah satu parameter kualitas yang diukur dengan cara mengambil sedikit semen menggunakan ose dan diletakkan pada kertas indikator pH, selanjutnya dilihat pH semen menggunakan perubahan warna pada kertas tersebut. pH normal semen adalah 6.4-7.8 (Garner and Hafez, 2000), nilai pH sangat menentukan status kehidupan

spermatozoa di dalam semen (Sunarti *et al.*, 2016). Penurunan pH selama penyimpanan dapat menyebabkan terjadinya penurunan motilitas spermatozoa. Kondisi ini disebabkan karena meningkatnya asam laktat dari hasil metabolisme (Dey *et al.*, 2019). Penurunan pH hingga mencapai 5.5 masih berbahaya pada kehidupan spermatozoa akibat denaturasi enzim yang permanen (Vishwanath & Shannon, 2000).

Konsistensi

Konsistensi adalah derajat kekentalan yang erat kaitannya dengan konsentrasi spermatozoa. Penilaian kekentalan dilakukan pada semen segar yang baru di tampung dengan kriteria penilaian encer, sedang dan kental. Derajat kekentalan berhubungan dengan konsentrasi spermatozoa yang diperoleh dalam sekali ejakulat. Konsistensi, warna dan konsentrasi spermatozoa memiliki hubungan yang sangat erat, artinya jika konsistensi semen yang dihasilkan semakin encer maka konsentrasi spermatozoa akan semakin rendah dengan warna yang semakin pucat (Iswanto *et al.*, 2012).

Uji mikroskopis terdiri dari uji motilitas, konsentrasi, viabilitas (persentase hidup) dan uji morfologi (abnormalitas spermatozoa) (Susilawati, 2011). Motilitas dan konsentrasi merupakan parameter yang paling penting dalam penilaian kualitas semen (Centola, 2018).

Motilitas

Motilitas merupakan parameter umum dalam menandakan kemampuan fungsional dari sel spermatozoa yang berperan penting dalam keberhasilan fertilisasi (Moradpour, 2019). Motilitas berkorelasi

positif dengan morfologi dan kekuatan membran sel. Pengukuran motilitas spermatozoa adalah mengestimasi viabilitas spermatozoa dan kualitas kemampuan bergerak spermatozoa untuk mencapai ovum. Pengukuran motilitas dilakukan dengan meletakkan satu tetes semen di atas gelas objek lalu diamati dengan mikroskop dengan pembesaran 200x sampai 400x. Keahlian dan pengalaman dari peguji menentukan akurasi estimasi tingkat motilitas spermatozoa. Nilai motilitas semen segar pada sapi yang dinyatakan baik adalah 70-90%. Motilitas spermatozoa dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya umur ternak, kondisi medis, temperatur lingkungan dan polusi (Centola, 2018).

Konsentrasi

Konsentrasi spermatozoa adalah banyaknya spermatozoa per unit dalam satuan volume atau per satu milliliter semen (Ismaya, 2014). Menurut Garner dan Hafez (2000) konsentrasi sapi pejantan berkisar 800 sampai dengan 2000 juta sel spermatozoa/ml. Penilaian konsentrasi spermatozoa tiap milliliter sangat penting, karena faktor ini digunakan sebagai kriteria penentu kualitas semen dan menentukan tingkat pengenceran pada pembuatan semen beku. Konsentrasi spermatozoa bisa dihitung dengan menggunakan haemositometer, colorimeter, atau spectrophotometer (Susilawati, 2011).

Abnormalitas

Penilaian abnormalitas sperma penting bagi analisis semen karena sangat mempengaruhi kualitas semen. Abnormalitas spermatozoa dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu abnormalitas pada kepala,

bagian tengah dan ekor. Abnormalitas pada kepala seperti terlalu besar atau kecil, runcing atau tumpul, kepala dua, kerusakan akrosomal dan amorf. Abnormalitas pada bagian tengah seperti bagian leher yang tebal atau tipis, ekor tidak berada di tengah bagian leher, atau leher yang bengkok. Sedangkan abnormalitas pada ekor seperti ekor bengkok, ekor pendek, atau melingkar dari ujung ekor (Centola, 2018).

Evaluasi morfologi dilakukan terhadap bentuk abnormalitas dan jenis kerusakan (cacat) dari morfologi tertentu yang dimiliki oleh spermatozoa. Bentuk abnormalitas pada kepala, ekor dan akrosom dapat diamati dengan pewarnaan tertentu, dimana abnormalitas pada bagian-bagian spermatozoa dihitung hingga mencapai 100-200 sel spermatozoa dalam slide pewarnaan semen (Moradpour, 2019). Abnormalitas pada semen harus memiliki <10% kelainan primer dan <20% kelainan sekunder dan secara keseluruhan total abnormalitas sebanyak <10-20% (Mee, 2007).

Viabilitas

Viabilitas merupakan daya hidup spermatozoa. Spermatozoa yang masih hidup ditandai dengan utuhnya membran plasma, sehingga kepala spermatozoa tidak menyerap warna. Kerusakan membran plasma dapat berpengaruh terhadap fungsi dan metabolisme, sehingga menyebabkan kematian spermatozoa. Pengamatan terhadap viabilitas spermatozoa dapat dijadikan indikator integritas struktur membran spermatozoa (Sukmawati *et al.*, 2015). Viabilitas memiliki korelasi dengan motilitas yang ditentukan oleh kekuatan membran plasma spermatozoa (Azzahra *et al.*, 2016). Semen segar sapi Bali umur 4 dan 7 tahun memiliki viabilitas 72.08

$\pm 6.63\%$ dan $71.82 \pm 7.38\%$, semen penyimpanan dingin adalah $57.81 \pm 3.83\%$ dan $57.41 \pm 6.32\%$, semen beku adalah $39.47 \pm 9.57\%$ dan $35.16 \pm 11.74\%$ (Hapsari *et al.*, 2018).

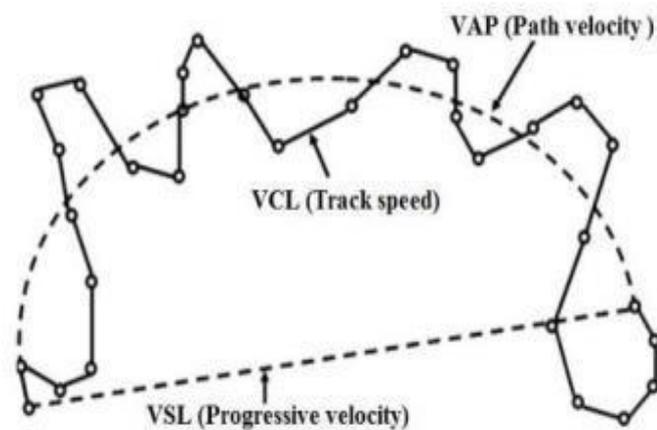
E. Pola Pergerakan

Motilitas semen merupakan gambaran dari spermatozoa yang fungsional, sehingga persentase motilitas spermatozoa memiliki korelasi yang positif dengan integritas membran plasma dan morfologi spermatozoa yang normal (Moradpour, 2019). Tinggi rendahnya abnormalitas spermatozoa sangat mempengaruhi fertilitas pejection dalam proses fertilisasi di dalam saluran reproduksi betina. Namun demikian, disamping abnormalitas semen pejection, pola pergerakan spermatozoa juga sangat menentukan fertilitas pejection. Hal ini sangat penting untuk proses kapasitasi di dalam saluran organ reproduksi betina. Pola pergerakan dan jarak yang ditempuh oleh spermatozoa di dalam saluran organ reproduksi betina, dalam menunjang fertilitas tinggi harus dapat mencapai target tempat fertilisasi, dan mempunyai kemampuan memfertilisasi sel telur (Haryani, 2017).

Penggunaan *Computer Assited Semen Analysis* (CASA) untuk pengujian motilitas dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih cepat dan akurat. Beberapa parameter yang dapat terdeteksi menggunakan CASA antara lain (Susilawati, 2013):

1. *Distance Average Path* (DAP) : Jarak (mikron) dari rata-rata jalan sel sperma dari awal sampai akhir masa analisis.
2. *Distance Curvilinear* (DCL) : Jarak yang dapat ditempuh oleh sperma dalam satu detik pada lintasan curve dari awal sampai akhir periode analisis (mikron).
3. *Distance Straight Line* (DSL) : Jarak yang ditempuh sperma dalam satu garis lurus dari frame pertama ke frame terakhir masa analisis.
4. *Velocity Average Path* (VAP) : Kecepatan rata-rata sel sperma bergerak melintas dari awal sampai akhir periode analisis yang diukur dalam mikro per detik.
5. *Velocity Curvilinear* (VCL) : Kecepatan rata-rata sel sperma bergerak melintas garis melengkung dari awal sampai akhir periode analisis yang diukur dalam mikron per detik.
6. *Velocity Straight Line* (VSL) : Kecepatan sel sperma bergerak pada garis lurus dari awal sampai akhir periode analisis yang diukur dalam mikron per detik.
7. *Straightness* (STR) : VSL/VAP adalah hubungan antara kecepatan dari garis lurus dengan kecepatan pada rata-rata alurnya selama periode pengukuran.
8. *Linearity* (LIN) : VSL/VCL adalah hubungan antara kecepatan garis lurus dan kecepatan garis melengkung selama periode pengukuran.
9. *Wobble* (WOB) : VAP/VCL adalah hubungan antara rata-rata kecepatan jalan dengan kecepatan garis melengkung selama periode pengukuran.

10. Rata-rata Perubahan Orientasi (AOC) : Rata-rata perubahan orientasi kepala dari sel sperma antara frame selama periode pengukuran diukur dalam derajat.
11. *Beat Cross Frequency* (BCF) : Kecapatan di ukur dalam Hertz (Hz) bahwa kepala sel sperma bergerak dari sisi ke sisi selama periode pengukuran.
12. *Amplitude of Lateral Head Displacement* (ALH) : Besarnya lateral perpindahan kepala sperma tentang jalur rata-rata (mikron). Hal ini dinyatakan sebagai perpindahan maksimum. Dari beberapa parameter, *Velocity* (VCL, VAP, VSL), *Linearitas* (LIN), dan *Distance* (DCL, DAP, DSL) yang menjadi parameter penilaian dalam penelitian.



Gambar 1. Perbedaan Gerak dan Kecepatan Spermatozoa dengan sistem CASA (Moradpour, 2019).

Pengujian tahap pertama menggunakan CASA meliputi informasi spermatozoa yang bergerak motil dan motil progresif, tahap kedua penilaian hiperaktif, linear, nonlinear dan curve linier dan tahap ketiga

adalah analisis untuk data sel secara detail seperti VAP, VSL, VCL, LIN, STR dan BSF (Susilawati, 2013). Penilaian semen segar sapi Bali menggunakan CASA telah dilakukan melalui beberapa penelitian seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter penilaian Semen Sapi Bali Menggunakan CASA

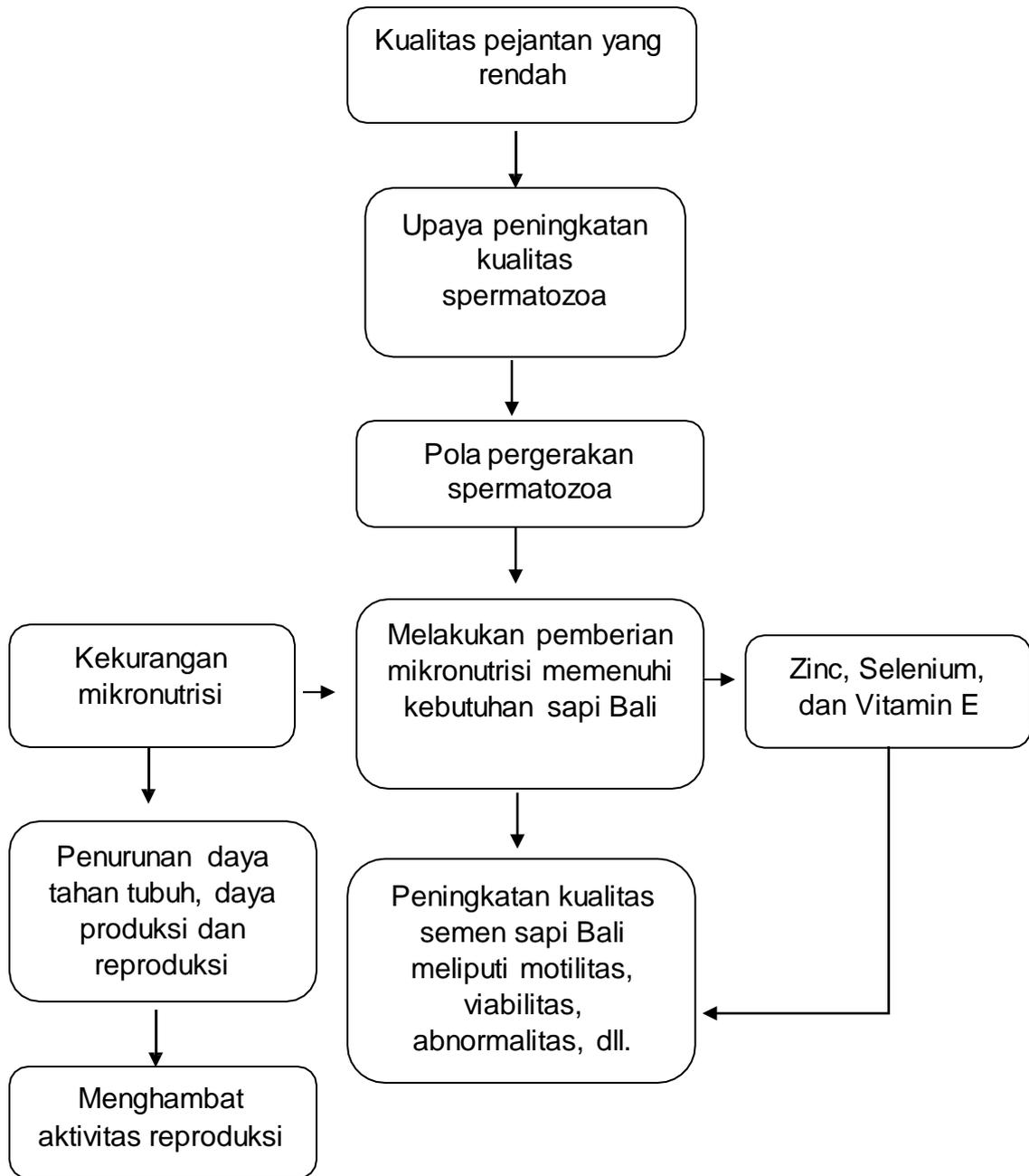
Parameter		Nilai		
		(Sarastina <i>et al.</i> , 2007)	(Haryani <i>et al.</i> , 2016)	(Ratnawati <i>et al.</i> , 2018)
Penilaian tahap pertama	Motilitas	83.47±4.27	-	96.5±1.6
	Motilitas Progresif	70.68±8.92	-	83.7±4.8
	Hiperaktif	11.52±5.29	-	5.2±2.0
Penilaian tahap kedua	Linier	53.32±15.45	-	-
	Non linier	6.96±2.67	-	-
	Curve linier	3.48±1.56	-	-
	VAP (µm/sec)	71.19±13.42	52.43±8.24	42.7±3.5
Penilaian tahap ketiga	VSL (µm/sec)	60.39±14.65	35.48±3.81	33.1±4.6
	VCL (µm/sec)	121.04±18.1	92.84±19.4	55.0±2.3
	LIN	0.49±0.06	0.39± 0.06	59.6±6.6
	STR	0.82±0.07	0.68± 0.05	76.8±4.4
	BCF (Hz)	30.24±5.54	19.56± 1.58	10.6±1.3

Beberapa penelitian yang telah melakukan pola gerakan spermatozoa sapi telah diinkubasi dalam media fertilisasi dengan imbuhan heparin dan atau kafein, (Setiyono *et al.*, 2020) dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kafein merupakan bahan terbaik untuk mempertahankan motilitas total dan motilitas progresif pada spermatozoa sapi. Rajab dkk., (2020), dengan judul penelitian pengaruh penambahan ekstrak daun bidara pada pengencer tris kuning telur ayam terhadap pola pergerakan spermatozoa sapi perah dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penelitian ini tidak berpengaruh nyata dan dapat setara dengan pengencer kontrol positif khususnya pergerakan spermatozoa.

Raafi dkk., (2020), dengan judul penelitian pola pergerakan spermatozoa semen beku berbagai bangsa sapi berbasis komputerisasi (CASA) dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan pergerakan spermatozoa nilai LIN dan WOB pada pola pergerakan spermatozoa semen beku sapi Bali memiliki nilai tertinggi berbeda nyata dibandingkan dengan semen sapi lainnya. Nilai STR pada sapi Bali memiliki nilai tertinggi berbeda nyata dengan sapi Simental, FH, Angus, dan Brahman. Nilai VAP, VCL, VSL dan ALH pada sapi Simental memiliki nilai tertinggi berbeda nyata dengan nilai bangsa sapi lainnya. Pada jarak tempuh spermatozoa sapi Simental memiliki nilai DAP tertinggi berbeda nyata dengan sapi Bali dan FH. Sapi Simental memiliki nilai DCL nilai tertinggi berbeda nyata dengan sapi Bali, FH, Angus dan Brahman. Sapi Simental memiliki nilai DSL yang lebih tinggi berbeda nyata dengan sapi Bali dan FH.

Ketiga judul penelitian diatas terkait pola pergerakan spermatozoa sapi, tidak satupun yang membahas mengenai pola pergerakan spermatozoa sapi Bali dengan pemberian mikrinutrisi Zinc, Selenium dan Vitamin E.

F. Kerangka Pikir



Gambar 2. Kerangka Pikir