

KAJIAN PROTEOMIK DAN METABOLOMIK PADA SPERMA DAN PLASMA SEMEN KERBAU TORAYA

TULUS MAULANA



ILMU PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
SEKOLAH PASCA SARJANA
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2025

@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer



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.



@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 DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Kajian Proteomik dan Metabolomik pada Sperma dan Plasma Semen Kerbau Toraya” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Juli 2025

Tulus Maulana
D1601222005

- 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.

RINGKASAN

TULUS MAULANA. Kajian Proteomik dan Metabolomik pada Sperma dan Plasma Semen Kerbau Toraya. Dibimbing oleh ASEP GUNAWAN, JAKARIA, RADEN IIS ARIFANTINI dan SYAHRUDDIN SAID.

Kerbau toraya merupakan salah satu rumpun kerbau lokal Indonesia yang memiliki nilai strategis dalam sektor peternakan serta berperan penting dalam budaya tradisional masyarakat Toraja. Kualitas semen, yang mencakup parameter sperma dan plasma semen, menjadi indikator utama dalam mendukung keberhasilan program inseminasi buatan (IB). Informasi mengenai biomarkabiomarka molekuler yang merefleksikan fungsi reproduksi pada kerbau toraya namun, masih sangat terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik semen serta mengidentifikasi profil protein dan metabolit pada sperma dan plasma semen kerbau toraya. Penelitian terdiri atas tiga tahap: (1) karakterisasi semen dan profil elektroforesis protein sperma dan plasma semen, (2) analisis proteomik sperma dan plasma semen, (3) analisis metabolomik sperma dan plasma semen, untuk eksplorasi biomarka fungsi sperma dan potensi reproduksi kerbau jantan toraya.

Sampel semen dikoleksi dari delapan ekor kerbau toraya jantan berumur 4–10 tahun menggunakan vagina buatan. Analisis semen segar dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis, sedangkan evaluasi semen beku mencakup parameter motilitas, kinematik sperma, viabilitas, morfologi abnormal, integritas membran dan akrosom, potensi membran mitokondria (MMP), integritas DNA, serta defisiensi protamin (PRM) sperma. Konsentrasi protein ditentukan menggunakan metode bicinchoninic acid assay (BCA), dan profil protein dianalisis menggunakan 1D SDS-PAGE dengan gel gradien 4%–20% dan penanda protein 6,5–240 kDa. Analisis proteomik dilakukan melalui metode in-gel digestion dan analisis LC-MS/MS, diikuti dengan anotasi bioinformatik menggunakan UniProt, PANTHER, DAVID, dan STRING. Analisis metabolomik dilakukan melalui ekstraksi, derivatisasi, dan analisis GC-MS, dengan identifikasi metabolit berbasis pustaka NIST dan analisis statistik menggunakan MetaboAnalyst 6.0.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas semen segar dan beku kerbau toraya memenuhi standar kelayakan untuk program IB, dengan rerata total sperma motil per ejakulat sebesar $1.326,61 \pm 714,99 \times 10^6$ dan jumlah straw per ejakulat sebesar $54,06 \pm 28,59$ dosis. Terdapat perbedaan signifikan ($P < 0,05$) antar individu pada beberapa parameter sperma, namun tidak ditemukan perbedaan signifikan ($P > 0,05$) pada hasil imunofluoresensi terkait akrosom utuh, defisiensi protamin, integritas-MMP, dan fragmentasi DNA. Profil protein plasma semen menunjukkan 12–19 pita protein (11–155 kDa) dengan konsentrasi rerata $161,41 \pm 12,41 \mu\text{g/mL}$, sedangkan sperma menunjukkan 4–13 pita protein (6–240 kDa) dengan konsentrasi $77,29 \pm 39,26 \mu\text{g/mL}$.

Analisis proteomik berhasil mengidentifikasi empat protein reproduksi utama, yaitu ADAM32 pada plasma semen, serta ZBPB, SPACA3, dan CCDC136 pada sperma. Protein-protein ini diketahui berperan dalam motilitas sperma, produksi energi, dan pembentukan akrosom. Sejumlah protein juga terkait dengan jalur metabolik, termasuk siklus asam trikarboksilat (TCA), yang penting dalam penyediaan energi bagi sel sperma dan lingkungan plasma semen.

Analisis metabolomik mengidentifikasi sepuluh kelompok utama metabolit, termasuk asam karboksilat, asam lemak, dan steroid. Asam karboksilat mendominasi plasma semen, sementara senyawa *fatty acyl* lebih banyak ditemukan pada sperma. Analisis PCA dan PLS-DA menunjukkan pemisahan yang jelas antara kedua jenis sampel. Nilai *variable importance in projection* (VIP), menunjukkan metabolit utama yang berpotensi sebagai biomarka reproduksi adalah kreatinin, *docosahexaenoic acid* (DHA), dan asam α -ketoglutarat. Metabolisme galaktosa mendominasi pada plasma semen, sedangkan metabolisme glikosilat dominan pada sperma.

Kesimpulan penelitian ini adalah kualitas semen segar dan beku kerbau toraya memenuhi standar untuk digunakan dalam program inseminasi buatan. Analisis SDS-PAGE menunjukkan pita protein dominan pada berat molekul 16, 50, 70, dan 115 kDa. Protein kunci seperti ZBPB, SPACA3, dan CCDC136 ditemukan pada sperma, sedangkan ADAM32 diidentifikasi pada plasma semen. Analisis metabolomik mengungkap keberadaan kreatinin, DHA, dan asam α -ketoglutarat sebagai kandidat biomarka potensial untuk menilai fungsi reproduksi pejantan kerbau toraya.

Kata kunci: Biomarka reproduksi, karakteristik sperma, kerbau toraya, metabolomik, proteomik

- 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

TULUS MAULANA. Proteomic and Metabolomic Study in Toraya Buffalo Sperm and Seminal Plasma. Supervised by ASEP GUNAWAN, JAKARIA, and RADEN IIS ARIFIANI, SYAHRUDDIN SAID.

The Toraya buffalo is an indigenous Indonesian breed with strategic value in livestock development and a central role in the traditional culture of the Toraja community. In the context of supporting artificial insemination (AI) programs, semen quality comprising sperm and seminal plasma characteristics serves as a key indicator of reproductive performance. However, molecular biomarkers that reflect reproductive function in Toraya buffalo remain poorly characterized.

This study aimed to evaluate semen characteristics and to identify protein and metabolite profiles in sperm and seminal plasma of Toraya buffalo. The research comprised three stages: (1) semen characterization and protein profiling of sperm and seminal plasma by electrophoresis, (2) proteomic analysis of sperm and seminal plasma, and (3) metabolomic analysis of sperm and seminal plasma, to explore potential biomarkers associated with sperm function and the reproductive potential of Toraya buffalo bulls.

Semen samples were collected from eight Toraya buffalo bulls aged 4–10 years using an artificial vagina. Fresh semen was evaluated macroscopically and microscopically, while frozen semen was assessed for motility, sperm kinematics, viability, morphological abnormalities, membrane and acrosome integrity, mitochondrial membrane potential (MMP), DNA integrity, and protamine deficiency (PRM). Protein concentrations were determined using the bicinchoninic acid (BCA) assay, and protein profiles were analyzed via 1D SDS-PAGE with 4%–20% gradient gels and protein markers ranging from 6.5 to 240 kDa. Proteomic analysis involved in-gel digestion followed by LC-MS/MS. Bioinformatic tools including UniProt, PANTHER, DAVID, and STRING were used for gene annotation. Metabolomic analysis involved metabolite extraction and derivatization followed by gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). Metabolite identification and quantification were performed using the NIST library, and statistical analyses were conducted using MetaboAnalyst 6.0.

The results showed that both fresh and frozen semen of Toraya buffalo met the quality standards for AI programs, with an average of $1,326.61 \pm 714.99 \times 10^6$ motile sperm per ejaculate and 54.06 ± 28.59 insemination doses (straws) per ejaculate. Significant individual variation ($P < 0.05$) was observed in several sperm parameters, while no significant differences ($P > 0.05$) were found in acrosome integrity, PRM, MMP, or DNA integrity based on immunofluorescence analysis. Seminal plasma proteins exhibited 12–19 bands (11–155 kDa) with a mean concentration of $161.41 \pm 12.41 \mu\text{g/mL}$, while sperm proteins showed 4–13 bands (6–240 kDa) with a mean concentration of $77.29 \pm 39.26 \mu\text{g/mL}$.

Proteomic analysis successfully identified four key reproductive proteins: ADAM32 in seminal plasma, and ZBPB, SPACA3, and CCDC136 in sperm. These proteins are known to play roles in sperm motility, energy production, and acrosome formation. Additionally, numerous proteins were associated with metabolic pathways, particularly the tricarboxylic acid (TCA) cycle, which is crucial for energy provision in sperm and seminal plasma.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Metabolomic profiling identified ten major metabolite groups, including carboxylic acids, fatty acids, and steroids. Carboxylic acids predominated in seminal plasma, while fatty acyl compounds were dominant in sperm. PCA and PLS-DA analyses revealed a clear separation between sample types, and Variable Importance in Projection (VIP) analysis identified key metabolites. Galactose metabolism was predominant in seminal plasma, whereas glyoxylate metabolism dominated in sperm. Creatinine, docosahexaenoic acid (DHA), and alpha-ketoglutaric acid were identified as potential biomarkers for male reproductive performance.

Conclusion, both fresh and frozen semen from Toraya buffalo meet the eligibility standards for artificial insemination programs. SDS-PAGE analysis revealed dominant protein bands at 16, 50, 70, and 115 kDa. Key proteins ZBPB, SPACA3, and CCDC136 were identified in sperm, while ADAM32 was found in seminal plasma. GC-MS-based metabolomic analysis identified creatinine, DHA, and alpha-ketoglutaric acid as potential biomarkers for assessing reproductive potential in Toraya buffalo bulls.

Keywords: *metabolomic, proteomic, reproductive biomarker, Toraya buffalo, semen characteristic.*

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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, tahun 2025
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.



KAJIAN PROTEOMIK DAN METABOLOMIK PADA SPERMA DAN PLASMA SEMEN KERBAU TORAYA

TULUS MAULANA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan

**ILMU PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
SEKOLAH PASCA SARJANA
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2025**

- 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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Drh. Bambang Purwantara, M.Sc
- 2 Prof. Dr. Ir. Cece Sumantri, M.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Drh. Bambang Purwantara, M.Sc
- 2 Dr. Hary Suhada, S.Pt, M.Sc

- 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 Disertasi : Kajian Proteomik dan Metabolomik pada Sperma dan Plasma
Semen Kerbau Toraya

Nama : Tulus Maulana
NIM : D1601222005

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Agr. Asep Gunawan, S.Pt, M.Sc

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Jakaria, S.Pt, M.Si

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Dra. R. Iis Arifiantini, M.S

Pembimbing 4:
Prof. Dr. Ir. Syahrudin Said, M.Agr.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Cece Sumantri, M.Sc
NIP. 195912121986031004

Dekan Fakultas Peternakan:
Prof. Dr. Ir. Idat Galih Pernama, M.Sc.Agr
NIP. 196705061991031001

Tanggal Ujian Tertutup: 03 Juni 2025
Tanggal Ujian Terbuka: 03 Juli 2025

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 syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya dan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad shalallahu 'alaihi wasalam sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk disertasi yang berjudul "Kajian Proteomik dan Metabolomik Sperma dan Plasma Semen Kerbau Toraya" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar doktoral di Fakultas Peternakan IPB.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. agr. Asep Gunawan, S.Pt, M.Sc, Prof. Dr. Jakaria, S.Pt, M.Si, Prof. Dr. Dra. R. Iis Arifiantini, M.S dan Prof. Dr. Ir. Syahrudin Said, M.Agr.Sc selaku pembimbing dan motivator yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, pembimbingan, serta saran dan komentar pada penulis dalam menyusun disertasi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada penguji luar komisi Prof. Dr. Ir. Cece Sumantri, M.Sc, Prof. Dr. drh. Bambang Purwantara, M.Sc dan Dr. Hary Suhada, S.Pt, M.Sc atas komentar dan masukannya dalam penyempurnaan naskah dan ide disertasi saya. Penulis menyampaikan terima kasih kepada keluarga besar Pusat Riset Zoologi Terapan-BRIN terutama Kepala Pusat Riset beserta tim manajemen serta kelompok riset Repronmik Hewan yaitu Dr. Dra. Ekayanti M Kaiin, M.Si, Muhammad Gunawan, S.Pt, M.Si, Partogi Paskah Agung, S.Pt, M.Si, Edy Sophian, S.Pt, M.Si, Dr. Hikmayani Iskandar, S.Pt atas kerja sama dan dukungan moril dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan disertasi. Penulis juga sampaikan terimakasih kepada Dr. Hasbi, Dr. Sri Gustina, ibu Siti Farida, S.Pt, Tian dan Kana yang telah membantu dalam pengambilan sampel penelitian kerbau toraya.

Terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas beasiswa *Degree by Research (DbR)* dalam bantuan biaya pendidikan dan bantuan penelitian selama menempuh perkuliahan di Pascasarjana IPB. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teman pejuang Doktor ITP antara lain Dr. Widya Pintaka Bayu Putra, S.Pt, M.Si, Muhammad Fathul Amin, S.Pt, M.Pt, Pajri Anwar, S.Pt, M.Si, Panca Andes Hendrawan, S.Pt, M.Si, Nekko Rifandi, S.Pt, M.Si, Jonathan Anugrah Lase, S.Pt, M.Si, Ahmad Saleh Harahap, S.Pt, M.Si dan Komarudin, S.Pt, M.Sc. dan lainnya yang selalu memberikan semangat selama menyusun disertasi.

Penulis juga menyampaikan terima kasih banyak kepada istri tercinta Ery Ratnasari, S.Tr.Kes dan kedua buah hati tercinta Halwa Azkana Khairina dan Ahwaz Khasyatulloh Annavi yang tulus menyayangi, memotivasi dan mendukung penulis selama menempuh sekolah pascasarjana di IPB University. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayahanda Sanusi dan Alm. Mahmud, S.Pd, ibunda Supiyati dan Sumiyati, S.Pd. serta seluruh keluarga besar. Penulis juga sampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan disertasi ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 03 Juli 2025

Tulus Maulana

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	16
DAFTAR GAMBAR	16
DAFTAR LAMPIRAN	17
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	5
II KARAKTERISTIK SEMEN DAN PROFIL ELEKTROFORESIS (SDS-PAGE) PROTEIN SPERMA DAN PLASMA SEMEN KERBAU TORAYA	
2.1 Abstrak	6
2.2 Pendahuluan	6
2.3 Materi dan Metode	7
2.4 Hasil dan Pembahasan	12
2.5 Simpulan	20
III PROFIL PROTEOMIK PLASMA SEMEN DAN SPERMA KERBAU TORAYA	
3.1 Abstrak	21
3.2 Pendahuluan	21
3.3 Materi dan Metode	22
3.4 Hasil dan Pembahasan	24
3.5 Simpulan	39
IV PROFIL METABOLOMIK PLASMA SEMEN DAN SPERMA KERBAU TORAYA	
4.1 Abstrak	40
4.2 Pendahuluan	40
4.3 Materi dan Metode	42
4.4 Hasil dan Pembahasan	44
4.5 Simpulan	53
V PEMBAHASAN UMUM	54
VI SIMPULAN UMUM DAN SARAN	
6.1 Simpulan	57
6.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	68
RIWAYAT HIDUP	89

DAFTAR TABEL

1	Parameter kinematika sperma menggunakan CASA (<i>computer assisted sperm analysis</i>) Spermvision	9
2	Kualitas semen segar dan potensi produksi semen beku	12
3	Kualitas sperma beku pejantan kerbau toraya	14
4	Kinematik sperma kerbau toraya	15
5	Pengujian integritas struktural dan fungsional sperma kerbau toraya	15
6	Konsentrasi protein plasma semen kerbau toraya	16
7	Profil elektroforesis protein plasma semen kerbau toraya	17
8	Konsentrasi protein sperma kerbau toraya	18
9	Profil elektroforesis protein sperma kerbau toraya	19
0	Protein plasma semen dan sperma kerbau toraya yang teridentifikasi	24
1	Protein dengan kelimpahan tinggi pada sperma dan plasma semen	26
2	Analisis STRING terhadap protein sperma yang berhubungan dengan reproduksi	32
3	Klasifikasi metabolit pada sperma dan plasma semen	44
4	Analisis jalur metabolik dari metabolit plasma semen dan sperma	52

DAFTAR GAMBAR

1	Perumusan masalah dan ruang lingkup penelitian	4
2	Tipe pola warna belang kerbau toraya	8
3	Integritas akrosom, fragmentasi DNA, defisiensi protamin dan pengujian integritas mitokondria	10
4	Profil elektroforesis protein plasma semen kerbau toraya	17
5	Profil elektroforesis protein sperma kerbau toraya	19
6	Diagram venn protein plasma semen and sperma kerbau toraya	25
7	Distribusi of berat molekul and poin isoelektrik, peptide unik, dan nilai HT pada sperma and plasma semen kerbau toraya	27
8	Klasifikasi gen ontology protein sperma dan plasma semen	28
9	Interaksi protein ADAM32 protein interaction pada plasma semen kerbau Toraya	29
0	Interaksi protein-protein sperma pada kerbau toraya	30
1	Analisis <i>over-representation</i> plasma semen dan sperma	33
2	Analisa protein yang terlibat dalam siklus TCA menggunakan KEGG pathway database	35
3	Analisa volcano plot sperma dan plasma semen	36
4	Analisa PCA dan PLSDA protein sperma dan plasma semen	37
5	Skor <i>variable importance in projection</i> (VIP) protein sperma dan plasma semen	37
6	<i>Heatmap clustering</i> protein sperma dan plasma semen	38
7	Skema analisis metabolomik sperma dan plasma seme kerbau toraya	42
8	Distribusi metabolit pada sperma dan plasma semen kerbau toraya	45
9	Analisa <i>volcano plot</i> sperma dan plasma semen kerbau toraya	47
0	Analisa PCA dan PLSDA metabolit sperma dan plasma semen	48



21	Skor <i>variable importance in projection</i> metabolit sperma dan plasma semen	49
22	Analisa <i>heatmap clustering</i> metabolit sperma dan plasma semen	49
23	Analisa <i>enrichment</i> metabolit sperma dan plasma semen	50
24	Analisa <i>pathway</i> metabolit sperma dan plasma semen	51
25	Implikasi riset pada program pemuliaan dan reproduksi kerbau toraya	56

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kliren etik penelitian	69
2	Fenotipik kerbau toraya	70
3	Protein-protein spesifik pada sperma kerbau toraya	71
4	Protein-protein spesifik pada plasma semen kerbau toraya	78
5	Protein yang terdapat pada sperma dan plasma semen	87