

KUALITAS SEMEN DAN PROFIL METABOLOM PLASMA SEMEN SAPI FRIESIAN HOLSTEIN BERDASARKAN UMUR

RINA NUR SARI KURNIATI



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU BIOMEDIS HEWAN
PEMINATAN BIOLOGI REPRODUKSI
SEKOLAH KEDOKTERAN HEWAN DAN BIOMEDIS
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kualitas Semen dan Profil Metabolom Plasma Semen Sapi Friesian Holstein Berdasarkan Umur” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Rina Nur Sari Kurniati
B3501241033



RINGKASAN

RINA NUR SARI KURNIATI. Kualitas Semen dan Profil Metabolom Plasma Semen Sapi Friesian Holstein Berdasarkan Umur. Dibimbing oleh BAMBANG PURWANTARA, NI WAYAN KURNIANI KARJA, dan JUDI.

Produksi susu sapi FH di Indonesia saat ini baru mencukupi 22% dari kebutuhan nasional. Kondisi ini menuntut adanya upaya peningkatan populasi dan kinerja sapi perah melalui peningkatan efisiensi reproduksi. Peningkatan efisiensi reproduksi dapat dicapai melalui inseminasi buatan (IB), namun angka konsepsi hasil IB di Indonesia masih tergolong suboptimal. Salah satu sebabnya adalah beberapa pejantan sapi FH sebagai sumber benih (spermatozoa) memiliki tingkat fertilitas lapangan yang relatif lebih rendah. Salah satu faktor yang memengaruhi fertilitas tersebut adalah umur pejantan. Proses penuaan reproduktif terjadi seiring dengan penambahan umur berkontribusi pada penurunan fungsi reproduksi dan fertilitas pejantan.

Evaluasi kualitas semen selama ini dilakukan secara konvensional melalui evaluasi makroskopis dan mikroskopis. Metode tersebut tidak cukup akurat untuk memprediksi kapasitas fertilitas spermatozoa. Penelitian terkait analisis struktur, fungsi, dan profil molekul pada spermatozoa, oleh karena itu, diperlukan untuk meningkatkan pemahaman mekanisme biologis dan fisiologis yang mendasari berbagai proses seluler. Metabolomik merupakan salah satu cabang omik yang mengukur secara komprehensif berbagai molekul metabolit. Interaksi berbagai metabolom membantu mempertahankan fungsionalitas sel. Kajian terkait profil metabolom plasma semen menjadi sangat menjanjikan karena plasma semen berperan sebagai media proteksi dan regulator berbagai fungsi spermatozoa.

Penelitian ini terdiri atas empat tahap, yaitu klasifikasi umur pejantan, kualitas semen sebelum dan setelah istirahat kawin, koleksi dan evaluasi semen, serta ekstraksi dan analisis metabolom plasma semen. Enam ekor sapi FH yang digunakan berasal dari Balai IB Lembang. Umur pejantan diklasifikasikan menjadi <5 dan >5 tahun, dengan masing-masing kelompok terdiri atas tiga ekor sapi FH. Kelompok umur <5 tahun terdiri atas pejantan dengan rentang umur 3 tahun 2 bulan hingga 4 tahun 7 bulan, sedangkan kelompok umur >5 tahun terdiri atas pejantan dengan rentang umur 5 tahun 2 bulan hingga 9 tahun. Sapi FH sebelumnya mengalami istirahat kawin selama lebih dari enam bulan. Semen dikoleksi secara berulang hingga memiliki karakteristik semen yang merepresentasikan kondisi produksi pada pola koleksi rutin. Semen kemudian dikoleksi dan dievaluasi untuk menganalisis kualitas semen serta metabolom plasma semen.

Semen dikoleksi dengan vagina buatan sebanyak empat kali ulangan, kemudian dievaluasi secara makroskopik dan mikroskopik. Parameter makroskopik yang diamati meliputi warna, volume, konsistensi, dan pH; sedangkan parameter mikroskopis semen meliputi gerakan massa, konsentrasi, motilitas progresif, viabilitas, abnormalitas morfologi, membran plasma utuh, dan tudung akrosom utuh. Motilitas progresif spermatozoa dianalisis menggunakan *Computer-Assisted Sperm Analysis* (CASA). Viabilitas dan abnormalitas spermatozoa dianalisis menggunakan pewarnaan eosin-nigrosin. Membran plasma utuh dianalisis dengan *hypo-osmotic swelling test* (HOST). Tudung akrosom utuh dianalisis dengan pewarnaan Giemsa. Semen sebagian disentrifugasi untuk memisahkan plasma



semen dari spermatozoa. Metabolom plasma semen diekstraksi dan dianalisis dengan *liquid chromatography high-resolution mass spectrometry* (LC-HRMS).

Kualitas semen sapi FH setelah istirahat kawin menurun. Hal ini karena spermatozoa yang tidak diejakulasikan akan mengalami senesens, kerusakan struktural dan fungsional, kehilangan fertilitas, serta terdisintegrasi. Hasil analisis menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik ($P > 0,05$) pada parameter volume, gerakan massa, konsentrasi, total spermatozoa, dan viabilitas antarkelompok umur. Parameter motilitas, MPU, TAU, dan abnormalitas semen sapi FH berbeda nyata antarkelompok umur ($P < 0,05$), meskipun tidak ekstrem. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan umur dapat menyebabkan disfungsi spermatozoa, salah satunya dipicu oleh peningkatan stres oksidatif.

Analisis metabolomik plasma semen mengidentifikasi kelas metabolit berupa asil lemak, asam karboksilat dan derivatnya, gliserofosfolipid, organonitrogen, nukleosida purin, organooksigen, indol dan derivatnya, asam sulfat organik dan derivatnya, imidazopirimidin, benzena dan derivatnya, lipid prenol, serta asam keto dan derivatnya. Jumlah total metabolit dan kelimpahan relatif pada masing-masing kelas tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) antarkelompok umur. Temuan ini menunjukkan bahwa pejantan umur > 5 tahun masih mampu mempertahankan aktivitas metabolisme yang mendukung fungsi spermatozoa. Analisis korelasi menunjukkan bahwa asil lemak berkorelasi positif secara signifikan ($P < 0,05$) dengan membran plasma utuh, sedangkan imidazopirimidin berkorelasi positif secara signifikan ($P < 0,05$) dengan motilitas dan viabilitas spermatozoa. Gliserofosfolipid menunjukkan korelasi negatif yang signifikan ($P < 0,05$) dengan umur, nukleosida purin dan imidazopirimidin menunjukkan korelasi negatif yang signifikan ($P < 0,05$) dengan abnormalitas spermatozoa, sedangkan asam sulfat organik menunjukkan korelasi negatif yang signifikan dengan membran plasma utuh ($P < 0,05$). Beberapa kelas metabolit plasma semen memiliki hubungan yang erat dengan kualitas spermatozoa.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa semen sapi FH pejantan antarkelompok umur masih memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk kualitas semen segar. Kelompok umur tidak memengaruhi kualitas semen maupun profil metabolom plasma semen pejantan. Sapi kelompok umur > 5 tahun masih layak digunakan sebagai sumber spermatozoa di Balai Inseminasi Buatan.

Kata kunci: Friesian Holstein, metabolom, plasma semen, spermatozoa, umur



SUMMARY

RINA NUR SARI KURNIATI. Semen Quality and Seminal Plasma Metabolomic Profiles of Holstein Friesian Bulls at Different Ages. Supervised by BAMBANG PURWANTARA, NI WAYAN KURNIANI KARJA, and JUDI.

Milk production from Holstein Friesian (HF) cattle in Indonesia remains relatively low, accounting for only approximately 22% of national demand. This condition highlights the need to improve dairy cattle populations and productivity through enhanced reproductive efficiency. One approach to increasing reproductive efficiency is the application of artificial insemination (AI); however, conception rates achieved through AI in Indonesia remain suboptimal. This is partly attributable to the relatively low field fertility observed in some HF bulls used as sperm donors. One of the factors influencing bull fertility is age. As bulls age, reproductive aging occurs, contributing to declines in reproductive function and fertility.

Semen quality has been evaluated using conventional macroscopic and microscopic methods. However, these methods are not sufficiently accurate for predicting the fertilizing capacity of spermatozoa. Therefore, studies investigating the structure, function, and molecular profiles of spermatozoa are needed to improve the understanding of the biological and physiological mechanisms underlying various cellular processes. Metabolomics is one of the omics disciplines that comprehensively measures a wide range of metabolite molecules. Interactions among metabolites contribute to the maintenance of cellular functionality. The investigation of seminal plasma metabolomic profiles has emerged as a promising approach because seminal plasma serves as a protective medium and regulator of various sperm functions.

This study consisted of four stages: bull classification; semen quality before and after prolonged sexual rest; semen collection and evaluation; and metabolomic extraction and analysis. Six HF bulls from the Lembang Artificial Insemination Center were used in this study. The bulls were classified into two age groups: <5 years and >5 years, with three bulls in each group. The <5-year age group consisted of bulls ranging from 3 years 2 months to 4 years 7 months, whereas the > 5-year age group consisted of bulls ranging from 5 years 2 months to 9 years. Bulls were rested from the breeding program for more than six months. Semen was collected repeatedly until it was considered representative of semen production under a routine collection regimen. Subsequently, semen was collected and evaluated to determine semen quality and to analyze the seminal plasma metabolome.

Semen was collected using an artificial vagina in four replicates and subsequently evaluated macroscopically and microscopically. The macroscopic parameters included color, volume, consistency, and pH; while the microscopic parameters included mass movement, concentration, progressive motility, viability, plasma membrane integrity, acrosome integrity, and abnormality. Progressive sperm motility was analyzed using Computer-Assisted Sperm Analysis (CASA). Sperm viability and morphological abnormalities were assessed using eosin-nigrosin staining. Plasma membrane integrity was evaluated using the hypo-osmotic swelling test (HOST), whereas acrosome integrity was assessed using



Giemsa staining. A portion of each semen sample was centrifuged to separate seminal plasma from spermatozoa. The seminal plasma metabolome was then extracted and analyzed using liquid chromatography–high-resolution mass spectrometry (LC–HRMS).

The semen quality of HF bulls declined after a period of sexual rest. This decline may be attributed to the senescence of spermatozoa that are not ejaculated, leading to structural and functional damage, loss of fertilizing capacity, and eventual disintegration. The results showed no statistically significant differences ($P>0.05$) in volume, mass movement, concentration, total spermatozoa, and viability between the age groups. In contrast, motility, morphology, plasma membrane integrity, and intact acrosome differed significantly between the age groups ($P<0.05$); however, the difference was not substantial. These findings suggest that increasing age may lead to sperm dysfunction, which is partly driven by increased oxidative stress.

Metabolomic analysis of seminal plasma identified several metabolite classes, including fatty acyls, carboxylic acids and derivatives, glycerophospholipids, organonitrogen compounds, purine nucleosides, organooxygen compounds, indole and derivatives, organic sulfuric acid and derivatives, imidazopyrimidines, benzene and derivatives, prenol lipids, and keto acids and derivatives. The total of metabolites and relative abundances in each class showed no significant differences ($P>0.05$) between age groups. This finding revealed that bulls >5 years were still able to maintain metabolic activity that supported spermatozoal function. Correlation analysis revealed that fatty acyls had a significant positive correlation ($P<0.05$) with membrane integrity, whereas imidazopyrimidine had a significant positive correlation ($P<0.05$) with sperm motility and viability. Glycerophospholipid showed a significant negative correlation with age; purine nucleosides and imidazopyrimidines showed a significant negative correlation with sperm abnormality, whereas organic sulfuric acids showed a significant negative correlation with membrane integrity ($P<0.05$). Several metabolite classes were closely associated with sperm quality.

The results of this study indicated that fresh semen from HF bulls across age groups met the requirements of the Indonesian National Standard. Age group had no significant effect on either semen quality or the seminal plasma metabolomic profile of the bulls. Therefore, bulls aged over 5 years remain suitable for use as sperm donors in Artificial Insemination Centers.

Keywords: age, Holstein Friesian, metabolome, seminal plasma, sperm



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KUALITAS SEMEN DAN PROFIL METABOLOM PLASMA SEMEN SAPI FRIESIAN HOLSTEIN BERDASARKAN UMUR

RINA NUR SARI KURNIATI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Biomedis Hewan

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU BIOMEDIS HEWAN
PEMINATAN BIOLOGI REPRODUKSI
SEKOLAH KEDOKTERAN HEWAN DAN BIOMEDIS
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis:
1 Prof. Dr. Dra. R. Iis Arifiantini, M.Si.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Kualitas Semen dan Profil Metabolom Plasma Semen Sapi Friesian
Holstein Berdasarkan Umur
Nama : Rina Nur Sari Kurniati
NIM : B3501241033

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. drh. Bambang Purwantara, M.Sc., Ph.D.

Pembimbing 2:
Prof. drh. Ni Wayan Kurniani Karja, M.P., Ph.D.

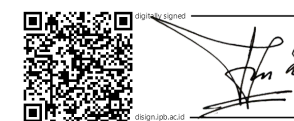
Pembimbing 3:
Dr. drh. Judi, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. drh. Bambang Pontjo Priosoeryanto, M.S.,
Ph.D., APVet, Dipl.ACCM
NIP. 19600228 198601 1 001

Dekan Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis:
Prof. drh. Amrozi, Ph.D.
NIP. 19700721 199512 1 001



Tanggal Ujian: 02 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli sampai bulan Agustus 2025 ini ialah bioteknologi omik pada semen dengan judul “Kualitas Semen dan Profil Metabolom Plasma Semen Sapi Friesian Holstein Berdasarkan Umur”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Prof. drh. Bambang Purwantara, M.Sc., Ph.D. selaku ketua komisi pembimbing, serta kepada Prof. drh. Ni Wayan Kurniani Karja, M.P., Ph.D. dan Dr. drh. Judi, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran yang sangat berharga selama proses penelitian hingga penyelesaian tesis ini,
2. Dr. Yuni Cahya Endrawati, S.Pt., M.Si. selaku moderator seminar hasil dan Prof. Dr. Dra. R. Iis Arifiantini, M.Si. selaku penguji luar komisi pembimbing,
3. Prof. Dr. drh. Mohammad Agus Setiadi selaku ketua Peminatan Biologi Reproduksi yang telah memberikan masukan untuk penyempurnaan tesis ini,
4. Para dosen dan tenaga kependidikan Divisi Reproduksi dan Kebidanan atas bimbingan, arahan, dan dukungan selama penulis menempuh studi,
5. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas pendanaan beasiswa dan penelitian melalui Program Pendidikan Magister dan Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU),
6. Orang tua tercinta, yaitu ayah Ir. Kurnia Mulyawan dan ibu Teti Hidayati, kakak Rima Hidayati, S.TP., M.P., adik Fauzan Kurniawan, seluruh keluarga, serta yang terkasih drh. Muhammad Abrori, atas doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat yang tiada henti,
7. Balai Inseminasi Buatan (BIB) Lembang atas izin, bantuan, serta fasilitas yang diberikan selama penelitian,
8. Seluruh staf laboratorium dan teknis BIB Lembang atas bantuan dan dukungan selama proses pengumpulan data serta pelaksanaan penelitian,
9. Rekan-rekan PMDSU Batch VIII IBH, yaitu drh. Rifa Nadila, drh. Dita Pratama Putri, drh. Nurma Sari, drh. Anggi Nahriyatussyifa, drh. Adwisto Saktika Purohita, dan drh. Zakiy Al-Azmi Zein, atas kebersamaan, dukungan, dan kerja sama selama menempuh pendidikan,
10. Rekan-rekan Peminatan Biologi Reproduksi Program Studi Ilmu Biomedis Hewan angkatan 2024, yaitu drh. Andi Murni Nurul Maulidyah, M.Si., Casmuti S.Pt., M.Si., drh. Lutfhi Annisa Kamal, M.Si., drh. Putu Bulan Sasmita Dewi, drh. Sarasvathi Cécile, dan I Gede Dewa Wicaksana, S.KH., atas dukungan moral, semangat, dan kebersamaan selama kegiatan akademik.

Penulis menyadari karya ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Rina Nur Sari Kurniati



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sapi Friesian Holstein	4
2.2 Morfologi dan Fisiologi Spermatozoa	5
2.3 Jalur Metabolisme Spermatozoa	6
2.4 Metabolom Plasma Semen	7
2.5 Penuaan Reproduksi	10
III METODE	12
3.1 Etik Penggunaan Hewan	12
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.3 Prosedur Kerja	12
3.4 Analisis Data	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Klasifikasi Umur	16
4.2 Kualitas Semen Sebelum dan Setelah Istirahat Kawin	16
4.3 Karakteristik Semen Sapi FH Berdasarkan Umur	18
4.4 Profil Metabolom Plasma Semen	22
V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
RIWAYAT HIDUP	45



DAFTAR GAMBAR

1	Sapi jantan Friesian Holstein	4
2	Morfologi spermatozoa mamalia	5
3	Interaksi antara glikolisis, siklus Krebs, dan fosforilasi oksidatif pada spermatozoa	8
4	Jalur dan letak metabolisme utama spermatozoa	9
5	Klasifikasi metabolit berdasarkan kelas kimia pada plasma semen sapi FH umur <5 tahun dan >5 tahun	23

DAFTAR TABEL

1	Umur masing-masing pejantan	16
2	Tren perubahan karakteristik semen sapi FH sebelum dan setelah istirahat kawin seiring pertambahan umur	17
3	Karakteristik makroskopis semen sapi FH berdasarkan umur	19
4	Kualitas mikroskopis semen sapi FH berdasarkan umur	20
5	Kelimpahan relatif kelas metabolit pada semen sapi FH berdasarkan umur	24
6	Korelasi antara kelimpahan kelas metabolit dan kualitas semen sapi FH	25
7	Metabolit dengan nilai <i>p-value</i> tertinggi pada masing-masing kelas	26



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.