

- 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.

MODIFIKASI PROSES PRODUKSI SUSU SAPI KAYA *CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA)* DENGAN SUPLEMENTASI LEMAK TERPROTEKSI

LOLITA UDIN RIESTANTI



**PROGRAM STUDI ILMU NUTRISI DAN PAKAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



- 

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul Modifikasi Proses Produksi Susu Sapi Kaya *Conjugated Linoleic Acid* (CLA) dengan Suplementasi Lemak Terproteksi adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi 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

Lolita Udin Riestanti
NIM D2601222020

- 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

LOLITA UDIN RIESTANTI. Modifikasi Proses Produksi Susu Sapi Kaya *Conjugated Linoleic Acid* (CLA) dengan Suplementasi Lemak Terproteksi. Dibimbing oleh DESPAL, YULI RETNANI dan NURI ANDARWULAN.

Ketidakcukupan ketersediaan pakan terhadap kualitas dan produksi susu menyebabkan rendahnya produktivitas sapi perah. Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kondisi tersebut yaitu melalui modifikasi ransum. Modifikasi pada ransum dapat dilakukan dengan menambahkan minyak nabati dengan berbagai rekayasa agar aman bagi mikroba rumen dan dapat memberikan nilai tambah terhadap produk susu menjadi susu fungsional.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh dari suplementasi minyak nabati kaya PUFA terproteksi *Ca-soap* dan *spray drying* terhadap fermentabilitas, biohidrogenasi rumen, dan pencernaan ransum secara *in vitro* serta dampaknya secara *in vivo* terhadap kualitas dan produksi susu sapi perah di daerah tropis. Penelitian ini terdiri atas empat tahapan. Tahap pertama adalah mengkaji suplementasi sumber minyak nabati kaya PUFA yang diproteksi menggunakan *Ca-soap* dan *spray drying* pada kualitas ransum yang berbeda. Tahap kedua adalah evaluasi pengaruh penggunaan minyak sawit dan minyak jagung dengan proteksi terbaik (*Ca-soap*) secara *in vivo* terhadap performa sapi perah, produksi dan kualitas susu. Tahap ketiga adalah identifikasi produk turunan sawit yang diproteksi dan tanpa proteksi terhadap fermentabilitas, pencernaan pakan dan biohidrogenasi rumen. Tahap keempat adalah evaluasi penggunaan produk turunan sawit terproteksi terhadap performa sapi perah, produksi dan kualitas susu serta profil asam lemak susu.

Hasil penelitian menunjukkan suplementasi minyak nabati terproteksi berpengaruh terhadap fermentasi dan pencernaan pakan di dalam rumen pada kondisi kualitas ransum yang berbeda. Ransum dengan kualitas tinggi memberikan dampak yang lebih baik dalam mempertahankan aktivitas mikroba rumen. Perlakuan lemak terproteksi dengan metode *Ca-soap* juga memberikan respon fermentasi rumen yang lebih baik dibandingkan *spray drying*, dengan produksi VFA tertinggi ditemukan pada minyak jagung. Meskipun demikian, minyak sawit yang diproteksi *Ca-soap* juga menunjukkan hasil fermentasi yang serupa dengan minyak tinggi PUFA lainnya, sehingga menjadikan sawit sebagai kandidat yang potensial sebagai sumber energi alternatif.

Pengujian *in vivo* ransum dengan suplementasi minyak sawit dan minyak jagung terproteksi *Ca-soap* tidak berdampak terhadap konsumsi bahan kering (BK) dan lemak susu. Suplementasi ini berpengaruh terhadap produksi susu dengan peningkatan produksi terbaik pada *Ca-soap* minyak sawit dan *prill-fat* sawit. Suplementasi minyak nabati terproteksi juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap perubahan C17:1, C18:2 *trans*, C20:0, C20:5 n3 dan PUFA susu. Berdasarkan penelitian, suplementasi *prill fat* maupun *Ca-soap* sawit memiliki nilai HPI yang tinggi, sehingga menghasilkan susu dengan kualitas kesehatan asam lemak susu yang baik. Suplementasi *prilled fat* sawit dan *Ca-soap* sawit memperlihatkan adanya suatu kecenderungan perbaikan pada index kesehatan asam lemak susu dengan peningkatan HPI, HH dan penurunan AI.

Pengujian *in vitro* produk turunan sawit yang terproteksi tidak mengganggu fermentasi dan pencernaan di dalam rumen dibandingkan dengan tanpa proteksi. Penggunaan PFAD dan *palm stearin* (SS) tanpa proteksi yang semakin tinggi berpengaruh signifikan terhadap penurunan aktivitas mikroba rumen. *Palm fatty acid distillate* (PFAD) lebih cocok diproteksi melalui proteksi secara kimia dengan *Ca-soap*, *palm stearin* diproteksi secara fisik (fraksinasi) dan kimia (hidrogenasi). *Palm stearin* (SS) tanpa proteksi memiliki level biohidrogenasi yang rendah. Penggunaan turunan sawit tanpa proteksi dengan taraf lebih dari 1% nyata menurunkan populasi protozoa. Penggunaan lemak sawit terproteksi sampai taraf 4% tidak berpengaruh terhadap fermentasi dan pencernaan pakan.

Pengujian *in vivo* produk turunan sawit terproteksi memberikan pengaruh terhadap penurunan perlambatan produksi susu dan meningkatkan kualitas susu. Suplementasi PFAD terproteksi *Ca-soap* (PCS) dan *prilled-fat* sawit terhidrogenasi meningkatkan konsentrasi *conjugated linoleic acid* (CLA) susu, sehingga menghasilkan produk susu yang lebih sehat. Perlambatan penurunan produksi susu pada penelitian ini dapat disebabkan oleh peningkatan efisiensi pemanfaatan pakan yang berpotensi membuat suplemen ini ekonomis bagi peternak sapi perah.

Simpulan dari penelitian ini adalah ransum yang disuplementasi oleh turunan sawit terproteksi memberikan dampak positif terhadap aspek performa produksi susu, kualitas susu, dan aspek ekonomi. Efisiensi pakan meningkat dan diperoleh peningkatan total pendapatan dengan lebih baik dibandingkan dengan ransum peternak tanpa suplementasi. Suplementasi lemak terproteksi secara presisi dengan mempertimbangkan pola fermentasi di dalam rumen, serta kualitas ransum yang baik terbukti dapat meningkatkan produktivitas ternak tanpa mengganggu sistem pencernaan ternak.

Kata kunci: *Ca-soap*, CLA, *prilled fat*, sapi perah, susu

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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

LOLITA UDIN RIESTANTI. Modification of Dairy Milk Production Rich in Conjugated Linoleic Acid (CLA) Through Protected Fat Supplementation. Supervised by DESPAL, YULI RETNANI and NURI ANDARWULAN.

Inadequate feed quality and availability are major contributors to the low productivity of dairy cows, particularly in tropical regions. One strategy to address this issue is through ration modification. Dietary modification can be achieved through the inclusion of vegetable oils that have been conducted in various ways to ensure rumen microbial safety while enhancing the functional value of milk as a functional food product.

This study aimed to evaluate the effects of supplementing PUFA-rich vegetable oils, protected using Ca-soap and spray drying methods on rumen fermentation characteristics, biohydrogenation, and nutrient digestibility under *in vitro* conditions, as well as on milk yield and quality through *in vivo* conditions. The study was conducted in four phases. Phase one assessed the effects of supplementing various PUFA-rich vegetable oils protected by Ca-soap or spray drying with different ration qualities. Phase two involved *in vivo* evaluation of palm and corn oils through Ca-soap protection on dairy cow performance, milk production, and milk composition. Phase three investigated the effects of protected and unprotected palm oil derivatives (PFAD and palm stearin) on rumen fermentation, digestibility, and fatty acid biohydrogenation. Phase four evaluated the *in vivo* impact of protected palm oil derivatives on milk fatty acid profiles and overall production performance.

The findings demonstrated that supplementation with protected fat positively affected rumen fermentation and digestibility, with high-quality rations more effectively maintaining rumen microbial activity. Ca-soap protected oils elicited superior fermentation responses compared to spray-dried fats, with corn oil achieving the highest VFA concentrations. Nonetheless, Ca-soap protected palm oil yielded comparable results, underscoring its potential as a cost-effective alternative energy source.

In vivo supplementation with Ca-soap-protected palm and corn oils had no effect on dry matter intake or milk fat percentage, yet significantly increased milk yield, especially in treatments with Ca-soap-protected palm oil and prilled palm fat. Furthermore, fat supplementation modified the milk fatty acid composition by elevating levels of C17:1, *trans*-C18:2, C20:0, C20:5n3, and total PUFA. Both prilled and Ca-soap protected palm fats enhanced the health-promoting index (HPI), suggesting an improvement in the nutritional quality of milk.

In vitro testing confirmed that protected palm oil derivatives did not impair rumen fermentation, whereas unprotected PFAD and palm stearin reduced microbial activity and protozoa populations at higher inclusion rates. Ca-soap was more effective for PFAD, while physical protection and hydrogenation were better suited for palm stearin. Protected palm fat supplementation up to 4% showed no negative impact on rumen parameters.

Further, *in vivo* supplementation with protected palm oil derivatives slowed the decline in milk production and improved milk quality, including increased



CLA concentrations and indicative of enhanced product healthfulness. The improved efficiency of feed utilization suggests that these supplements are economically viable for small and medium-scale dairy operations.

In conclusion, supplementation with protected palm oil derivatives improved dairy cow performance, milk quality, and economic outcomes. Strategic use of protected fats, considering rumen fermentation dynamics and ration quality, offers a viable approach to enhancing productivity in tropical dairy systems without compromising digestive function.

Keywords: *Ca-soap*, CLA, cow, milk, *prilled fat*

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 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 apapun tanpa izin IPB

MODIFIKASI PROSES PRODUKSI SUSU SAPI KAYA *CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA)* DENGAN SUPLEMENTASI LEMAK TERPROTEKSI

LOLITA UDIN RIESTANTI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan

**PROGRAM STUDI ILMU NUTRISI DAN PAKAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Dr. Ir. Dwierra Evvyernie Amirroenas, M.S., M.Sc
- 2 Dr. Wulansih Dwi Astuti, S.Pt., M.Si

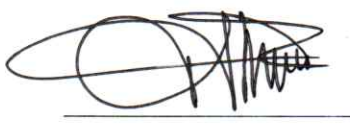
Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Dwierra Evvyernie Amirroenas, M.S., M.Sc
- 2 Dr. Wulansih Dwi Astuti, S.Pt., M.Si

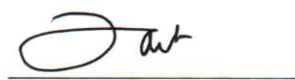
Judul Disertasi : Modifikasi Proses Produksi Susu Sapi Kaya *Conjugated Linoleic Acid* (CLA) dengan Suplementasi Lemak Terproteksi
Nama : Lolita Udin Riestanti
NIM : D2601222020

Disetujui oleh

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



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Yuli Retnani, M.Sc



Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Nuri Andarwulan, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan:
Prof. Dr. Ir. Dewi Apri Astuti, MS
NIP. 19611005 198503 2 001



Dekan Fakultas Peternakan:
Prof. Dr. Ir. Idat Galih Permana, M.Sc.Agr
NIP. 19670506 199103 1 001

Tanggal Lulus:

Tanggal Ujian Tertutup: 23 Juni 2025
Tanggal Sidang Promosi: 21 Juli 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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, sehingga atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul Modifikasi Proses Produksi Susu Sapi Kaya *Conjugated Linoleic Acid* (CLA) dengan Suplementasi Lemak Terproteksi. Disertasi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) yang membiayai pendidikan melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Penelitian dilaksanakan dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2024. Penelitian ini berada dibawah payung pendanaan Kemendikbud-Ristek pada tahun pertama melalui program pendanaan Penelitian Disertasi Doktor (PDD) dan kerjasama pihak swasta dengan PT. Apical pada tahun kedua, yang diketuai oleh Prof. Dr. Despal, S.Pt., MSc.Agr. Penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Despal, S.Pt., M.Sc.Agr sebagai ketua komisi pembimbing, kepada Prof. Dr. Ir. Yuli Retnani, M.Sc dan Prof. Dr. Ir. Nuri Andarwulan, M.Si selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan arahan, nasihat, saran, maupun semangat untuk penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.
2. Prof. Dr. Sri Suharti, S.Pt., M.Si dan Dr. Ir. Dwierra Evvyernie A., MS, M.Sc selaku penguji luar komisi saat ujian kualifikasi doktor, Dr. Dilla Mareistia Fassah, S.Pt., M.Sc selaku moderator kolokium, Prof. Dr. Ir. Asep Sudarman, M.Rur.Sc selaku moderator seminar. Dr. Ir. Dwierra Evvyernie A, M.S., M.Sc dan Dr. Wulansih Dwi Astuti, S.Pt., M.Si selaku penguji luar komisi pada ujian tertutup, yang telah memberi masukan dan saran dalam penulisan disertasi ini.
3. Rektor IPB University, Dekan Sekolah Pascasarjana, Dekan Fakultas Peternakan, Ketua Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Ketua dan Sekretaris Program Studi S3 Ilmu Nutrisi dan Pakan, serta staf sekretariat prodi yang telah memberi kesempatan belajar dan pelayanan akademik terbaik.
4. Seluruh staf pengajar dan tenaga kependidikan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama menempuh pendidikan doktor di Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan.
5. Bapak Muhjarodin, S.ST dan Ibu Lili Suwarti, S.Pd sebagai orang tua serta Bapak M. Sahroni dan Ibu Komang Wiryani sebagai mertua, yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tanggung jawab studi dan penyusunan disertasi.
6. Ir. Wira Pratama Sahroni, S.Pt., M.Si tersayang, sumber kekuatan, yang tidak henti memanjatkan segala doa dan dukungan kepada penulis dalam menjalankan riset, waktu yang diberikan dalam membantu penulis menyelesaikan disertasi ini, dan afirmasi positif yang selalu diberikan kepada penulis.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 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.

7. Ibu Dian Anggraeni dan Ibu Inah Kusminah selaku teknisi Laboratorium Ilmu Nutrisi Ternak Perah yang telah membantu selama pelaksanaan kegiatan penelitian ini berlangsung.
8. KPSBU Lembang serta BPTSP dan HPT Cikole, Lembang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan riset yaitu berupa dukungan sarana penelitian, sehingga pelaksanaan kegiatan riset di lapang berjalan dengan baik.
9. Teh Nita, Mas Oki dan Pak Ahmad atas segala bantuan yang diberikan selama penelitian di laboratorium. Ucapan terima kasih kepada adik-adik tim penelitian *fat powder*: Neng Oktaviani Hapsari Putri, S.Pt, Reynata Divi Nur Metania, dan Suci Rahmayuni, S.Pt. Ucapan terima kasih kepada adik-adik tim *Ca-soap*: Berliana Prameswari Oktavianti, S.Pt., M.Si, Mega Indah Pratiwi, S.Pt, Sherley Yunia Putri, S.Pt, Mifta Febriyanti, S.Pt dan Arina Manasikana, S.Pt atas segala dukungan, bantuan, dan kekuatan yang telah diberikan. Ucapan terima kasih kepada Lestya Juli Andini, S.Pt dan Dewi Sartika Miharja, S.Pt yang telah membantu pada penelitian *in vivo* di lapang.
10. Almarhumah Laila Atika Sari, S.Pt yang senantiasa memberikan dukungannya kepada penulis dan terima kasih atas kebersamaannya selama ini. Semoga Allah memberikan tempat terbaik di sisi-Nya.

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan sumbangsih ilmu pengetahuan khususnya terkait bidang nutrisi pakan. Semoga Allah membalas kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan dengan yang lebih baik.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juli 2025

Lolita Udin Riestanti

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
1.6 Hipotesis	4
II IDENTIFIKASI BERBAGAI MINYAK NABATI TERPROTEKSI SECARA <i>IN VITRO</i>	7
2.1 Abstract	7
2.2 Pendahuluan	7
2.3 Materi dan Metode	9
2.4 Prosedur Penelitian	10
2.5 Analisis Data	16
2.6 Hasil dan Pembahasan	16
III SUPLEMENTASI MINYAK TERPROTEKSI SECARA <i>IN VIVO</i>	39
3.1 Abstract	39
3.2 Pendahuluan	39
3.3 Metode Penelitian	41
3.4 Peubah yang Diamati	41
3.5 Rancangan Percobaan	43
3.6 Hasil dan Pembahasan	44
3.7 Simpulan	49
IV OPTIMALISASI PEMANFAATAN LEMAK SAWIT TERPROTEKSI <i>Ca-SOAP</i> PADA SAPI PERAH DI DAERAH TROPIS	50
4.1 Abstract	50
4.2 Pendahuluan	50
4.3 Metode Penelitian	51
4.4 Hasil dan Pembahasan	54
4.5 Simpulan	69
V PENGARUH SUPLEMENTASI LEMAK SAWIT TERPROTEKSI DALAM RANSUM TERHADAP PERFORMA SAPI PERAH, PRODUKSI SUSU DAN PROFIL ASAM LEMAK SUSU	70
5.1 Abstract	70
5.2 Pendahuluan	70
5.3 Metode Penelitian	71
5.4 Modifikasi Lemak Sawit Terproteksi Secara Fisik dan Kimia	72
5.5 Peubah yang Diamati	74
5.6 Rancangan Percobaan	77



5.7 Hasil dan Pembahasan	77
5.8 Simpulan	88
VI PEMBAHASAN UMUM	89
VII SIMPULAN DAN SARAN	97
7.1 Simpulan	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	111
RIWAYAT HIDUP	128

DAFTAR TABEL

1	Komposisi dan kandungan nutrisi bahan pakan	11
2	Komposisi dan kandungan nutrisi ransum percobaan	11
3	Kandungan asam lemak minyak nabati	12
4	Statistik pengaruh suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap parameter fermentasi dan pencernaan (ransum kualitas rendah)	17
5	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap pH	17
6	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap populasi protozoa	18
7	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap populasi bakteri	19
8	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap konsentrasi NH_3	20
9	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap konsentrasi <i>volatile fatty acid</i> (VFA)	21
10	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap KCBK	22
11	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap KCBO	23
12	Statistik pengaruh suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap parameter fermentasi dan pencernaan (ransum kualitas tinggi)	26
13	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap pH	27
14	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap populasi protozoa	28
15	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap populasi bakteri	28
16	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap konsentrasi NH_3	30
17	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap konsentrasi <i>volatile fatty acid</i> (VFA)	31
18	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap KCBK	32
19	Suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap KCBO	33
20	Suplementasi minyak nabati terproteksi pada ransum kualitas tinggi dan rendah terhadap fermentasi dan pencernaan	37
21	Komposisi dan kandungan nutrisi bahan pakan (%BK)	41
22	Kondisi sapi percobaan awal penelitian	41
23	Konsumsi pakan, produksi dan kualitas susu setelah perlakuan	44
24	Profil asam lemak susu (n=16)	47
25	Indeks desaturasi dan indeks kesehatan asam lemak susu	48
26	Dampak suplementasi terhadap aspek ekonomi	49
27	Kandungan asam lemak produk turunan CPO tanpa proteksi dan produk turunan CPO proteksi <i>Ca-soap</i>	52
28	Suplementasi turunan <i>crude palm oil</i> (CPO) tanpa proteksi terhadap fermentabilitas dan pencernaan rumen	55
29	Suplementasi turunan CPO yang tidak diproteksi terhadap VFA parsial	57
30	Level biotransformasi asam lemak tidak jenuh C18:2 pada inkubasi 48 jam	59
31	Suplementasi turunan <i>crude palm oil</i> (CPO) terproteksi terhadap pH dan total mikroba rumen	61
32	Suplementasi turunan <i>crude palm oil</i> (CPO) terproteksi terhadap fermentabilitas rumen	63
33	Suplementasi lemak sawit terproteksi terhadap VFA parsial	64
34	Suplementasi lemak sawit terproteksi terhadap rasio C2:C3 dan produksi metan	65

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.



35	Suplementasi turunan <i>crude palm oil</i> (CPO) terproteksi terhadap pencernaan rumen	67
36	Kandungan nutrisi ransum sapi perah (%BK)	72
37	Kandungan profil asam lemak bahan pakan dan perlakuan (%)	72
38	Profil asam lemak turunan sawit terproteksi secara fisik dan kimia	74
39	Konsumsi dan pencernaan nutrisi	77
40	Suplementasi terhadap produksi dan persistensi susu	79
41	Suplementasi lemak sawit terproteksi terhadap komposisi susu	80
42	Profil asam lemak susu (n=16)	82
43	Profil isomer asam lemak C18:1 dan C18:2 dalam susu (n=16)	85
44	Indeks desaturasi dan indeks kesehatan asam lemak susu	85
45	Suplementasi lemak sawit terproteksi terhadap skor kondisi tubuh	86
46	Dampak suplementasi terhadap aspek ekonomi	87

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	5
2	Biplot jenis minyak dan bentuk proteksi pada ransum kualitas rendah terhadap fermentasi dan pencernaan	24
3	Biplot taraf suplementasi pada ransum kualitas rendah terhadap fermentasi dan pencernaan	25
4	Biplot jenis minyak dan bentuk proteksi pada ransum berkualitas tinggi terhadap fermentasi rumen dan pencernaan pakan	34
5	Biplot taraf suplementasi pada ransum berkualitas tinggi terhadap fermentasi rumen dan pencernaan pakan	36
6	Respon kurva KcBK setelah suplementasi lemak sawit terproteksi	69
7	Proses pembuatan <i>palm Ca-soap</i> (PCS)	73
8	Proses pembuatan <i>prilled fat</i> (PPF)	73
9	Proses pembuatan <i>hard palm stearin</i> (HPS)	74
10	Mekanisme biosintesis <i>conjugated linoleic acid</i> (CLA)	89
11	Mekanisme biosintesis <i>conjugated linoleic acid</i> (CLA)	91
12	Kerangka empiris hasil penelitian	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap pH	112
Lampiran 2	Uji lanjut Tukey pengaruh taraf suplementasi terhadap pH	112
Lampiran 3	Uji lanjut Tukey suplementasi terhadap jenis*bentuk pada pH	112
Lampiran 4	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap protozoa	113
Lampiran 5	Uji lanjut Tukey interaksi jenis*bentuk terhadap populasi protozoa	113
Lampiran 6	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap NH ₃	113
Lampiran 7	Uji lanjut Tukey pengaruh bentuk terhadap NH ₃	114

Lampiran 8	Uji lanjut Tukey pengaruh taraf terhadap NH ₃	114
Lampiran 9	Statistik pengaruh suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap NH ₃	114
Lampiran 10	Statistik interaksi antara jenis minyak dan bentuk proteksi pengaruh suplementasi minyak nabati terproteksi	114
Lampiran 11	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap KcBK	115
Lampiran 12	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap KcBO	115
Lampiran 13	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap pH	115
Lampiran 14	Uji lanjut Tukey interaksi jenis*bentuk terhadap pH	116
Lampiran 15	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap protozoa	116
Lampiran 16	Statistik interaksi jenis minyak dan bentuk proteksi suplementasi minyak nabati terproteksi	116
Lampiran 17	Statistik interaksi bentuk proteksi dan taraf suplementasi minyak nabati terproteksi terhadap fermentasi rumen	117
Lampiran 18	Hasil ANCOVA pengaruh perlakuan terhadap lemak susu	117
Lampiran 19	Hasil ANCOVA pengaruh perlakuan terhadap produksi susu	117
Lampiran 20	Hasil uji lanjut TUKEY taraf terhadap produksi susu	117
Lampiran 21	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C16:0	118
Lampiran 22	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:0	118
Lampiran 23	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:1 <i>trans</i>	118
Lampiran 24	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:1 <i>cis</i>	118
Lampiran 25	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:2 <i>trans</i>	118
Lampiran 26	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan terhadap C18:2 <i>trans</i>	119
Lampiran 27	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:2 <i>cis</i>	119
Lampiran 28	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C20:5 n3	119
Lampiran 29	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan terhadap C20:5 n3	119
Lampiran 30	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap CLA	119
Lampiran 31	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap PUFA	120
Lampiran 32	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan terhadap PUFA	120
Lampiran 33	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap protozoa	120
Lampiran 34	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan terhadap protozoa	120
Lampiran 35	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan terhadap protozoa	121
Lampiran 36	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap VFA	121
Lampiran 37	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap bakteri	121
Lampiran 38	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan terhadap protozoa	121
Lampiran 39	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap VFA	122
Lampiran 40	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap bakteri total	122
Lampiran 41	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C3	122
Lampiran 42	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan level biohidrogenasi	122
Lampiran 43	Hasil uji lanjut DUNCAN perlakuan level biohidrogenasi	123
Lampiran 44	Hasil uji lanjut DUNCAN taraf terhadap level biohidrogenasi	123
Lampiran 45	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap konsumsi BK	123
Lampiran 46	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap konsumsi LK	123
Lampiran 47	Hasil uji lanjut TUKEY perlakuan pada konsumsi LK	124
Lampiran 48	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap pencernaan BK	124
Lampiran 49	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap pencernaan LK	124
Lampiran 50	Hasil uji lanjut TUKEY perlakuan pada pencernaan LK	124
Lampiran 51	Hasil ANCOVA pengaruh perlakuan terhadap produksi susu	124

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.



Lampiran 52	Hasil uji lanjut TUKEY perlakuan pada produksi susu	125
Lampiran 53	Hasil ANCOVA pengaruh perlakuan terhadap lemak susu	125
Lampiran 54	Hasil uji lanjut TUKEY perlakuan pada lemak susu	125
Lampiran 55	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C16:0	125
Lampiran 56	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:0	125
Lampiran 57	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:1 <i>trans</i>	126
Lampiran 58	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:1 <i>cis</i>	126
Lampiran 59	Hasil uji lanjut TUKEY perlakuan pada C18:1 <i>cis</i>	126
Lampiran 60	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:2 <i>trans</i>	126
Lampiran 61	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:2 <i>cis</i>	127
Lampiran 62	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap CLA	127
Lampiran 63	Hasil uji lanjut TUKEY perlakuan pada CLA	127
Lampiran 64	Hasil ANOVA pengaruh perlakuan terhadap C18:1n9t	127

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.